

19 Elettrotecnica

19.1 Fondamenti dell'elettrotecnica

L'elettricità è una forma di energia; rispetto ad altre forme di energia, come quella termica, luminosa, meccanica e chimica, l'elettricità presenta i seguenti vantaggi:

- elevate quantità di energia possono essere trasportate su lunghe distanze e in zone isolate, per mezzo di cavi;
- è facilmente trasformabile in altre forme di energia, come per esempio: energia termica nei sistemi di riscaldamento, energia luminosa nelle lampade ad incandescenza, energia meccanica nei motori elettrici ed energia chimica nella carica delle batterie di avviamento;
- la trasformazione dell'energia elettrica in altre forme d'energia non inquina l'ambiente.

La base per comprendere i processi di natura elettrica è il modello atomico di Bohr (fig. 1). La parte più piccola di un elemento, chimicamente indivisibile, è l'atomo.

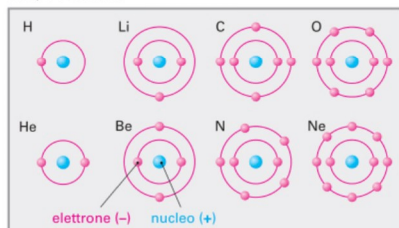


Figura 1: Rappresentazione schematica di alcuni atomi

Un atomo è costituito fondamentalmente dal nucleo e dagli elettroni. Il nucleo, a sua volta, è costituito da protoni e neutroni.

I **protoni** sono particelle di massa caricate positivamente. Il nucleo di un atomo di idrogeno, per esempio, possiede un solo protone, che rappresenta la più piccola carica positiva, detta carica elementare.

I **neutroni** possiedono una massa, ma nessuna carica elettrica.

Gli **elettroni** sono particelle di massa caricate negativamente. La carica di un elettrone costituisce la più piccola carica negativa, detta carica elementare.

Gli elettroni sono i portatori della carica elementare negativa, i protoni sono i portatori della carica elementare positiva. Le rispettive cariche elementari sono di uguale entità.

Gli elettroni gravitano ad alta velocità (circa 2200 km/s) sulle orbite circolari o ellittiche attorno al nucleo dell'atomo (fig. 2). Le forze centrifughe che si vengono così a creare sugli elettroni caricati negativamente sono compensate dalla forza d'attrazione dei protoni caricati positivamente.

Le particelle che possiedono cariche di segni opposti si attraggono. Le particelle che possiedono cariche dello stesso segno si respingono.

Se il nucleo dell'atomo possiede un numero di protoni pari al numero degli elettroni che gravitano attorno ad esso, l'atomo è elettricamente neutro.

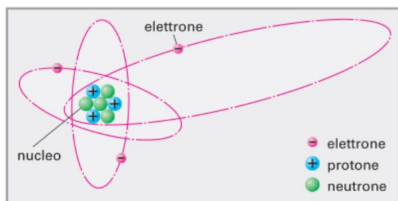


Figura 2: Rappresentazione di un atomo di litio

Oltre agli elettroni, che gravitano fissi attorno al nucleo degli atomi, ne esistono altri che circolano liberamente nella materia e che possono staccarsi temporaneamente dall'atomo. Essi sono definiti anche elettroni "liberi". Fino a quando nessuna energia è applicata alla materia, gli elettroni liberi si muovono in modo disordinato, ossia non è possibile definire la loro direzione di spostamento (fig. 3).

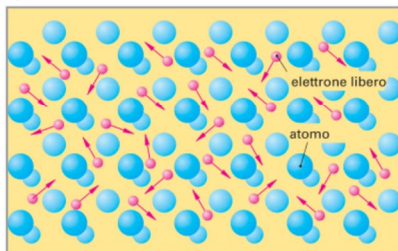


Figura 3: Movimento casuale degli elettroni liberi

I fenomeni elettrici sono basati sull'esistenza e sul movimento degli elettroni liberi. L'elettricità non è creata, ma può essere presente in ogni materia.

19.1.1 La tensione elettrica

C'è tensione elettrica quando fra due morsetti di un generatore o fra due punti di un circuito esiste una differenza fra il numero di elettroni presenti. La tensione elettrica risulta dalla separazione delle cariche nella sorgente di tensione. Una tensione elettrica è provocata attraverso una rottura del naturale equilibrio tra portatori di cariche positive e negative nel generatore di tensione (fig. 1).

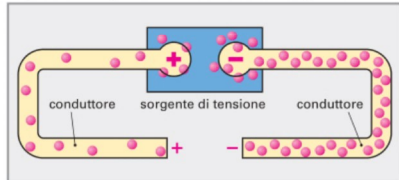


Figura 1: Generazione di tensione mediante separazione delle cariche

Il polo dove c'è un eccesso di elettroni è detto polo negativo, mentre il polo a cui mancano elettroni è detto, invece, polo positivo.

Vi è una tendenza a ristabilire un equilibrio elettrico tra il polo negativo e il polo positivo quando si chiude il circuito. Gli elettroni si spostano tramite l'utilizzatore dal polo negativo verso il polo positivo, creando in tal modo lavoro elettrico (fig. 2).

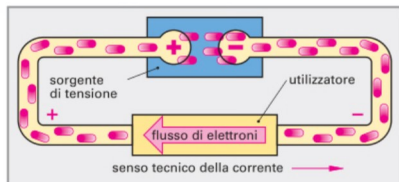


Figura 2: Il flusso di elettroni nel circuito elettrico

La tensione elettrica è la tendenza all'equilibrio tra differenti quantità di cariche. È la causa del flusso della corrente elettrica.

Non c'è tensione elettrica nel morsetto di un alternatore quando esso non è in rotazione. In effetti, gli elettroni liberi che si trovano nelle bobine sono distribuiti uniformemente: le bobine sono, quindi, elettricamente neutre. Se il generatore è messo in rotazione, gli elettroni affluiscono verso il polo negativo. Ne risulta un eccesso di elettroni al polo negativo rispetto al polo positivo e, quindi, una tensione elettrica.

L'unità di misura della tensione U è il volt [V].

19.1.2 La corrente elettrica

La chiusura di un circuito elettrico sottoposto ad una tensione produce una corrente elettrica (I).

La corrente elettrica risulta dal movimento ordinato degli elettroni liberi, in un corpo conduttore.

Circuito elettrico (fig. 3). La corrente elettrica può circolare soltanto in un circuito chiuso. Un circuito elettrico è composto almeno da un generatore di tensione, un utilizzatore e dei conduttori (cavi). L'interruttore permette di chiudere e aprire il circuito. Negli schemi elettrici, gli interruttori sono generalmente rappresentati in posizione aperta.

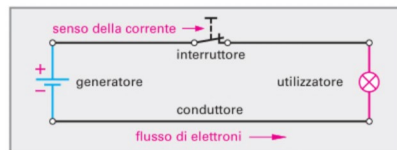


Figura 3: Circuito elettrico

Fusibili (fig. 4). Sono collegati al circuito elettrico. I **fusibili dei conduttori** proteggono i cavi del circuito dai sovraccarichi e dai cortocircuiti. I **fusibili di protezione degli apparecchi** proteggono i singoli apparecchi in caso di difetti, per esempio le centraline di comando.

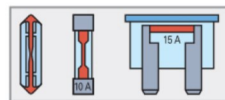


Figura 4: Fusibili negli autoveicoli

Conduttori elettronici (fig. 5). Sono tutti i conduttori elettrici costituiti da materiale metallico. Gli atomi di metallo possono liberare degli elettroni fuori dalle loro orbite.

Questi elettroni "liberi" possono spostarsi facilmente da un atomo all'altro del metallo. A causa della tensione, se il circuito è chiuso tutti gli elettroni liberi del conduttore e dell'utilizzatore sono costretti ad assumere un movimento ordinato. La corrente elettrica circola.

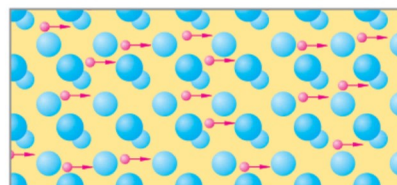


Figura 5: Movimento ordinato degli elettroni liberi

Conduttori ionici (fig. 1). Permettono un flusso di corrente grazie al movimento ordinato delle particelle cariche elettricamente (ioni). Gli ioni positivi sono chiamati cationi, dal momento che si muovono in direzione dell'elettrodo negativo, ossia del catodo. Gli ioni negativi, invece, sono chiamati anioni, dal momento che si spostano verso l'elettrodo positivo, l'anodo.

I conduttori ionici sono composti chimici che si scindono in particelle cariche positivamente e negativamente.

La scissione dei gas in particelle di materiale negative e positive è un fenomeno denominato **ionizzazione** e può essere causato da radiazione, riscaldamento o campi elettrici. Se per effetto del forte campo elettrico la miscela aria-carburante è presente fra gli elettrodi della candela, l'aria subisce il fenomeno della ionizzazione. L'aria diventa così un conduttore elettrico, permettendo la formazione della scintilla (fig. 1).

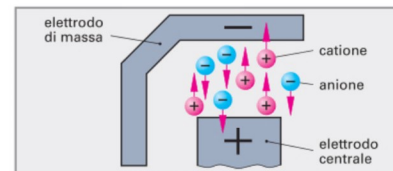


Figura 1: Ionizzazione nella candela di accensione

Senso della corrente

Senso della corrente elettronica. Nel generatore di tensione c'è un eccesso di elettroni al polo negativo e un difetto di elettroni al polo positivo. Se il polo negativo è collegato al polo positivo del generatore di tensione attraverso un utilizzatore, gli elettroni si spostano nel circuito elettrico esterno dal polo negativo al polo positivo del generatore di tensione, passando attraverso l'utilizzatore (fig. 2).

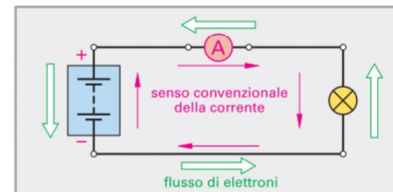


Figura 2: Batteria come pompa a elettroni

Senso convenzionale della corrente. Non conoscendo il senso della corrente elettronica, in elettrotecnica è stato stabilito che la corrente circola dal polo positivo al polo negativo (fig. 2).

Intensità di corrente I . L'intensità di corrente esprime il numero di elettroni che passano in un secondo attraverso la sezione di un conduttore.

L'unità di tale intensità I è l'ampère (A).

Densità di corrente J . Esprime la quantità di corrente I che attraversa ogni millimetro quadrato della sezione A di un conduttore.

$$J = \frac{I}{A}$$

L'unità di densità della corrente J è l'ampère per millimetro quadrato (A/mm²).

La densità di corrente sopportata dal cablaggio dipende soprattutto dalla possibilità di raffreddamento della superficie del conduttore (tab. 1). I cavi sottili hanno una superficie maggiore, in rapporto alla sezione del conduttore, rispetto ai cavi più grossi, per cui sono in grado di trasportare una maggiore quantità di corrente per mm² di sezione del conduttore.

A in mm ²	I _{max} in A	J in A/mm ²
1,0	19	19,0
2,5	32	12,8
6,0	54	9,0
16,0	98	6,1

Tipi di corrente

Corrente continua (DC¹, segno -). In un circuito in cui la tensione e la resistenza sono costanti, circola corrente continua se ogni secondo si sposta lo stesso numero di elettroni nella stessa direzione (fig. 3).

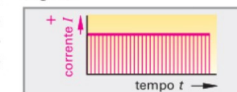


Figura 3: Corrente continua

Corrente alternata (AC², segno ~). In un circuito nel quale la tensione e la resistenza sono costanti, circola corrente alternata se gli elettroni liberi assumono un regolare movimento di viavai in entrambe le direzioni (fig. 4).

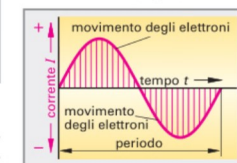


Figura 4: Corrente alternata

¹ DC da Direct Current (inglese) = corrente continua
² AC da Alternating Current (inglese) = corrente alternata

19.1.3 La resistenza elettrica

In elettrotecnica, il termine "resistenza elettrica" ha due significati:

- proprietà fisiche dei materiali conduttori di corrente elettrica;
- componente in elettrotecnica ed elettronica.

19.1.3.1 La resistenza elettrica dei materiali

Se un conduttore elettrico viene messo sotto tensione, gli elettroni non sono più in grado di muoversi liberamente. Questo freno al flusso di elettroni viene chiamato resistenza elettrica R .

La resistenza elettrica R è il rallentamento della corrente elettrica in un conduttore. È espressa in ohm (Ω).

Resistività (resistenza elettrica specifica) ρ . Ogni conduttore presenta una sua specifica resistenza elettrica ρ ¹⁾. Per esempio, un filo di rame lungo 1 m con una sezione di 1 mm² ha una resistenza di 0,0178 Ω .

La resistività ρ è la resistenza di un conduttore lungo 1 m con una sezione di 1 mm².

In elettrotecnica, al posto della resistività ρ si indica spesso la conduttività elettrica κ ²⁾. È il valore inverso della resistività.

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \quad \text{Unità: } \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$$

Il valore numerico della conduttività elettrica del rame, per esempio, è 56, quello dell'alluminio 36. Questo significa che, a parità di dimensione dei due conduttori, il rame conduce circa 1,5 volte meglio rispetto all'alluminio ($56 : 36 \approx 1,5$).

Resistenza del conduttore R . La resistenza R di un conduttore è tanto più grande quanto più elevata è la sua resistività, quanto più grande è la sua lunghezza e quanto più piccola è la sua sezione A .

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \text{L'unità della resistenza } R \text{ è l'ohm } (\Omega).$$

¹⁾ ρ (rho, lettera greca)

²⁾ κ (kappa, lettera greca)

Resistenza e temperatura

La resistenza di un materiale conduttore dipende dalla sua temperatura. A seconda del materiale utilizzato, il valore della resistenza può aumentare (**conduttore freddo**) o diminuire (**conduttore caldo**) in funzione della temperatura.

Conduttori freddi. Conducono meglio la corrente a freddo piuttosto che a caldo.

In altre parole, la loro resistenza aumenta all'aumentare della temperatura. Questi materiali sono definiti PTC³⁾ (fig. 1) in quanto hanno un coefficiente di temperatura positivo.

La maggior parte dei metalli è costituita da conduttori freddi.

La resistenza dei conduttori freddi aumenta all'aumentare della loro temperatura.

A provocare l'aumento della resistenza dei conduttori freddi è l'aumento delle oscillazioni termiche degli atomi e delle molecole dei materiali conduttori. Diminuisce così la conduttività del materiale, ossia viene rallentato il flusso degli elettroni.

Conduttori caldi. Conducono meglio la corrente a caldo piuttosto che a freddo.

Questi materiali sono definiti NTC⁴⁾ in quanto hanno un coefficiente di temperatura negativo (fig. 1). Il carbone, certe leghe di metallo e la maggior parte dei materiali semiconduttori sono conduttori caldi.

La resistenza dei conduttori caldi diminuisce all'aumentare della loro temperatura.

La ragione della diminuzione della resistenza dei conduttori caldi risiede nella capacità degli elettroni di rompere più facilmente il loro legame con gli atomi o le molecole. In tal modo, sono disponibili più elettroni liberi per la conduzione della corrente. Aumenta così la conduttività del materiale, ossia il flusso degli elettroni è sempre meno rallentato.

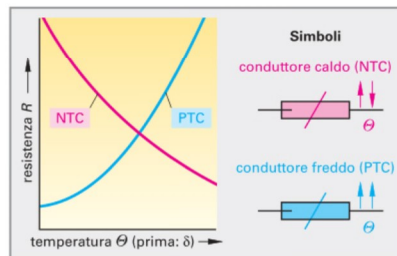


Figura 1: Valori della resistenza in funzione della temperatura

³⁾ PTC = Positive Temperature Coefficient (inglese)

⁴⁾ NTC = Negative Temperature Coefficient (inglese)

19.1.3.2 Resistenze come componenti elettrici

Si distingue tra **resistenze fisse** e **resistenze variabili**. Nella fig. 1 sono rappresentati i simboli dei componenti più comuni.



Figura 1: Simboli delle resistenze

Le resistenze fisse. Il loro valore di resistenza è definito in produzione. Per ottenere altri valori di resistenza, è possibile combinare più resistenze collegandole in serie, in parallelo o in un circuito misto.

Le resistenze variabili (reostati). Il loro valore specifico può essere regolato tramite un cursore o una presa. Sono spesso collegati in serie all'utilizzatore per permettere la regolazione della tensione d'alimentazione.

I potenziometri (fig. 2). La resistenza totale della pista può essere misurata tra i morsetti A (inizio) ed E (fine). Con l'aiuto del cursore S, il valore della resistenza tra i morsetti S ed E può essere modificata in maniera progressiva tra 0 e la resistenza totale.

Applicando una tensione U ai morsetti A ed E, tra i morsetti S ed E è possibile ottenere la tensione U_2 . Con l'aiuto del cursore, la tensione U_2 può essere regolata in maniera progressiva tra 0 e la tensione di alimentazione U .

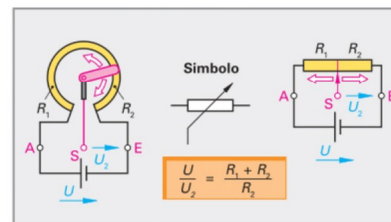


Figura 2: Potenziometro

Il rapporto tra la tensione totale U e la tensione parziale U_2 è uguale al rapporto tra la resistenza totale ($R_1 + R_2$) e la resistenza parziale R_2 .

Nella tecnica automobilistica, i potenziometri sono spesso utilizzati per misurare l'angolo di rotazione di certi elementi meccanici, come per esempio il pedale dell'acceleratore, il potenziometro della valvola a farfalla, ecc.

Questa misura dell'angolo di rotazione del cursore è convertita in una tensione elettrica, che sarà trasmessa a una centralina di comando.

19.1.3.3 Comportamento elettrico dei materiali

In funzione del comportamento elettrico dei materiali si distinguono:

- materiali conduttori metallici (rame, alluminio);
- materiali isolanti (materiali sintetici, porcellana);
- materiali semiconduttori (silicio, selenio).

Materiali conduttori metallici. Conducono la corrente elettrica in modo eccellente in quanto dispongono di molti elettroni liberi.

Oppongono solamente una piccola resistenza al flusso della corrente elettrica.

Materiali isolanti. Sono materiali che, praticamente, non conducono corrente elettrica.

Oppongono una grande resistenza al flusso della corrente elettrica, ossia la loro conduttività elettrica è approssimativamente pari a 0.

I dati caratteristici della capacità isolante di un materiale sono:

- la resistenza interna (resistenza d'isolamento);
- la rigidità dielettrica.

Materiali semiconduttori. Possiedono una conduttività nettamente inferiore a quella dei materiali conduttori, ma superiore a quella degli isolanti.

A bassa temperatura si comportano come isolanti, mentre a temperature superiori alla temperatura ambiente, la loro resistenza diminuisce significativamente.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono i simboli e le unità della tensione, della corrente e della densità della corrente elettrica?
- 2 Che cosa si intende per tensione elettrica?
- 3 Qual è la differenza tra corrente continua e corrente alternata?
- 4 Qual è il compito del fusibile?
- 5 Che cosa si intende per densità della corrente?
- 6 Quali sono le conseguenze di una densità di corrente troppo elevata in un conduttore elettrico?
- 7 Com'è definita la resistività?
- 8 Come varia la resistenza dei conduttori freddi all'aumentare della temperatura?

19.1.4 La legge di Ohm

In un circuito elettrico chiuso, la tensione U ai morsetti fa fluire una corrente I attraverso una resistenza R (fig. 1). Dal rapporto tra la tensione U , misurata in volt, e la corrente I , misurata in ampère, risulta una resistenza R , misurata in ohm. Questa equazione molto precisa è chiamata **legge di Ohm**.

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{Unità: } A = \frac{V}{\Omega}$$

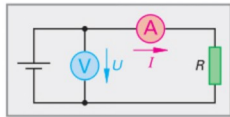


Figura 1: Valori di misura in un circuito di corrente elettrica

Tabella 1. Applicando alle resistenze $R_1 = 2 \Omega$ e $R_2 = 1 \Omega$ una tensione continua variabile U , si ottiene per ogni resistenza, a parità di tensione U , differenti valori di corrente I_1 e I_2 .

Tabella 1: Corrente in funzione della tensione							
Resistenza	U in V	0	2	4	6	8	10
$R_1 = 2 \Omega$	I_1 in A	0	1	2	3	4	5
$R_2 = 1 \Omega$	I_2 in A	0	2	4	6	8	10

Se si riportano i valori I_1 e I_2 in funzione di U , si ottengono due rette con gradienti differenti (fig. 2). Dal diagramma appare che:

- la corrente I è proporzionale alla tensione U ($I \sim U$);
- a parità di tensione U , minore sarà la resistenza R , maggiore sarà la corrente I che circola e viceversa.

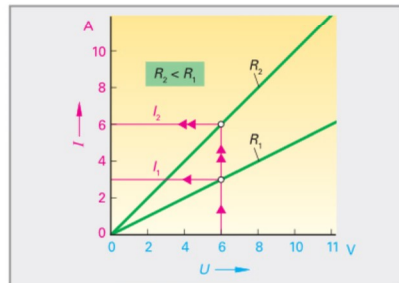


Figura 2: I in funzione di U

Tabella 2. Applicando ai reostati R_1 e R_2 una tensione continua costante, rispettivamente di $U_1 = 5$ V e $U_2 = 10$ V, se i valori delle resistenze R_1 e R_2 rimangono invariati, si ottengono differenti valori di corrente I_1 e I_2 .

Tabella 2: Corrente in funzione della resistenza							
Tensione	R in Ω	0	2	4	6	8	10
$U_1 = 5$ V	I_1 in A	Cortocircuito	2,5	1,25	0,83	0,675	0,5
$U_2 = 10$ V	I_2 in A	Cortocircuito	5	2,5	1,66	1,35	1,0

Se si riportano i valori I_1 e I_2 in funzione della resistenza R , si ottengono due iperboli (fig. 3). Dal diagramma appare che:

- la corrente I diminuisce quando la tensione applicata U resta costante e aumenta la resistenza I ;
- la corrente I è inversamente proporzionale alla resistenza R ($I \sim 1/R$).

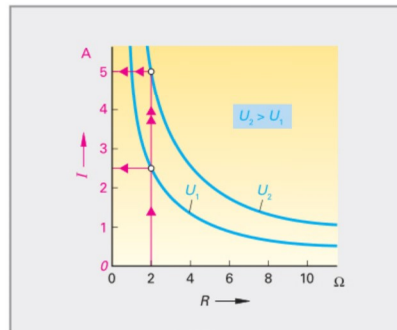


Figura 3: I in funzione di R

19.1.5 Potenza, lavoro, rendimento

La potenza elettrica della corrente continua

La potenza elettrica P è uguale al prodotto della tensione U e della corrente I .

$$P = U \cdot I \quad \text{L'unità della potenza elettrica è il watt (W).}$$

1 watt è la potenza di una corrente di 1 A con una tensione di 1 V.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$$

Il lavoro elettrico della corrente continua

Il lavoro elettrico W è uguale al prodotto della potenza elettrica P e del tempo t durante il quale la potenza P è erogata.

$$W = P \cdot t \quad \text{L'unità del lavoro elettrico } W \text{ è il wattsecondo (Ws).}$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

1 wattsecondo è il lavoro fornito con una potenza di 1 W durante un tempo di 1 s. 3.600.000 Ws corrispondono a 1 kWh.

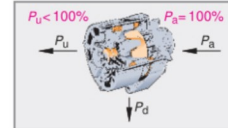
$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

Rendimento

Il rendimento η è il rapporto tra la potenza utile P_u e la potenza assorbita P_a .

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

$$P_d = P_a - P_u$$



Poiché la potenza assorbita P_a è sempre maggiore della potenza utile P_u , il rendimento η è sempre inferiore a 1 o al 100%. Ciò è dovuto alla perdita di potenza P_d che si crea in seguito a ogni trasformazione di energia (potenza dissipata).

19.1.6 Collegamento di resistenze

Collegamento in serie delle resistenze (fig. 1)

Il collegamento in serie è utilizzato per dividere (ripartire) la tensione in un circuito elettrico. I componenti, per esempio, vengono collegati in serie se la tensione di alimentazione consentita di ciascuno di essi è inferiore alla tensione totale del circuito. Esempio: si collega un diodo luminoso con una resistenza per poterlo alimentare alla sua tensione nominale (2,4 V) e poterlo così utilizzare nel circuito di bordo di un veicolo a 12 V.

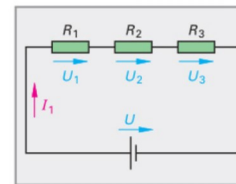


Figura 1: Collegamento in serie

Il collegamento in serie è regolato da leggi molto precise. La stessa corrente attraversa simultaneamente tutte le resistenze.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

La tensione totale è uguale alla somma delle tensioni parziali.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Le tensioni parziali sono proporzionali alla loro resistenza (ripartizione della tensione).

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

La resistenza totale è uguale alla somma delle resistenze parziali.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Collegamento in parallelo delle resistenze (fig. 2)

Il collegamento in parallelo delle resistenze è utilizzato per dividere (ripartire) la corrente. Tutti gli utilizzatori sono sottoposti alla stessa tensione. La corrente totale I , proveniente dal generatore di tensione, si ramifica in funzione della dimensione delle resistenze. In altre parole, una bassa resistenza offre il passaggio a una corrente più importante rispetto a una resistenza di valore più elevato.

Tutti gli utilizzatori di un autoveicolo sono in genere collegati in parallelo alla batteria, per esempio i corpi dell'impianto di illuminazione.

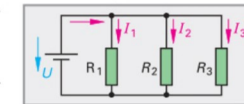


Figura 2: Collegamento in parallelo

Il collegamento in parallelo è regolato da leggi precise. A tutte le resistenze è applicata la stessa tensione.

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

La corrente totale è uguale alla somma delle correnti parziali (divisione della corrente).

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Il valore inverso della resistenza totale è uguale alla somma dei valori inversi delle resistenze parziali.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

La resistenza totale è sempre minore della più piccola delle resistenze parziali.

Collegamento misto delle resistenze (fig. 1)

Un circuito elettrico in cui le resistenze sono collegate in parallelo e in serie è detto circuito misto o collegamento a gruppi delle resistenze.

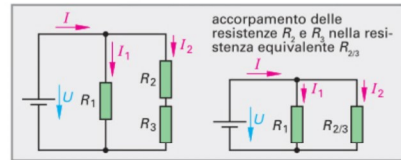


Figura 1: Collegamento misto delle resistenze

Nei collegamenti misti si applicano le leggi valide per il collegamento in serie e in parallelo.

Per il calcolo delle reti, il collegamento dev'essere progressivamente semplificato, accorpando le resistenze attivate in serie o in parallelo in resistenze cosiddette equivalenti.

19.1.7 Misurazioni in un circuito elettrico

Misurazione della tensione elettrica (fig. 2)

La tensione elettrica può essere misurata con un voltmetro, che è collegato in parallelo, in funzione dei poli, al generatore di tensione.

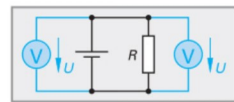


Figura 2: Misurazione della tensione

Misurazione dell'intensità della corrente elettrica (fig. 3)

La corrente elettrica è misurata con un amperometro, che è collegato nel circuito, ossia è collegato in serie con l'utilizzatore nella linea di alimentazione oppure nella linea di ritorno. Il morsetto positivo dell'amperometro deve essere collegato al polo positivo del generatore di tensione.

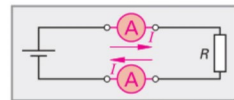


Figura 3: Misurazione della corrente

Collegando per sbaglio un amperometro come voltmetro, si produce un cortocircuito a causa della debole resistenza interna dell'amperometro. Il passaggio della corrente può distruggere l'amperometro e i componenti elettrici ed elettronici su cui vengono effettuate le misurazioni.

Misurazione della resistenza elettrica

La resistenza può essere misurata direttamente o indirettamente.

Misurazione diretta con un ohmmetro. Per effettuare la misurazione diretta di una resistenza, si deve staccare il componente dal generatore di tensione e collegare l'ohmmetro in parallelo alla resistenza (fig. 4). In caso contrario, si rischia di rovinare l'apparecchio.

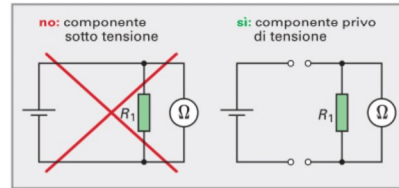


Figura 4: Misurazione diretta di una resistenza (in assenza di tensione)

Qualora la resistenza da misurare sia collegata in parallelo a una seconda resistenza, essa deve essere staccata dal circuito elettrico (fig. 5). In caso contrario, il valore misurato sarà sbagliato.

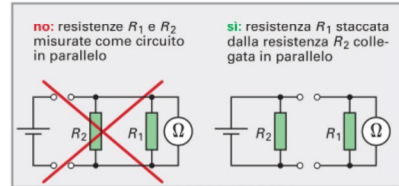


Figura 5: Misurazione diretta di una resistenza (con collegamento in parallelo)

La misurazione diretta è estremamente imprecisa in caso di piccole resistenze, dal momento che la resistenza interna dello strumento di misura, collegata in parallelo, influisce sul risultato della misura.

Misurazione indiretta. Si effettua misurando la tensione e la corrente sulla resistenza. Queste due misure sono utilizzate poi per calcolare il valore della resistenza secondo la legge di Ohm. Per la misurazione indiretta della resistenza tramite il metodo voltamperometrico, vi sono due collegamenti possibili: voltmetro a monte dell'amperometro (fig. 1, pag. 564) e voltmetro a valle dell'amperometro (fig. 2, pag. 564).

In caso di **voltmetro a monte dell'amperometro** (fig. 1, pag. 564) l'amperometro misura la corrente effettivamente assorbita dalla resistenza R. Il voltmetro, tuttavia, indica una tensione U maggiorata

della caduta di tensione U_{IA} sull'amperometro. Nel calcolare la resistenza secondo la legge di Ohm, si ottiene pertanto un valore troppo elevato.

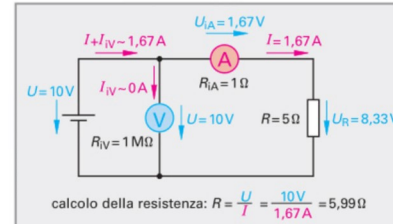


Figura 1: Voltmetro a monte dell'amperometro

Se la resistenza da misurare R è significativamente maggiore della resistenza interna R_{IA} dell'amperometro, quest'ultima può non essere considerata.

Collegando il voltmetro a monte dell'amperometro, è possibile determinare con precisione grandi resistenze.

In caso di **voltmetro a valle dell'amperometro** (fig. 2), il voltmetro misura la tensione effettivamente presente sulla resistenza. L'amperometro, tuttavia, indica una corrente I maggiorata della corrente I_V assorbita dal voltmetro. Nel calcolare la resistenza secondo la legge di Ohm, si ottiene pertanto un valore troppo basso.

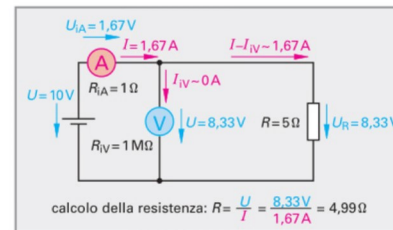


Figura 2: Voltmetro a valle dell'amperometro

Se la corrente assorbita dal voltmetro è significativamente inferiore alla corrente che passa per la resistenza da misurare, per esempio in caso di voltmetri digitali, la corrente assorbita dal voltmetro può non essere considerata. Se la resistenza R è molto inferiore alla resistenza interna R_{IV} del voltmetro, quest'ultimo è attraversato soltanto da una piccola porzione di corrente. In tal caso, quindi, l'errore di corrente può essere trascurato.

Collegando il voltmetro a valle dell'amperometro, è possibile determinare con precisione piccole resistenze.

19.1.7.1 Strumenti di misura analogici

I valori di una grandezza elettrica da determinare sono trasformati in valori fisici, vale a dire analogici¹⁾, con il movimento della lancetta di uno strumento di misura. La lancetta indica il valore su un quadrante graduato (fig. 3).



Figura 3: Indicazione del valore misurato

L'osservazione della deviazione della lancetta trasforma la deviazione analogica in un valore numerico, ossia una rappresentazione digitale. Si ha una trasformazione analogico-digitale a livello mentale.

Gli strumenti di misura a lancetta e gli oscilloscopi sono strumenti di misura analogici.

I simboli degli strumenti di misura

Gli strumenti di misura analogici contengono non solo una scala delle grandezze da misurare, ma anche delle informazioni sulla natura dello strumento, per esempio il principio di funzionamento, la sua classe di precisione, la corrente per la quale è stato costruito, la posizione di utilizzo e la tensione di prova alla quale è stato sottoposto. Tutte queste informazioni supplementari sono rappresentate in simboli e in numeri (tab. 1).

Tabella 1: Simboli dello strumento sul quadrante

	Per correnti continue e alternate		Posizione d'utilizzo verticale
	App. di misura a bobina mobile con magneti perm.		Posizione d'utilizzo orizzontale
	Apparecchio di misura a bobina mobile con raddrizzatore	1,5	Classe di precisione, in rapporto al valore totale del campo di misura
	Strumento con amplificatore	2	La cifra all'interno della stella indica la tensione di prova in kV (stella senza cifra = tensione di prova di 500 V)
	Strumento per misurazioni a nucleo mobile		

Nella tecnica automobilistica, come strumenti analogici si utilizzano in genere soltanto apparecchi di misura a bobina mobile, adatti unicamente alla misurazione delle tensioni e delle correnti continue. Per la misurazione di grandezze alternate, è neces-

¹⁾ analogico = corrispondente, analogo

sario utilizzare uno strumento a bobina mobile con raddrizzatore.

Classe di precisione. È rappresentata da un numero e indica il margine di errore tra il valore misurato e il valore reale. Gli strumenti di misura si distinguono in 7 classi di precisione designate da numeri:

0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	5
-----	-----	-----	---	-----	-----	---

Le cifre indicano il limite massimo di errore. La classe di precisione 1,5 significa che l'errore può costituire $\pm 1,5\%$ del valore totale del campo di misura (valore di fondo scala). Per esempio, con uno strumento di classe 1,5, per una misura di 100 V su una scala di 100 V, l'errore massimo sarà di $\pm 1,5$ V, ma per una misura di 10 V, la tensione misurata potrà trovarsi tra 8,5 e 11,5 V.

Con un valore finale del campo di misura di 100 V e una tensione reale di 100 V, uno strumento di classe 1,5 indicherà un valore compreso tra 98,5 e 101,5 V.

La percentuale d'errore assoluta per una tensione reale di 10 V è $\pm 15\%$, mentre per una tensione di 100 V è $\pm 1,5\%$.

Per limitare il più possibile l'errore di misura, è necessario scegliere il campo di misura del multimetro in modo tale che la lancetta si situi nel terzo superiore della scala.

Effettuando la stessa misurazione con una classe 0,2, si otterrebbero dei valori equivalenti, rispettivamente, a 9,8 V/10,2 V e 99,8/100,2 V. Le percentuali d'errore assolute saranno allora, rispettivamente, $\pm 2\%$ e $\pm 0,2\%$.

19.1.7.2 Strumenti di misura digitali

I valori di una grandezza da misurare (per esempio la corrente elettrica) sono indicati direttamente in una sequenza di cifre (fig. 1). La conversione delle grandezze analogiche in cifre, ossia in un'indicazione numerica, è realizzata mediante un convertitore analogico-digitale (convertitore A/D) integrato nello strumento di misura.



Figura 1: Indicazione digitale con indicazione analogica lineare incorporata

La rappresentazione numerica facilita la lettura di una misurazione. Inoltre, si ottiene una risoluzione superiore rispetto alla rappresentazione analogica. In altre parole, non è più necessario stimare il valore tra due linee della scala.

Gli strumenti di misura digitali effettuano generalmente due misurazioni al secondo. Il valore stesso è scelto in una frazione di secondo e registrato nella memoria intermedia.

arà il valore medio delle due misurazioni ad essere rappresentato, in quanto il valore misurato non è sempre costante. Una misurazione continua porterebbe a una continua variazione delle ultime cifre indicate.

Inoltre, sarebbe difficile inserire le misure a causa delle variazioni rapide dei valori e dell'ampiezza della loro oscillazione.

Per alcune misurazioni, però, è indispensabile inserire la variazione del valore della grandezza misurata. In questo caso, è necessario utilizzare uno strumento di misura analogico oppure uno strumento digitale con indicazione analogica lineare incorporata.

La rappresentazione analogica incorporata (fig. 1) appare nel campo di indicazione sotto forma di trattini neri, il cui numero varia in proporzione al valore numerico.

In questo caso, possono essere effettuate e contemporaneamente indicate più di 25 misurazioni al secondo. La visualizzazione dà l'impressione che sia in atto un processo di misurazione continuo.

Errore della misura. La precisione degli strumenti digitali trae spesso in inganno a causa della loro indicazione numerica.

Questa precisione non esiste. Per ottenere degli errori ammissibili, è necessario fare riferimento alla descrizione dello strumento di misura digitale, nella quale il produttore ha stabilito l'errore consentito. Tale valore è indicato in percentuale in rapporto al valore finale del campo di misura, per esempio $\pm 0,5\%$ di 19,99 V. In più, l'ultima cifra indicata può variare di 1 digit.

Risoluzione e numero di cifre. Gli strumenti digitali semplici hanno un display da 3 1/2 pollici di larghezza; quelli migliori hanno un display da 6 1/2 pollici. Il display da 3 1/2 pollici può indicare 4 cifre, ma la sequenza numerica della prima cifra visualizzata non arriva fino a 9.

Per la prima cifra indicata, infatti, è previsto un intervallo numerico limitato, per esempio da 0 a 1, oppure da 0 a 3; in tal modo nei due casi presenti, l'indicazione dei numeri è al massimo 1999 o 3999. Generalmente il campo di misura commuta automaticamente quando questi valori vengono superati.

19.1.7.3 I multimetri

Multimetri analogici (fig. 1)

Non sono utilizzati per misurare solo le tensioni ma anche le correnti continue e alternate. I valori delle resistenze possono essere determinati soltanto indirettamente con il metodo voltamperometrico; per questo motivo, è indispensabile che lo strumento di misura abbia una batteria come tensione d'alimentazione.

Ciò che è misurato è la corrente I che attraversa la resistenza R , secondo la legge di Ohm $I \sim 1/R$. L'indicazione del valore della resistenza è realizzata secondo questa legge, il che implica che la scala non ha un andamento lineare. Per una misura di resistenza infinita, la lancetta non si muove. Al contrario, un valore di resistenza nulla provoca una deviazione massima della lancetta.

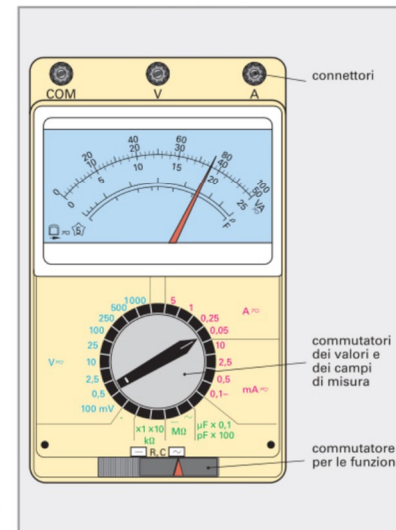


Figura 1: Multimetro analogico

Il campo di misura può essere esteso con un fattore di 1000, il che dà la possibilità di misurare le resistenze Ω , $k\Omega$ e $M\Omega$.

Per misurare un valore sconosciuto, è consigliabile scegliere prima il campo di misura più grande e regolare in seguito il commutatore sulla scala appropriata, in modo tale che l'indicazione si situi nel terzo superiore della scala.

Si ottiene il valore della misura dividendo il numero letto delle graduazioni della scala per il valore di fondo scala, e moltiplicandolo con il fattore indicato dal commutatore accanto all'unità. Per esempio, se la lancetta indica 33 sulla scala 50 e il campo di misura del commutatore è di 0,5 V, il valore misurato è $(33 : 50) \cdot 0,5 \text{ V} = 0,33 \text{ V}$.

$$\text{Valore di misura} = \frac{\text{numero indicato} \times \text{campo di misura}}{\text{valore totale della scala}}$$

Multimetro digitale (fig. 2)

Le sue possibilità di utilizzo corrispondono a quelle dei multimetri analogici. Il vantaggio è che possono essere prodotti a costi convenienti nonostante la loro grande precisione e robustezza.



Figura 2: Multimetro digitale

Il commutatore centrale permette la scelta del campo di misura e delle funzioni, per esempio il controllo dei diodi. Negli strumenti di qualità superiore, la commutazione dei campi è spesso automatica. La maggior parte degli strumenti è protetta dai sovraccarichi per mezzo di fusibili elettronici. In più, i valori misurati possono essere eventualmente memorizzati. Per mezzo di un'interfaccia adeguata, è anche possibile trasferire dei dati su un computer (PC) per utilizzarli ed elaborarli ulteriormente.

19.1.74 L'oscilloscopio

L'oscilloscopio è uno strumento di misura a rappresentazione analogica che può misurare e rappresentare graficamente dei processi elettrici a svolgimento rapido che si ripetono periodicamente, per esempio segnali di sensori, oppure le variazioni della tensione di accensione. La rappresentazione si effettua sullo schermo di un tubo catodico (fig. 1). Un oscilloscopio che può rappresentare due processi contemporaneamente è detto, a seconda del tipo di costruzione, oscilloscopio a due canali o a doppia traccia.

Per rappresentare fenomeni unici, è necessario utilizzare un oscilloscopio a memoria. Un segnale periodico può essere così memorizzato e reso disponibile più tardi come immagine fissa.

Struttura e funzionamento

Un oscilloscopio a tubo catodico è composto principalmente da quattro gruppi (fig. 1):

- un tubo catodico a fascio elettronico;
- un amplificatore verticale (amplificatore Y; Y_1 , Y_2);
- un generatore della base dei tempi con dispositivo di sincronizzazione (amplificatore X; X_1 , X_2);
- un alimentatore di tensione.

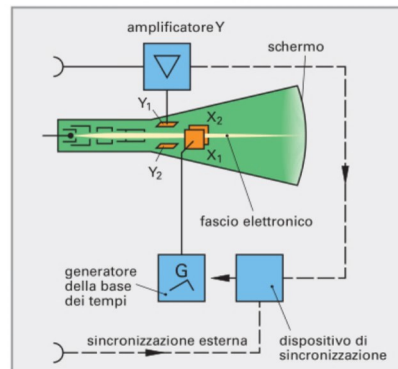


Figura 1: Schema a blocchi di un oscilloscopio a tubo catodico

In un tubo catodico sottovuoto, simile a quello di un televisore, viene prodotto un fascio elettronico denso. Questo fascio provoca l'apparizione, su uno schermo ricoperto di una sostanza luminescente, di un punto al centro del tubo catodico.

Il fascio elettronico può essere deviato sia in direzione verticale (fig. 2) tramite le piastre Y_1 , Y_2 , sia in direzione orizzontale (fig. 3) tramite le piastre X_1 , X_2 .

Una tensione continua applicata tra le piastre Y_1 , Y_2 provoca lo spostamento del punto luminoso verso l'alto nel caso di una tensione positiva e verso il basso nel caso di una tensione negativa, dove continua a rimanere visualizzato sotto forma di punto. Se al posto della tensione continua si applica una tensione alternata, sullo schermo appare un tratto verticale (fig. 2).

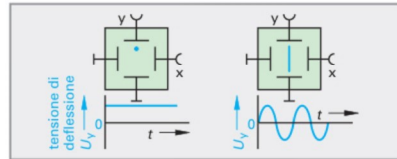


Figura 2: Deviazione verticale Y_1 , Y_2

Quando si applica una tensione continua alla deviazione orizzontale X_1 , X_2 , sullo schermo il punto luminoso si sposta verso sinistra o verso destra, a seconda della polarità della tensione di alimentazione, e continua a rimanere visualizzato sotto forma di punto. Applicando al posto della tensione continua una tensione uniforme variabile, per esempio una tensione a dente di sega, si crea un tratto orizzontale (fig. 3).

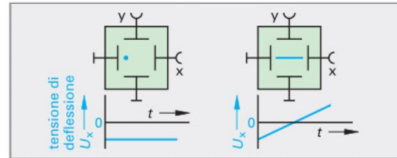


Figura 3: Deviazione orizzontale X_1 , X_2

Se si applica, allo stesso tempo, la tensione di misurazione alle piastre verticali Y_1 , Y_2 e una tensione a dente di sega alle piastre orizzontali X_1 , X_2 come tensione di deflessione orizzontale, si ottiene la visualizzazione sullo schermo dell'andamento temporale della tensione di misurazione (fig. 1).

Sblocco. Per ottenere un'immagine stabile sullo schermo dell'oscilloscopio, la deflessione deve sempre iniziare al medesimo valore della tensione di misurazione (tensione di segnale). La deflessione viene indotta da un impulso di innesco (trigger). Essa genera un dente di sega, ossia il fascio di elettroni attraverso lo schermo, avanti e indietro una volta nell'arco di un dato periodo. L'impulso di innesco può essere prodotto direttamente dal generatore del trigger (internamente) oppure provenire da fuori come impulso di tensione (esternamente).

Lo sblocco è l'innesco della base dei tempi attraverso un impulso di innesco (trigger).

Utilizzo di un oscilloscopio

Le indicazioni sul quadro comandi di un oscilloscopio derivano dall'inglese e in larga misura sono standardizzate (fig. 1).

Il quadro comandi presentato in figura contiene, a scopo di esempio, tutti i più importanti dispositivi di raccordo e di regolazione necessari al funzionamento di un oscilloscopio a doppia traccia o a due canali.

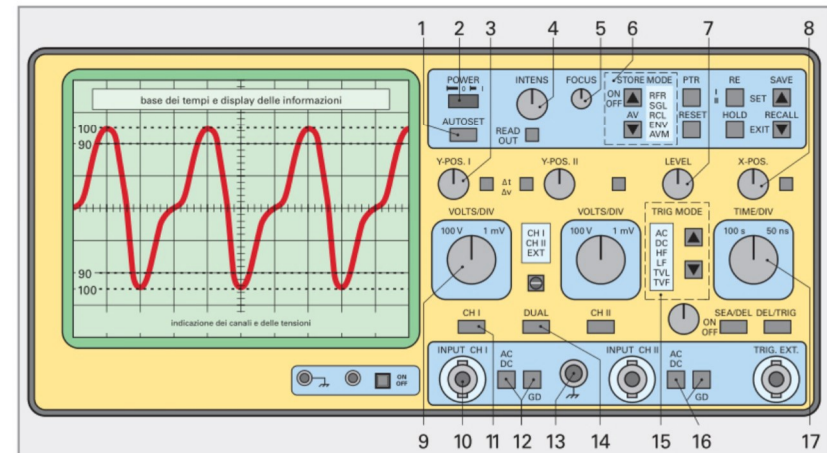


Figura 1: Oscilloscopio per la rappresentazione simultanea di due segnali (oscilloscopio a due canali).

1	AUTO SET	regolazione automatica	10	INPUT CH I	ingresso segnale canale I
2	POWER	interruttore di accensione	11	CH I	commutatore canale I
3	Y-POS: I	spostamento verticale canale I	12	AC / DC	selettore segnali d'ingresso canale I
4	INTENS	regolazione della luminosità	13	GD	messa a massa
5	FOCUS	regolazione della nitidezza	14	DUAL	funzionamento a uno o due canali
6	STORE MODE	funzione di memorizzazione	15	TRIG. MODE	tipo di sblocco
7	LEVEL	determinazione del punto di sblocco	16	AC/DC	selettore segnali d'ingresso canale II
8	X-POS.	spostamento orizzontale del fascio	17	TIME/DIV	velocità della base dei tempi orizzontale
9	VOLTS/DIV.	selettore ampiezza per canale I			

Misurazione con l'oscilloscopio

L'oscilloscopio misura sostanzialmente soltanto le tensioni.

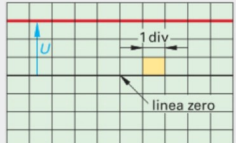

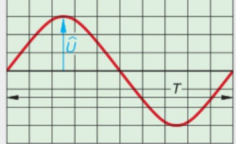

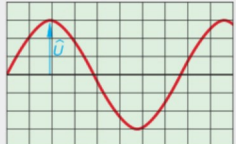

In caso di misurazioni con l'oscilloscopio, occorre osservare quanto segue:

- per misurare, occorre creare un collegamento tra l'oggetto da misurare, la presa di terra e l'ingresso del segnale, canale I o II dell'oscilloscopio;
- la linea zero dell'immagine visualizzata va impostata sullo schermo mediante la rotella (fig. 1, pos. 3) in funzione del segnale, in maniera tale che quest'ultimo sia interamente visibile. Per effettuare questa regolazione, il selettore di ingres-

so dovrebbe essere impostato su messa a massa (GD);

- successivamente, è impostato un fattore di deflessione elevato (fig. 1, pos. 9), per esempio 100 V/cm;
- infine, si varia la velocità di deflessione orizzontale finché l'immagine del segnale non si stabilizza (fig. 1, pos. 17).

In svariati modelli, il telaio dell'oscilloscopio è collegato al conduttore di protezione della rete di alimentazione. Qualora l'oggetto da misurare funzioni con una corrente alternata superiore a 50 V, per motivi di sicurezza occorre utilizzare un alimentatore o un trasformatore di isolamento.

Schema di circuito	Visualizzazione e regolazioni	Valutazione
Misurazione di una tensione continua U	 <p>Le tensioni continue vengono misurate con la regolazione DC.</p> <p>Esempio: Tensione continua U: $U = \frac{5V}{div} \cdot 3 div = 15V$</p> <p>Regolazione oscilloscopio: 5 V / div¹⁾</p> <p>¹⁾ div: abbrev. di divit (divisione), unità di suddivisione della griglia dello schermo</p>	
Misura di correnti alternate e durata del periodo	 <p>Le tensioni alternate vengono misurate con la regolazione AC.</p> <p>Esempio: $\dot{U} = \frac{2V}{div} \cdot 3 div = 6V$ $U = \frac{\dot{U}}{\sqrt{2}} = \frac{6V}{\sqrt{2}} = 4,2V$ $T = \frac{2ms}{div} \cdot 10 div = 20ms$ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20ms} = 50Hz$</p> <p>Regolazione oscilloscopio: - Ampiezza I: 2 V / div - Time Base: 2 ms / div</p>	
Misura di correnti (misura indiretta)	 <p>L'intensità di corrente è determinata misurando la tensione U su un resistore noto, per esempio 1 Ω e calcolando la corrente I con l'ausilio della legge di Ohm.</p> <p>Esempio: $U = \frac{50mV}{div} \cdot 3 div = 0,15V$ $U = \frac{\dot{U}}{\sqrt{2}} = \frac{0,15V}{\sqrt{2}} = 0,1V$ $I = \frac{U}{R} = \frac{0,1V}{1} = 0,1A$</p> <p>Regolazione oscilloscopio: 50 V / div</p>	

DOMANDE DI RIPASSO

- Che cosa si intende per misurazione indiretta della resistenza?
- Com'è collegato un amperometro in un circuito elettrico?
- Quali sono gli strumenti di misurazione elettrici a rappresentazione analogica?
- A che cosa bisogna fare attenzione quando si misura una tensione alternata con un apparecchio di misura a bobina mobile?
- Che cosa significa classe di precisione 1,5?
- Quali svantaggi presentano gli strumenti a rappresentazione numerica quando le grandezze misurate sono instabili?
- Quale regola va rispettata quando si utilizzano i multimetri analogici?
- Quale tensione viene applicata alla deflessione verticale e quale alla deflessione orizzontale?
- Che cosa significa sblocco?
- Descrivete il movimento del fascio elettronico sullo schermo quando è attivata soltanto la base dei tempi.

19.1.7.5 Circuito a ponte

Il circuito a ponte (fig. 1), è costituito da due collegamenti in serie, con due resistori ciascuno, che a loro volta sono collegati in parallelo a un generatore di tensione comune.

La corrente totale I_G si ramifica al punto A nelle correnti parziali I₁ (tramite i resistori R₁ e R₂) e I₂ (tramite i resistori R₃ e R₄). I resistori R₁ ... R₄ fungono da partitori di tensione.

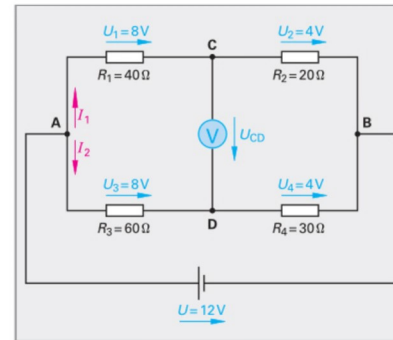


Figura 1: Circuito a ponte

Se il partitore di tensione R₁-R₂ ripartisce la tensione del generatore nello stesso rapporto del partitore R₃-R₄, tra i punti C e D non si genera alcuna tensione (ponte in equilibrio).

I resistori R₁ e R₂ sono pertanto bilanciati rispetto ai resistori R₃ e R₄.

Il circuito a ponte è in equilibrio quando nelle diagonali C-D non scorre corrente, ossia quando il rapporto tra le resistenze in entrambi i partitori di tensione è identico.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_3}{U_4}$$

Il circuito a ponte viene utilizzato per effettuare le misurazioni della resistenza.

A tale proposito, il resistore R₁ viene sostituito dal resistore incognito R_x e R₂ dal resistore variabile R_n.

Il circuito a ponte utilizzato per la misurazione dei resistori è detto ponte di Wheatstone (fig. 2).

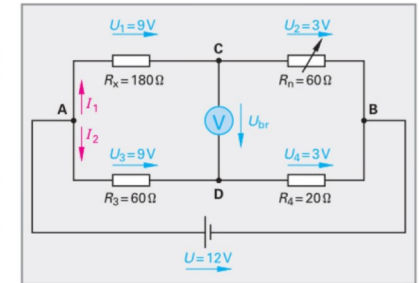


Figura 2: Ponte di Wheatstone

Se il ponte è in equilibrio, per calcolare R_x è sufficiente conoscere R_n e il rapporto tra R₃ e R₄.

$$\frac{R_x}{R_n} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_x = R_n \cdot \frac{R_3}{R_4}$$

La resistenza del comparatore R₂ o R_n può essere in genere impostata, in modo tale che il suo valore non si discosti eccessivamente da quello del resistore incognito R₁ o R_x. Così facendo si riducono gli errori di misura.

I resistori R₃ e R₄ possono essere sostituiti da un resistore regolabile in continuo (resistore di tipo rotante o potenziometro con cursore) (fig. 3).

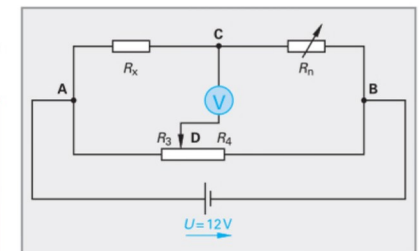


Figura 3: Ponte a filo

Mediante il ponte di Wheatstone è possibile misurare le resistenze con estrema precisione. Il risultato della misura è indipendente dall'intensità della tensione di alimentazione.

Il collegamento a ponte è utilizzato sul veicolo, per esempio, nel debimetro.

19.1.8 Effetti della corrente elettrica

Effetto termico

Gli elettroni si spostano tra i singoli atomi quando una corrente elettrica circola in un conduttore metallico. L'energia liberata dal movimento degli elettroni è trasmessa agli atomi. Questi cominciano a oscillare a loro volta e, in tal modo, producono calore (fig. 1). La misura dell'"oscillazione termica" è la temperatura del conduttore.

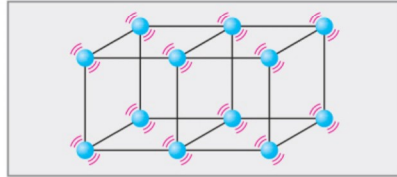


Figura 1: Oscillazioni termiche delle molecole

Ogni conduttore elettrico, attraversato da corrente elettrica, produce calore.

Effetto luminoso

I filamenti di un metallo vengono riscaldati dalla corrente elettrica fino al punto da diventare incandescenti. La produzione di luce è tanto più grande quanto più elevata è la temperatura. Ecco perché si utilizzano metalli con un punto di fusione elevato, per esempio il tungsteno. Affinché il filamento incandescente non si ossidi, esso è disposto in un contenitore vuoto d'aria o riempito di un gas protettivo (azoto, cripton). Le lampade a incandescenza emettono calore.

Durante il passaggio della corrente attraverso un gas, la collisione delle particelle elementari di questo gas produce luce.

Le lampade a scarica di gas, per esempio le lampade fluorescenti (fig. 2), hanno un rendimento migliore rispetto alle lampade ad incandescenza, dato che la loro perdita di calore è minore. I tubi fluorescenti emettono un'irradiazione fredda.

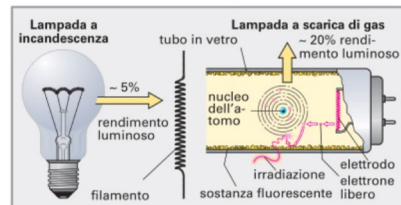


Figura 2: Effetto luminoso

Effetti chimici

I liquidi capaci di condurre corrente sono detti elettroliti. Gli elettroliti sono scomposti in ioni durante il passaggio della corrente. Tale fenomeno è detto elettrolisi.

Gli elettroliti sono gli acidi, le basi, i sali e gli ossidi di metallo in soluzione acquosa o allo stato fuso. Gli elementi di base, che si creano in seguito alla scissione dovuta al passaggio di corrente, si dirigono verso i poli (elettrodi), dove precipitano. Questo tipo di effetto elettrico è utilizzato, per esempio, per depositare uno strato sottile di rame su un altro metallo (fig. 3). Questo procedimento è detto galvanizzazione.

Effetto magnetico

In ogni conduttore attraversato da corrente elettrica si crea un campo magnetico.

Un conduttore attraversato da corrente elettrica può far deviare un ago magnetico dalla sua direzione nord-sud, ossia attorno ad un conduttore attraversato da corrente elettrica si crea una forza magnetica (fig. 4). La direzione di questa forza dipende dalla direzione della corrente nel conduttore. Questo fenomeno elettromagnetico è utilizzato, per esempio, nei macchinari elettrici.

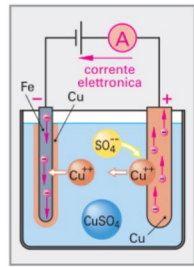


Figura 3: Effetto chimico

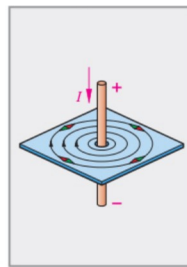


Figura 4: Effetto magnetico

Effetto fisiologico

Per effetto fisiologico della corrente si intendono le conseguenze della corrente elettrica sugli esseri viventi.

La corrente elettrica attraversa un corpo umano quando questo entra in contatto con una fonte di tensione elettrica. Si subisce, quindi, una "scossa elettrica". L'effetto fisiologico della corrente elettrica è utilizzato, soprattutto in medicina.

19.1.9 Protezione contro i pericoli della corrente elettrica

La corrente elettrica può essere mortale per gli esseri umani e per gli animali.

Una corrente elettrica di intensità superiore a 50 mA può risultare letale. Tensioni alternate maggiori di 50 V possono già generare correnti molto pericolose per il corpo umano.

Tipi di guasti (fig. 1). Cortocircuiti: si possono verificare con la carcassa, le fasi, i contatti, la terra.

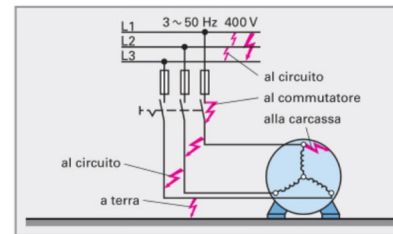


Figura 1: Possibili guasti

Contatto diretto e indiretto

Contatto diretto (fig. 2). Si verifica quando si entra direttamente in contatto con la tensione di una linea o di una macchina. Per evitare questo pericolo, si dovrebbero isolare e ricoprire tutte le parti sotto tensione.

La protezione contro il contatto diretto consiste nell'isolare tutte le parti e i conduttori elettrici sotto tensione suscettibili di essere toccati.

Contatto indiretto (fig. 3). Si verifica quando si entra in contatto con elementi di un apparecchio che, per un guasto, sono sotto tensione anche se non dovrebbero esserlo. Può succedere, per esempio, che l'involucro di un apparecchio elettrico sia sotto tensione a causa di un difetto di isolamento.

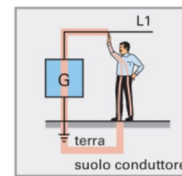


Figura 2: Contatto diretto

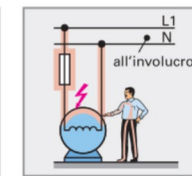


Figura 3: Contatto indiretto

La protezione contro il contatto indiretto consiste nel prevenire eventuali tensioni di guasto eccessivamente elevate nei vari componenti degli apparecchi.

Misure di protezione indipendenti dalla rete

L'apparecchio non è disconnesso in caso di guasto; le misure di protezione agiscono senza conduttore di protezione. Fanno parte delle misure di protezione indipendenti dalla rete l'isolamento di protezione, la protezione delle basse tensioni e la protezione per separazione.

Isolamento di protezione (fig. 4). Tutte le parti di un apparecchio elettrico che potrebbero, in caso di guasto, collegarsi a terra, sono avvolte, oltre che dal loro isolamento di base, da un ulteriore isolamento oppure separate dalla parte conduttiva dell'apparecchio tramite pezzi isolanti.

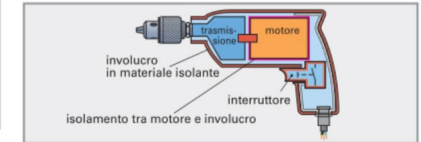


Figura 4: Isolamento di protezione

Protezione delle basse tensioni (fig. 5). Le misure di protezione delle basse tensioni sono tensioni alternate fino a 50 V. Esse devono essere integrate nei trasformatori o nei convertitori rotativi, in modo che il lato di bassa tensione non entri in contatto con la rete di alimentazione.

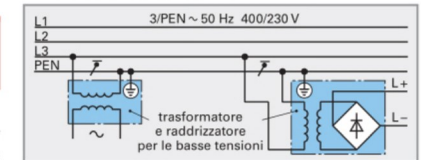


Figura 5: Protezione di bassa tensione

Protezione per separazione (fig. 6). Un trasformatore è collegato tra la rete e l'utilizzatore. Il lato uscita del trasformatore non ha nessun collegamento a terra, ossia, in caso di guasto, non c'è tensione tra l'apparecchio e la terra. Il trasformatore ha in genere un rapporto di trasformazione di 1:1, ossia non cambia il valore della tensione.

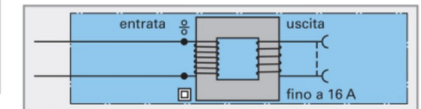


Figura 6: Protezione per separazione

Misure di precauzione dipendenti dalla rete

Queste precauzioni sono efficaci soltanto con l'utilizzo di un conduttore di protezione PE (Protection Earth). I fusibili, gli interruttori automatici e i disgiuntori di protezione contro la corrente di guasto (interruttori di protezione FI) sono utilizzati come dispositivi d'interruzione automatica in caso di sovraccarico di corrente che, in caso di guasto, staccano l'apparecchio dalla rete.

Protezione tramite dispositivi d'interruzione in caso di sovraccarico di corrente

Questo tipo di protezione veniva precedentemente chiamato "messa a terra del neutro". Il generatore di tensione è collegato direttamente a terra. L'involucro conduttivo e le parti conduttive dell'apparecchio sono collegati alla terra del generatore di tensione attraverso il conduttore di protezione PE (colore verde/giallo dell'isolante). In caso di guasto, il contatto a massa porta a un cortocircuito completo che innesca i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti (per esempio fusibili, interruttori di protezione) nel tempo definito e che, alla fine, separa l'apparecchio dalla rete (fig. 1).

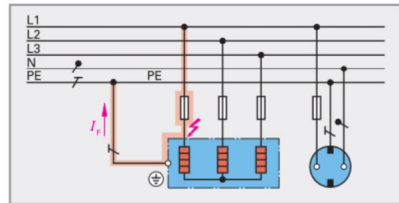


Figura 1: Protezione con dispositivo di interruzione in caso di sovraccarico di corrente

Per gli apparecchi che non hanno un posto fisso e la cui alimentazione dipende da prese della rete elettrica, la protezione del conduttore PE deve corrispondere al contatto di protezione della spina o alla presa di corrente della rete (fig. 2).

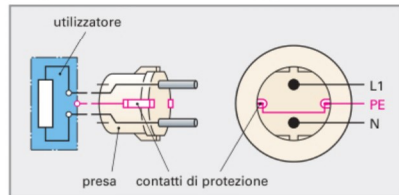


Figura 2: Presa di corrente mobile con messa a terra

Disgiuntori di protezione a corrente di guasto (FI) (fig. 3). In caso di guasto, hanno il compito di interrompere tutti i poli dell'utilizzatore dopo 0,2 s. Tutti i conduttori (L1, N), che portano la corrente della

rete all'apparecchio da proteggere, sono connessi a un trasformatore cumulativo di corrente. Il conduttore di protezione PE non è collegato al trasformatore. Fintanto che non c'è guasto nel circuito, la corrente di alimentazione (I_L) è uguale alla corrente di ritorno nel conduttore neutro (I_N). In altre parole, i campi magnetici della bobina nel trasformatore, generati dalla corrente che la attraversa, non hanno effetto verso l'esterno.

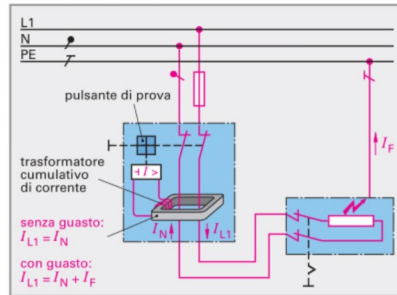


Figura 3: Disgiuntore di protezione a corrente di guasto

In caso di guasto, una corrente parziale (corrente di guasto I_g) attraversa il conduttore di protezione PE, ossia le correnti (I_L , I_N) nel trasformatore cumulativo sono differenti. I campi magnetici della bobina che si creano per effetto del passaggio di corrente non si annullano più reciprocamente. C'è allora un'induzione di tensione all'uscita della bobina del trasformatore. Questa tensione aziona il dispositivo di disinnesco dell'apparecchio elettrico che, a sua volta, apre tutte le fasi della rete che alimentano l'utilizzatore. Con il pulsante di controllo P si può controllare l'efficacia del funzionamento dell'interruttore FI.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quale relazione descrive la legge di Ohm in un circuito elettrico?
- 2 Da quali valori dipende la potenza elettrica?
- 3 Da quali valori dipende il lavoro elettrico?
- 4 Quali sono le unità utilizzate per il lavoro elettrico?
- 5 Com'è definito il rendimento?
- 6 Per quale motivo il rendimento è sempre < 1 ?
- 7 Come si comportano le tensioni e le correnti in un collegamento in serie?
- 8 Qual è la relazione tra la resistenza totale e le resistenze parziali in un collegamento in parallelo?
- 9 Quali sono gli effetti prodotti dalla corrente elettrica?
- 10 Quali tipi di guasti si possono verificare negli impianti elettrici?

19.1.10 Produzione della tensione elettrica

Produzione di tensione per induzione

Per induzione si intende la produzione di tensione elettrica ottenuta mediante la variazione del flusso magnetico che attraversa un conduttore o una bobina.

Quando si muove avanti e indietro un magnete permanente in una bobina, nella stessa si crea una tensione alternata (fig. 1, a sinistra).

Quando si muove avanti e indietro un conduttore in un campo magnetico, nel conduttore stesso si crea una tensione alternata (fig. 1, a destra).

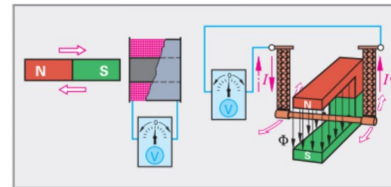


Figura 1: Tensione indotta dal movimento

Questo procedimento di produzione della tensione è detto induzione. Una tensione è indotta soltanto nella misura in cui l'intensità del flusso magnetico varia in un conduttore o in una bobina. Per flusso magnetico s'intende l'insieme delle linee di campo magnetico racchiuse dalla bobina o dal conduttore. Il valore della tensione indotta è proporzionale alla velocità della variazione del flusso magnetico all'interno della bobina (aumento o diminuzione per unità di tempo) e al numero di spire. Il modo in cui varia il flusso magnetico in una bobina non influisce sulla tensione indotta.

La variazione del flusso magnetico può essere dovuta:

- al movimento o alla rotazione di una bobina nel campo magnetico;
- all'inserimento o disinserimento della corrente in un avvolgimento, per esempio la corrente di eccitazione nell'avvolgimento induttore di un generatore;
- alla variazione periodica dell'intensità di corrente, per esempio nell'avvolgimento primario di un trasformatore.

La direzione della tensione indotta dipende dalla direzione del movimento e dalla direzione del campo magnetico (fig. 1, a sinistra).

Questa direzione può essere determinata per mezzo della regola della mano destra (fig. 2).

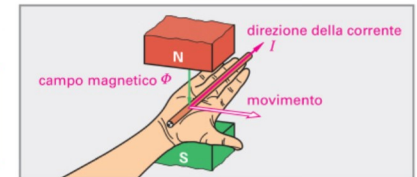


Figura 2: Regola della mano destra

La produzione di tensione per induzione è, attualmente, il procedimento più comune. Il generatore è composto da un rotore con un campo di eccitazione che, ruotando, genera una tensione nell'avvolgimento indotto fisso (avvolgimento statore, fig. 3).

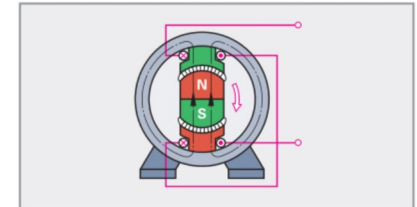


Figura 3: Generatore di corrente alternata

I trasformatori

Un trasformatore è costituito da due bobine separate che hanno un comune nucleo di ferro dolce (fig. 4). L'avvolgimento in ingresso (avvolgimento primario) è alimentato dall'energia elettrica della rete. La corrente alternata assorbita dall'avvolgimento primario crea un campo magnetico variabile, che viene trasmesso al nucleo di ferro e, da lì, indotto all'avvolgimento in uscita (avvolgimento secondario), che viene pervaso. Questo campo magnetico alternativo induce, a sua volta, una tensione nell'avvolgimento secondario.

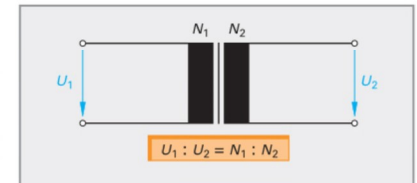


Figura 4: Trasformatore

In un trasformatore, la tensione primaria U_1 sta alla tensione secondaria U_2 come il numero di spire dell'avvolgimento primario N_1 sta al numero di spire dell'avvolgimento secondario N_2 .

Produzione di tensione attraverso procedimenti elettrochimici

Elemento galvanico (fig. 1). Quando si immergono due diversi metalli conduttori in un elettrolita (acido, soluzione alcalina o soluzione salina), si crea un elemento galvanico; tra i due elettrodi (poli) metallici si produce una tensione continua (fig. 1). Al posto di un metallo si può utilizzare anche il carbone.

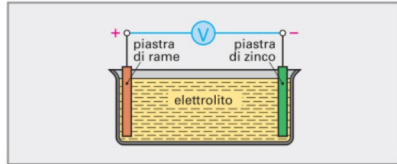


Figura 1: Elemento galvanico

La tensione di un elemento galvanico dipende dai tipi di materiale utilizzati e, quindi, dal loro potenziale elettrochimico.

Se per moltiplicare la tensione si collegano in serie più elementi galvanici, si crea una batteria.

In un circuito chiuso, la corrente scorre anche all'interno dell'elemento galvanico, dal polo negativo al polo positivo. L'elettrolita si decompone, il metallo del polo negativo si scioglie o si trasforma chimicamente. L'idrogeno che si crea al polo positivo deve essere legato chimicamente affinché non si verifichi un calo di tensione durante il consumo di corrente. Nell'elemento allo zinco-carbone (fig. 2), questo avviene tramite il rivestimento del polo positivo con materiali che si legano all'idrogeno, per esempio biossido di manganese (MnO_2). La produzione di corrente si ferma quando l'elettrolita è completamente consumato o il metallo del polo negativo è stato trasformato chimicamente.

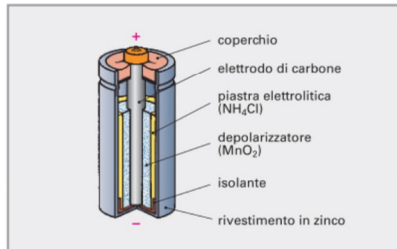


Figura 2: Pila a secco (elemento Leclanche)

Gli elementi galvanici, in cui il procedimento elettrochimico può essere annullato dal passaggio di una corrente elettrica, sono detti accumulatori.

Produzione di tensione attraverso il calore

Termocoppia (fig. 3). Due fili di due diversi metalli sono collegati l'uno all'altro. Se si riscalda il punto di collegamento, alle due estremità libere si produce una tensione continua. L'entità di questa tensione dipende dal materiale di cui sono costituiti i fili metallici e dalla temperatura. Un voltmetro collegato a queste estremità può essere graduato in °C per indicare la temperatura. Le termocoppie o coppie termoelettriche sono utilizzate, per esempio, per il comando di ventilatori elettrici.

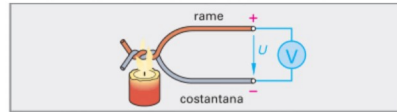


Figura 3: Termocoppia

Produzione di tensione con la luce

Fotoelemento (fig. 4). È generalmente costituito da una piastra metallica di base sulla quale è applicato uno strato semiconduttore, per esempio selenio. Lo strato semiconduttore è collegato a un anello di contatto. Quando è esposto alla luce, si genera una tensione continua tra l'anello di contatto e la piastra di base. I fotoelementi sono utilizzati come interruttori crepuscolari.

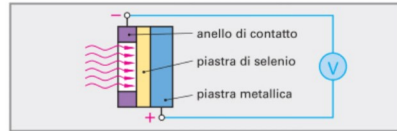


Figura 4: Fotoelemento

Produzione di tensione attraverso la deformazione di un cristallo

Elemento piezoelettrico (fig. 5). È composto da un cristallo (biossido di silicio). Quando si esercita una forza di pressione o di trazione, si genera una tensione alternata che può essere captata da un supporto conduttore. I generatori di tensione piezoelettrici¹⁾ sono utilizzati come sensori di pressione in processi a variazione rapida, per esempio come sensore del battito in testa nei motori a combustione.

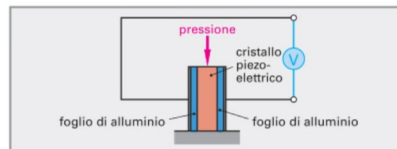


Figura 5: Elemento piezoelettrico

¹⁾ dal greco πιεζειν = premere

Collegamento di generatori di tensione

I generatori di tensione possono essere collegati sia in serie sia in parallelo.

Collegamento in serie (fig. 1). Valgono le stesse leggi del collegamento in serie delle resistenze. Si sommano sia le resistenze interne sia le tensioni a circuito aperto. L'intensità complessiva della corrente è uguale all'intensità della corrente che attraversa ogni singolo generatore. La capacità di un collegamento in serie di batterie di avviamento dello stesso valore corrisponde alla capacità della singola batteria (ossia non vi è alcun aumento della capacità), ma la tensione è moltiplicata per il numero di generatori inseriti.

I generatori di tensione sono collegati in serie per ottenere una maggiore tensione di alimentazione.

In un collegamento in serie di generatori, il polo positivo di una batteria è collegato al polo negativo della batteria successiva e così via.

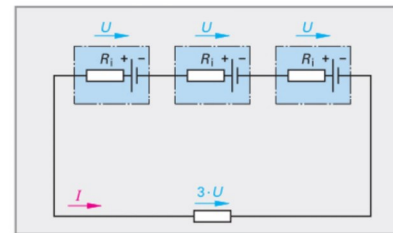


Figura 1: Collegamento in serie di generatori di tensione

Collegamento in parallelo (fig. 2). Valgono le stesse leggi del collegamento in parallelo delle resistenze. Si sommano sia le correnti sia le capacità. Si possono collegare in parallelo unicamente batterie con la stessa tensione nominale. Se si collegano in parallelo batterie con tensione diversa, dalla batteria con tensione maggiore circolerà, verso la batteria con tensione minore, una grande corrente che cercherà di equilibrarsi e potrà perciò danneggiare entrambe le batterie. La tensione di un collegamento in parallelo di batterie di avviamento uguali equivale alla tensione di una singola batteria, ma si moltiplicano la capacità e la corrente fruibile.

I generatori di tensione sono collegati in parallelo per poter prelevare una maggiore quantità di corrente.

In un collegamento in parallelo di generatori di tensione, tutti i poli positivi e negativi devono essere collegati tra loro.

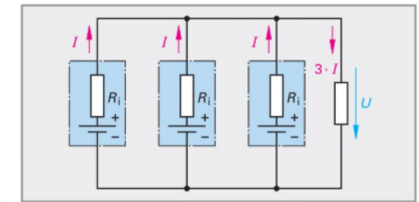


Figura 2: Collegamento in parallelo di generatori di tensione

19.1.11 Tensione e corrente alternate

Le tensioni sinusoidali sono generalmente utilizzate nella tecnologia energetica. Esse sono facilmente prodotte da generatori e possono essere modificate nell'ampiezza con l'aiuto di trasformatori e trasportate per lunghe distanze.

La tensione alternata (sinusoidale) è generata mettendo in rotazione uniforme un conduttore all'interno di un campo magnetico. Essa cambia in ogni momento la sua ampiezza e, periodicamente, la sua direzione (fig. 3).

Un'oscillazione completa è detta periodo. La durata dell'oscillazione è la durata del periodo T . La frequenza f è il numero di periodi al secondo. L'unità della frequenza è l'hertz (Hz).

La frequenza f di una tensione alternata dipende dal numero di giri n e dal numero di coppie di poli p del generatore ($f = p \cdot n$).

Una tensione indotta con una frequenza di 50 Hz è ottenuta con la rotazione di un rotore a due poli (una coppia di poli) di un generatore a una velocità costante di 3000 giri/min = 50 1/s.

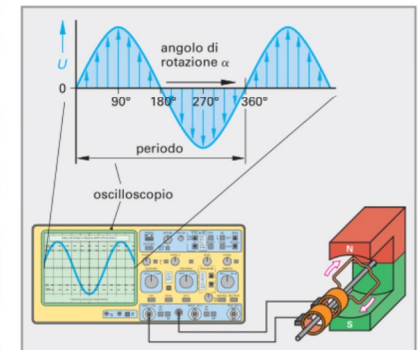


Figura 3: Generatore di corrente alternata

19.1.12 Tensione alternata trifase e corrente trifase

Il generatore trifase ha tre avvolgimenti statorici ($U_1 - U_2, V_1 - V_2, W_1 - W_2$) identici, indipendenti e disposti rispettivamente a 120° l'uno rispetto all'altro (fig. 1). La rotazione di 360° del rotore (bobina di eccitazione a corrente continua) induce negli avvolgimenti tre tensioni e correnti alternate, sfasate rispettivamente di 120° le une rispetto alle altre (fig. 2).

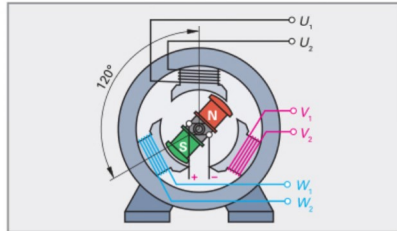


Figura 1: Generatore di corrente trifase

Dalle tre curve di corrente rappresentate nella fig. 2, si evidenzia che al punto 1 (posizione del rotore 90°), la corrente I_1 che circola nella bobina $U_1 - U_2$ ha raggiunto il suo valore massimo. La corrente I_1 è uguale alla somma della corrente I_2 nella bobina $V_1 - V_2$ e della corrente I_3 nella bobina $W_1 - W_2$. La corrente I_1 , inoltre, è orientata in direzione opposta rispetto al senso delle correnti I_2 e I_3 .

La somma delle correnti I_1, I_2, I_3 è sempre e in ogni istante uguale a zero.

Ciò vale per qualsiasi posizione del rotore (fig. 2).

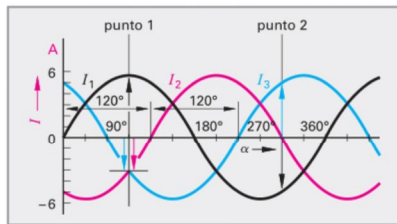


Figura 2: Andamento della corrente trifase

Normalmente, sarebbero necessari sei conduttori per utilizzare le tre correnti alternate (un conduttore d'andata e uno di ritorno per ciascuna corrente). Si evita il montaggio di sei conduttori collegando le tre bobine con soli tre conduttori, in quanto questi possono fungere alternativamente da conduttori di andata e di ritorno a causa dello sfasamento temporale delle tre correnti alternate.

Collegamento a stella (fig. 3). Se si collegano le 3 estremità degli avvolgimenti U_2, V_2, W_2 si ottiene un collegamento a stella. Le estremità degli avvolgimenti U_1, V_1, W_1 sono collegate ai conduttori esterni L_1, L_2, L_3 della rete.

Collegamento a triangolo (fig. 4). Se si collegano a due a due le estremità iniziali degli avvolgimenti con le estremità finali, per esempio U_1 con W_2, W_1 con V_2, V_1 con U_2 , si ottiene un collegamento a triangolo. I punti di collegamento sono collegati ai conduttori esterni L_1, L_2, L_3 della rete.

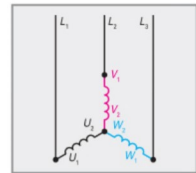


Figura 3: Collegamento a stella

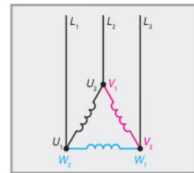


Figura 4: Collegamento a triangolo

Il circuito con collegamento a triangolo o a stella è detto concatenamento.

19.1.13 Magnetismo

19.1.13.1 Il magnetismo permanente

I magneti attirano le particelle di ferro, nichel e cobalto. I punti di maggiore attrazione sono i poli del magnete. Ciascun magnete ha un polo nord e un polo sud.

I poli di nome contrario si attirano, mentre i poli dello stesso nome si respingono.

Se si pone un magnete a barra su una punta in modo che esso si possa orientare liberamente, assumerà la direzione geografica nord-sud. Il polo che si orienta verso nord porta il nome di polo nord, il polo opposto è il polo sud. Nello spazio che circonda il magnete è presente un campo magnetico. Le linee di forza sono curve immaginarie che indicano, di volta in volta, la direzione della forza magnetica. Esse costituiscono sempre un circuito chiuso e, nello spazio che circonda il magnete, vanno dal polo nord al polo sud. All'interno del magnete, invece, le linee di forza vanno dal polo sud al polo nord (fig. 5).

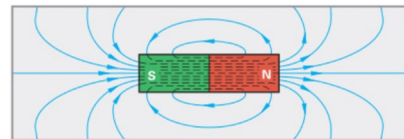


Fig. 5: Campo magnetico di un magnete permanente

19.1.13.2 Elettromagnetismo

Intorno a un conduttore attraversato da corrente si crea un campo magnetico. Le linee di campo sono a forma di cerchi concentrici.

Si può determinare la direzione delle linee di forza intorno a un conduttore attraversato da una corrente elettrica con la regola della vite. Immaginando una vite con filettatura destrorsa nella direzione della corrente avvitata in un conduttore, si può dire che la direzione di avvitamento è uguale alla direzione delle linee di forza (fig. 1).

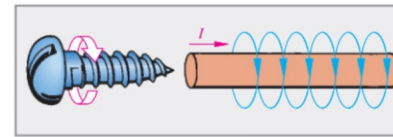


Figura 1: Campo magnetico attorno a un conduttore

Per indicare se la corrente entra in un conduttore, si utilizza il segno \otimes , mentre si utilizza il segno \odot per indicare che la corrente esce dal conduttore.

Avvolgendo il conduttore per ottenere una bobina, si concentrano le linee di forza al suo interno. Esse sono parallele e hanno la stessa densità; si parlerà allora di un campo magnetico omogeneo. Il polo di uscita delle linee di forza è detto polo nord e quello di ingresso polo sud (fig. 2).



Figura 2: Campo magnetico all'interno di una bobina

Effetti magnetici tra conduttori attraversati da corrente elettrica. I campi magnetici di due conduttori percorsi da una corrente elettrica producono forze antagoniste (fig. 3).

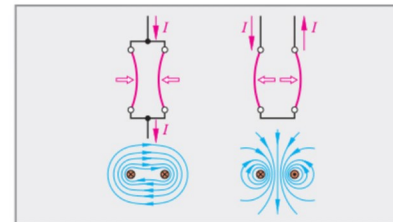


Figura 3: Conduttori attraversati da corrente elettrica

I conduttori attraversati da corrente con la stessa direzione si attirano, mentre quelli attraversati da correnti con direzioni opposte si respingono.

Conduttori percorsi da corrente elettrica nel campo magnetico. Una bobina mobile attraversata da corrente elettrica viene ruotata in una determinata posizione finché il proprio campo magnetico non avrà acquisito la stessa direzione del campo fisso (fig. 4). Si può ottenere una rotazione permanente aggiungendo alla bobina mobile un commutatore (collettore) di corrente che cambia regolarmente la direzione della corrente prima che la bobina abbia raggiunto la sua posizione finale.

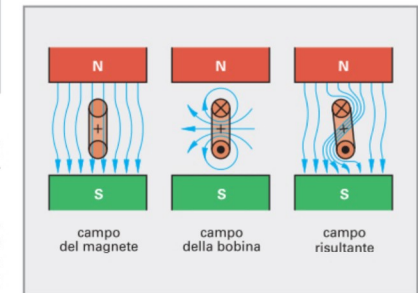


Figura 4: Conduttore e bobina all'interno del campo magnetico

Un conduttore attraversato da corrente elettrica e posto all'interno di un campo magnetico è sottoposto a una forza magnetica che tenta di spostarlo dalla sua posizione di riposo.

Il ferro nel campo magnetico. Il percorso delle linee di forza in un campo chiuso è detto circuito magnetico. Tale circuito è paragonabile al circuito elettrico.

Il passaggio delle linee di forza nell'aria, per esempio tra il rotore e lo statore di un alternatore, è detto traferro e offre un'elevata resistenza magnetica. Per diminuire questo effetto, si riduce il più possibile lo spazio tra gli elementi. Un nucleo di ferro dolce, disposto al centro di una bobina, aumenta e canalizza il flusso magnetico. Questo insieme è detto elettromagnete con nucleo di ferro.

Il nucleo di ferro aumenta il flusso magnetico Φ di una bobina.

I magneti elementari si orientano in modo tale che la loro attività si aggiunga a quella del campo della bobina.

19.1.14 Autoinduzione

L'autoinduzione si verifica nelle bobine a seguito della variazione della corrente elettrica. Questo fenomeno produce una variazione del campo magnetico nella bobina, ossia all'interno di quest'ultima varia l'intensità del flusso magnetico. Questa induzione prodotta dalla corrente nel proprio avvolgimento è detta **tensione di autoinduzione**.

Esperimento 1 (fig. 1). Una bobina con nucleo di ferro ($N = 1200$ spire) e una resistenza variabile sono collegati in serie con una lampada a incandescenza ciascuna (1,5 V/3 W) e alimentati con una tensione di 6 V. La resistenza variabile è regolata in modo tale che entrambe le lampadine abbiano la medesima intensità luminosa.

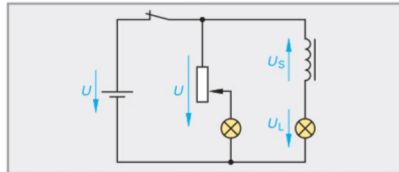


Figura 1: Chiusura di un circuito con bobina

Osservazione. Quando si chiude il circuito, la lampada collegata in serie con la bobina si illumina con un certo ritardo. La corrente elettrica che scorre all'interno della bobina crea un campo magnetico. Il campo magnetico in formazione suscita una variazione del flusso magnetico nella bobina che, a sua volta, provoca l'induzione di una tensione elettrica U_S opposta alla tensione di alimentazione. È per questo motivo che la tensione utile sale lentamente (fig. 3).

Alla chiusura di un circuito comprendente una bobina, l'autoinduzione frena il passaggio della corrente e rallenta la creazione del campo magnetico.

Esperimento 2 (fig. 2). Una bobina con nucleo di ferro ($N = 1200$ spire) e una lampada fluorescente sono collegati in parallelo e alimentati con una tensione di 6 V.

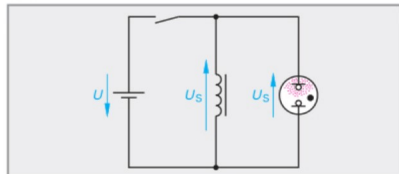


Figura 2: Apertura di un circuito con bobina

Osservazione. All'apertura del circuito, la lampada collegata in parallelo con la bobina si illumina subito per un breve istante.

Dopo l'apertura del circuito, nella bobina non passa più corrente. Il campo magnetico formato in precedenza decresce rapidamente, ossia cambia direzione rispetto alla fase di formazione e nella bobina si induce una tensione molto elevata (tensione di autoinduzione, fig. 3).

All'apertura di un circuito comprendente una bobina, l'autoinduzione ritarda la soppressione della corrente e del campo magnetico.

Questa tensione indotta (tensione di autoinduzione) è orientata nella stessa direzione della tensione di alimentazione. Essa mantiene ancora, per breve durata, il passaggio di una corrente nella bobina, impedendo in tal modo la soppressione immediata del campo magnetico (fig. 3).

La tensione di autoinduzione è sempre orientata in modo tale da ostacolare il flusso che l'ha generata.

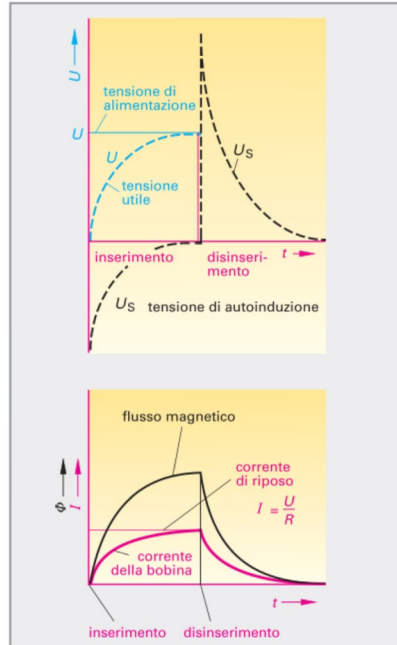


Figura 3: Variazioni della tensione e della corrente

Dato che l'elevata tensione di autoinduzione che si crea allo spegnimento della bobina ha la stessa direzione della tensione di alimentazione, già a una minima apertura del contatto si produce un arco elettrico.

Quando a una bobina è applicata una tensione alternata, la tensione di autoinduzione aumenta con l'aumentare della frequenza, per cui l'intensità media della corrente diminuisce per unità di tempo. La corrente nella bobina diminuisce, ossia la resistenza di quest'ultima diventa apparentemente maggiore (**reattanza induttiva, fig. 1**).

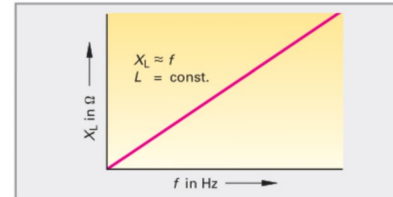


Figura 1: Reattanza induttiva di una bobina

19.1.15 Condensatore

Un condensatore è composto da due conduttori metallici separati da un isolante (fig. 2).

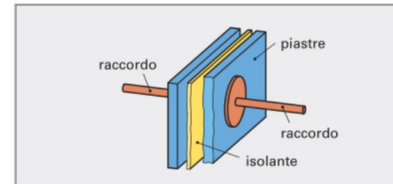


Figura 2: Struttura di un condensatore

Mettendo un condensatore sotto tensione, si genera brevemente una corrente di carica. In seguito, il condensatore blocca il passaggio della corrente. Cortocircuitando il condensatore, si ha una corrente di scarica che circola in senso inverso (fig. 3). Durante la carica, il generatore di tensione attira gli elettroni da una delle piastre del condensatore e li riporta sull'altra. In altre parole, su un lato si crea un difetto di elettroni e, sull'altro, un eccesso.

Questa differenza sussiste anche dopo la separazione del condensatore dalla sua fonte di tensione, ossia quando il condensatore è carico. La capacità di accumulo del condensatore è detta capacità C . L'unità di misura è il farad (F).

Aumentando il numero di processi di carica e scarica nell'unità di tempo, per esempio applicando a un condensatore una tensione alternata, aumenta

l'intensità media della corrente per unità di tempo. In tal modo, aumenta la corrente nel condensatore, ossia la resistenza del condensatore diventa apparentemente più piccola (**reattanza capacitiva**).

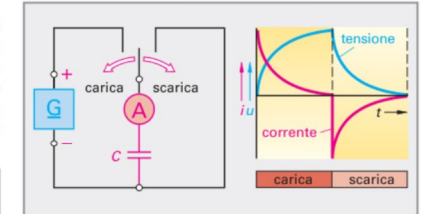


Figura 3: Processo di carica e scarica di un condensatore

19.1.16 Elettrochimica

Conduzione della corrente nei liquidi

L'acqua chimicamente pura è un isolante, ma se all'acqua pura si aggiunge un acido, una base o un sale, essa diventa un conduttore.

I liquidi conduttori sono degli elettroliti.

In un elettrolita, come per esempio H_2SO_4 , una parte delle molecole è scissa nei suoi elementi base $2 H^+$ e SO_4^- . Questo processo è detto dissociazione. Questi elementi base, atomi e molecole, hanno diverse cariche elettriche e sono detti ioni¹⁾.

Quando si applica una tensione a un elettrolita, gli ioni si mettono in movimento sotto l'effetto del campo elettrico (fig. 4).

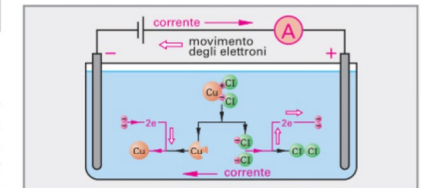


Figura 4: Elettrolisi di cloruro di rame

Gli ioni con carica positiva si dirigono verso il catodo (polo negativo). Li acquisiscono gli elettroni mancanti, diventando in tal modo elettricamente neutri, e si depositano sul catodo.

Gli ioni con carica negativa si dirigono verso l'anodo (polo positivo). Li cedono i loro elettroni liberi, diventando elettricamente neutri, e si depositano sull'anodo.

¹⁾ Ion (greco) = errante

Elettrolisi

Quando gli elettroliti sono attraversati da una corrente elettrica continua, essi sono scomposti nei loro elementi di base. Questo processo è detto elettrolisi.

Gli elementi di base si depositano sugli alimentatori di corrente (elettrodi) e possono formare con questi un legame chimico.

Galvanizzazione. Utilizzando il procedimento dell'elettrolisi, si possono ricoprire diversi materiali con uno strato metallico fine, per proteggere il materiale dalla corrosione o per creare delle superfici conduttive su materiali sintetici (schede di circuito stampato). Quando si applica una tensione di alimentazione continua nella disposizione sperimentale di **fig. 1**, gli ioni positivi di rame (Cu^{++}) si dirigono verso l'elettrodo negativo, dove si scaricano; il rame si deposita sull'elettrodo negativo (catodo) e lo ricopre.

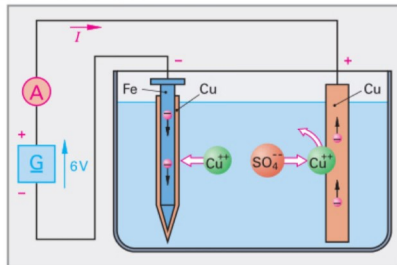


Figura 1: Galvanizzazione

Gli ioni negativi dell'acido rimanente (SO_4^{--}) si dirigono verso l'elettrodo positivo del rame (anodo) dove depositano le loro cariche (elettroni). Si viene allora a formare una molecola di solfato di rame (CuSO_4), che a sua volta si può dissociare. Questo processo si ripete fino all'esaurimento totale dell'anodo di rame. Durante questo tempo, sul catodo (polo negativo) si deposita rame puro. Questo metodo è utilizzato per fabbricare metalli non ferrosi ad elevata purezza, come per esempio il rame elettrolitico puro al 99,98%. L'elettrolisi è utilizzata anche per ricoprire con uno strato di zinco, di spessore ben definito, le lamiere della carrozzeria.

Elementi galvanici

Sono composti da due elettrodi metallici differenti oppure da un elettrodo metallico e uno di carbone e da un elettrolita.

La tensione elettrica è prodotta da processi elettrochimici che si manifestano tra gli elettrodi.

La tensione elettrica prodotta dipende dalla posizione degli elettrodi all'interno della serie galvanica (**fig. 2**) nonché dal tipo e dalla concentrazione dell'elettrolita.

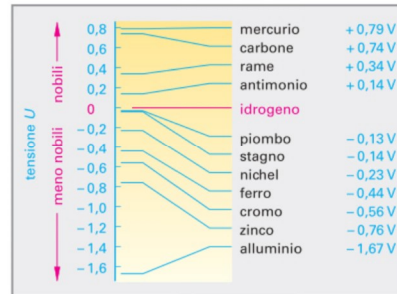


Figura 2: Serie galvanica

Si distinguono, tra gli elementi galvanici, gli **elementi primari** e gli **elementi secondari**.

Elementi primari. I processi elettrochimici che hanno luogo durante la trasformazione dell'energia non sono più reversibili. Il polo negativo, sempre di un metallo meno nobile, è distrutto; l'elettrolita può essiccarsi o disperdersi.

Elementi secondari. In questo caso, i processi elettrochimici sono reversibili se si procede a una ricarica con una corrente continua, per esempio per una batteria di avviamento. Durante la ricarica, l'energia elettrica è immagazzinata sotto forma di energia chimica e, durante la scarica, l'energia chimica viene ritrasformata in energia elettrica.

Tutti gli elementi elettrolitici contengono materiali nocivi per l'ambiente, per esempio gli acidi, le basi, il piombo e altri metalli pesanti. Essi devono essere smaltiti in centri specifici e non vanno mescolati in nessun caso ai rifiuti domestici.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Qual è l'interazione tra i poli di due magneti?
- 2 Qual è l'effetto di un nucleo di ferro all'interno di una bobina attraversata da corrente elettrica?
- 3 Come si comportano due conduttori elettrici quando sono attraversati da correnti elettriche dello stesso senso e di senso inverso?
- 4 Che cosa si intende per autoinduzione?
- 5 Come si comporta un condensatore sotto una tensione alternata la cui frequenza aumenta?
- 6 Spiegate il procedimento di galvanizzazione.

19.1.17 Componenti elettronici

Per la fabbricazione di elementi elettronici quali diodi e transistori si utilizzano materiali semiconduttori.

Questi materiali, a temperature vicine allo zero assoluto ($-273\text{ °C} \cong 0\text{ K}$), si comportano da isolanti elettrici, ossia hanno un'elevata resistività.

A temperatura ambiente, la resistività elettrica dei materiali semiconduttori è minore della resistività dei materiali isolanti e maggiore di quella dei metalli (**fig. 1**).

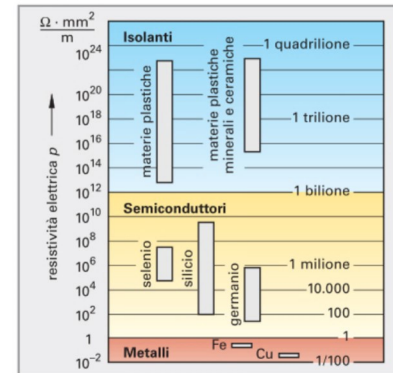


Figura 1: Resistività elettrica dei materiali a temperatura ambiente.

All'aumentare della temperatura diminuisce la resistenza dei materiali semiconduttori, mentre aumenta la loro conduttività.

Il comportamento dei materiali semiconduttori dipende molto dalla temperatura. Tale comportamento è sfruttato, per esempio, nei termistori. Quando all'aumentare della temperatura diminuisce la resistenza dei materiali semiconduttori, essi presentano un comportamento NTC. Per tale motivo, a temperature più alte si avrà, in condizioni di tensione costante, un maggiore flusso di corrente, il che può portare alla distruzione degli elementi semiconduttori stessi. Gli elementi semiconduttori sono perciò spesso montati su una piastra di raffreddamento. Negli autoveicoli, per esempio, i dispositivi di comando elettronici devono essere montati in modo da non essere esposti a intense radiazioni termiche.

La resistività dei materiali semiconduttori può dipendere anche da fattori quali la tensione applicata, la luce, la pressione meccanica o la forza del campo magnetico a cui sono sottoposti. Inoltre, la resistività è influenzata da eventuali additivi (drogaggio).

Nella **tab. 1** sono elencati i materiali semiconduttori più usati e il loro ambito di applicazione.

Tabella 1: Materiali semiconduttori		
Denominazione		Utilizzo
Silicio	Si	Diodi raddrizzatori Transistori
Germanio	Ge	Fotodiodi Fototransistori
Selenio	Se	Diodi raddrizzatori Fotoelementi
Arseniuro di gallio	GaAs	Fotodiodi

Conduttori di tipo N e conduttori di tipo P

La conduttività del silicio puro può essere fortemente aumentata mediante una leggera "contaminazione" con atomi estranei.

A seconda del materiale che si impianta nel reticolo cristallino del materiale base in silicio (drogaggio), si ottengono materiali semiconduttori di tipo N o di tipo P (**fig. 2**).

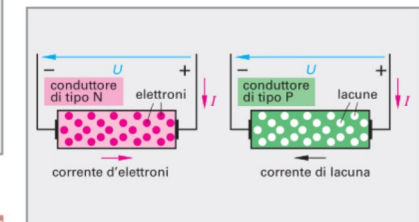


Figura 2: Conduttori di tipo N e conduttori di tipo P (schema)

Conduttori di tipo N (N da negativo). Sono materiali semiconduttori che hanno un eccesso di elettroni. Se si applica una tensione a un conduttore di tipo N, gli elettroni liberi si muovono come in un conduttore metallico.

I portatori di carica dei conduttori di tipo N sono gli elettroni.

Conduttori di tipo P (P da positivo). Sono materiali semiconduttori che presentano una carenza di elettroni. Nei punti in cui mancano gli elettroni, si ha carenza di elettroni, ossia il materiale semiconduttore presenta una carica positiva. Tali punti sono detti anche buchi o lacune. Se si applica una tensione al conduttore di tipo P, un elettrone libero vicino può saltare nella lacuna. La lacuna, però, si sposta sull'atomo che ha ceduto l'elettrone.

I portatori di carica dei conduttori di tipo P sono le lacune.

Giunzione PN. Quando un conduttore di tipo P e un conduttore di tipo N sono uniti tra di loro, si crea una giunzione PN. Nella zona di contatto, gli elettroni liberi del conduttore di tipo N si trasferiscono nelle lacune del conduttore di tipo P. Di conseguenza, nella zona di contatto non c'è pressoché nessun portatore di carica libero (elettroni e lacune, fig. 1).

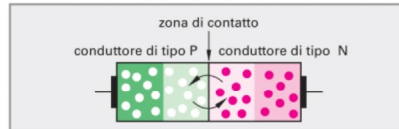


Figura 1: Giunzione PN

Nella giunzione PN si crea una barriera di potenziale.

19.1.17.1 Diodi

I diodi sono elementi semiconduttori composti da un conduttore di tipo P e un conduttore di tipo N che formano una giunzione PN. Essi hanno due collegamenti. Quando il diodo è inserito in un circuito elettrico, si distinguono, a seconda della polarizzazione elettrica, due condizioni di funzionamento: conduzione e interdizione (bloccaggio, fig. 2).

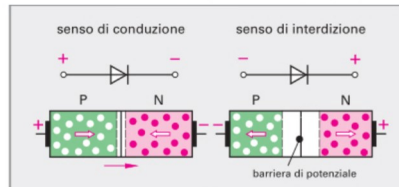


Figura 2: Modi di funzionamento dei diodi

I diodi lasciano passare la corrente in un solo senso e la bloccano nel senso inverso, svolgendo la funzione di valvola.

Zona di conduzione (figg. 3 e 4). Quando il diodo funziona nel senso di conduzione (senso diretto \rightarrow), la corrente diretta I_F aumenta fortemente al crescere della tensione U_F al di sopra della tensione di soglia. La tensione di soglia è dell'ordine di 0,3 V nei diodi al germanio e di circa 0,7 V nei diodi al silicio.

Nella zona di conduzione, un diodo ha un'alta impedenza quando la tensione è inferiore alla tensione di soglia e presenta una bassa impedenza quando la tensione è superiore alla tensione di soglia.

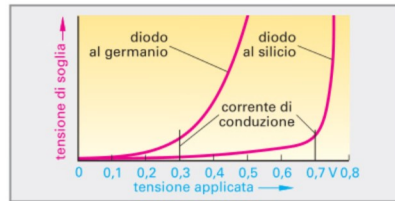


Figura 3: Zona di conduzione dei diodi

Zona di interdizione (bloccaggio) (fig. 4). Quando i diodi funzionano nel senso di non-conduzione (direzione inversa \leftarrow), la corrente inversa I_R rimane ridotta anche all'aumentare della tensione inversa U_R .

Zona di rottura (fig. 4). Se la tensione inversa continua ad aumentare, il diodo diventa conduttivo; la tensione inversa aumenta bruscamente e diventa corrente di rottura che può distruggere il diodo.

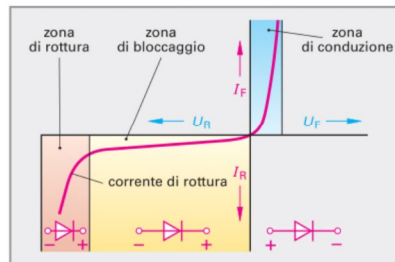


Figura 4: Curva caratteristica di un diodo

Circuiti raddrizzatori

I diodi sono utilizzati per raddrizzare tensioni alternate.

Collegamento ad una semionda (fig. 5). Se la semionda positiva è applicata al morsetto 1 del generatore, il diodo è collegato nel senso di conduzione e lascia quindi passare la semionda positiva. Se è applicata la semionda negativa, il diodo è collegato nel senso di non-conduzione; la semionda negativa è soppressa e la tensione, per questo lasso di tempo, è zero.

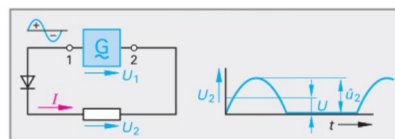


Figura 5: Collegamento ad una semionda

Collegamenti a ponte a doppia semionda (fig. 1). I diodi sono collegati in modo tale da poter utilizzare per il raddrizzamento sia la semionda positiva sia la semionda negativa. Il funzionamento del raddrizzamento è illustrato nello schema elettrico (fig. 1).

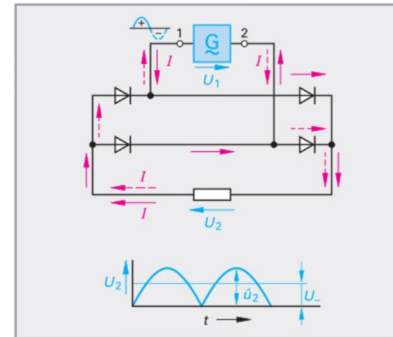


Figura 1: Collegamento a ponte a doppia semionda

Se al morsetto 1 del generatore viene applicata la semionda positiva, la corrente passa attraverso i diodi e l'utilizzatore in direzione del morsetto 2 (freccia rossa).

Se al morsetto 1 del generatore si applica la semionda negativa, la corrente passa, attraverso i diodi e l'utilizzatore, dal morsetto 2 al morsetto 1 (freccia rossa tratteggiata).

Osservando la direzione della corrente nella resistenza dell'utilizzatore R , risulta che essa rimane la stessa in entrambi i casi. Per il raddrizzamento si utilizzano, quindi, entrambe le semionde. La tensione continua prodotta in tal modo è più regolare rispetto al collegamento ad una semionda (fig. 1).

Diodo Zener

I diodi Z (diodi Zener¹⁾) in genere funzionano in senso inverso, ossia essi sono inseriti in direzione di non-conduzione. La loro linea caratteristica presenta una brusca curva nel passaggio dalla zona di interdizione alla zona di rottura. A questo punto la corrente di rottura (corrente di Zener I_Z) aumenta notevolmente (fig. 2).

La zona di funzionamento dei diodi Z è la zona di rottura.

Nella zona di rottura, i diodi Z svolgono la funzione di valvole o interruttori. Nei collegamenti elettronici possono essere utilizzati, per esempio, per stabilizzare e limitare la tensione o come rilevatori del valore nominale.

¹⁾ G.M. Zener, fisico americano

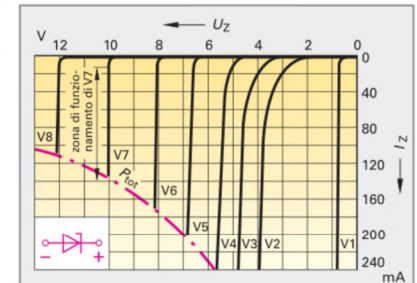


Figura 2: Linee caratteristiche dei diodi Z

Il diodo Z di tipo V6 (fig. 2), per esempio, diventa conduttivo a una tensione di Zener U_Z fra 8,0 V e 8,1 V. La massima corrente I_Z consentita per questo diodo Z è di circa 170 mA. Una corrente maggiore porterebbe a un sovraccarico termico e alla distruzione del diodo.

Ogni diodo Zener ha bisogno di una resistenza addizionale per limitare la corrente.

Stabilizzazione della tensione (fig. 3). Se nel diodo Zener la tensione Zener non è ancora stata raggiunta, la resistenza del diodo Zener R_Z è significativamente maggiore rispetto alla resistenza addizionale R_1 . L'intera tensione di funzionamento U_1 si trova sul diodo Zener e, quindi, contemporaneamente anche sulla resistenza di carico R_L .

Se la tensione di funzionamento U_1 supera la tensione Zener U_Z , la resistenza del diodo Zener R_Z diminuisce notevolmente. Di conseguenza, la corrente Zener passa anche attraverso la resistenza addizionale R_1 , cosicché il calo di tensione U_0 ai morsetti della resistenza addizionale R_1 aumenta.

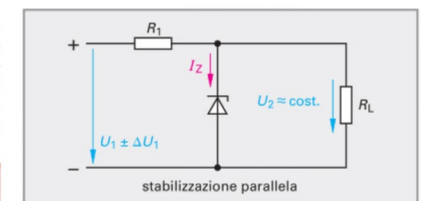


Figura 3: Stabilizzatore di tensione

Nel processo di stabilizzazione della tensione per mezzo di un diodo Zener, la caduta di tensione U_0 ai morsetti della resistenza addizionale R_1 genera una tensione di uscita U_2 pressoché costante.

19.1.17.2 Transistori

Sono costituiti da tre strati semiconduttori sovrapposti gli uni agli altri, di cui ciascuno ha un collegamento elettrico. L'assemblaggio dei tre strati può essere paragonato a diodi collegati in senso opposto. A seconda della disposizione degli strati, si distinguono due tipi di transistori: i transistori **PNP** e i transistori **NPN**. Gli strati semiconduttori e i relativi collegamenti sono detti emettitore **E**, collettore **C** e base **B** (tab. 1).

Tabella 1: Transistori		
Strati semiconduttori	Paragone con i diodi	Simboli
<p>PNP</p> <p>collettore base emettitore</p>		
<p>NPN</p> <p>collettore base emettitore</p>		

I transistori possono essere utilizzati come commutatori (con funzionamento a relè), amplificatori e variatori di tensione.

Transistore come commutatore (fig. 1)

Permette la commutazione senza contatti di una grande corrente di lavoro con una debole corrente di comando. Dato che non ci sono parti mosse meccanicamente, il transistore lavora senza usura, in silenzio e senza scintille. Le commutazioni avvengono in intervalli di tempo dell'ordine di micro-secondi. In questo caso, il transistore funziona come un relè.

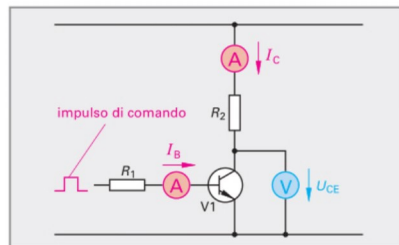


Figura 1: Principio di funzionamento di un transistore come commutatore

Transistore PNP come commutatore (fig. 2)

Stato di commutazione "on". Durante il funzionamento di un transistore PNP, la base e il collettore sono sempre polarizzati negativamente rispetto all'emettitore (fig. 2). Se si applica una tensione continua tra emettitore E e base B, una piccola corrente I_B passa nella base (corrente di comando) e commuta il transistore; una grande corrente emettitore-collettore I_C (corrente di lavoro) può, a questo punto, attraversare l'utilizzatore (lampada ad incandescenza). Il valore della corrente di base I_B è limitato da una resistenza.

Stato di commutazione "off". Se si interrompe la corrente di base I_B , si blocca anche la corrente I_C , ossia il transistore blocca la corrente di lavoro. Si ha un'interruzione della corrente del collettore anche quando la base viene polarizzata positivamente (fig. 2).

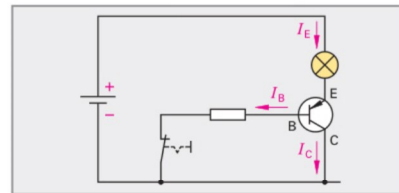


Figura 2: Transistore PNP come commutatore

Transistore NPN come commutatore (fig. 3)

Stato di commutazione "on". Durante il funzionamento di un transistore NPN, la base e il collettore sono sempre polarizzati positivamente rispetto all'emettitore (fig. 3).

Stato di commutazione "off". Interrompendo la corrente di base o polarizzandola negativamente, si interrompe automaticamente la corrente del collettore. I processi seguenti sono identici a quelli del transistore PNP.

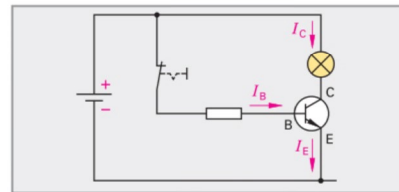


Figura 3: Transistore NPN come commutatore

Una debole corrente di comando tra la base e l'emettitore (corrente di base) provoca il passaggio di una grande corrente di lavoro tra l'emettitore E e il collettore C (corrente emettitore-collettore).

Transistore come amplificatore (fig. 1)

La resistenza di carico R_L e la resistenza collettore-emettitore del transistore R_{CE} formano un partitore di tensione. Variando la resistenza del transistore, si modifica il rapporto delle tensioni $U_L : U_{CE}$. L'aumento della tensione U_{BE} provoca la diminuzione della resistenza del transistore. Una forte corrente passa nel circuito del partitore di tensione. Nel partitore si modifica la ripartizione delle tensioni; sulla resistenza di carico R_L , la tensione U_L subisce un forte calo.

Una debole variazione della tensione base-emettitore U_{BE} provoca un forte aumento della tensione U_L sulla resistenza di carico R_L . Questo processo è detto amplificazione della tensione.

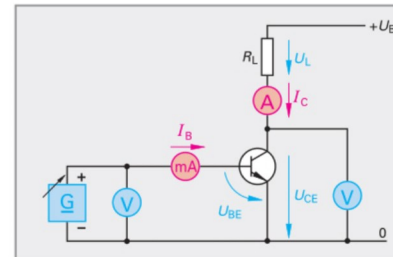


Figura 1: Transistore come amplificatore (schema)

Aumentando leggermente la tensione di base U_{BE} , si aumenta anche la corrente di base I_B . La forte diminuzione della resistenza del transistore R_{CE} provoca un grande aumento della corrente del collettore I_C . Questo processo è detto amplificazione della corrente.

Il transistore come resistenza variabile. Il funzionamento è identico all'utilizzo del transistore come amplificatore (fig. 1). Va osservato, tuttavia, che le dissipazioni di calore che si verificano nel transistore utilizzato come variatore di resistenza non comportano la distruzione del transistore stesso.

Transistori a effetto di campo (FET)

I transistori a effetto di campo comandano la corrente di carico per mezzo di un campo elettrico generato dalla tensione di comando.

Transistore a effetto di campo a giunzione (J-FET¹⁾)

È costituito da un canale di tipo N o di tipo P le cui estremità sono collegate ai terminali drain (D) e source (S). Il passaggio di carica nel canale drain-source è comandato dalla tensione di controllo tramite il gate (G).

¹ junction (inglese) = giunzione

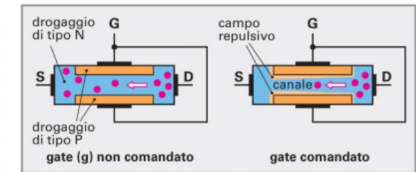


Figura 2: Transistore a effetto di campo a canale N

Funzionamento. Nei transistori a effetto di campo, i portatori di carica si spostano attraverso un semiconduttore tra i terminali drain (D) e source (S). La tensione applicata al gate genera un campo elettrico, che può inibire o favorire, a seconda del modello, la conduzione di corrente elettrica. Nei transistori a effetto di campo a canale N, i terminali di gate sono costituiti da regioni con drogaggio di tipo P. Il canale (giunzione) ha un drogaggio di tipo N. Applicando al gate una tensione negativa rispetto al source, si genera un campo elettrico repulsivo che, respingendo il passaggio di elettroni all'interno del canale drain-source, ne riduce la sezione. Non essendovi passaggio di corrente in fase di comando del gate, il transistore a effetto di campo lavora in assenza di potenza.

Transistore a effetto di campo a gate isolato (IG-FET²). È in genere configurato come MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) (fig. 3). In questo caso, il gate non è costituito da una regione drogata di tipo P, bensì da un elettrodo gate metallico, isolato dal canale per mezzo dello strato di ossido.

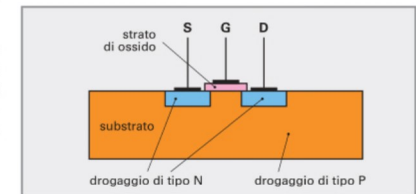


Figura 3: MOSFET

I transistori a effetto di campo a gate isolato (IG-FET) possono essere suddivisi in due gruppi.

1. FET ad arricchimento

Nella tipologia ad arricchimento, con una tensione di 0 V tra gate e source, non c'è passaggio di corrente tra drain e source.

2. FET a impoverimento

Nella tipologia a impoverimento, con una tensione di 0 V tra gate e source, c'è passaggio di corrente tra drain e source.

² IG da Isolate Gate (inglese) = porta isolata

La **tab. 1** mostra una panoramica delle diverse tipologie di transistori a effetto di campo.

Tabella 1: Transistori a effetto di campo			
Elemento semicondutt.	Tipo di canale	Portatore di carica	Simbolo
J-FET giunzione FET	canale N	impoverimento	
	canale P	impoverimento	
IG-FET MOS-FET	canale N	arricchimento	
		impoverimento	
	canale P	impoverimento	
		arricchimento	

Rispetto ai tradizionali transistori (bipolari), i transistori a effetto di campo presentano vantaggi soprattutto a livello di tempo di disinserimento e frequenza di lavoro (**tab. 2**).

Tabella 2: Confronto tra transistori tradizionali (bipolari) e unipolari (FET)		
	Bipolare	FET
Resistenza di ingresso	piccola	grande
Comando	corrente, potenza dissipata	tensione, senza potenza
Tempo di chius. circ.	50 ... 500 ns	10 ... 600 ns
Tempo di aper. circ.	500 ... 2000 ns	10 ... 600 ns
Frequenza di lavoro	100 MHz	svariati GHz
Sovraccarico	ridotto	buono
Stabilizzazione termica	necessaria	non necessaria

Come quelli tradizionali, anche i transistori a effetto di campo possono essere utilizzati come interruttori e amplificatori.

19.1.17.3 Tiristori

Il tiristore è un commutatore elettronico comandato, con proprietà di raddrizzamento. È composto da quattro strati semiconduttori collegati in serie. Tre di questi strati sono dotati di collegamenti di raccordo (**fig. 1**):

- anodo (A);
- catodo (K);
- gate (G).

Il "gate" (termine inglese), chiamato anche porta, è l'elettrodo di comando. A seconda della disposizione degli strati semiconduttori si distinguono tiristori "gate" P e tiristori a "gate" N. Il tiristore più comunemente utilizzato è di tipo PNPN a "gate" P.

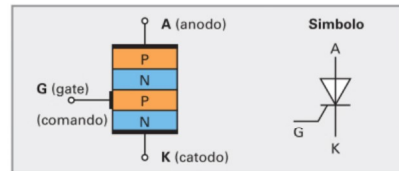


Figura 1: Struttura fondamentale e simbolo di un tiristore a "gate" P

Tiristore in conduzione. Un tiristore a "gate" P è messo in conduzione, ossia i suoi quattro strati sono resi conduttivi, attraverso un breve impulso di tensione positiva sul "gate" (**fig. 2**). Dopo la messa in circuito, il tiristore rimane conduttore fintanto che sussiste una piccola differenza di tensione tra l'anodo (A) e il catodo (K). Questo succede quando circola una corrente minima di funzionamento (corrente di mantenimento). Rispetto al transistorore, nel tiristore la corrente di lavoro non è regolabile.

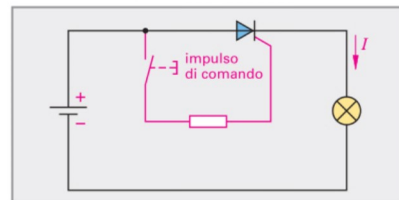


Figura 2: Tiristore come commutatore

In seguito alla messa in conduzione, il tiristore si comporta come un diodo.

Bloccaggio di un tiristore. Per interrompere il passaggio di corrente nel circuito dotato di un tiristore, si possono applicare i seguenti procedimenti:

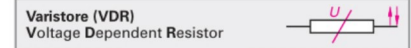
- la corrente di carico è interrotta momentaneamente. Ciò è praticamente impossibile quando si hanno correnti di carico molto forti;
- si sopprime la corrente di mantenimento per alcune frazioni di secondo dando un breve impulso negativo all'anodo (A);
- si inverte la corrente di carico, come nel caso della corrente alternata. In seguito, essa va nuovamente comandata dopo ogni passaggio a zero della corrente.

I tiristori possono essere utilizzati nei seguenti ambiti:

- raddrizzamento (tensione alternata in tensione continua), per esempio nei grandi generatori con cui sono equipaggiati gli autobus;
- conversione (tensione continua in tensione alternata), per esempio negli inverter;
- raddrizzamento regolabile. Il valore della tensione può essere regolato o comandato;
- regolatore della corrente alternata, per esempio variatore di luce. L'ampiezza della tensione può essere regolata;
- convertitore di frequenza. La frequenza prodotta dalla conversione della corrente continua in corrente alternata può essere modificata. In tal modo, è possibile regolare la velocità di motori a corrente alternata;
- nell'elettronica di potenza. I tiristori sopportano tensioni inverse da 50 a 8000 V e il passaggio di corrente da 0,4 a 4500 A.

19.1.17.4 Resistenze semiconduttrici

Sono componenti elettronici con due allacciamenti che, in un circuito elettrico, devono sempre essere sotto tensione.



Sono resistenze che dipendono dalla tensione. L'aumento di tensione provoca una brusca diminuzione della loro resistenza, ossia la corrente nel varistore aumenta fortemente. La sua curva caratteristica è simile a quella di un diodo Zener, ma è indipendente dalla direzione della corrente (polarizzazione).

I varistori (VDR) hanno una grande resistenza a bassa tensione e una debole resistenza alle alte tensioni.

Utilizzo. I varistori sono inseriti, per esempio, in circuiti elettronici dove fungono da protezione contro le sovratensioni. Tali sovratensioni possono crearsi quando la corrente in una bobina cambia rapidamente e si generano elevate tensioni di autoinduzione.

Per proteggere un componente elettronico è necessario collegare il VDR in parallelo alla fonte di tensione che provoca queste sovratensioni (bobina) (**fig. 1**). Nel caso di sovratensioni, il VDR cortocircuita la bobina per un breve lasso di tempo.

Le resistenze VDR sono utilizzate anche per stabilizzare la tensione. Nel circuito, assumono allora la funzione di un diodo Zener.

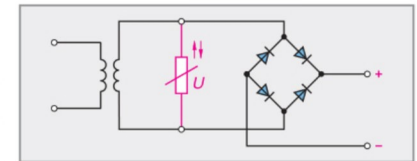
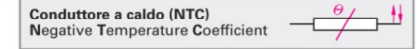


Figura 1: Schema di protezione con varistore



Sono dette anche resistenze NTC o termistori.

Le resistenze NTC possiedono una grande resistenza alle basse temperature e una debole resistenza alle alte temperature.

Il loro coefficiente termico è negativo. Un aumento della temperatura genera una diminuzione della resistenza (**fig. 2**). La curva che rappresenta la relazione resistenza-temperatura non è lineare.

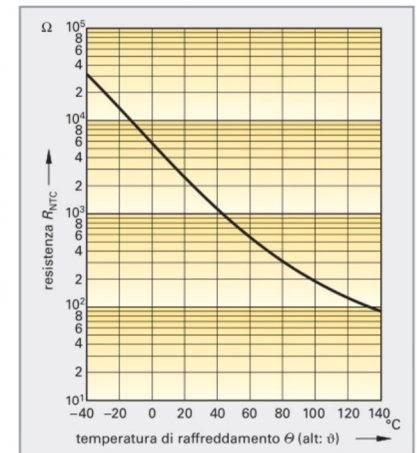


Figura 2: Comportamento resistenza-temperatura di una resistenza NTC

Utilizzo. Sono utilizzati come trasduttori di misura in impianti in cui è necessario rilevare un valore di temperatura.

L'informazione sulla temperatura è trasformata in tensione elettrica. I valori di tali tensioni possono essere utilizzati per indicare la temperatura o intervenire nella centralina di comando o di regolazione.

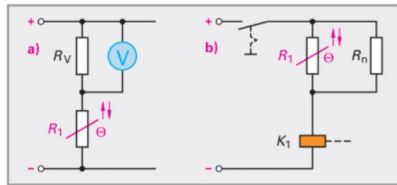


Figura 1: Esempi di utilizzo di resistenze NTC

Rilevazione della temperatura (fig. 1a). L'aumento della temperatura produce la diminuzione della resistività della resistenza NTC (R_1). Il calo di tensione sulla resistenza R_v nel partitore di tensione aumenta. La tensione U_v indicata può essere tarata anche in °C.

Temporizzazione d'attrazione (fig. 1b). Il valore della resistenza NTC (R_1) è elevato fintanto che il circuito è chiuso. La resistenza collegata in parallelo R_n è ugualmente grande. In questo modo, la corrente di comando del relè K_1 non è sufficiente per chiudere i contatti. Il flusso di corrente provoca il riscaldamento della NTC e, quindi, una diminuzione della sua resistenza. La corrente aumenta fino a raggiungere il valore di commutazione del relè K_1 . Il relè può comandare, per esempio, la messa in funzione di un ventilatore elettrico.

Conduttore a freddo (PTC)
Positive Temperature Coefficient

Sono dette anche resistenze PTC o termoresistenze PTC.

Le resistenze PTC hanno una bassa resistenza alle basse temperature e una grande resistenza alle alte temperature.

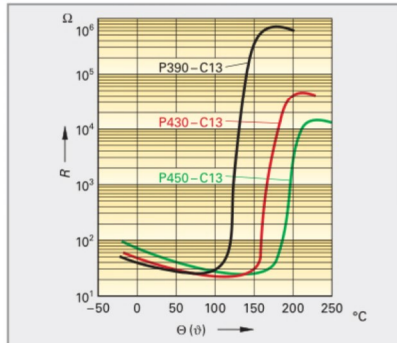


Figura 2: Comportamento resistenza-temperatura di una termoresistenza PTC

Il loro coefficiente termico è positivo. Un aumento della temperatura genera un aumento della resistenza (fig. 2). La relazione resistenza-temperatura non è lineare.

Utilizzo. Gli ambiti di utilizzo delle termoresistenze PTC sono gli stessi delle termoresistenze NTC. È necessario però ricordare che nello schema del circuito si inverte l'andamento della temperatura e della resistenza.

Comando dipendente dalla temperatura (fig. 3a). In un circuito, la corrente di mantenimento di un relè può essere regolata a una determinata temperatura con l'aiuto di un potenziometro, per esempio, per la protezione antigelo dei climatizzatori. Quando la temperatura predefinita viene superata, la resistenza R_2 PTC aumenta fortemente e il relè non è più alimentato da corrente. Tramite i contatti relè, si attiva la modalità di commutazione desiderata.

Protezione contro i sovraccarichi (fig. 3b). Una termoresistenza PTC è posta nel circuito dell'utilizzatore. Nel momento in cui la temperatura supera un certo valore, la resistenza PTC si riscalda. Aumentando la propria resistività, limita la corrente a un valore consentito, per esempio, nel riscaldamento dello specchio retrovisore esterno.

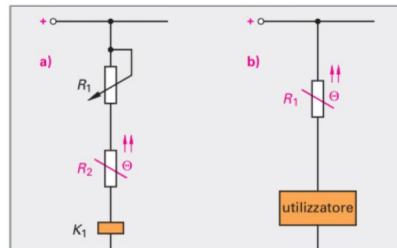


Figura 3: Esempi di utilizzo delle termoresistenze PTC

19.1.175 Optoelettronica

Fotoresistenza (LDR)
Light Dependent Resistor

Si tratta di resistenze che reagiscono alla luce. La loro resistività diminuisce all'aumentare dell'intensità luminosa.

Le fotoresistenze sono utilizzate come rivelatori di fiamma negli impianti di riscaldamento e di allarme, negli interruttori crepuscolari e nelle barriere fotoelettriche (per esempio, negli autolavaggi e nei trasduttori di accensione).

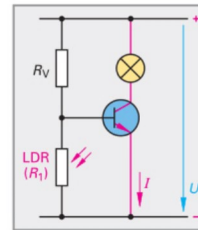


Figura 1: Comando dipendente dalla luminosità

Comando dipendente dalla luminosità (fig. 1). Se la resistenza R_1 della LDR aumenta con l'oscurità, in seguito alla ripartizione di tensione tra le resistenze R_1 e R_v la base B del transistor diventa positiva. Il transistor commuta e la lampada ad incandescenza si illumina.

Fotodiodi. Appartengono al gruppo dei semiconduttori che:

- con l'aiuto di una fonte di tensione, lavorano come resistenze variabili in funzione dell'intensità luminosa (fig. 2);
- senza una fonte di tensione, funzionano come elementi fotovoltaici (fig. 3).

I fotodiodi possono essere estremamente compatti e vengono utilizzati come trasformatori della luce in energia elettrica e in circuiti di regolazione.

Fotodiodo come resistenza in funzione della luminosità

Quando il fotodiodo è colpito dalla luce, all'aumentare dell'intensità luminosa la sua resistenza diminuisce. Diventa possibile così il passaggio della corrente attraverso il fotodiodo e il relè K_1 si inserisce. Si attiva la modalità di commutazione desiderata. I fotodiodi sono inseriti nel circuito in senso inverso (fig. 2).

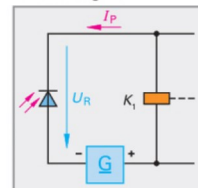


Fig. 2: Principio di funzionamento di un fotodiodo

Fotodiodo come cellula fotovoltaica

I fotoelementi, quando sono esposti alla luce, generano una tensione che dipende dal materiale semiconduttore e dall'intensità luminosa. Sono utilizzati come fonte di tensione negli orologi, e nelle calcolatrici tascabili e come fonte di tensione per le misure di intensità luminosa.

I parametri di un elemento fotovoltaico sono la tensione del punto morto U_0 e la corrente di cortocircuito I_k (fig. 3). La tensione a vuoto a 1000 lx è, per i fotoelementi in silicio, circa 0,4 V e per i fotoelementi in selenio circa 0,3 V. L'unità dell'intensità luminosa E_v è il lux (lx).

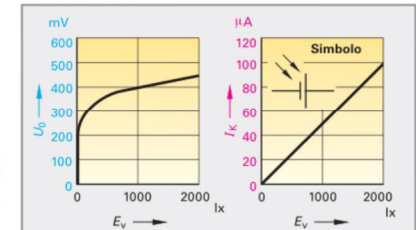


Figura 3: Curve caratteristiche di un elemento fotovoltaico

I fotoelementi, sotto l'effetto della luce, generano una tensione. Questa tensione dipende dal materiale semiconduttore e dall'intensità luminosa.

Utilizzo. I fotoelementi in silicio, accoppiati su grandi superfici, possono essere utilizzati per lo sfruttamento dell'energia solare (celle solari). Hanno un rendimento del 20% circa, ossia trasformano il 20% dell'energia luminosa in energia elettrica. Negli impianti fotovoltaici, fungono da generatori di corrente elettrica per l'alimentazione, in particolare, di parchimetri, rifugi alpini, emettitori e satelliti.

Diodi luminosi (LED)
Light Emitting Diode

Questi diodi trasformano la corrente elettrica in luce quando sono alimentati con una tensione. A seconda del materiale del diodo, il colore della luce può essere verde, gialla, arancione, rossa o blu. La tensione di funzionamento si situa tra 1,5 e 3 V. Per un loro utilizzo in un circuito di tensione superiore, è indispensabile collegarli con una resistenza di protezione per limitarne la corrente (fig. 4). Sono utilizzati nell'autoveicolo per le indicazioni alfanumeriche e le spie di controllo, dato che il loro assorbimento è minimo (qualche mW). Un diodo luminoso non sopporta una tensione inversa ed è sempre polarizzato in senso diretto.

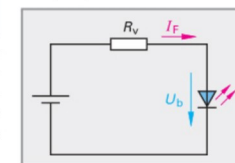


Figura 4: Diodo luminoso con resistenza complementare

Fototransistori
(radiazione luminosa e infrarossa)



La commutazione di un transistor è generalmente comandata attraverso una tensione negativa o positiva applicata alla base.

Nel caso del fototransistore, la luce o la radiazione (radiazione infrarossa) penetra attraverso una finestra o una lente ottica nella banda di interdizione base-collettore del transistor, generando una corrente fotoelettrica I_p che aumenta proporzionalmente all'intensità luminosa E_v (fig. 1) e agisce come corrente di base.

La corrente del collettore di un fototransistore cresce all'aumentare dell'intensità luminosa.

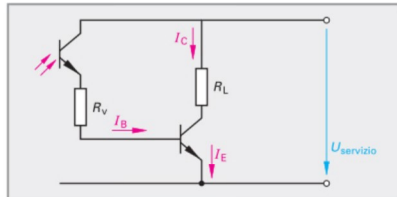


Figura 1: Fototransistore con transistor di amplificazione

Utilizzo. Sono utilizzati nell'automobile per i comandi dipendenti dalla luce, per esempio per comandare un dispositivo antiabbagliante degli specchietti retrovisori interni o come accoppiatori optoelettronici.

Accoppiatore optoelettronico. È composto da un fotoemittitore e un fotorecettore, assemblati in un comune involucro impermeabile alla luce, in modo da garantire che il recettore riceva radiazioni unicamente dall'emittitore (fig. 2). Si utilizzano come fotoemittitori, di preferenza, diodi a emissione luminosa infrarossa.

Come fotorecettori, invece, si utilizzano, a seconda dell'ambito d'impiego, fotodiodi, fototransistori o fototristori.

Gli accoppiatori optoelettronici collegano due circuiti elettrici in genere tramite raggi infrarossi e li separano galvanicamente l'uno dall'altro.

La tensione d'uscita è limitata a 5 V; ciò significa che tutti i segnali che entrano nell'accoppiatore optoelettronico sono trasformati e si presentano all'uscita tra 0 e 5 V. Nell'automobile queste tensioni sono utilizzate come segnali d'ingresso per numerosi dispositivi di comando.

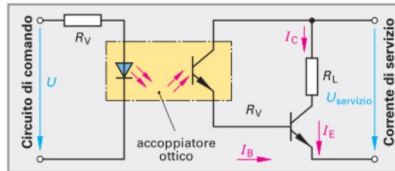


Figura 2: Accoppiatore optoelettronico con fotodiode e fototransistore

19.1.17.6 Effetti magnetici sui componenti semiconduttori

Generatore a effetto Hall



L'effetto Hall si verifica su uno strato semiconduttore attraversato da una corrente d'alimentazione I_v (fig. 3). Se perpendicolarmente allo strato semiconduttore è presente un campo magnetico, tra le superfici di contatto A si crea una tensione di Hall U_H . Il valore della tensione dipende dall'intensità del campo magnetico.

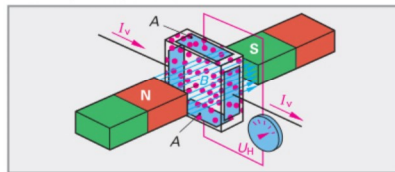


Figura 3: Effetto Hall

19.1.17.7 Influenza della pressione sui componenti semiconduttori

Elemento piezoelettrico



Quando sono sottoposti a forze di trazione, di pressione o di flessione, i sensori piezoelettrici producono uno spostamento delle cariche elettriche e, quindi, una tensione elettrica sugli elettrodi di allacciamento. Questo effetto piezoelettrico si può ottenere, per esempio, con cristalli di quarzo (SiO_2) (fig. 4). Gli elementi piezoelettrici sono utilizzati, per esempio, come sensori di pressione o sensori del battito in testa.

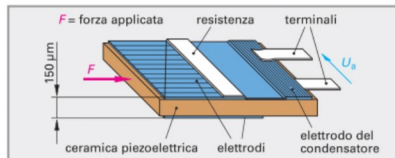


Figura 4: Sensore piezoelettrico

19.1.17.8 Circuiti integrati

Il processo planare permette di fabbricare tutti i componenti di un circuito (resistenze, condensatori, diodi, transistori, tiristori), compresi i collegamenti conduttori, in un unico comune processo di produzione e su un unico (monolitico¹⁾ chip²⁾ di silicio.

I componenti semiconduttori riuniti in questa maniera diventano circuiti integrati monolitici detti IC (Integrated Circuits)³⁾ (fig. 1).

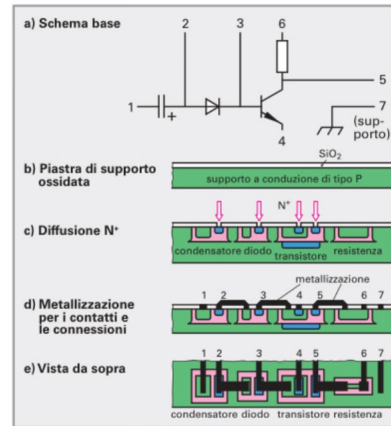


Figura 1: Esempio di un circuito integrato in tecnica monolitica (selezione di fasi di fabbricazione)

Dato che in un IC non ci sono più componenti "indipendenti" (i componenti hanno contatti all'esterno), si parla di elementi di circuito o di elementi funzionali.

Tecnica planare. È un procedimento nella tecnica dei semiconduttori che permette di fabbricare gli elementi semiconduttori e i chip. In fasi successive sono applicati strati isolati l'uno rispetto all'altro. Questi strati contengono i componenti con le linee di collegamento e gli allacciamenti. L'applicazione degli strati avviene mediante serigrafia con la tecnica a strati spessi, oppure tramite galvanizzazione con la tecnica a strati sottili. Un chip può contenere più di 100.000 funzioni attive (per esempio, transistori e diodi) e funzioni passive (per esempio, resistenze e condensatori).

¹⁾ dal greco μονολιθος = di un'unica pietra
²⁾ chip (inglese) = gettone, pezzetto
³⁾ Integrated Circuits (inglese) = circuiti integrati

Circuiti ibridi. Sono una combinazione di circuiti integrati e componenti unici (fig. 2). Sono connessi insieme su un supporto tramite colla o per brasatura o altri procedimenti. Ciò facilita la costruzione mirata di circuiti elettrici con proprietà speciali, per esempio, un dispositivo di comando dell'accensione.

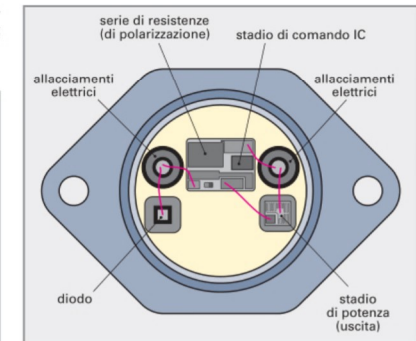


Figura 2: Regolatore di tensione in tecnica ibrida

DOMANDE DI RISSAPO

- 1 Quali portatori di cariche elettriche possiedono conduttori di tipo N e di tipo P?
- 2 In che modo bisogna polarizzare una giunzione PN per farla diventare conduttrice?
- 3 Che cos'è la tensione di soglia?
- 4 Quale parte della curva caratteristica del diodo Zener è utilizzata per la stabilizzazione della tensione?
- 5 Che cos'è un raddrizzatore a una semionda?
- 6 Qual è la struttura di un transistor NPN?
- 7 Come si chiamano gli elettrodi di allacciamento di un transistor?
- 8 Come bisogna polarizzare un transistor NPN per renderlo conduttore?
- 9 Qual è il comportamento di un conduttore caldo durante l'aumento della temperatura?
- 10 Come varia la resistenza di un varistore quando aumenta la tensione?
- 11 Qual è il comportamento di un resistore LDR quando è sotto l'influenza della luce?
- 12 Che cosa si intende con l'espressione LED?
- 13 Quali sono le applicazioni di un accoppiatore optoelettronico?
- 14 Come sono realizzati i circuiti ibridi?

19.1.17.8 Circuiti integrati

Il processo planare permette di fabbricare tutti i componenti di un circuito (resistenze, condensatori, diodi, transistori, tiristori), compresi i collegamenti conduttori, in un unico comune processo di produzione e su un unico (monolitico¹⁾ chip²⁾ di silicio.

I componenti semiconduttori riuniti in questa maniera diventano circuiti integrati monolitici detti IC (Integrated Circuits)³⁾ (fig. 1).

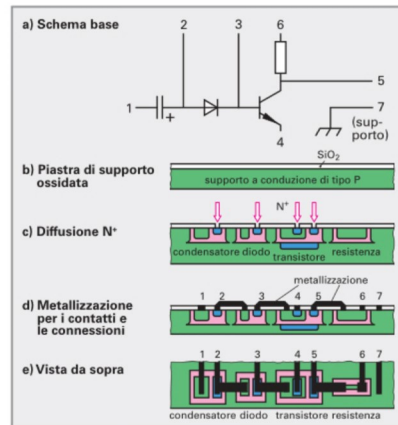


Figura 1: Esempio di un circuito integrato in tecnica monolitica (selezione di fasi di fabbricazione)

Dato che in un IC non ci sono più componenti "indipendenti" (i componenti hanno contatti all'esterno), si parla di elementi di circuito o di elementi funzionali.

Tecnica planare. È un procedimento nella tecnica dei semiconduttori che permette di fabbricare gli elementi semiconduttori e i chip. In fasi successive sono applicati strati isolati l'uno rispetto all'altro. Questi strati contengono i componenti con le linee di collegamento e gli allacciamenti. L'applicazione degli strati avviene mediante serigrafia con la tecnica a strati spessi, oppure tramite galvanizzazione con la tecnica a strati sottili. Un chip può contenere più di 100.000 funzioni attive (per esempio, transistori e diodi) e funzioni passive (per esempio, resistenze e condensatori).

¹⁾ dal greco μονολιτικός = di un'unica pietra

²⁾ chip (inglese) = gettone, pezzetto

³⁾ Integrated Circuits (inglese) = circuiti integrati

Circuiti ibridi. Sono una combinazione di circuiti integrati e componenti unici (fig. 2). Sono connessi insieme su un supporto tramite colla o per brasatura o altri procedimenti. Ciò facilita la costruzione mirata di circuiti elettrici con proprietà speciali, per esempio, un dispositivo di comando dell'accensione.

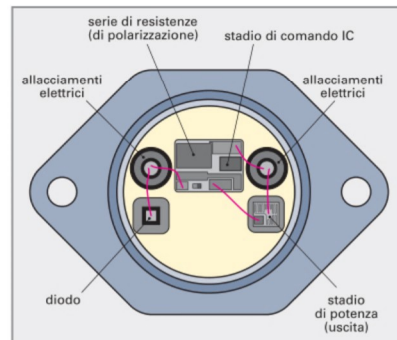


Figura 2: Regolatore di tensione in tecnica ibrida

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali portatori di cariche elettriche possiedono conduttori di tipo N e di tipo P?
- 2 In che modo bisogna polarizzare una giunzione PN per farla diventare conduttrice?
- 3 Che cos'è la tensione di soglia?
- 4 Quale parte della curva caratteristica del diodo Zener è utilizzata per la stabilizzazione della tensione?
- 5 Che cos'è un raddrizzatore a una semionda?
- 6 Qual è la struttura di un transistor NPN?
- 7 Come si chiamano gli elettrodi di allacciamento di un transistor?
- 8 Come bisogna polarizzare un transistor NPN per renderlo conduttore?
- 9 Qual è il comportamento di un conduttore caldo durante l'aumento della temperatura?
- 10 Come varia la resistenza di un varistore quando aumenta la tensione?
- 11 Qual è il comportamento di un resistore LDR quando è sotto l'influenza della luce?
- 12 Che cosa si intende con l'espressione LED?
- 13 Quali sono le applicazioni di un accoppiatore optoelettronico?
- 14 Come sono realizzati i circuiti ibridi?

19.2 Applicazioni dell'elettrotecnica

19.2.1 Schemi elettrici

Uno schema elettrico è la rappresentazione grafica di uno o più dispositivi elettrici per mezzo di simboli, illustrazioni o disegni progettuali semplificati. In ambito automobilistico, gli schemi elettrici sono raffigurati prevalentemente sotto forma di schemi di principio.

Schemi di principio

Uno schema di principio illustra un circuito elettrico in maniera chiara e strutturata.

Uno schema di principio (fig. 1 e fig. 1, pag. 594) indica il circuito elettrico e le denominazioni di apparecchi e collegamenti. Per quanto concerne questi ultimi, solitamente si utilizzano le cosiddette numerazioni di morsetti, contatti o PIN. In base alla disposizione dei simboli, si distingue tra:

- schema elettrico funzionale;
- schema elettrico binario (unifilare).

Le differenze tra le due modalità di rappresentazione saranno illustrate nel corso di questo capitolo sull'esempio del comando di un ventilatore per il circuito di raffreddamento. In entrambi gli schemi di principio, inoltre, è raffigurato il percorso della corrente per il comando del ventilatore sulla prima velocità.

Entrambe le tipologie di schemi illustrano il circuito sul medesimo veicolo. A tale proposito, va osservato che gli schemi di principio non sempre riportano la simbologia standard prevista dalle norme.

Tutti, infatti, contengono – oltre alla rappresentazione grafica dei circuiti elettrici e dei componenti – una legenda, le denominazioni di apparecchi, morsetti e contatti (PIN) e i codici cromatici indicanti il colore dei cavi in chiave alfanumerica.

Eventuali varianti, per esempio la validità dello schema per l'esecuzione, con o senza cambio automatico, sono rappresentate con linee tratteggiate.

Schema funzionale (fig. 1). I circuiti di piccole dimensioni sono in genere raffigurati sotto forma di schemi funzionali. Per i circuiti di dimensioni maggiori o schemi complessivi non si utilizza questo tipo di rappresentazione, dal momento che non è sufficientemente chiara.

Tutti i componenti presenti all'interno di uno schema elettrico possono essere rappresentati in maniera tale che la disposizione fisica dei simboli corrisponda all'effettiva posizione degli apparecchi a bordo del veicolo. I collegamenti meccanici vengono raffigurati con linee di collegamento interrotte.

Schema binario (fig. 1, pag. 594). I simboli dei componenti elettrici sono disposti in maniera tale da poter seguire con la massima semplicità possibile i singoli cavi. In esso non si tiene conto della disposizione nello spazio e dei collegamenti meccanici tra i singoli componenti e impianti.

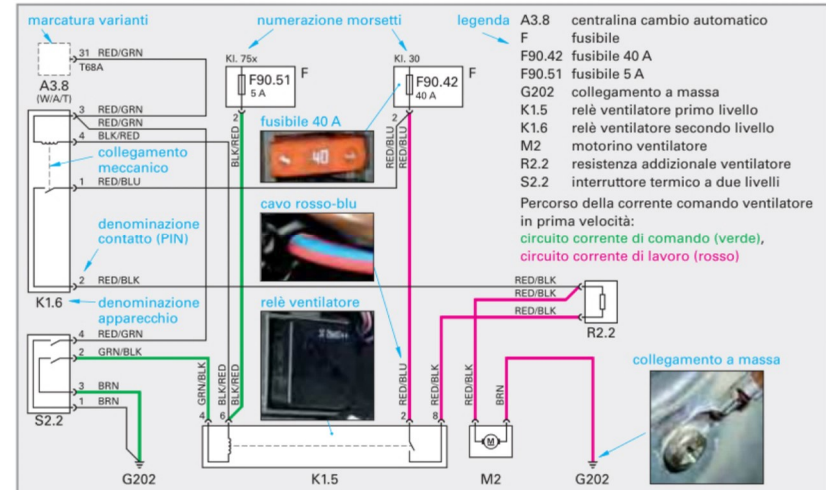


Figura 1: Schema funzionale (esempio: ventilatore per circuito di raffreddamento)

La priorità di questo schema, infatti, è raffigurare in maniera chiara, rettilinea e senza incroci i singoli circuiti elettrici. In linea di massima, i cavi sono rappresentati con delle linee verticali e parallele fra di loro. Le linee orizzontali superiori sono le alimentazioni positive (30, 15, 75), mentre la linea orizzontale inferiore rappresenta la massa. È possibile tracciare parti del percorso della corrente anche in orizzontale. Per reperire più facilmente i punti di collegamento, lo schema elettrico contiene le denominazioni delle diverse sezioni. A tale proposito, esistono tre modalità di rappresentazione:

- numerazione progressiva (1, 2, 3...) equidistante da sinistra a destra (n. piano cavi);
- denominazione delle sezioni del circuito, per esempio, ventilatore per il circuito di raffreddamento;
- combinazione tra numerazione progressiva e denominazione della sezione di circuito.

Lo schema di principio può essere rappresentato in forma semplificata o dettagliata con circuito interno, per esempio relè. Può altresì contenere ulteriori dati, per esempio indicazioni sulle connessioni dei

Tabella 1: Denominazioni schema di principio

Denominazione	Schema funzionale (fig. 1, pag. 593)	Schema binario (fig. 1)
Fusibile 5 A	F90.51	S51
Fusibile 40 A	F90.42	S42
Collegamento a massa	G202	30
Relè 1° livello	K1.5	J279
Relè 2° livello	K1.6	J280
Motorino ventilatore	M2	V7
Resistenza aggiuntiva	R2.2	N39
Interruttore termico	S2.2	F18

relè o le sezioni dei conduttori. La tab. 1 mette a confronto le denominazioni dei due schemi di principio. La numerazione del morsetto 75x (collegamento a vite sulla piastra portarelè) indica che, in fase di accensione, l'utilizzatore collegato viene disattivato, allo scopo di non sovraccaricare la batteria di avviamento.

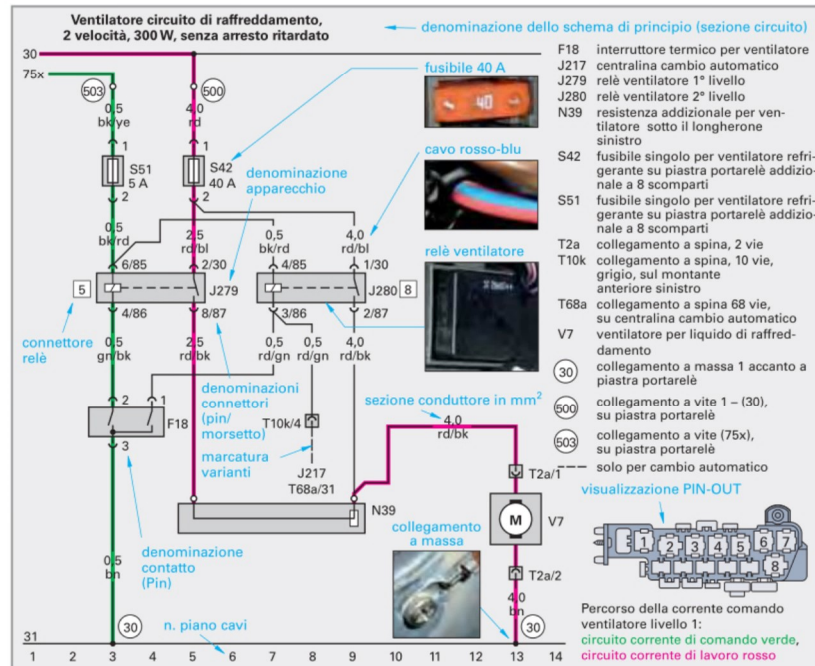


Figura 1: Schema binario (esempio: ventilatore per circuito di raffreddamento)

19.2.2 Indicazioni aggiuntive e simbologia degli schemi di principio

La rappresentazione degli schemi elettrici varia a seconda della casa automobilistica e può contenere più o meno indicazioni aggiuntive (fig. 1).

Gli schemi di principio possono essere utilizzati per la ricerca guasti nell'impianto elettrico di un veicolo, oppure in fase di installazione successiva di ulteriori componenti, per esempio riscaldatori, navigatori satellitari o telefoni mobili.

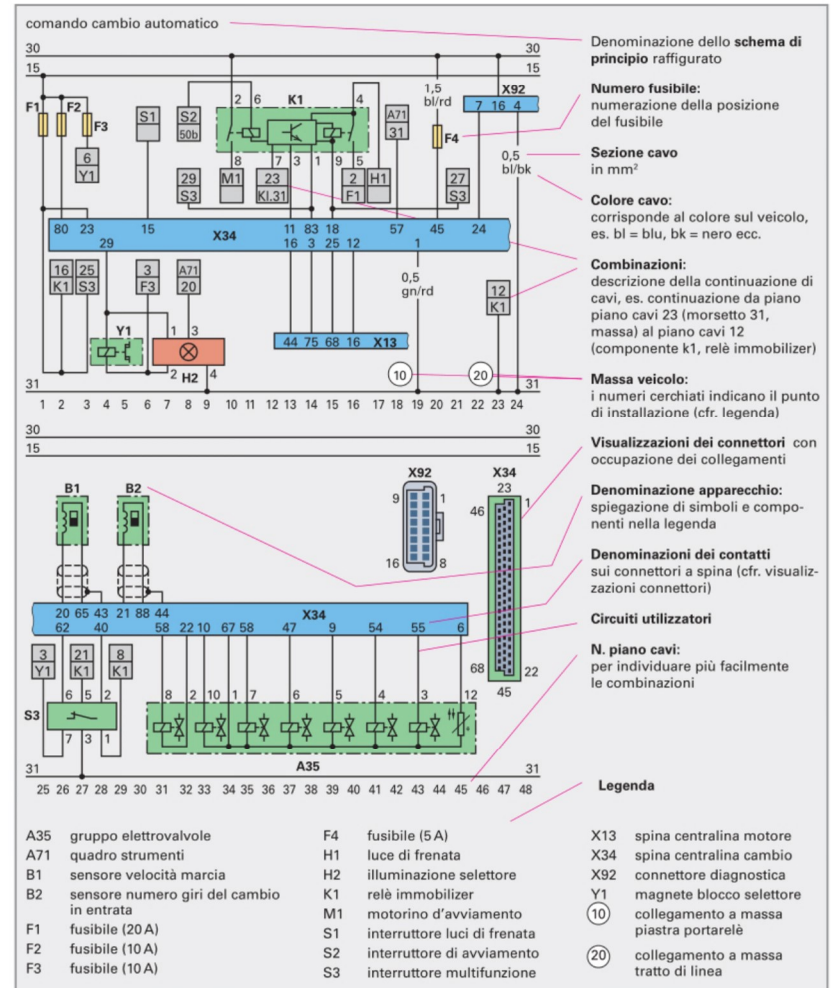


Figura 1: Indicazioni aggiuntive e possibile simbologia negli schemi di principio

19.2.3 Utilizzo degli schemi di principio

Gli schemi di principio vengono utilizzati nella ricerca guasti sulla rete elettrica di bordo o in componenti elettrici. L'esempio (fig. 1) illustra il procedimento di ricerca guasti nel circuito di gestione del cambio, con l'ausilio di uno schema di principio.

In fase di ricerca guasti, occorre in ogni caso osservare le indicazioni della casa costruttrice.

1. Lettura della memoria guasti:
il codice guasto fornisce un'indicazione in merito a un difetto del componente o dei cavi tra componente e centralina.

2. Distacco della spina dalla centralina:
il controllo di componenti o dei cavi tra componente e centralina avviene spesso tramite una misurazione della resistenza. Per farlo occorre staccare la spina dalla centralina.

Attenzione: spegnere prima il motore!
Nello schema di principio la spina staccata si riconosce dall'interruzione dei cavi alla centralina.

3. Determinazione dei punti di controllo:
mediante lo schema di principio occorre quindi determinare i punti di controllo per la misurazione della resistenza sulla spina della centralina. In rosso: misurazione della resistenza di conduttore e bobina tra i contatti n. 22 e 58 mediante ohmetro. Se si utilizza un pinbox, considerare che in genere i numeri dei contatti della spina coincidono con i numeri dei contatti del pinbox.

Attenzione: osservare le indicazioni del costruttore!

4. Confronto valori teorici/effettivi:
qualora non si raggiunga il valore teorico prestabilito dal costruttore, occorre procedere con una misurazione della resistenza del cavo tra componente e centralina per escludere un guasto al medesimo. Se il valore della resistenza del cavo e i contatti del cavo sono corretti, il difetto è nel componente.

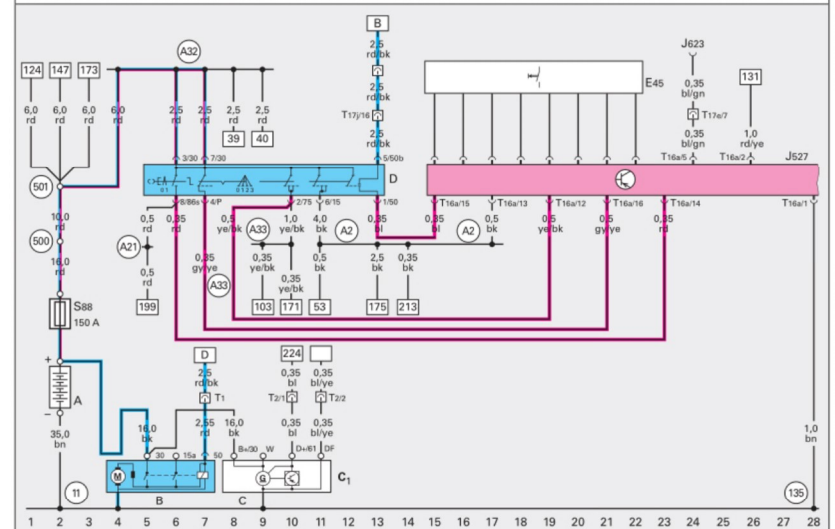
Codice guasto: 010C:
elettrovalvola regolatore di pressione collegamento a massa/interruzione

Elettrovalvola regolatore di pressione: valore teorico: 4,5 ... 6,5 Ω

Figura 1: Ricerca guasti su un impianto di gestione del cambio automatico

19.2.4 Schema elettrico completo degli allestimenti di base di un autoveicolo

Interruttore d'accensione, motorino d'avviamento, alternatore, centralina per elettronica piantone



A	Batteria	E45	Interruttore per regolatore di velocità	11	Collegamento a massa
B	Motorino d'avviamento	J527	Centralina per elettronica piantone sterzo	135	Collegamento a massa
C	Alternatore trifase	501	Collegamento a vite (30)	501	Collegamento a vite (30)
D	Regolatore di tensione	J623	Centralina motore	A2	Collegamento più (15)
		S88	Fusibile	A21	Collegamento (86s)
		T	Collegamento a spina	A32	Collegamento più (30)
				A33	Collegamento (75)

Motorino d'avviamento

Ai contatti 3/30 e 7/30 dell'interruttore di accensione (D) arriva tensione tramite il positivo A32.

A32 è collegato direttamente al polo positivo della batteria attraverso il fusibile S88.

Non appena l'interruttore viene commutato nella posizione 3 (avviamento motore), il contatto 5/50b e il morsetto 50 del motorino d'avviamento (B) sono posti sotto tensione.

Così facendo, la corrente passa dalla batteria (A) alla massa tramite il relè di innesto e gli avvolgimenti del motorino d'avviamento (percorso della corrente 4). Quest'ultimo gira e avvia il motore.

Nel momento in cui il conducente rilascia l'interruttore di accensione (D), al morsetto 50 del motorino d'avviamento non vi è più tensione.

Centralina per elettronica piantone sterzo

Tramite l'interruttore di accensione (D), la centralina per l'elettronica del piantone sterzo (J527) riceve, in funzione della posizione dell'interruttore, segnali relativi a quest'ultima.

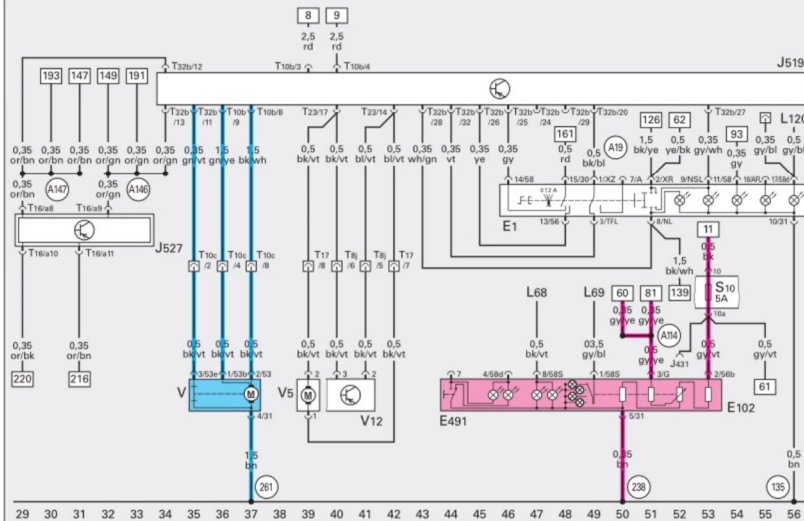
Posizione interruttore 0: trasmissione da D (contatto 4/P) a J527 (T16a/16)

Posizione interruttore 1: trasmissione da D (contatto 8/86s) a J527 (T16a/14)

Posizione interruttore 2: trasmissione da D (contatto 2/75) a J527 (T16a/12)

Posizione interruttore 3: trasmissione da D (contatto 1/50) a J527 (T16a/15)

Centralina rete di bordo, motorino tergicristalli, pompa lavacrystalli, motorino tergilunotto, interruttore fari, regolatore fascio luminoso



E1 Interruttore fari	J527 Centralina per elettronica piantone sterzo	135 Collegamento a massa
E23 Interruttore per fari fendinebbia e luce retronebbia	L68/L69 Luci di cortesia per bocchette di aerazione cruscotto	238 Collegamento a massa nel tratto di linea abitacolo
E102 Regolatore fascio luminoso	L120 Luce di cortesia per vano portaoggetti	261 Collegamento a massa nel tratto di linea iniettore riscaldabile
E491 Interruttore per la disattivazione dell'illuminazione d'ambiente	S10 Fusibile	A19 Collegamento (58d)
J431 Centralina per la regolazione del fascio luminoso	T Collegamento a spina	A114 Collegamento (regolazione fascio luminoso)
J519 Centralina di bordo	V Motorino tergicristalli	A146 Collegamento (CAN-bus Comfort, High)
	V5 Pompa lavacrystalli	A147 Collegamento (CAN-bus Comfort, Low)
	V12 Motorino tergilunotto	

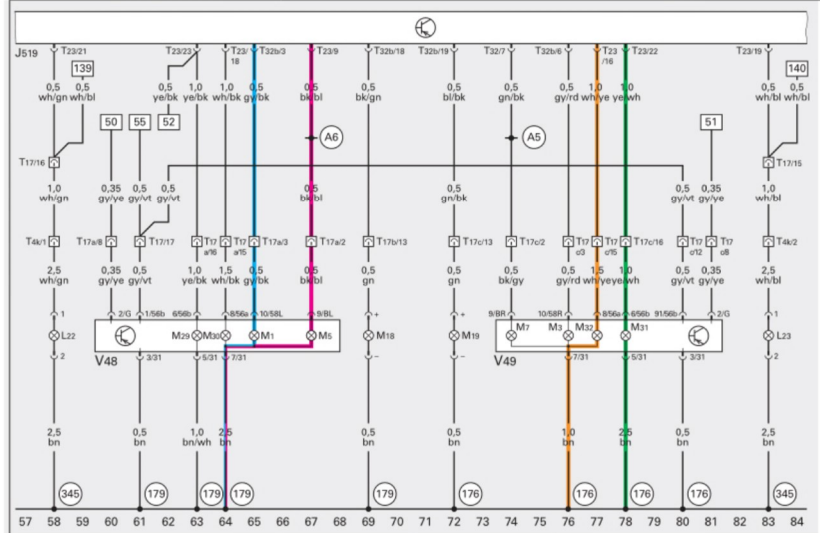
Impianto tergicristalli

Il motorino dei tergicristalli V viene comandato da quattro contatti. Oltre al collegamento a massa nel tratto di linea (4/31), esso è provvisto di contatti per il collegamento principale (2/53), il campo in derivazione (1/53b) e l'avvolgimento di frenatura (3/53e).
Ad eccezione del collegamento a massa, tutti i contatti sono collegati alla centralina di bordo (J519).
La centralina di bordo è collegata all'interruttore dei tergicristalli (non visibile nello schema elettrico).

Regolazione del fascio luminoso

Il regolatore del fascio luminoso E102 è provvisto di un potenziometro. Quest'ultimo è alimentato, sul polo positivo, dal contatto 2/56b (fusibile S10/5A) e, sul polo negativo, dal contatto 5/31 (collegamento a massa nel tratto di linea dell'abitacolo).
A seconda della posizione del potenziometro, la tensione del segnale alimenta, tramite il contatto 3/G, i servomotori (V48 e V49) nello schema di pag. 599) dei due fari.

Gruppi ottici



J519 Centralina di bordo	M1 Lampada per luce di posizione sinistra	176 Collegamento a massa gruppo ottico destro
L22 Lampada per fendinebbia sinistro	M3 Lampada per luce di posizione destra	179 Collegamento a massa gruppo ottico sinistro
L23 Lampada per fendinebbia destro	M5 Lampada per indicatore di direzione anteriore sinistro	345 Collegamento a massa nel tratto di linea paraurti
V48 Servomotore sinistro per regolazione fascio luminoso	M7 Lampada per indicatore di direzione anteriore destro	A5 Positivo (lampeggiatore destro)
V49 Servomotore destro per regolazione fascio luminoso	M18 Lampada per lampeggiatore laterale sinistro	A6 Positivo (lampeggiatore sinistro)
T Collegamento a spina	M19 Lampada per lampeggiatore laterale destro	
	M29 Lampada per faro luce anabbagliante sinistro	
	M30 Lampada per faro luce abbagliante sinistro	
	M31 Lampada per faro luce anabbagliante destro	
	M32 Lampada per faro luce abbagliante destro	

Luce di posizione sinistra

La lampada della luce di posizione sinistra M1 viene comandata dal contatto T32b/3 della centralina di bordo J519 tramite il contatto 10/58L. Tramite il contatto 7/31 la corrente fluisce verso massa.

Luce anabbagliante destra

La lampada della luce anabbagliante destra M31 viene comandata dal contatto T23/22 della centralina di bordo J519 tramite il contatto 6/56b. Tramite il contatto 5/31 la corrente fluisce verso massa.

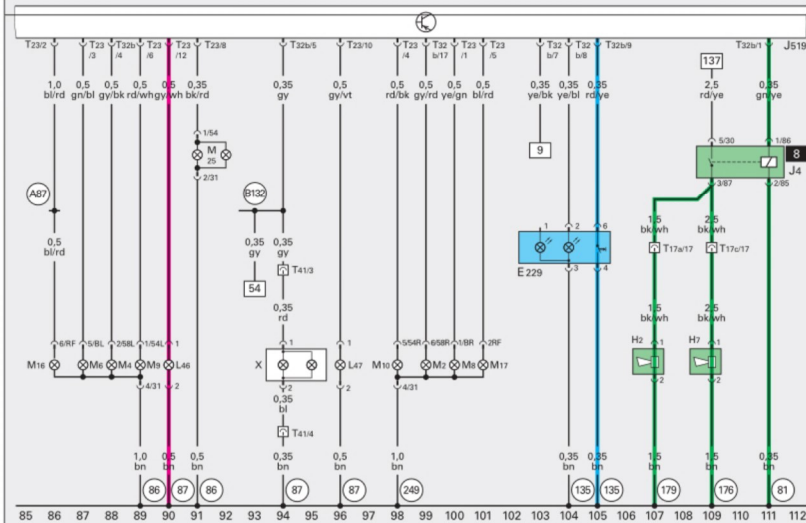
Indicatore di direzione sinistro

La lampada dell'indicatore di direzione sinistro M5 viene comandata dal contatto T23/9 della centralina di bordo J519 tramite il contatto 9/BL. Tramite il contatto 7/31 la corrente fluisce verso massa.

Luce abbagliante destra

La lampada della luce abbagliante destra M32 viene comandata dal contatto T23/16 della centralina di bordo J519 tramite il contatto 8/56a. Tramite il contatto 7/31 la corrente fluisce verso massa.

Luci di posizione, luce di emergenza, avvisatore acustico bitonale



E229 Pulsante luce di emergenza	M2 Lampada per luce di coda destra	M4 Lampada per luce di coda sinistra	M6 Lampada per indicatore di direzione posteriore sinistro	M8 Lampada per indicatore di direzione posteriore destro	M9 Lampada per luce stop sinistra	M10 Lampada per luce stop destra	M16 Lampada per luce retromarcia sinistra	M17 Lampada per luce retromarcia destra	M25 Lampada per luce terzo stop	T Collegamento a spina	X Indicatore di direzione ed emergenza	81 Collegamento a massa	86 Collegamento a massa del terzo stop	87 Collegamento a massa luce retronebbia	135 Collegamento a massa	176 Collegamento a massa avvisatore acustico	179 Collegamento a massa avvisatore acustico	249 Collegamento a massa nel tratto di linea abitacolo	A87 Collegamento (RF)	B132 Collegamento (indicatore di direzione ed emergenza) nel tratto di linea abitacolo
---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--	--	-----------------------------------	----------------------------------	---	---	---------------------------------	------------------------	--	-------------------------	--	--	--------------------------	--	--	--	-----------------------	--

Luce di emergenza

Per attivare la luce di emergenza, si preme il pulsante E229. Quest'ultimo è collegato alla centralina di bordo J519 tramite una linea di segnalazione (sezione linea 0,35 mm²). Premendo il pulsante E229, tramite i contatti 4 e 6 la massa viene commutata sulla centralina, dopodiché quest'ultima mette sotto tensione le lampade per la luce abbagliante sinistra e destra (M30 e M32, cfr. pag. 599).

Lampada per luce retronebbia sinistra

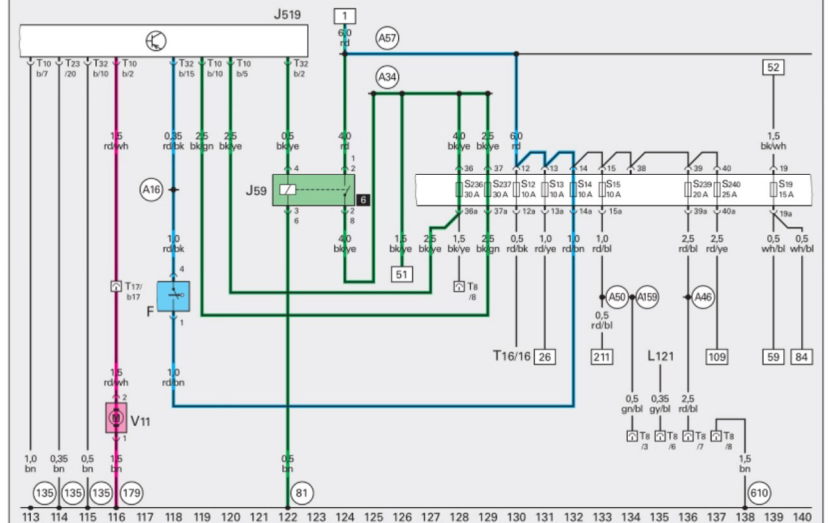
La lampada per la luce retronebbia L46 è comandata dalla centralina di bordo J519 tramite il contatto T23/12. La corrente fluisce quindi verso il collegamento a massa 87.

Avvisatore acustico

Per attivare l'avvisatore acustico, si preme il pulsante H (non visibile nello schema elettrico). Il segnale è trasmesso alla centralina per l'elettronica del piantone sterzo J527 (non visibile nello schema elettrico). La centralina per l'elettronica del piantone sterzo J527 è collegata alla centralina di bordo J519 tramite il bus dati A146 e A147 (cfr. pag. 598).

Tramite il contatto T32b/1 la centralina di bordo J519 mette sotto tensione il contatto 1/86 del relè J4. Tramite il contatto 5/30 quest'ultimo chiude il circuito verso l'avvisatore acustico a tonalità alta H2 o a tonalità bassa H7 e i collegamenti a massa 176 e 179.

Interruttore luci di frenata, relè di scarica per contatto X, pompa per impianto lavafari, fusibili, connettore radio



F Interruttore luci arresto	L 121 Lampada portabevande	81 Collegamento a massa
J59 Relè di scarico per contatto X	S12 Fusibile	135 Collegamento a massa
J519 Centralina di bordo	S13 Fusibile	179 Collegamento a massa nel tratto di linea faro sinistro
V11 Pompa per impianto lavafari	S14 Fusibile	610 Collegamento a massa (audio)
T Collegamento a spina	S15 Fusibile	A16 Collegamento (54)
T8 Collegamento a spina radio	S19 Fusibile	A34 Collegamento (75x)
T16 Collegamento a spina diagnosi	S236 Fusibile	A46 Colleg. positivo (30, dalla radio)
	S237 Fusibile	A50 Collegamento positivo (30A)
	S239 Fusibile	A57 Collegamento positivo (30)
	S240 Fusibile	A159 Collegamento (L)

Interruttore luci di frenata

Premendo l'interruttore luci di frenata F, la corrente scorre dal fusibile S14 al contatto T32b/15 della centralina di bordo J519. Quest'ultima alimenta le lampade delle luci di frenata M9 e M10 (pag. 600).

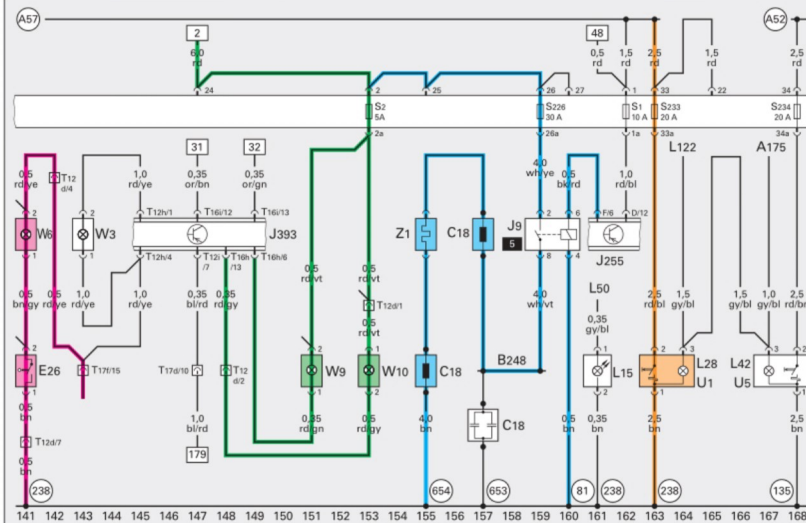
Impianto lavafari

La pompa dell'impianto lavafari V11 è comandata dalla centralina di bordo J519 tramite il contatto T10b/2. La corrente attraversa la pompa e raggiunge il collegamento a massa nel tratto di linea del faro sinistro.

Relè di scarico per contatto X

Una volta messo in moto il veicolo, il relè di scarico per il contatto X J59 alimenta il collegamento A34 nel tratto di linea del pannello di comando. A tale proposito, il relè viene comandato sul contatto 4 della centralina di bordo J519 tramite il contatto T32b/2. La corrente attraversa il relè e raggiunge il collegamento a massa 81. Dopo l'attivazione, il collegamento A34 viene messo sotto tensione tramite il relè di scarico. Così facendo, si alimentano i contatti T10b/10 e T10b/5 della centralina di bordo.

Luce vano portaoggetti, luci vano piedi, lunotto termico, presa 12 V



C18 Filtro antidisturbo per antenna parabrezza	E26 Interruttore per luce vano portaoggetti	Z1 Lunotto termico
J9 Relè per lunotto termico	L15/L50 Luce posacenere	81 Collegamento a massa
J255 Centralina per Climatronic	L28 Luce accendisigari	135 Collegamento a massa
J393 Centralina per sistema comfort	L42 Luce per illuminazione prese	238 Collegamento a massa
	L120 Luce vano portamonete	635 Collegamento a massa
S1 Fusibile	U1 Accendisigari	654 Collegamento a massa
S2 Fusibile	U5 Presa 12 V	A52 Collegamento positivo (30)
S226 Fusibile		A57 Collegamento positivo (30)
S233 Fusibile		
S234 Fusibile		
T Collegamento a spina	W3 Luce interna baule	A175 Collegamento (58S) nel tratto di linea pannello di comando
	W6 Luce vano portaoggetti	B248 Collegamento (lunotto termico)
	W9 Luce vano piedi sinistra	
	W10 Luce vano piedi destra	

Lunotto termico

Premendo l'interruttore del lunotto termico sulla centralina del Climatronic J255, la centralina alimenta il contatto 6 del relè per il lunotto termico J9. Il relè attiva la corrente di lavoro sul lunotto termico Z1.

Luce vano portaoggetti

Premendo l'interruttore della luce vano portaoggetti E26, la luce vano portaoggetti W6 riceve massa dal collegamento 238. L'alimentazione avviene tramite il positivo permanente.

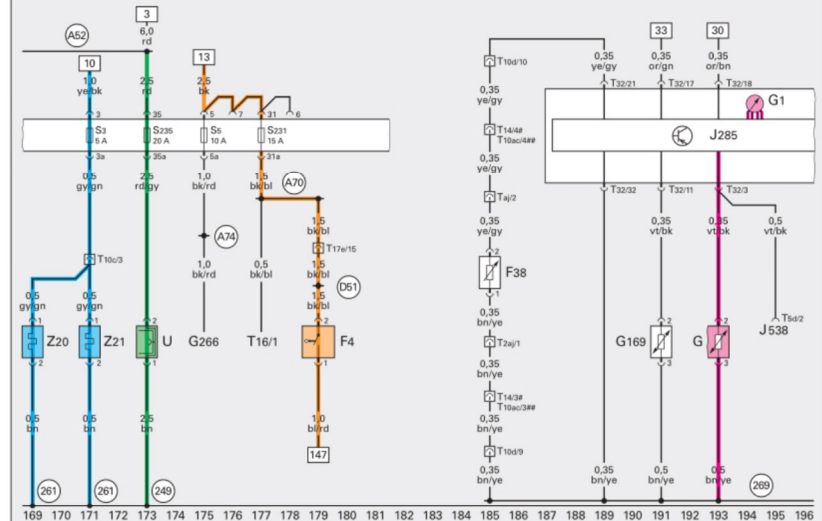
Luci vano piedi

Le luci vano piedi sinistra e destra W9 e W10 vengono alimentate sul polo positivo tramite il fusibile S2. La centralina del sistema comfort J393 attiva la massa sulle luci del vano piedi tramite i contatti T16h/13 e T16h/6.

Accendisigari

L'accendisigari U1 è collegato a massa 238. Non appena l'accendisigari viene azionato, la serpentina viene alimentata dal fusibile S233.

Interruttore luci retromarcia, termistore per iniettori, centralina per quadro strumenti, sensore per display livello carburante, display livello carburante



F4 Interruttore luci retromarcia	S3 Fusibile	249 Collegamento a massa abitacolo
F38 Interruttore temperatura esterna	S5 Fusibile	261 Collegamento a massa iniettori riscaldabili
G Sensore display livello carburante	S231 Fusibile	269 Collegamento a massa (massa sensore)
G1 Display livello carburante	S235 Fusibile	A52 Collegamento più (30)
G169 Sensore livello carburante 2	T Collegamento a spina	A74 Collegamento (15a, fusibile 5)
G266 Sensore livello e temperatura olio	T16 Collegamento a spina diagnosi	D51 Collegamento positivo (15) vano motore
J285 Centralina nel quadro strumenti	U Presa di corrente	
J538 Centralina per pompa carburante	Z20 Termistore	
	Z21 Termistore	

Termistore per iniettori

A motore avviato, il fusibile S3 è sotto tensione. La corrente fluisce direttamente dal fusibile ai termistori degli iniettori Z20 e Z21. Poiché i termistori hanno un comportamento PTC, alle alte temperature vi è una limitazione di corrente, dal momento che la resistenza dei termistori alle alte temperature aumenta notevolmente.

Sensore per display livello carburante

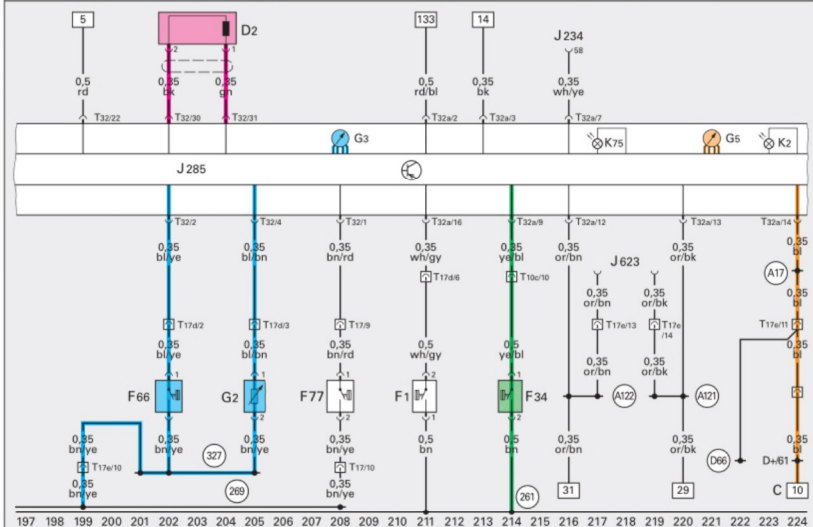
Il display del livello carburante G1 è comandato dalla centralina del quadro strumenti J285. Il sensore del display livello carburante G è collegato alla centralina del quadro strumenti J285 tramite il contatto T32/11, nonché al collegamento a massa (massa sensore) nel tratto di linea pannello di comando 269.

Presa di corrente

La presa U è collegata al contatto a massa 249 e riceve tensione positiva tramite il fusibile S235. La presa può essere utilizzata anche a motore spento, dal momento che il fusibile S235 è collegato tramite il contatto A52 al morsetto 30 (positivo permanente).

Interruttore luci retromarcia

L'interruttore luci retromarcia F4 viene alimentato tramite il fusibile S231 e il collegamento A70 (morsetto 15a). Premendo l'interruttore, il contatto T12i/7 della centralina del sistema comfort J393 viene messo sotto tensione tramite il collegamento di linea nei percorsi della corrente 147 e 179 (pag. 602).

Bobina di lettura per immobilizer, interruttore display liquido refrigerante insufficiente, contatto di segnalazione acqua tergitristalli, interruttore pressione olio, contagiri


C	Alternatore trifase	G2	Sensore per display temperatura liquido refrigerante	261	Collegamento a massa tratto di linea iniettore riscaldabile
D2	Bobina di lettura immobilizer	G3	Display temperatura liquido refrigerante	269	Collegamento a massa (massa sensore)
F1	Interruttore pressione olio	G5	Contagiri	327	Collegamento a massa (massa sensore)
F34	Contatto di segnalazione livello liquido freni	J234	Centralina comando airbag	A17	Collegamento (61)
F66	Interruttore display liquido refrigerante insufficiente	J285	Centralina nel quadro strumenti	A121	Collegamento (High-Bus)
F77	Contatto di segnalazione acqua tergitristalli	J623	Centralina motore	A122	Collegamento (Low-Bus)
		K2	Spia di controllo alternatore	D66	Collegamento positivo (61) nel tratto di linea vano motore
		K75	Spia di controllo airbag		
		T	Collegamento a spina		

Display temperatura liquido refrigerante

Il display della temperatura liquido refrigerante G3 è comandato dalla centralina del quadro strumenti J285. Il sensore della temperatura liquido refrigerante G2 e l'interruttore del display liquido refrigerante insufficiente F66 sono collegati alla centralina del quadro strumenti J285 rispettivamente tramite il contatto T32/4 e il contatto T32/2. G2 e F66 sono collegati a massa tramite il collegamento a massa comune (massa sensore) 327 nel tratto di linea vano motore.

Bobina di lettura immobilizer

La bobina di lettura per l'immobilizer D2 è collegata alla centralina del quadro strumenti J285 tramite i contatti T32/30 e T32/31.

Contatto di segnalazione livello liquido freni

Tramite il contatto T32a/9, il contatto di segnalazione del livello liquido freni F34 è collegato alla centralina del quadro comandi J285 e al collegamento a massa nel tratto di linea iniettore riscaldabile 261.

Contagiri

Il contagiri G5 è comandato dalla centralina del quadro strumenti J285. A tale proposito, la centralina necessita del segnale numero giri D+/61 dall'alternatore trifase C. Tale segnale viene trasmesso tramite il collegamento A17 (61) nel tratto di linea pannello di comando al contatto T32a/14 e alla centralina del quadro strumenti J285.

19.2.5 Trasmettitori di segnali

I trasmettitori di segnali hanno il compito di avvisare altri utenti della strada (avvisatore acustico, segnalatore ottico), di segnalare la decelerazione del veicolo (luci di frenata), indicare variazioni del senso di marcia e identificare il veicolo in situazioni di pericolo (lampeggiatori).

Avvisatore acustico. Ai sensi dell'art. 72 del Codice della Strada, i veicoli devono disporre di un impianto di segnalazione acustica (clacson). Si possono utilizzare avvisatori acustici a percussione (normali) e/o a trombe.

Avvisatore acustico a percussione. Si compone di un'elettrocalamita, di una piastra d'ancoraggio oscillante con membrana, di un disco diffusore, di una membrana e di un ruttore comandato dalla piastra d'ancoraggio (fig. 1).

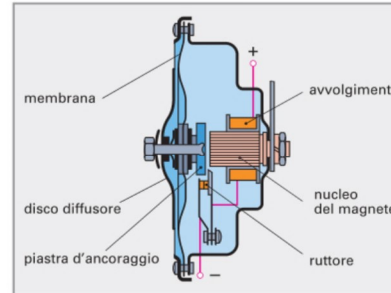


Figura 1: Struttura dell'avvisatore acustico a percussione

Azionando l'avvisatore acustico, la piastra d'ancoraggio con la membrana è attirata dall'elettrocalamita. Poco prima che la piastra vada a colpire il nucleo del magnete, il ruttore apre il circuito elettrico. La piastra d'ancoraggio rimbalza all'indietro e il contatto del ruttore si chiude. Questo processo si ripete per tutta la durata del funzionamento. Quando la piastra d'ancoraggio colpisce il nucleo del magnete (avvisatore acustico a percussione), il disco diffusore collegato alla membrana comincia ad oscillare. Comincia ad oscillare anche la colonna d'aria davanti al disco e produce, quindi, il segnale acustico caratteristico.

Avvisatore acustico a forte tonalità. Ha una potenza maggiore rispetto a un clacson normale. Visto che può essere utilizzato soltanto al di fuori dei centri abitati, l'impianto di segnalazione acustica deve essere dotato anche di un clacson normale. Tramite un interruttore, il conducente può scegliere tra clacson normale e a forte tonalità.

Avvisatore acustico a tromba. Può essere utilizzato al posto del clacson a forte tonalità. Analogamente al clacson a percussione, in esso una membrana viene fatta oscillare attraverso un'elettrocalamita. Le oscillazioni della colonna d'aria all'interno della tromba generano il segnale acustico caratteristico (fig. 2).

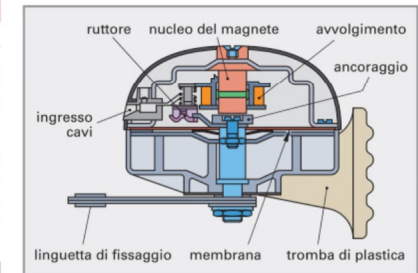


Figura 2: Struttura dell'avvisatore acustico a tromba

Trombe a compressore. Sono clacson a tromba azionati mediante aria compressa. Un compressore elettrico genera aria compressa erogandola al foro di uscita dell'aria antistante la tromba.

Segnalatore ottico. Con il segnalatore ottico, il conducente può lampeggiare con gli abbaglianti se intende superare al di fuori di centri abitati o per segnalare una situazione di pericolo per se stesso o altri. Si aziona attraverso l'apposito pulsante.

Luci di frenata. Devono illuminarsi quando si aziona il freno di servizio (pedale del freno). Il loro colore è rosso. Devono avere un'illuminazione più intensa rispetto agli altri dispositivi di illuminazione posteriore (eccetto la luce retronebbia).

Lampeggiatori. Vengono utilizzati per segnalare il cambiamento di direzione del veicolo o come luci d'emergenza. Per legge sono di colore giallo e sono posizionati sul lato anteriore e posteriore del veicolo.

Indicatori di direzione. Per attivare i lampeggiatori, si utilizzano intermittenze di lampeggio elettroniche. La frequenza di lampeggio dev'essere pari a 90 ± 30 impulsi al minuto.

Impianto lampeggiante d'emergenza. È obbligatorio per i veicoli a più tracce. Le luci d'emergenza devono essere indipendenti dall'impianto di illuminazione del veicolo ed essere costantemente funzionanti.

A tal fine, tutti i lampeggiatori sono collegati in parallelo. L'accensione dell'impianto deve essere indicata da una spia di controllo rossa.

19.2.6 Relè

È un interruttore elettromagnetico i cui contatti sono comandati da una bobina magnetica.

Struttura (fig. 1). Il relè è costituito da una bobina con nucleo, un'armatura con molla di richiamo e dai contatti.

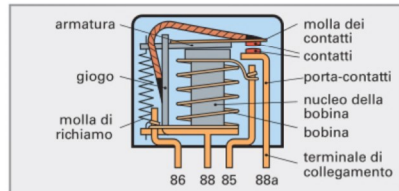


Figura 1: Struttura di un relè (a contatto di lavoro)

Tipi di relè. Secondo il genere e la posizione dei contatti, si distingue tra relè a contatto di lavoro, a contatto di riposo e a commutazione.

Relè a contatto di lavoro (fig. 2). Chiude il circuito tra il generatore e l'utilizzatore. In altre parole, inserisce l'utilizzatore. La corrente di comando che attraversa l'elettromagnete (morsetti 85 e 86) fa sì che l'armatura venga attratta, chiudendo il contatto. In tal modo si attiva il circuito della corrente di lavoro (morsetti 88 e 88a). Per attivare il circuito della corrente di lavoro, è sufficiente una corrente di comando molto bassa.

Utilizzo: per esempio nell'impianto luci, nell'avvitatore acustico, nel motorino della ventola di raffreddamento.

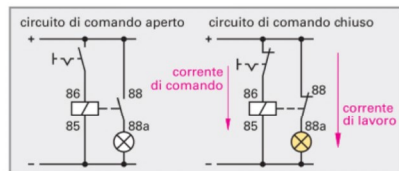


Figura 2: Relè a contatto di lavoro con circuito della corrente di comando aperto e chiuso

Relè a contatto di riposo (fig. 3). Apre il circuito tra il generatore di tensione e l'utilizzatore. Vale a dire, disinserisce l'utilizzatore.

Utilizzo: per l'interruzione del circuito elettrico degli utilizzatori durante il processo d'avviamento (luci abbaglianti - anabbaglianti, riscaldamento del lunotto, autoradio, ecc.).

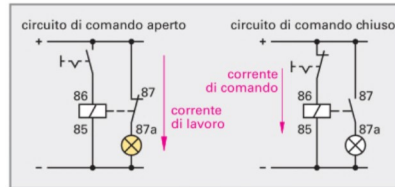


Figura 3: Relè a contatto di riposo con circuito della corrente di comando aperto e chiuso

Relè di commutazione (fig. 4). È la combinazione di un relè di lavoro e uno di riposo, ossia comanda contemporaneamente due circuiti. Commuta il flusso di corrente da un utilizzatore all'altro, in modo che il contatto d'apertura di un circuito diventi il contatto di chiusura dell'altro.

Utilizzo: per commutare tra due utilizzatori.

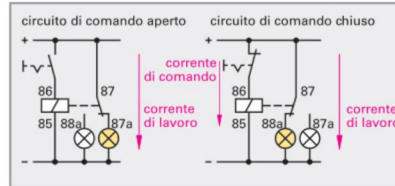


Figura 4: Relè a commutazione con circuito della corrente di comando aperto e chiuso

Il relè svolge i seguenti compiti:

- inserire con una piccola corrente di comando (circa 0,15 - 1 A) grandi correnti di lavoro (che arrivano, per esempio, fino a 2000 A nei motorini d'avviamento);
- mantenere più corta possibile la linea di alimentazione tra generatore e utilizzatore per limitare la caduta di tensione. La linea di comando che dall'interruttore raggiunge la bobina è sottoposta ad un carico ridotto e può essere relativamente lunga. Visto che, rispetto alla linea di alimentazione, la linea di comando necessita di una sezione decisamente inferiore, si risparmiano peso e costi;
- proteggere i contatti dell'interruttore di comando (poca intensità), il che consente di azionare senza problemi utilizzatori con un amperaggio iniziale elevato, per esempio lampade a incandescenza e motorini d'avviamento.

Denominazioni morsetti sul relè. Sono stabilite dalla norma DIN 72552 (tab. 1, pag. 607). In pratica, però, si utilizzano ancora le vecchie nomenclature, e alcuni produttori, inoltre, possiedono un loro specifico sistema.

Tabella 1: Denominazioni dei morsetti del relè a norma DIN 72552

Denominazione relè	Significato	Denominazione relè (vecchia)
85	Circuito comando (-) Fine avvolgimento bobina	85
86	Circuito comando (+) Inizio avvolgimento bobina	86
87	Morsetto ingresso circuito corrente di lavoro (contatto di rip. e commut.)	30/51
87a	Morsetto uscita circuito corrente lavoro lato rip.	87a
88	Morsetto ingresso circuito corrente di lavoro (contatto di lavoro)	30/51
88a	Morsetto uscita circuito corrente di lavoro	87

Dispositivi di protezione nel relè. In caso di interruzione del circuito, negli avvolgimenti dei relè si generano tensioni indotte elevate che possono danneggiare i componenti elettronici del circuito. L'uso di opportuni diodi previene eventuali danni.

Diode oscillante o diode soppressore (fig. 1). Ha il compito di cortocircuitare all'interno della bobina stessa il flusso di corrente generato dalla tensione di autoinduzione. Poiché la tensione di autoinduzione circola nella stessa direzione della tensione applicata, ma nasce dalla bobina stessa, il diode è collegato nel senso di blocco rispetto alla tensione di bordo.

Diode di protezione contro l'inversione di polarità (fig. 1). Ha il compito di proteggere il diode oscillante dall'inversione di polarità e, quindi, dalla sua [distruzione. In sua assenza e in caso di polarità errata [morsetto 85 (+) e 86 (-)], il diode oscillante è sottoposto alla massima tensione e può essere distrutto dalla corrente di cortocircuito.

Resistenza di smorzamento (fig. 1). Può essere utilizzata al posto di un diode oscillante o soppressore. In questo caso, non occorre un diode di protezione contro l'inversione di polarità. Lo svantaggio è la

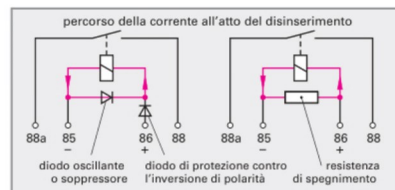


Figura 1: Relè a contatto di lavoro con diode oscillante e di protezione contro l'inversione di polarità e/o resistenza di spegnimento

dissipazione di potenza in fase di esercizio.

Relè contro le sovratensioni. Ha il compito di alimentare le centraline elettroniche e di proteggerle dalle sovratensioni.

Funzionamento (fig. 2) In fase di accensione (morsetto 15), si chiude il circuito della corrente di comando del relè e si aziona il relativo contatto. Tramite il contatto chiuso si alimenta la centralina (potenziale positivo dal morsetto 30 al morsetto 87). In questo stato, il diode Z viene attivato nella zona di interdizione e non ha alcun influsso sulla commutazione. Se la tensione di funzionamento supera la tensione Zener, la resistenza del diode Z diminuisce notevolmente e i picchi di tensione sono cortocircuitati direttamente sul morsetto 31/massa. L'intensità di corrente aumenta e il fusibile interrompe l'alimentazione alla centralina.

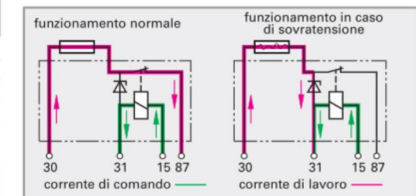


Figura 2: Relè contro le sovratensioni

Relè Reed (fig. 3). Il relè Reed è costituito da un tubetto in vetro riempito di gas protettivo contenente due linguette di contatto (coppia di contatti). Il tubetto di vetro è circondato da una bobina formata da pochi avvolgimenti di filo spesso.

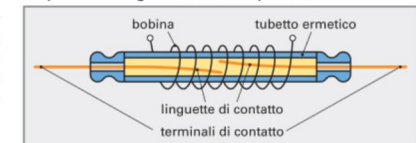


Figura 3: Relè Reed

Funzionamento. Nel momento in cui la bobina viene attraversata da una corrente, si forma un campo magnetico. Esso si concentra all'interno delle linguette di contatto, paragonabili al nucleo di una bobina. Le linee di campo attirano e chiudono le linguette di contatto. Se il flusso di corrente si interrompe, il campo magnetico si annulla e l'effetto molla dei contatti apre le linguette, per esempio nel monitoraggio della corrente di alimentazione delle lampade. Oltre all'attivazione tramite il campo magnetico di una bobina attraversata da corrente, il relè Reed può essere azionato anche dalle linee di campo di un magnete permanente, per esempio, nel controllo dei livelli.

19.2.7 Illuminazione del veicolo

I compiti dei dispositivi di illuminazione nei veicoli sono:

- illuminare il campo stradale (luci abbaglianti, luci anabbaglianti);
- migliorare la visibilità del veicolo (luci di ingombro, luci di parcheggio, catarifrangenti, fari diurni);
- indicare agli altri utenti della strada le intenzioni di movimento del conducente (indicatori di direzione, luci di frenata);
- avvertire gli altri utenti della strada (lampeggianti di emergenza);
- indicare al conducente determinate condizioni di commutazione dell'impianto di illuminazione (spia luci abbaglianti).

Le norme di legge distinguono i dispositivi di illuminazione in fari, luci e mezzi catarifrangenti, per esempio catadiottri (fig. 1).

Fari (proiettori). Servono a illuminare il campo stradale.

Luci. Rendono possibile il riconoscimento del veicolo e la segnalazione delle intenzioni di guida del conducente.

I veicoli devono essere dotati dei dispositivi di illuminazione obbligatori e di eventuali ulteriori dispositivi omologati.

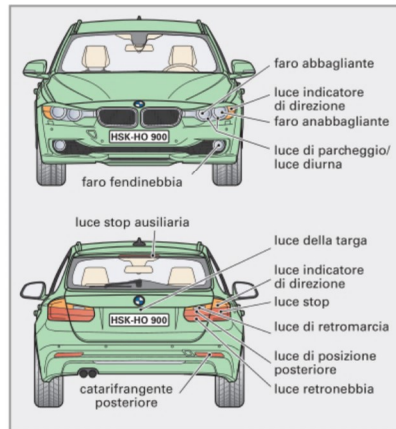


Figura 1: Dispositivi di illuminazione

Possibilità di disposizione dei fari abbaglianti e anabbaglianti (fig. 2)

Sistema a due fari. La luce abbagliante e quella anabbagliante sono prodotte in un unico faro. La luce viene generata da lampade a due filamenti che usufruiscono di un riflettore comune (lampada bilux, lampada alogena H4) oppure mediante una lampada a scarica di gas nel sistema Bi-Xeno.

Sistema a quattro fari. Una coppia di fari è destinata alla luce abbagliante e anabbagliante o soltanto alla luce anabbagliante. La seconda coppia di fari è riservata soltanto alla luce abbagliante.

Sistema a sei fari. Oltre al sistema a quattro fari è consentito, a seconda della disposizione dei proiettori, avere un'ulteriore coppia di fari per i fendinebbia o gli abbaglianti.

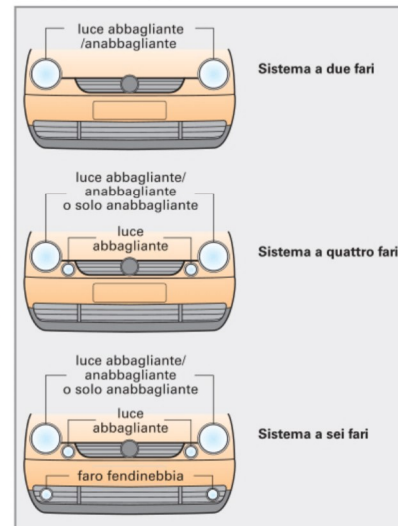


Figura 2: Proiettori

I dispositivi di illuminazione devono essere:

- fissi (ad eccezione dei fari a scomparsa);
- montati in maniera tale da non influenzarsi a vicenda;
- costantemente funzionanti.

I dispositivi di illuminazione disposti in coppia devono:

- essere simmetrici;
- illuminarsi insieme e contemporaneamente;
- avere lo stesso colore e la stessa intensità.

19.2.8 Tipi di lampade

Negli autoveicoli si possono utilizzare, per i fari e le luci, i seguenti tipi di lampade:

- lampade a incandescenza con filamento metallico;
- lampade alogene;
- lampade a scarica di gas;
- lampade al neon;
- diodi luminosi.

Lampade a incandescenza con filamento metallico. Il corpo luminoso (filamento incandescente, spirale) è realizzato in tungsteno, che ha il suo punto di fusione a circa 3400 °C. La spirale stessa può raggiungere temperature fino a 3000 °C. Per evitare che a queste elevate temperature si verifichi un'ossidazione (combustione) e per migliorare la dissipazione del calore, all'interno dell'ampolla è stato sostituito l'ossigeno con l'aggiunta di piccole quantità di azoto e kripton.

Il tungsteno è un conduttore a freddo; in altre parole, esso ha una resistenza minore quando è freddo rispetto a quando è caldo. Per tale motivo, al momento dell'accensione si crea per un istante un forte passaggio di corrente, che può danneggiare la spirale. Quando la spirale raggiunge alte temperature, il tungsteno evapora e annerisce l'interno del bulbo della lampada, riducendone l'efficienza luminosa.

Lampade alogene (fig. 1). Sono lampade ad incandescenza, riempite con un gas alogeno (bromo, iodio). Il funzionamento delle lampade alogene si distingue da quello delle lampade con filamento metallico per le seguenti caratteristiche:

- temperatura più elevata del filamento incandescente e del bulbo in vetro;
- maggiore pressione interna del riempimento di gas (fino a circa 40 bar);
- maggiore efficienza luminosa in seguito alla temperatura più elevata del filamento incandescente.

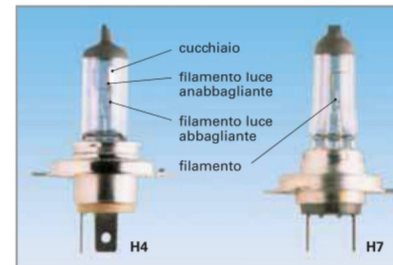


Figura 1: Lampada alogena tipo H4 e H7

Il bulbo di una lampada alogena è realizzato in vetro di quarzo. È molto piccolo in modo che si possa

riscaldare durante il funzionamento fino a raggiungere temperature di circa 300 °C. Le particelle di tungsteno evaporate sono sottoposte a un processo chimico di rigenerazione e si depositano nuovamente sul punto più caldo del filamento.

Grazie al processo di rigenerazione, i vapori di tungsteno non si depositano sul bulbo riscaldato, evitando l'annerimento delle pareti.

Lampade a scarica di gas. Due elettrodi si trovano in un piccolo bulbo sferico in vetro riempito con gas xeno. L'impulso di alta tensione tra i due elettrodi produce un arco voltaico. I sali metallici presenti nel bulbo in vetro evaporano e ionizzano l'ambiente nel quale si produce l'arco, gli stessi emettono così la luce impedendo la fusione degli elettrodi.

Contrariamente alle lampadine a scarica di gas per i sistemi a riflessione, le lampadine per i sistemi a proiezione (fig. 2) non hanno schermature sul vetro del bulbo. Le lampadine a scarica di gas per i sistemi a riflessione utilizzano tale schermatura per definire la linea di separazione tra chiaro e scuro.

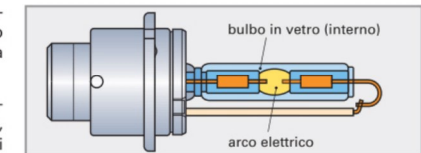


Figura 2: Lampada a scarica di gas per sistemi a proiezione

Rispetto a una lampada alogena, la lampada a scarica di gas ha lo svantaggio di raggiungere la sua massima intensità luminosa dopo circa 2 secondi, mentre la lampada alogena la raggiunge in soli 0,2 s. Per questo motivo, la centralina di comando a monte della lampada aumenta la corrente di alimentazione durante la fase d'innescio, in modo da raggiungere la luminosità richiesta nel più breve tempo possibile.

Rispetto ad una lampada alogena, la lampada a scarica di gas presenta i seguenti vantaggi:

- migliore illuminazione della carreggiata;
- consumo ridotto;
- rendimento luminoso indipendente dalla tensione della rete di bordo;
- produzione di calore ridotta;
- durata di vita maggiore;
- colore luminoso emesso paragonabile alla luce del giorno.

Trasformatore elettronico (fig. 1, pag. 610). Il trasformatore è necessario per il funzionamento della lampada a scarica di gas. Esso accende la lampada per mezzo di un impulso di alta tensione (circa

24 kV), generando così l'arco tra gli elettrodi. Una volta che la lampada è accesa, il trasformatore assicura un'alimentazione che garantisce alla lampadina di fornire una potenza costante di 35 W con una tensione di servizio di circa 85 V (corrente alternata a 300 Hz).

A causa dell'alta tensione che si crea durante l'accensione e a causa della tensione di funzionamento elevata, sussiste un pericolo di vita in caso di manutenzione non appropriata o danneggiamento del faro.

Rispettare le norme di sicurezza.

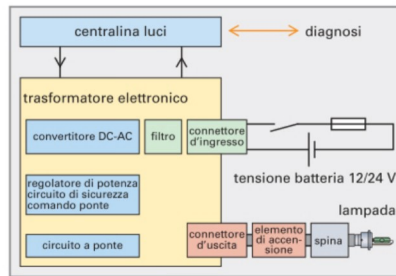


Figura 1: Trasformatore elettronico

Circuito di controllo e sicurezza. Il trasformatore è in grado di riconoscere un'interruzione dell'arco sia durante la fase di accensione della lampada a scarica di gas, sia durante il suo funzionamento. In questo caso, cerca a più riprese di riaccendere la lampada. Se questi tentativi falliscono a causa di un difetto nel circuito (lampada o cavo), la tensione si interrompe. Nei sistemi provvisti di diagnostica, l'anomalia viene registrata nella memoria guasti della centralina. Difetti nei proiettori possono generare delle correnti di guasto; se il valore di queste correnti supera i 20 mA, il trasformatore interrompe la tensione di alimentazione.

Lampade al neon. Sono lampade a scarica di gas che raggiungono la loro massima intensità di illuminazione in circa 0,2 ms. Per tale motivo sono utilizzate soprattutto per la funzione del terzo stop.

Diodi luminosi (LED). A seconda dell'intensità di illuminazione necessaria e del colore della luce desiderato, si collegano un certo numero di diodi in un'unità.

Il raggruppamento dei diodi permette, inoltre, di ridurre le probabilità d'interruzione dell'intera funzione. I diodi luminosi hanno una durata di circa 10.000 h.

Sono utilizzati per le luci di frenata, dal momento che raggiungono la loro massima intensità lumino-

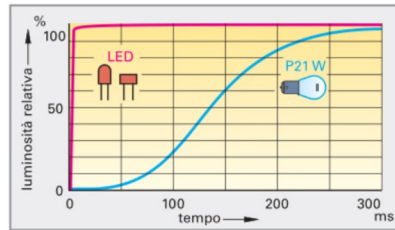


Figura 2: Processo d'accensione dei diodi luminosi

sa in un tempo di gran lunga inferiore (circa 2 ms) alle lampade alogene o a incandescenza con filo metallico (fig. 2).

19.2.8.1 Proiettori con lampade alogene (fig. 3)

Sono costituiti sostanzialmente da:

- una **scatola** dove sono alloggiati il riflettore con vetro diffusore o di chiusura, la sorgente luminosa e il dispositivo di regolazione del faro;
- un **riflettore** che riflette e concentra la luce della lampada a incandescenza. Si utilizzano riflettori parabolici, ellissoidali e a forma libera.

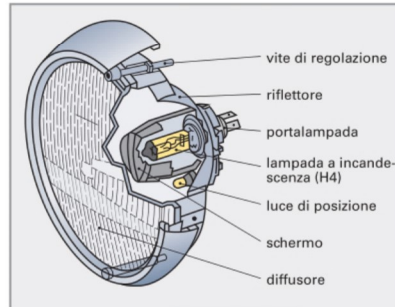


Figura 3: Struttura di un proiettore con lampada H4

Proiettori con riflettori parabolici (fig. 4)

La forma nasce dalla rotazione di una parabola attorno al suo asse. L'asse di rotazione è anche l'asse ottico. Il riflettore ha un punto focale.

Questi riflettori sono adatti per lampade ad uno o due filamenti.

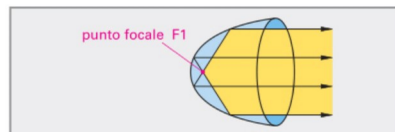


Figura 4: Riflettore parabolico

Utilizzo. Questi proiettori vengono utilizzati in combinazione a lampade a due filamenti H4 per l'emissione di luce abbagliante e anabbagliante.

Luce abbagliante (fig. 1). È il corpo luminoso che si trova al centro focale del riflettore parabolico. La luce è riflessa e concentrata in modo da essere proiettata parallelamente all'asse del faro. Grazie a questa concentrazione, l'intensità luminosa è moltiplicata circa mille volte rispetto ad una lampada ad incandescenza senza riflettore.

Luce anabbagliante (fig. 1). Si illumina il filamento che si trova davanti al centro focale del riflettore parabolico. Grazie a questa posizione, tutti i raggi di luce assumono un'inclinazione rispetto all'asse del riflettore.

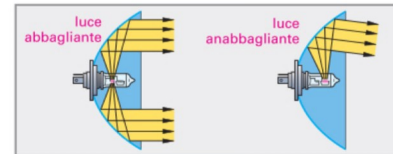


Figura 1: Luce abbagliante e anabbagliante

Affinché la luce non sia proiettata verso il basso, sotto il filamento anabbagliante è montato un cucchiaio (fig. 2). Si evita così che i raggi luminosi cadano sulla metà inferiore del riflettore e siano riflessi verso l'alto. Il cucchiaio assicura una precisa delimitazione del fascio di luce; si crea così il limite luce-ombra (fig. 3).

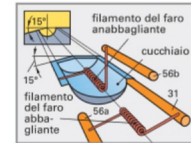


Figura 2: Cucchiaio per luce anabbagliante

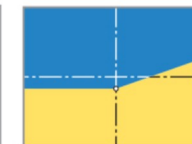


Figura 3: Delimitazione luce-ombra

Riflettore graduato (fig. 4). È composto da riflettori parziali parabolici di diversa distanza focale (riflettore multifocale).

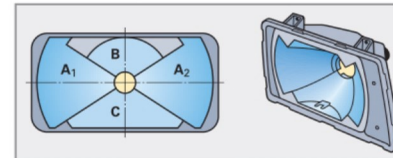


Figura 4: Riflettore graduato

Con il riflettore graduato si ottiene un maggiore rendimento luminoso e una migliore illuminazione del piano stradale.

Proiettori con riflettori ellissoidali (fig. 5).

La forma nasce dalla rotazione di un'ellisse attorno al suo asse; tale asse costituisce anche l'asse ottico. Ci sono due punti focali.

Utilizzo. Questi riflettori sono adatti per i proiettori anabbaglianti o i fari fendinebbia anteriori con lampadine a filamento unico.

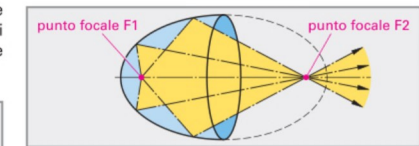


Figura 5: Riflettore ellissoidale

Un proiettore con riflettore ellissoidale (fig. 6) è costituito da:

- riflettore ellissoidale;
- diffusore;
- diaframma;
- lente convessa.

Nel punto focale F1 si trova una lampada alogena a filamento unico. I raggi di luce che partono da F1 sono riflessi dal riflettore al punto focale F2, da dove sono proiettati poi alla lente convessa che concentra la luce in un fascio quasi parallelo.

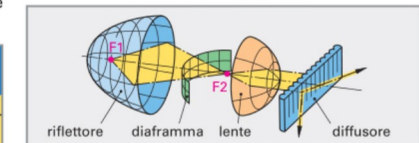


Figura 6: Riflettore ellissoidale con dispositivo ottico

Il diaframma davanti al punto focale F2 produce una delimitazione netta tra luce e ombra, mentre il diffusore garantisce una ripartizione omogenea della luce. Rispetto ai riflettori parabolici, questo tipo di riflettore ottiene un rendimento maggiore di luminosità.

Riflettore ellissoidale multiasse (fig. 1, pag. 612).

La forma base di questo tipo di riflettore è caratterizzata da due ellissi con vertice e asse principale comuni e diversi assi secondari (denominazioni commerciali: riflettore DE = riflettore ellissoidale a tre assi; riflettore PES = riflettore poli-ellissoidale). Sono costituiti dal riflettore, dal diaframma e dalla lente convessa. A causa della sua forma complessa, il riflettore è realizzato in plastica.

In seguito alla sua forma geometrica, questo tipo di riflettore presenta un'elevatissima efficienza luminosa con poca luce diffusa. Il diaframma davanti al fuoco produce una delimitazione netta tra luce e ombra, garantendo una ripartizione omogenea della luce.

Utilizzo. Sono adatti per i proiettori anabbaglianti o i fari fendinebbia con lampade a filamento unico o a scarica di gas.

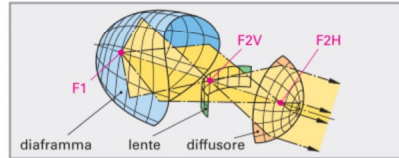


Figura 1: Riflettore ellissoidale multiasse con dispositivi ottici

Proiettori con riflettori a forma libera

Sono riflettori con punto focale variabile progressivo. Il riflettore non è né parabolico né ellittico. A ogni punto del riflettore calcolato liberamente, viene attribuita una determinata porzione di strada da illuminare (fig. 2).

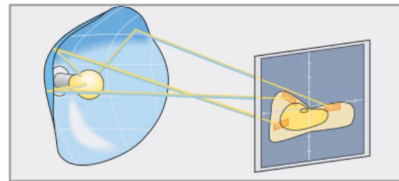


Figura 2: Riflettore a forma libera

Con questa configurazione, è possibile sfruttare praticamente tutte le superfici del riflettore per la luce anabbagliante. Esse sono orientate in maniera tale da far sì che, da tutti i segmenti del riflettore, la luce venga riflessa verso il basso sul piano stradale. Le denominazioni commerciali sono:

- riflettore a superfici libere (riflettore FF);
- riflettore a punto focale variabile (riflettore VF);
- Homogeneous Numerically Calculated Surface (HNS).

La configurazione della superficie del riflettore è realizzata in base alle esigenze del produttore rispetto alla ripartizione della luce e all'illuminazione del piano stradale (fig. 3). Le singole zone hanno i seguenti compiti:

- **zona I** - settore asimmetrico; illuminazione della zona lontana della carreggiata destra;
- **zona II** - settore simmetrico; illuminazione dell'area immediatamente inferiore alla delimitazione luce-ombra;

- **zona III** - settore di campo vicino; il suo obiettivo è l'illuminazione del campo stradale;
- **zona IV** - settore di campo vicino; voluto per l'illuminazione del bordo stradale.

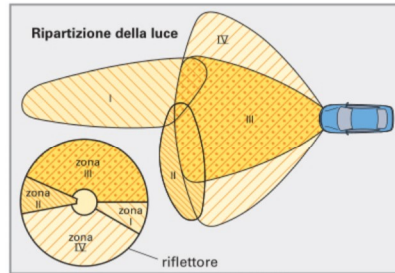


Figura 3: Riflettore a forma libera - ripartizione della luce

Utilizzo. I riflettori a forma libera possono essere utilizzati per tutti i tipi di proiettori con lampade a filamento unico o lampade a scarica di gas. Nei proiettori anabbaglianti, non è più necessario il cucchiaino; tutta la luce prodotta è a disposizione per l'illuminazione del piano stradale. Inoltre, non sono più necessari gli elementi rifrangenti del vetro; il proiettore può essere chiuso con una lastra non profilata di vetro o di plastica.

Proiettori con riflettori a forma libera con lente di proiezione (fig. 4)

Le superfici dei riflettori sono disegnate con l'aiuto della tecnologia a forme libere. La luce prodotta è innanzitutto orientata verso un diaframma, poi su una lente di proiezione.

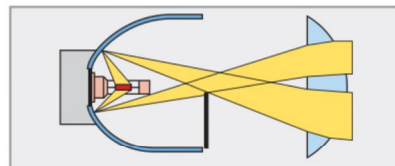


Figura 4: Riflettore a forma libera con lente di proiezione

La luce è orientata dal riflettore verso la parte superiore del diaframma per poi essere proiettata sulla strada grazie ad una lente denominata Super DE, che permette una larga diffusione della luce e, quindi, una migliore illuminazione dei bordi della strada. Viene inoltre ottimizzata la linea di separazione tra chiaro e scuro.

Utilizzo. Questo sistema può essere utilizzato nei proiettori per le luci anabbaglianti equipaggiati di lampade a filamento unico o con lampade a scarica di gas.

19.2.8.2 Proiettori con lampade a scarica di gas

I veicoli equipaggiati di fari anabbaglianti con lampade a scarica di gas devono essere muniti dei seguenti dispositivi tecnici:

- regolazione automatica della distanza di illuminazione;
- lavafari.

La regolazione automatica della distanza di illuminazione e l'impianto lavafari impediscono che i veicoli circolanti in senso opposto rimangano abbagliati.

Il sistema di proiettori può essere a riflessione o con lente di proiezione. In quest'ultimo caso, i riflettori sono generalmente a forma libera.

Regolazione automatica della distanza di illuminazione. Il sistema controlla che i proiettori siano sempre automaticamente regolati, indipendentemente dallo stato di carico del veicolo. Dei sensori, posti sull'asse posteriore, misurano lo spostamento della sospensione, per esempio in funzione del carico. Un motore elettrico assicura, di conseguenza, il corretto angolo d'inclinazione del proiettore.

Regolazione dinamica della distanza di illuminazione (fig. 1). Registra la velocità del veicolo ed elabora i segnali pervenuti dai sensori di assetto dell'asse anteriore e posteriore. Una centralina di comando regola l'angolo di inclinazione dei proiettori mediante un motore passo-passo, compensando eventuali rapide variazioni di inclinazione del veicolo dovute a frenata o accelerazione.

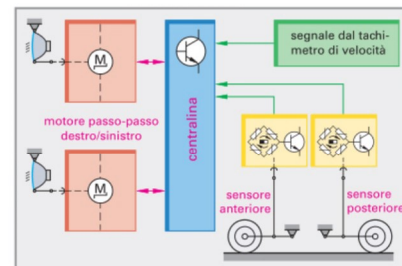


Figura 1: Regolazione dinamica della distanza di illuminazione

I proiettori con lampada a scarica di gas che hanno la luce anabbagliante e abbagliante (denominate Bi-Xeno, Bi-Litronic) dispongono di una luce abbagliante supplementare (per esempio con una lampadina H7).

Nei proiettori Bi-Xeno, il passaggio dalle luci anabbaglianti alle luci abbaglianti (e viceversa) avviene mediante un diaframma meccanico (shutter) azionato da un'elettrocalamita (fig. 2).

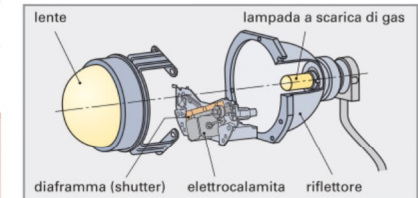


Figura 2: Modulo proiettore Bi-Xeno

In modalità luci anabbaglianti, il diaframma maschera una parte della luce prodotta dalla lampada e definisce, quindi, la linea di separazione chiaro/scuro. In modalità luci abbaglianti, il meccanismo lascia passare la totalità della luce prodotta dal dispositivo (fig. 3).

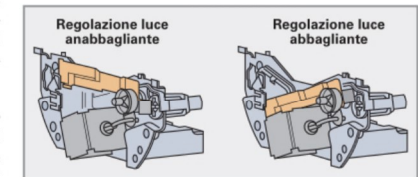


Figura 3: Diaframma meccanico (shutter)

19.2.8.3 Proiettori adattivi

I sistemi a proiettori adattivi sono in grado di adattarsi alle differenti situazioni di guida, di luminosità e meteorologiche.

Proiettori direzionali dinamici (fari orientabili). Permettono di adattare l'illuminazione durante la guida in curva, orientandosi in funzione del raggio della curva affrontata dal veicolo.

Proiettori direzionali statici. Durante le curve strette, un proiettore supplementare è alimentato coadiuvando il sistema di illuminazione principale, permettendo così di illuminare meglio la zona attorno al veicolo (fig. 4).

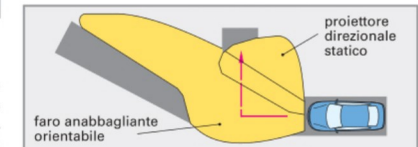


Figura 4: Proiettori direzionali

Struttura. Il sistema si compone di un proiettore supplementare con lampada alogena e di un modulo con dispositivo di rotazione (fig. 1).



Figura 1: Sistema con proiettore direzionale dinamico

Funzionamento. Il modulo Bi-Xeno dispone di un diaframma mobile che permette di passare dalle luci anabbaglianti alle luci abbaglianti e viceversa. Il proiettore direzionale è orientato in funzione del raggio della curva grazie ad un ingranaggio a vite senza fine, mosso da un motore passo - passo (fig. 2). La direzione del raggio di curva è misurata dal sensore angolo sterzo sul volante; tramite il sensore d'imbardata, viene pure valutata la rotazione del veicolo sul proprio asse verticale. Una centralina di comando elabora i segnali ricevuti e aziona il motore passo-passo che muove il dispositivo di rotazione.

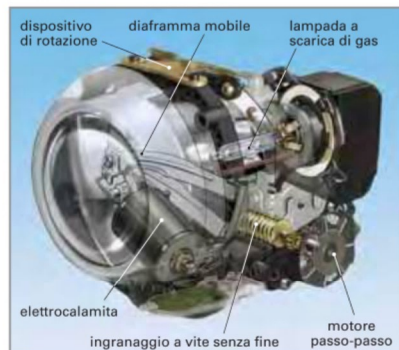


Figura 2: Modulo proiettore con dispositivo di rotazione

Il proiettore direzionale è inserito nel momento in cui la centralina di comando identifica un cambiamento di direzione, vale a dire anche quando il veicolo ruota con un angolo di sterzata ridotto. Con i sistemi di illuminazione moderni Bi-Xeno, è possibile variare il campo di diffusione della luce in quanto il modulo del proiettore è equipaggiato con un diaframma riflettente azionato elettricamente (fig. 3).

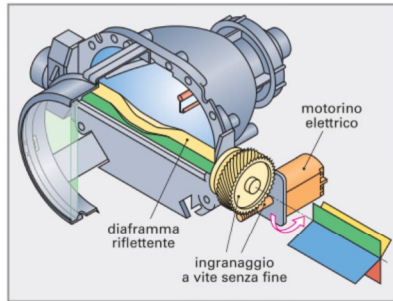


Figura 3: Diaframma riflettente

Azionando il diaframma riflettente in abbinamento al dispositivo di rotazione, possono essere attivate differenti funzioni di illuminazione.

Il sistema di comando automatico di illuminazione permette di realizzare dei compiti supplementari in funzione della luminosità ambiente e delle condizioni di guida. Alcuni esempi di compiti di illuminazione supplementari sono i seguenti:

- illuminazione di base;
- illuminazione in modalità città;
- illuminazione in modalità velocità ridotta;
- illuminazione fendinebbia;
- illuminazione in modalità autostrada.

Le funzionalità della gestione dell'illuminazione in curva rimangono sempre attive.

Comando automatico delle luci anabbaglianti. Alcuni sensori, situati nella zona del parabrezza, misurano le condizioni di luminosità ambiente e trasmettono queste informazioni alla centralina di comando. La stessa, che riceve anche le informazioni concernenti la velocità e l'angolo di sterzata del veicolo, pilota il diaframma riflettente e il dispositivo di regolazione dei proiettori allo scopo di orientarli nella direzione appropriata.

Assistente luci abbaglianti. Il comando automatico delle luci anabbaglianti può essere completato grazie all'assistente luci abbaglianti. Esso ottimizza l'utilizzo dei proiettori in funzione della situazione, permette l'inserimento e il disinserimento dei proiettori, liberando il conducente da questa funzione. Questo sistema permette, inoltre, grazie all'attivazione e alla disattivazione automatica, di aumentare il tempo durante il quale è possibile viaggiare con i fari abbaglianti accesi, evitando così di abbagliare gli altri utenti della strada.

Una telecamera, posizionata nella parte anteriore dello specchio retrovisore interno, misura le condizioni di luce e comanda automaticamente l'inserimento o il disinserimento dei fari abbaglianti.

L'assistente spegne automaticamente i fari abbaglianti non appena riconosce del traffico davanti a sé o proveniente in senso inverso. I fari abbaglianti vengono ugualmente spenti se il sistema rileva sufficiente luce (per esempio in centri abitati) o a bassa velocità (per esempio al di sotto dei 60 km/h).

Illuminazione di base (luci anabbaglianti). Contrariamente alle luci anabbaglianti convenzionali, l'illuminazione di base illumina meglio i bordi della strada e ha una portata maggiormente estesa. La funzione è attiva tra i 50 e i 100 km/h.

Illuminazione in modalità città. In questa modalità, con velocità inferiori a 50 km/h, il sistema produce un'illuminazione di portata ridotta dove la diffusione risulta più estesa rispetto alla modalità base.

Illuminazione in modalità velocità ridotta. A velocità comprese tra 5 km/h e 30 km/h, le lampade dei due proiettori vengono orientate di otto gradi verso i bordi della strada.

Illuminazione fendinebbia. Serve d'appoggio ai fari fendinebbia normali e permette d'illuminare più intensamente i bordi della strada così che il conducente riconosca meglio i margini della carreggiata,

i guard-rail e la segnaletica orizzontale. Per questo, i due fasci luminosi sono orientati leggermente verso l'esterno e contemporaneamente abbassati. La modalità fendinebbia viene automaticamente attivata non appena i fari retronebbia vengono accesi e la velocità del veicolo supera i 70 km/h, si disattiva automaticamente a partire dai 100 km/h.

Illuminazione in modalità autostrada. A partire dai 100 km/h, la potenza dei fari viene aumentata, in questo modo aumenta pure la portata di illuminazione.

Luci di cattivo tempo. Vengono attivate se il sensore pioggia percepisce delle precipitazioni o quando i tergicristalli sono in funzione. In questo caso, il fascio di luce del lato sinistro è accorciato e la potenza luminosa della lampada viene contemporaneamente ridotta da 35 a 32 W; ciò diminuisce la riflessione della luce sulla strada bagnata. La potenza del faro di destra passa invece da 35 a 38 W, con lo scopo di migliorare la visibilità del lato della strada.

Fari abbaglianti. In rapporto ai proiettori abituali, la potenza dell'illuminazione viene aumentata da 35 a 38 W.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Ricerca dei difetti negli impianti di illuminazione (lampade ad incandescenza)

Constatazione: la lampada a incandescenza non funziona più

Cause possibili	Controllo	Riparazione
Filamento interrotto	Controllo visivo e della resistenza	Sostituire la lampada
Fusibile bruciato	Controllo visivo e della resistenza	Sostituire il fusibile
Assenza di alimentazione elettrica	Misura della resistenza e della tensione	Ristabilire l'alimentazione

Constatazione: la lampada a incandescenza illumina debolmente

Cause possibili	Controllo	Riparazione
Caduta di tensione nei cavi o nelle connessioni	Misura della resistenza e della tensione	Eliminare le cadute di tensione
Batteria scarica	Controllo tensione della batteria	Ricaricare o sostituire la batteria
Lampada non adatta (lampada da 24 V in un impianto a 12 V)	Controllo visivo	Sostituire la lampada

Registrazione dei proiettori con regolazione automatica della distanza di illuminazione

Sui veicoli equipaggiati di proiettori con regolazione automatica della distanza di illuminazione, la registrazione di base si esegue con l'aiuto dell'apparecchio diagnosi in modalità di set-up. Per questa operazione, come succede per la registrazione dei proiettori normali, il veicolo deve essere preparato di conseguenza. La procedura è comandata dall'apparecchio di diagnosi. Questo lavoro deve essere eseguito, per esempio, dopo la sostituzione di un faro. Una registrazione di base non effettuata o

realizzata in modo errato può provocare un cattivo funzionamento della regolazione automatica della distanza.

Altre cause di funzionamento anomalo possono essere:

- il motore di regolazione del proiettore difettoso;
- il cablaggio danneggiato/prese ossidate;
- i sensori di livello del veicolo difettosi;
- le barre di accoppiamento tra sensore e telaio deformate o danneggiate;
- la centralina di comando difettosa.

19.2.8.4 Proiettori a tecnologia LED

I proiettori a tecnologia LED producono una luce simile alla luce diurna.

I LED bianchi hanno una temperatura di colore di circa 5500 K (luce del giorno: circa 6000 K). I fari xeno, invece, hanno una temperatura di colore di soli 4000 K. In rapporto ai sistemi tradizionali, i proiettori a LED presentano, inoltre, i seguenti vantaggi:

- le dimensioni ridotte dei sistemi LED permettono una grande libertà di design;
- in rapporto ai proiettori con lampade a incandescenza, la tecnologia LED offre un consumo minore di energia;
- i LED non si usurano e, quindi, offrono una maggior durata.

Struttura. Un proiettore LED è composto da più unità LED chiamate batterie. Queste sono costituite da chip LED muniti di scambiatore termico, eventuali riflettori e un'ottica la cui forma è adattata in base alle necessità (fig. 1). Ogni unità LED è attivata grazie ad un'elettronica di comando.



19 Figura 1: Unità LED

Funzionamento. La diffusione della luce sulla strada viene realizzata dalle unità LED con differenti livelli d'inserimento (fig. 2). Le unità LED sono per questo inserite e disinserite a gruppi. Per assicurare la funzione di luci diurne, determinate unità LED possono essere accese a potenza ridotta.

Il raffreddamento dell'unità LED è assicurato da uno scambiatore termico. Alcuni sistemi sono dotati di un ventilatore montato all'interno del modulo di illuminazione, che assicura la circolazione dell'aria in direzione del vetro del faro, migliorando così il raffreddamento.

I sistemi a tecnologia LED garantiscono tutte le funzioni assicurate da un sistema di proiettori adattivi.



Figura 2: Differenti livelli di inserimento di un proiettore

19.2.8.5 Sistemi per la visione notturna

Nelle automobili, i sistemi di visione notturna sono a complemento del sistema di illuminazione e permettono di visualizzare l'irraggiamento termico degli oggetti (per esempio persone e animali) fino a una distanza di 300 m.

Struttura. Il sistema si compone di una termocamera e di uno schermo per la rappresentazione dell'immagine. Certi impianti dispongono pure di un proiettore a raggi infrarossi supplementare che permette di migliorare la visualizzazione e, quindi, la rappresentazione degli oggetti.

Funzionamento. Quando il conducente attiva il sistema di visione notturna, la termocamera intercetta gli oggetti che si trovano davanti al veicolo. Questa zona è riprodotta sullo schermo (per esempio sul sistema di navigazione), dove gli oggetti che emanano calore vengono rappresentati in bianco (fig. 3). Il conducente ha la possibilità di regolare il contrasto e la luminosità dell'immagine sullo schermo.



Figura 3: Rappresentazione dell'immagine sul sistema di navigazione

19.2.9 Alimentazione elettrica

L'alimentazione dell'impianto elettrico del veicolo è garantita da un sistema costituito da generatore di tensione, regolatore di tensione e accumulatore di carica.

Batteria di avviamento

La batteria di avviamento eroga e accumula l'energia necessaria ai sistemi elettrici di un autoveicolo. Essendo ricaricabile, viene chiamata anche accumulatore.

Struttura (fig. 2)

Elemento della batteria. La batteria di avviamento è composta da più elementi, costituiti a loro volta da piastre di piombo positive e negative che, per evitare contatti e cortocircuiti, sono tenute a distanza da appositi separatori. Affinché possa scorrere una quantità elevata di corrente, è necessario che le piastre dispongano di un'ampia superficie. Ecco perché gli elementi sono dotati di innumerevoli sottili piastre a elettrodi. Gli elementi vengono raggruppati in blocchi e ciascuno di essi produce una tensione nominale di 2 V. Collegando gli elementi in serie, è possibile raggiungere, a seconda del loro numero, 6 o 12 V.

Elettrolito. Riempie lo spazio tra le piastre di piombo e il separatore. Al di sopra dei set di piastre si trova la camera di raccolta dell'elettrolito, mentre sotto di esse vi è una camera di raccolta dei fanghi in cui si deposita il piombo disciolto.

Scatola. Gli elementi sono alloggiati all'interno di un contenitore a scomparti, il cui coperchio, contenente il tappo di chiusura e di riempimento, chiude la batteria. Per consentirne il fissaggio alla carrozzeria del veicolo, è previsto un apposito listello laterale sul fondo.

Poli. Consentono il collegamento elettrico della batteria alla rete di bordo. I poli sono contrassegnati con + e -. Per assicurare che non vengano invertiti, il polo positivo presenta un diametro maggiore (fig. 2).

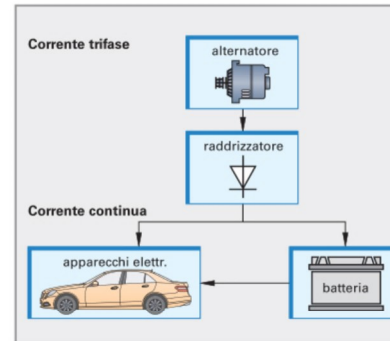


Figura 1: Rete elettrica di bordo

In caso di motore al minimo e anche di motore spento, spetta alla batteria alimentare la rete di bordo. Inoltre, la batteria fornisce anche tutta l'energia necessaria per la procedura di accensione.

La quantità di energia elettrica assorbita dai veicoli è aumentata considerevolmente. Con l'alternatore trifase, attualmente si copre un fabbisogno elettrico pari a un massimo di circa 2000 W, necessari al crescente numero di regolazioni elettroniche, nonché all'elettronica di sicurezza e comfort, come per esempio:

- sistemi di accensione e iniezione elettronici;
- diagnostica di bordo;
- riscaldamento sedili e abitacolo;
- riscaldamento finestrini e specchietti;
- ventilatori elettrici;
- climatizzatori con fino a 10 motori elettrici;
- ABS, ESP.

Il rendimento medio dell'alternatore di un veicolo è pari a circa il 60%. Se, in tali condizioni, eroga una potenza di 2000 W per un'ora, per produrre tale energia consuma circa un litro di carburante.

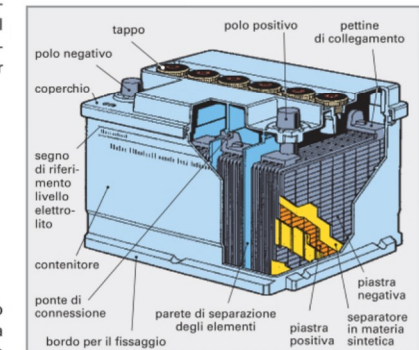


Figura 2: Batteria di avviamento

Processi elettrochimici

Batteria carica (fig. 1a). La materia attiva delle piastre positive è composta da biossido di piombo (PbO_2) marrone, quella delle piastre negative da piombo (Pb) grigio. L'elettrolito è acido solforico diluito (H_2SO_4) con una concentrazione del 37% e una densità di $\rho = 1,28 \text{ g/cm}^3$.

Processo di scarica (fig. 1b). Il prelievo di corrente causa una reazione elettrochimica all'interno dell'elemento. Il biossido di piombo marrone delle piastre positive e il piombo grigio (Pb) delle piastre negative sono trasformati in solfato di piombo bianco ($PbSO_4$). In tale processo l'acido solforico (H_2SO_4) viene trasformato in acqua (H_2O). La densità dell'elettrolito diminuisce (fig. 1c).

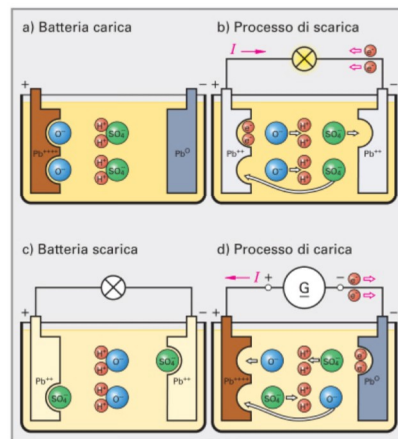
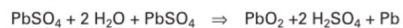


Figura 1: Processi elettrochimici in fase di carica e scarica

Batteria scarica (fig. 1c). Entrambe le piastre sono state trasformate in solfato di piombo ($PbSO_4$). La densità dell'acido è scesa a circa $1,12 \text{ g/cm}^3$, mentre la sua concentrazione è al 17%.

Processo di carica (fig. 1d). In caso di alimentazione di corrente, la reazione elettrochimica si inverte. Il solfato di piombo bianco ($PbSO_4$) delle piastre positive è trasformato in biossido di piombo marrone (PbO_2), mentre quello delle piastre negative è trasformato in piombo grigio (Pb). In tale processo, l'acqua (H_2O) si trasforma in acido solforico (H_2SO_4). La densità dell'elettrolito aumenta (fig. 1a).



Marcatura delle batterie

Per poter comparare e sostituire le batterie di avviamento di differenti produttori, sulla scatola della batteria è obbligatorio apporre il codice previsto dalla normativa europea (EN 60095-1).

La marcatura (fig. 2), si compone del codice europeo ETN a nove cifre (per esempio 544 105 045). Esso specifica

- la tensione nominale, codice 5: 12 V;
- la capacità nominale, codice 44: 44 Ah;
- informazioni circa la forma della batteria e il fissaggio a bordo del veicolo, codice 105;
- la corrente di prova a freddo, codice 045: 450 A.



Figura 2: Etichetta di una batteria di avviamento

Tensione nominale. È stabilita a 2 V per elemento. La tensione nominale dell'intera batteria risulta dal numero di elementi collegati in serie. In caso di 6 elementi è pari a 12 V.

Capacità. Per capacità $Q = I \cdot t$ si intende la quantità di corrente immagazzinata in ampere-ore (Ah), fornita o prelevata da una batteria di avviamento (fig. 2).

Essa dipende:

- dall'entità della corrente di scarica;
- dalla densità e dalla temperatura dell'elettrolito;
- dalle condizioni di carica della batteria;
- dall'età della batteria.

Capacità nominale Q20. È la quantità di elettricità che una batteria di avviamento può fornire in una scarica di 20 ore a una corrente pari a 1/20 del valore numerico della capacità nominale, senza che la tensione scenda sotto il valore di 10,5 V.

La temperatura dell'elettrolito dev'essere pari a circa $+25 \text{ }^\circ\text{C}$. A temperature superiori, la capacità di scarica aumenta rispetto alla capacità nominale (fig. 1). Questa dipendenza della capacità dalla temperatura è da ricondurre al fatto che i processi elettrochimici si svolgono più lentamente alle basse temperature.

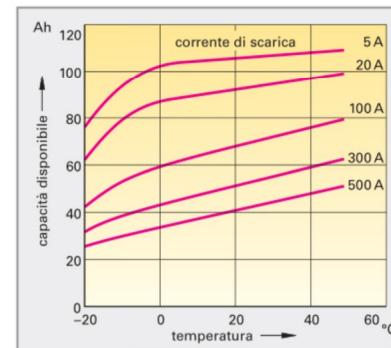


Figura 1: Capacità di scarica in funzione della corrente di scarica e della temperatura dell'elettrolito

Corrente di prova a freddo. È l'intensità che una batteria completamente carica deve produrre a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ per la durata di 10 s, senza che la tensione ai morsetti scenda al di sotto di 7,5 V.

La corrente di prova a freddo consente di valutare il comportamento all'avviamento a basse temperature. Se la tensione è inferiore ai valori indicati, la batteria non dà più affidamento.

Altri dati nominali della batteria

Tensione di riposo U_0 (tensione a vuoto). Si misura tra i morsetti quando la batteria di avviamento non è sollecitata. Dipende dalle condizioni di carico e dalla temperatura dell'elettrolito. Può essere utilizzata come primo punto di riferimento per una verifica della capacità. Una batteria completamente carica ha, a una temperatura di circa $25 \text{ }^\circ\text{C}$, una tensione di riposo pari a circa 12,8 V e scarica a circa 12,0 V (tab. 1). Per avere valori certi si può effettuare una verifica sotto carico con gli utilizzatori.

Tabella 1: Tensione di riposo - Stato di carica

Tensione di riposo	Stato di carica
meno di 12,2 V	scarica
12,2 - 12,5 V	semi-carica
12,5 - 12,8 V	carica

Tensione ai morsetti (U_K). È la tensione tra i morsetti della batteria sotto carico. La tensione ai morsetti è inferiore alla tensione di riposo (U_0), dato che all'interno della batteria si verifica una caduta di tensione (U_i). Nel momento in cui una corrente (I_e) attraversa la batteria, in essa si attiva una resistenza interna (R_i) (fig. 2), collegata in serie con le resistenze degli utilizzatori (R_u). La tensione assorbita da questa resistenza (U_i) non può più essere utilizzata ai fini dell'alimentazione. La resistenza interna dipende in larga misura dalla temperatura dell'elettrolito. Alle basse temperature, infatti, la reazione elettrochimica è soggetta a perdite maggiori rispetto alle alte temperature. La caduta di tensione dipende fortemente anche dalle condizioni di carica. Più la batteria è scarica, maggiore sarà la resistenza interna.

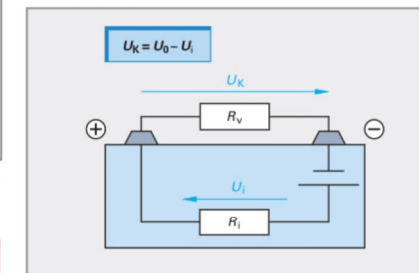


Figura 2: Tensione ai morsetti di una batteria di avviamento sotto carico

Tensione di carica. È la tensione con cui una batteria viene caricata dall'alternatore o da un caricabatteria esterno.

Una volta raggiunta una tensione di circa 14,4 V, se la batteria viene ulteriormente caricata, essa incomincia a erogare gas (**tensione di gassificazione**). All'interno della batteria tale processo comporta una perdita d'acqua, parte della quale viene scissa in idrogeno e ossigeno, generando una miscela altamente esplosiva.

Ecco perché, in fase di caricamento mediante alternatore e appositi caricabatterie, la tensione di carica viene regolata (linea caratteristica I_c) e mantenuta al di sotto della tensione di gassificazione. A mano a mano che essa aumenta, la tensione di gassificazione e, quindi, la tensione di carica massima diminuisce. Si raggiunge la carica massima nel momento in cui, al termine del processo di carica, la densità dell'acido non aumenta più.

Tensione di scarica. Una batteria è scarica quando la tensione degli elementi diminuisce fino alla **tensione di fine scarica** di 1,75 V. La densità dell'elettrolito scende fino a circa $1,12 \text{ g/cm}^3$.

Corrente di spunto. All'avviamento del motore di un'automobile, la batteria eroga per breve tempo una corrente estremamente intensa, che può raggiungere i 400 A e richiede circa l'1% della capacità nominale.

Corrente di cortocircuito. È il massimo flusso di corrente possibile che una batteria è in grado di erogare e dipende dalla superficie delle piastre. Una batteria può resistere alla corrente di cortocircuito per un massimo di 2 secondi.

Processi di invecchiamento

Autoscarica. Avviene all'interno della batteria senza che il circuito esterno sia chiuso. Dopo un determinato periodo di tempo, la batteria si scarica anche senza essere utilizzata. Il calore e le impurità dell'elettrolito accelerano questo processo. Anche con l'autoscarica si ha la produzione di un gas, con consumo di acqua e riduzione del livello dell'elettrolito. A seconda del modello, l'autoscarica può arrivare all'1% di capacità nominale al giorno.

Essa dipende:

- dalla concentrazione dell'acido;
- dal livello dell'acido;
- dalla temperatura dell'elettrolito;
- dall'età e dalle condizioni esteriori della batteria.

Le batterie di avviamento moderne, che non necessitano di manutenzione, dopo circa 2-3 mesi di vita, hanno, a temperatura ambiente, un livello di carica inferiore al 40% rispetto a quando erano nuove. Le batterie usate raggiungono questo valore in un tempo proporzionalmente inferiore.

Perdita di capacità e cortocircuito dell'elemento. Possono verificarsi in seguito a determinate sollecitazioni a cui può essere esposta la batteria, come:

- solfatazione;
- scariche cicliche;
- scariche profonde.

La precipitazione della massa attiva provoca una forte usura delle sottili piastre positive. La capacità diminuisce e all'improvviso la batteria di avviamento può diventare inutilizzabile, qualora il fango di piombo accumulato generi un cortocircuito.

Solfatazione. Può verificarsi quando la batteria di avviamento permane per un periodo di tempo prolungato nello stato di scarica. Il solfato di piombo microcristallino è trasformato in solfato di piombo a grossi cristalli. Se il processo di trasformazione non è ancora in stadio avanzato, può essere reso reversibile effettuando una carica a bassa intensità di corrente, a circa 0,2 A.

Scariche cicliche. Si ripetono frequentemente e scaricano dal 60 all'80% della capacità nominale. Le batterie di avviamento non vanno pertanto utilizzate in tal modo.

Scariche profonde. Sono scariche superiori all'80% della capacità nominale.

Modelli

Batteria di avviamento senza manutenzione

In condizioni normali, il livello dell'elettrolito si deve ridurre soltanto a un livello tale da non dover essere rabboccato per 2 anni.

Hanno dei tappi per il riempimento dell'elettrolito e per il rabbocco con acqua distillata. Le piastre a griglia di queste batterie al piombo contengono antimonio, che conferisce loro la resistenza meccanica desiderata. L'antimonio, tuttavia, contribuisce all'autoscarica e, quindi, alla gassificazione e a un consumo di acqua conseguentemente elevato. Quando sono nuove, queste batterie vengono pertanto conservate a secco. Il loro primo riempimento dev'essere effettuato almeno 20 minuti prima della messa in servizio con acido solforico al 37%.

Batteria di avviamento assolutamente senza manutenzione

Sono ermetiche e non richiedono un rabbocco dell'elettrolito. È consentito un angolo di inclinazione della batteria di 70°.

Queste batterie non sono provviste di tappi di riempimento e vengono conservate cariche. Le piastre a griglia in piombo contengono calcio anziché antimonio, il che riduce sensibilmente l'autoscarica e la scissione dell'acqua. La riserva di elettrolito incamerata al di sopra delle piastre è, quindi, sufficiente per l'intera durata della batteria, che si addice all'impiego in veicoli destinati a rimanere in circolazione per tempi prolungati. La batteria possiede soltanto dei fori di sfiato del gas, attraverso un sistema a labirinto di sicurezza. Non potendo più controllare lo stato di carica con il densimetro, molte di queste batterie sono munite di display di controllo integrati, che forniscono un'idea generale delle loro condizioni di carica. Di seguito alcuni esempi dei valori che possono comparire sul display:

- Verde: regolare (OK);
- Grigio: ricaricare (check);
- Bianco: sostituire (change).

Batterie Heavy Duty

Sono batterie di durata superiore, con un'elevata resistenza alle vibrazioni e ai cicli di carica e scarica.

Appositi separatori, muniti di feltro in fibra di vetro, sostengono la piastra positiva e riducono la formazione di fango. Il fissaggio con resina o plastica impedisce l'allentamento dei blocchi delle piastre. Queste batterie sono particolarmente indicate per i macchinari da costruzione.

Batterie con elettrolito legato

Questo tipo di batteria è completamente a tenuta stagna e può essere montato in qualunque posizione. Possiede una maggiore resistenza ai cicli di carica e scarica e può essere scaricata completamente.

L'elettrolito non è più in forma liquida, bensì può essere legato all'interno di un gel o di fibre. La distanza tra le piastre positive e negative è inferiore, il che riduce la resistenza interna. Una reazione chimica impedisce la gassificazione attraverso una ricombinazione interna dell'ossigeno. In altre parole, all'interno dell'elemento i gas si ritrasformano in acqua.

Presenta le seguenti caratteristiche:

- autoscarica estremamente ridotta;
- forma compatta, non essendovi la camera di raccolta dell'elettrolito;
- corrente di cortocircuito elevata;
- valvola di sicurezza in caso di un eccessivo aumento di pressione.

Queste batterie sono indicate per i veicoli ad alta percorrenza chilometrica e possono essere utilizzate anche come batterie di alimentazione. Si distinguono tra batterie al gel e batterie con tecnologia AGM.

Batterie al gel. In questo caso l'acido è legato in un gel solido multicomponente. L'aggiunta di silice all'acido solforico forma una massa gelatinosa in cui avviene la reazione elettrochimica.

Tecnologia AGM. Questo modello presenta strati intermedi di feltro in fibra di vetro che racchiudono e legano l'acido. In seguito all'effetto capillare e all'umettamento, l'elettrolito liquido viene assorbito dal reticolo di microfibre (AGM, Absorbent Glass Mat). Esse costituiscono al tempo stesso il separatore ed esercitano una pressione elevata e uniforme sulla superficie delle piastre. Il materiale attivo si lega pertanto saldamente all'interno del feltro. Così facendo, si evita la precipitazione della massa attiva e, contemporaneamente, si migliora la resistenza alle vibrazioni grazie all'effetto di sostegno. In un modello costruttivo particolare, le piastre in piombo e il feltro in fibra di vetro sono avvolti, incrementando così ulteriormente la compattezza dell'insieme.

Sensore della batteria

La regolazione della tensione di carica in funzione della temperatura e del livello di carica consente di mantenere la batteria ben carica per un periodo di tempo prolungato.

Una piccola centralina integrata nel sensore della batteria rileva il valore teorico ottimale della tensione

di carica in base alla temperatura della batteria misurata in tempo reale e alle condizioni di carica. Per calcolare lo stato di carica della batteria (SoC, State of Charge), si registrano e si memorizzano la corrente di carica e scarica, la tensione ai morsetti e la temperatura dell'elettrolito a ogni condizione di funzionamento del veicolo. Il sensore è annegato nel supporto in cui è alloggiato il polo del cavo negativo della batteria (fig. 1).



Figura 1: Sensore della batteria

Morsetto di sicurezza della batteria

In caso di incidente, staccare il cavo di alimentazione (+) del motorino e dell'alternatore dalla batteria nell'arco di pochi millisecondi.

Attraverso la separazione, si impedisce che il cavo del motorino di avviamento rimanga impigliato in parti della carrozzeria che conducono elettricità e causi un cortocircuito. Il morsetto di sicurezza è avvitato al polo positivo della batteria. Nella bussola di contatto abbinata al morsetto, si trova un attuatore pirotecnico che, in caso di attivazione, stacca il cavo del motorino di avviamento dalla bussola (fig. 2). L'impatto elettrico della rete di bordo non viene interrotta.

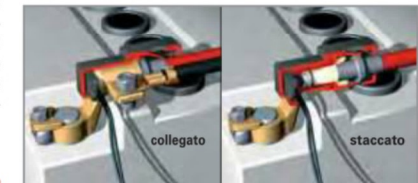


Figura 2: Distacco del cavo del motorino d'avviamento

Smaltimento

Le batterie di avviamento usate o difettose devono essere smaltite come rifiuti speciali.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Batteria senza manutenzione (secondo EN)

Nelle batterie di avviamento con tappo di riempimento è possibile controllare il livello di acido e le condizioni di carica ispezionando l'elettrolito.

Livello dell'elettrolito. Deve rimanere da 10 a 15 mm sopra il bordo superiore delle piastre. Nel caso di evaporazione del liquido, rabboccare sino a raggiungere il livello, aggiungendo esclusivamente acqua distillata o demineralizzata.

Stato di carica. Mediante un densimetro (aerometro) (fig. 1), è possibile controllare la densità dell'elettrolito. Essa dovrebbe corrispondere a un valore di circa 1,28 g/cm³ a batteria completamente carica e a una temperatura di +25 °C e a circa 1,12 g/cm³ a batteria scarica. Vi è un rapporto diretto tra la densità dell'elettrolito e la tensione di riposo U_0 (fig. 1).

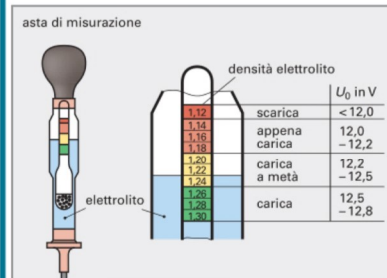


Figura 1: Densimetro (aerometro)

Batterie senza manutenzione

Stato di carica. Può essere determinato approssimativamente misurando la tensione di riposo con il multimetro.

Controllo della potenza. La batteria è sottoposta per circa 5 s a una scarica che corrisponde approssimativamente all'intensità assorbita dal motorino di avviamento allo spunto. La tensione dei singoli elementi non deve scendere al di sotto di 1,1 V. Questa operazione viene effettuata mediante tester elettronici. Con appositi cavi e opportune pinze isolate, essi vengono collegati alla batteria da controllare, che può rimanere montata a bordo del veicolo. La procedura di controllo avviene completamente in automatico e gli esiti di ogni singolo test vengono visualizzati su un apposito display. I dati comunemente riportati sono:

- livello di tensione della batteria;
- stato di carica in percentuale;
- capacità di spunto in percentuale;
- livello qualitativo della batteria.

Avviamento assistito mediante cavi d'emergenza

Può avvenire anche tramite un altro veicolo. Questa procedura è consentita soltanto in caso di batteria montata su entrambi i veicoli e previo rispetto delle prescrizioni del produttore. Affinché l'avviamento assistito vada a buon fine, si consiglia di utilizzare unicamente cavi a norma ISO 6722 (DIN 72553) con sezione pari ad almeno 16 mm² nei motori a benzina e 25 mm² nei motori Diesel. Entrambe le batterie devono avere la medesima tensione nominale.

Occorre procedere come segue:

- collegare il polo positivo della batteria scarica al polo positivo del veicolo di soccorso;
- collegare il polo negativo del veicolo di soccorso a un collegamento opportunamente a massa del veicolo in panne e distante dalla batteria. In prossimità della batteria, infatti, l'eventuale innesco di scintille potrebbe infiammare la miscela di gas esplosivi;
- controllare che i punti di contatto dei cavi siano posizionati correttamente e facciano bene contatto;
- accendere il veicolo di soccorso. Dopo una breve pausa, avviare il veicolo in panne;
- una volta avviato il motore, staccare nuovamente i cavi nella sequenza inversa a quella descritta.

Carica della batteria

Si distinguono le seguenti modalità di carica: normale, rapida e di compensazione.

- **Carica normale.** La corrente di carica equivale a circa il 10% del valore numerico della capacità nominale.
- **Carica rapida.** La corrente di carica equivale al massimo all'80% del valore numerico della capacità nominale. La carica rapida va eseguita, però, soltanto fino al raggiungimento della tensione di gassificazione e la temperatura dell'elettrolito non deve superare i 55 °C.
- **Carica di compensazione.** Le batterie inutilizzate si scaricano da sole. L'intensità della carica di compensazione è pari a circa lo 0,1% del valore numerico della capacità nominale. Se la carica di compensazione non è possibile, diviene allora consigliabile una carica normale ogni due mesi circa.

Utilizzo di caricabatterie

I caricabatterie si distinguono in base alle rispettive linee caratteristiche, che possono anche essere combinate tra loro in un unico apparecchio:

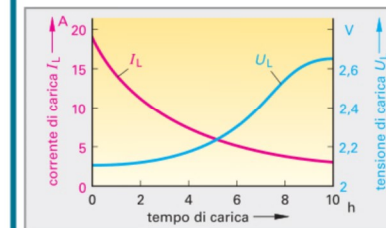
- linea caratteristica della resistenza W ;
- linea caratteristica della tensione costante U ;
- linea caratteristica della corrente costante I .

Caricabatteria non regolato con linea caratteristica IU

Durante il funzionamento eroga una tensione non regolata. A mano a mano che la batteria si carica, si riduce la corrente di carica. La tensione di carica U_L della batteria, invece, aumenta fino al valore della tensione di gassificazione (fig. 1), che porta a una sovraccarica con formazione di miscela tonante.

Tale evenienza va evitata, monitorando scrupolosamente il processo di carica. La formazione di gas o una temperatura dell'elettrolito superiore a 55 °C (la scatola della batteria inizia a scottare) sono indici di sovraccarico.

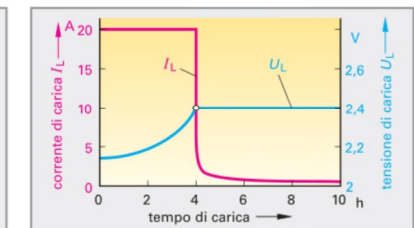
Le batterie assolutamente senza manutenzione e le batterie con elettrolito legato non devono essere collegate a questi caricabatterie. Gli apparecchi di questo tipo sono in genere caricabatterie semplici da officina o piccoli caricabatterie.

Figura 1: Linea caratteristica W **Caricabatteria regolato con linea caratteristica IU**

Fino al raggiungimento della tensione di soglia, inferiore a quella di gassificazione, la corrente di carica I_L è mantenuta costante tramite autoregolazione della tensione.

Al raggiungimento della tensione di soglia, la tensione di carica U_L viene mantenuta costante variando la resistenza del caricabatteria, mentre la corrente di carica I_L subisce una forte riduzione conformemente alla linea caratteristica W . Gli apparecchi di questo tipo sono adatti anche alla carica di batterie di avviamento completamente senza manutenzione, in quanto non raggiungono la tensione di gassificazione (fig. 2).

Per le batterie con elettrolito legato è consentito utilizzare esclusivamente apparecchi la cui tensione di soglia sia inferiore a 13,2 V o 2,2 V per elemento.

Figura 2: Linea caratteristica IU **NORME DI SICUREZZA**

Prima di smontare la batteria, disinserire tutti gli utilizzatori. A questo punto, staccare innanzitutto il cavo di massa, onde evitare che eventuali cortocircuiti generino scintille e conseguenti combustioni. Prestare particolare attenzione all'attacco e al distacco del cavo di carica o di soccorso. Quando si lavora con le batterie, occorre rispettare i seguenti principi di sicurezza:

- se si entra in contatto con acido solforico o durante il rabbocco con acqua, indossare occhiali

protettivi e guanti di gomma;

- non rabboccare l'acido oltre il livello massimo;
- non inclinare la batteria bruscamente o per periodi di tempo prolungati;
- in seguito al rischio di esplosione della miscela durante il processo di carica, evitare sia fiamme libere e fumo sia la formazione di scintille (attacco e distacco nella sequenza prestabilita a caricabatteria spento);
- arieggiare abbondantemente i locali in cui si caricano le batterie.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali processi avvengono durante la carica e scarica di una batteria di avviamento?
- 2 Qual è il valore della densità dell'elettrolito in una batteria di avviamento completamente carica e quale in una batteria scarica?
- 3 Quali sono i dati nominali più importanti di una batteria di avviamento?

- 4 Che cosa si intende per corrente di prova a freddo e com'è determinata?
- 5 Per quale motivo la tensione di carica deve sempre essere inferiore alla tensione di gassificazione?
- 6 Qual è il vantaggio delle batterie con elettrolito legato?
- 7 A quali processi di invecchiamento sono soggette le batterie di avviamento?

19.2.10 Alternatore trifase

Durante il funzionamento dell'autoveicolo, l'alternatore deve fornire l'energia elettrica necessaria agli utilizzatori e caricare la batteria di avviamento.

Negli autoveicoli si utilizzano quasi esclusivamente alternatori trifase compatti con rotore a poli artigliati (fig. 1).

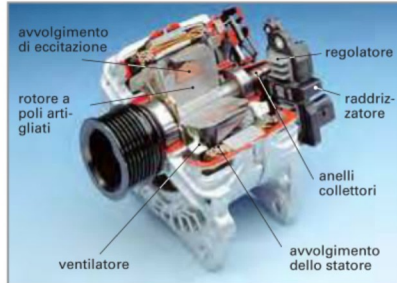


Figura 1: Alternatore trifase

Struttura (fig. 2)

- Un alternatore trifase è composto da:
- uno statore (carcassa) con tre avvolgimenti (tre fasi) come bobine di induzione;
 - una piastra a diodi con 6 diodi di potenza e 3 diodi di eccitazione per il raddrizzamento della tensione;
 - un rotore a 12 poli artigliati con avvolgimento di eccitazione per la generazione del campo magnetico, nonché anelli collettori e spazzole di carbone per l'alimentazione di corrente;
 - un ventilatore di raffreddamento;
 - un regolatore di tensione per una tensione d'esercizio costante;
 - morsetti B+/B- per la rete di bordo;
 - una puleggia per l'azionamento dell'alternatore con un valore 2-3 volte superiore al regime del motore.

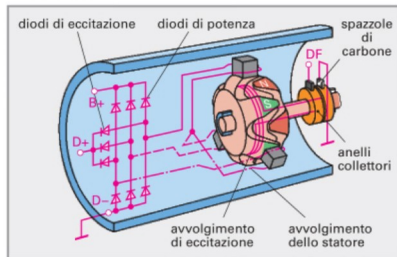


Figura 2: Alternatore trifase (diagramma schematico)

Funzionamento

La produzione della tensione nell'alternatore trifase si basa sul principio dell'induzione. Ciò significa che, quando in un conduttore elettrico (bobina o avvolgimento) si modifica il campo magnetico, nel conduttore stesso viene indotta una tensione elettrica. Se una bobina è attraversata da un campo magnetico rotante con un polo nord e un polo sud, si genera una tensione alternata sinusoidale (fig. 3).

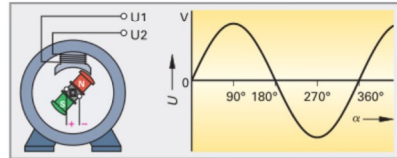


Figura 3: Tensione alternata sinusoidale

Qualora tre bobine siano attraversate da un campo magnetico rotante, si inducono tre tensioni alternate sinusoidali. Essendo disposte a 120° l'una rispetto all'altra, le 3 tensioni alternate sono sfasate di 120° (fig. 4). Si generano costantemente 3 tensioni di fase (U_p). Nella fig. 4 sono rappresentate con un angolo di rotazione di 90° e di 300°.

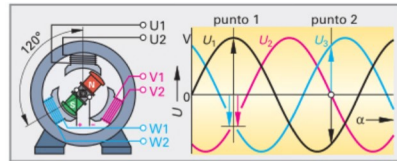


Figura 4: Tensione alternata trifase

Raddrizzamento

La tensione alternata non è adatta a caricare la batteria e anche la rete di bordo del veicolo necessita di tensione continua per poter alimentare i vari utilizzatori. Si effettua allora un raddrizzamento della corrente mediante diodi secondo il collegamento a ponte a doppia semionda (descrizione a pag. 584). Le semionde negative vengono trasformate in semionde positive e la loro energia viene sfruttata ai fini dell'alimentazione. Poiché il raddrizzamento singolo delle tre tensioni alternate richiederebbe una costruzione complessa, con 12 diodi e 6 conduttori (fasi), i tre avvolgimenti vengono collegati tra loro in un circuito a ponte. Il raddrizzamento della corrente trifase avviene tramite 6 diodi di potenza e 3 fasi. Per ogni fase viene disposto un diodo sull'uscita positiva (diodo positivo) e un diodo sul ritorno negativo (diodo negativo, fig. 1, pag. 625). Ogni fase rappresenta alternativamente, a seconda della posizione del campo magnetico, il

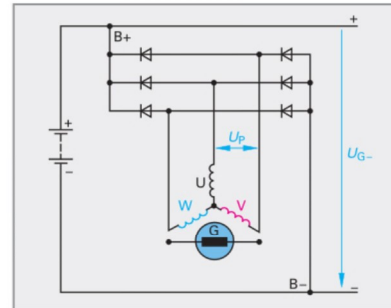


Figura 1: Raddrizzamento con collegamento a stella

conduttore di andata e di ritorno della corrente. Le semionde positive generate all'interno dei tre avvolgimenti vengono fatte passare dai diodi positivi, quelle negative dai diodi negativi. Ciò che risulta si ricava sommando l'involuppo positivo e negativo e possiede ancora una lieve ondulazione residua.

La tab. 1 mostra la formazione degli involucri a un angolo di rotazione del campo magnetico di 90° e

300°. Per semplificare, si suppone una tensione di fase $U_p = 1\text{ V}$, una resistenza $R = 1\ \Omega$ e una corrente di 1 A. A un angolo di rotazione di 90°, le singole bobine generano una tensione pari a $U_U = 1\text{ V}$, $U_V = 0,5\text{ V}$ e $U_W = 0,5\text{ V}$. Analogamente, le correnti di fase circolanti sono $I_U = 1\text{ A}$, $I_V = 0,5\text{ A}$ e $I_W = 0,5\text{ A}$.

Collegamento a stella. In questo caso si effettua una somma delle tensioni di fase, come mostra lo schema del circuito equivalente. $U_G = U_U + U_V = 1\text{ V} + 0,5\text{ V} = 1,5\text{ V}$. U_W non viene sommato, dal momento che è parallela a U_V e il flusso di corrente viene inibito dal circuito dei diodi. Il risultato è un'amplificazione della tensione dell'alternatore (U_G) rispetto alla tensione di fase (U_p).

A 300° si ha $U_G = U_U + U_W = 0,86\text{ V} + 0,86\text{ V} = 1,72\text{ V}$.

Collegamento a triangolo. In questo caso si effettua una somma delle correnti, come mostra lo schema del circuito equivalente.

$I_G = I_U + I_V = 1\text{ A} + 0,5\text{ A} = 1,5\text{ A}$. I_W non viene sommato, dal momento che è in serie a I_V . Il risultato è un'amplificazione della corrente dell'alternatore (I_G) rispetto alla corrente di fase (I_p).

A 300° si ha $I_G = I_U + I_W = 0,86\text{ A} + 0,86\text{ A} = 1,72\text{ A}$.

Questo tipo di collegamento viene utilizzato negli alternatori con correnti elevate.

Tabella 1: Generazione di tensione e corrente elettrica nell'alternatore

	Collegamento a stella		Collegamento a triangolo	
$U_p \text{ max} = 1\text{ V}$ $R = 1\ \Omega$ $I_p \text{ max} = 1\text{ A}$				
Tensioni e correnti di fase risultanti				
Schema circuito equivalente: tensioni e correnti di fase indotte nei singoli avvolgimenti U, V, W	90° 	300° 	90° 	300°
U_G / I_G	1,5 V / 1 A	1,72 V / 0,86 A	1 V / 1,5 A	0,86 V / 1,72 A

Generazione di tensione con rotore a poli artigliati

Al posto di un magnete con un polo nord e uno sud, si utilizza un rotore a poli artigliati con 6 poli nord e 6 poli sud (fig. 2, pag. 624). La disposizione fisica degli avvolgimenti statorici è adattata a questa configurazione.

A ogni rotazione del rotore si creano, pertanto, anziché 6 semionde (2 poli x 3 fasi), 36 semionde (12 poli x 3 fasi) (fig. 1).

Il maggior numero di poli comporta, a valle del raddrizzamento, una tensione di uscita con ondulazione residua inferiore, che può essere ulteriormente livellata con un condensatore collegato in parallelo al circuito del raddrizzatore.

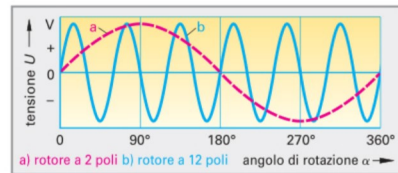


Figura 1: Tensione indotta di un avvolgimento

La tensione di fase (U_p) e, quindi, la tensione di uscita (U_G) dell'alternatore è determinata da 3 fattori:

- regime di rotazione del campo magnetico;
- intensità del campo magnetico;
- numero di spire della bobina.

Configurazione dei diodi. I diodi sono posizionati su un'apposita piastra. Si utilizzano diodi al silicio, che a partire dalla tensione di soglia fanno passare la corrente in una direzione. Se i diodi sono polarizzati nel senso di conduzione, in ciascuno di essi si crea una caduta di tensione di circa 0,7 V. Il calore dissipato che si genera viene asportato per mezzo di apposite piastre di raffreddamento.

Bloccaggio della corrente inversa. La corrente può passare soltanto dall'alternatore alla batteria e non viceversa. I diodi positivi impediscono un eventuale flusso di corrente inverso, prevenendo, quindi, la scarica della batteria. Ciò accadrebbe se la tensione dell'alternatore fosse minore di quella della batteria o a motore spento.

Protezione contro le sovratensioni. Negli alternatori odierni, come diodi di potenza si utilizzano diodi Z. Essi, infatti, limitano gli eventuali picchi di tensione carichi di energia che possono generarsi, per esempio, in seguito a guasto del regolatore, distacco di correnti indotte o interruzione della linea. Essi rappresentano, pertanto, una protezione centrale contro le sovratensioni per il raddrizzatore stesso e l'intera rete di bordo. Contrariamente alla loro logica, i diodi Z sono montati nel senso di conduzione (fig. 4, pag. 628).

Regolazione della tensione

Mediante un regolatore, la tensione dell'alternatore viene mantenuta al livello necessario a tutti i regimi e livelli di carico del motore.

Gli utilizzatori elettrici non devono essere esposti a oscillazioni di tensione eccessive. Il regolatore è tarato in modo tale da mantenere la tensione dell'alternatore su circa 14V costanti negli impianti a 12 V e su un valore di circa 28 V su impianti a 24 V. La tensione dell'alternatore è regolata appena sotto la tensione di gassificazione della batteria di avviamento, ciò per garantire una carica sufficiente evitando di sovraccaricare e, quindi, danneggiare la batteria.

Procedura di regolazione. Il valore della tensione indotta nell'alternatore dipende dal regime di rotazione e dall'intensità del campo magnetico del rotore, ossia dalla corrente di eccitazione I_E . Il regime di rotazione dell'alternatore cambia continuamente a causa delle diverse condizioni di marcia. Per tale motivo, la regolazione della tensione può avvenire soltanto attraverso la modifica del campo e/o della corrente di eccitazione. Il valore della corrente di eccitazione necessaria dipende dal quantitativo di utilizzatori inseriti e dal numero di giri dell'alternatore (fig. 2).

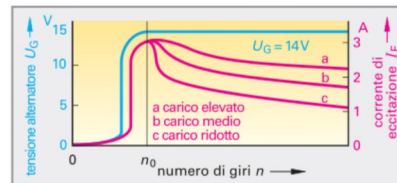


Figura 2: Corrente di eccitazione I_E in diverse condizioni di carico

Con un continuo inserimento e disinserimento (tempo di inserimento t_E , tempo di disinserimento t_A) il regolatore modifica il valore della corrente di eccitazione media I_E . Di conseguenza, il campo di eccitazione si intensifica o si indebolisce e, quindi, si modifica la tensione indotta (fig. 3).

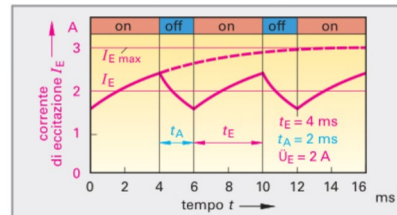


Figura 3: Corrente di eccitazione I_E in relazione a t_E/t_A

Circuito elettrico interno e circuiti elettrici (fig. 1)

Dell'alternatore trifase si distinguono tre circuiti elettrici: circuito di pre-eccitazione, circuito di eccitazione e circuito di carica.

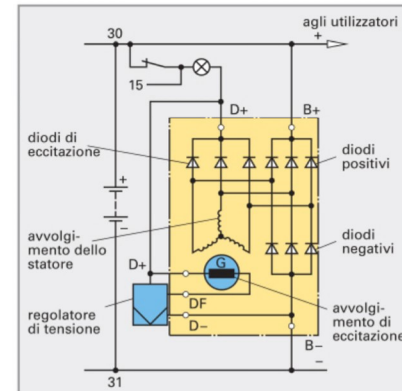


Figura 1: Circuito elettrico interno

Circuito di pre-eccitazione (fig. 2a). Il circuito di eccitazione comporta due diodi e, pertanto, l'auto-eccitazione può effettuarsi solo se la tensione prodotta supera il valore di soglia ($2 \times 0,7V = 1,4V$) dei diodi di eccitazione e di potenza negativi. Il magnetismo residuo del rotore produce questa tensione unicamente ad alti regimi di rotazione; per questo motivo è indispensabile pre-eccitare l'alternatore durante l'avviamento.

A tale scopo si utilizza una spia di controllo collegata al D+ e alimentata dalla batteria attraverso l'interruttore di accensione.

Percorso del circuito di pre-eccitazione: batteria di avviamento +/30 -> interruttore di avviamento -> spia di controllo -> D+ -> avvolgimento di eccitazione -> regolatore DF -> massa D-/B- -> batteria di avviamento -/31.

Qualora la spia dell'alternatore sia difettosa, non si verifica alcuna pre-eccitazione dal momento che il circuito è interrotto.

Circuito di eccitazione (fig. 2b). Parte della corrente generata dall'alternatore trifase passa per i diodi di eccitazione e il regolatore di tensione e raggiunge l'avvolgimento di eccitazione al fine di creare il campo magnetico necessario per l'induzione.

Dato che la corrente di eccitazione è prelevata dallo statore, deve essere raddrizzata. Per questo sono necessari tre diodi di eccitazione supplementari (diodi di eccitazione).

Percorso della corrente di eccitazione: avvolgimento dello statore -> diodi di eccitazione -> morsetto D+ -> avvolgimento di eccitazione -> regolatore DF -> regolatore D- -> diodi negativi -> avvolgimento dello statore.

Circuito di carica (circuito principale, fig. 2c). Fornisce energia elettrica alla rete di bordo.

Percorso: avvolgimento dello statore -> diodi positivi -> morsetto B+ -> batteria/utilizzatori -> massa B- -> diodi negativi -> avvolgimento dello statore.

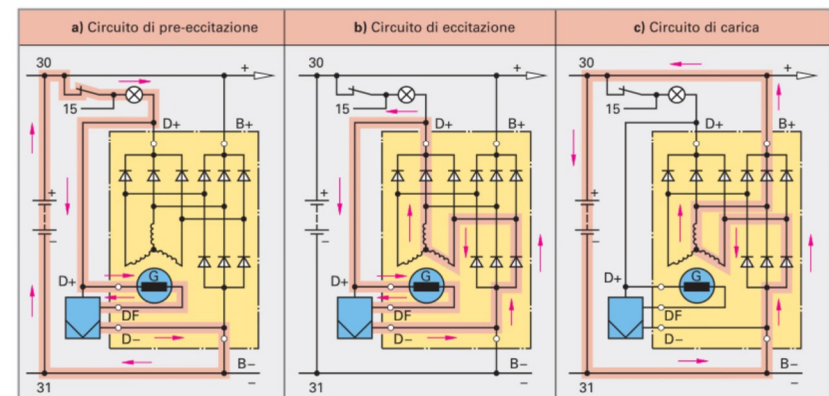


Figura 2: Circuito di pre-eccitazione, eccitazione e carica

Tipi di regolatori di tensione

Regolatore ibrido (regolatore di tensione a transistor)

Caratteristiche

- Tutti i circuiti integrati in contenitore incapsulato.
- In genere, montato direttamente sull'alternatore.
- Tensione di carica dipendente dalla temperatura. All'aumentare della temperatura, diminuisce la tensione nominale dell'alternatore.
- La corrente di eccitazione è commutata su on e off in funzione della tensione nominale dell'alternatore.
- Regolatore comandato sull'uscita positiva o negativa.

Funzionamento

Commutazione "on" (fig. 1). Se il valore effettivo della tensione dell'alternatore non ha ancora raggiunto il suo valore nominale, per esempio 14,2V, il diodo Z blocca il transistor T2. In tal modo, la base B di T1 è superiore alla resistenza R₃ a D+.

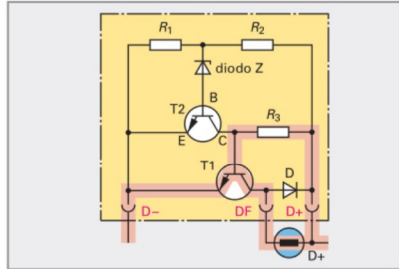


Figura 1: Commutazione "on" del regolatore

Il transistor T1 si attiva. La corrente di eccitazione passa attraverso l'emettitore E e il collettore C all'avvolgimento di campo.

Commutazione "off" (fig. 2). Se la tensione dell'alternatore supera il valore nominale prescritto, il diodo Z conduce in senso inverso e la base B del transistor T2 diventa positiva. T2 si attiva e la base B di T1 riceve una tensione negativa. T1 blocca la corrente di eccitazione.

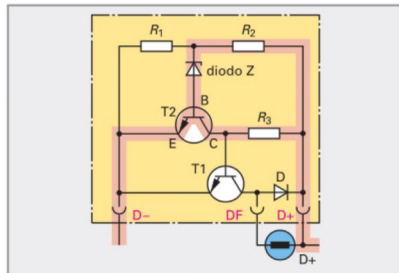


Figura 2: Commutazione "off" del regolatore

Regolatore multifunzione (MFR)

Caratteristiche

- Tutte le funzioni sono integrate in un chip (regolatore monolitico).
- La corrente di eccitazione viene prelevata direttamente dal morsetto B+ (non ci sono diodi di eccitazione).
- La tensione di carica dipende dalla temperatura.
- Protezione da sovraccarico e cortocircuito.
- Controllo del grado di utilizzo.
- Diagnosi dei guasti.
- Pre-eccitazione controllata.
- Monitoraggio della batteria.
- Supporto della gestione del motore.

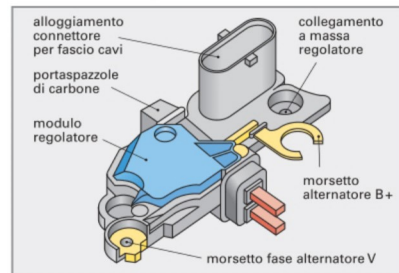


Figura 3: Struttura del MFR

Struttura (fig. 3)

Uscite sul MFR (fig. 1, pag. 629)

- **Uscita Dynamo-Field-Monitor (DFM) (nello schema elettrico di colore azzurro).**

Da essa la centralina di bordo preleva il segnale PWM della corrente di eccitazione (fig. 4). Il tempo di inserimento della corrente di eccitazione aumenta a mano a mano che cresce la corrente necessaria all'alternatore. Nella fig. 4a la corrente di eccitazione è inserita per breve tempo, dal momento che l'alternatore è poco sollecitato. Nella fig. 4b il tempo di inserimento è maggiore poiché l'alternatore è sotto carico a seguito di numerosi utilizzatori inseriti.

Utilizzo del segnale. Dal rapporto tra il tempo di inserimento e disinserimento si ricava il grado di utilizzazione dell'alternatore. In caso di forte utilizzo è possibile, per esempio, aumentare il regime di minimo del motore o staccare alcuni utilizzatori.

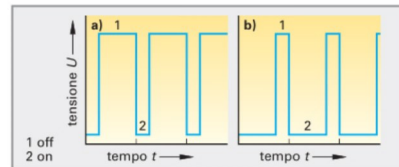


Figura 4: Tempo di inserimento e disinserimento della corrente di eccitazione

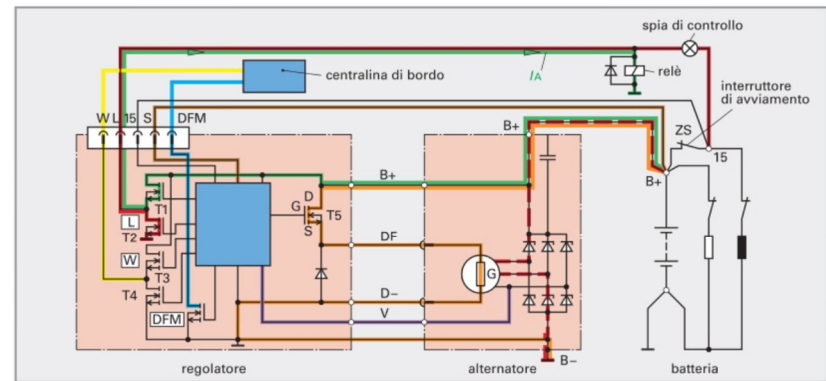


Figura 1: Circuito dell'alternatore con MFR

Pre-eccitazione controllata (nello schema elettrico di colore arancione). Viene effettuata dal regolatore dopo l'avviamento. Una volta premuto l'interruttore di accensione e messo in rotazione l'alternatore, la centralina del regolatore inizia ad attivare la corrente di pre-eccitazione tramite il transistor T5. In base a un segnale PWM, il rapporto ciclico viene selezionato in modo tale che l'alternatore inizi l'autoeccitazione a regimi di rotazione molto bassi.

- **Uscita L Comando spia e relè**

Tensione d'uscita + (nello schema elettrico di colore verde). Se l'alternatore è perfettamente funzionante, il morsetto L fornisce una tensione d'uscita con cui è possibile attivare, tramite un relè, altri utilizzatori.

Anomalie di funzionamento dell'alternatore (nello schema elettrico di colore rosso). Durante l'intero funzionamento dell'alternatore, il regolatore ha il compito di analizzare i segnali e individuare eventuali anomalie. Si distingue tra anomalie dell'alternatore, del regolatore e della rete di bordo. In caso di anomalia, tramite il transistor T2 l'uscita L viene collegata a massa e la spia si illumina, a seguito della differenza di potenziale. Il relè si apre essendo massa su entrambi i lati. Gli utilizzatori vengono disattivati.

- **Uscita Sense (S) (nello schema elettrico di colore marrone)**

La tensione di carica viene misurata direttamente sulla batteria, il che consente di rilevare la caduta di tensione nel cavo positivo. La tensione di carica della batteria risulta in tal modo ottimizzata.

- **Uscita W (nello schema elettrico di colore giallo)**

Da questo morsetto si può, per esempio, prelevare il segnale del numero di giri dell'alternatore mediante il quale si controlla la corrente di pre-ec-

citazione. Il confronto con il regime del motore consente di determinare un eventuale slittamento della cinghia.

- **Uscita V (nello schema elettrico di colore viola)**

Tramite questa uscita, il regolatore riconosce, attraverso la **tensione di fase**, se l'alternatore gira, il che gli consente di individuare una cinghia servizi difettosa.

Procedura di carica. L'avvolgimento di campo viene eccitato dal transistor T5, controllato dal regolatore (linea arancione). La tensione alternata generata nell'avvolgimento dello statore viene raddrizzata tramite il circuito del raddrizzatore (nello schema elettrico, la linea tratteggiata di colore rosso).

Supporto della gestione del motore

Load-Response-Start. Durante la procedura di avviamento, il carico dell'alternatore viene ritardato, cosicché la partenza del motore non venga ostacolata dal momento frenante dell'alternatore (fig. 2a).

Load-Response-Function. Se durante la marcia viene acceso un utilizzatore a elevato assorbimento, per esempio il riscaldamento del lunotto posteriore, la coppia resistente dell'alternatore aumenterebbe repentinamente. Per evitare questo effetto, il carico è incrementato gradualmente (fig. 2b).

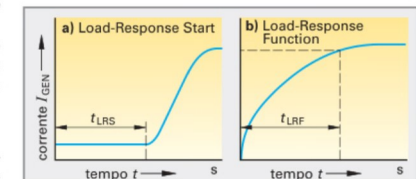


Figura 2: LRS e LRF

Identificazione degli alternatori

Sulla targhetta (fig. 1) sono indicati i seguenti dati tecnici:

- modello, per esempio C per alternatore compatto;
- senso di rotazione, per esempio destra;
- tensione dell'alternatore, per esempio 14 V;
- corrente al regime di minimo del motore, per esempio 70 A;
- corrente nominale al regime nominale dell'alternatore (6.000 giri/min), per esempio 140 A.



Figura 1: Targhetta dell'alternatore

Alternatori con rotore a elemento conduttore

Questo alternatore è provvisto di un avvolgimento di eccitazione fisso, non ha spazzole né anelli collettori. Non è soggetto a usura.

Tali alternatori sono provvisti di un rotore fisso con elemento conduttore contenente l'avvolgimento di eccitazione.

Quest'ultimo costituisce, insieme alla carcassa con il pacco statorico, alle piastre di raffreddamento con i diodi di potenza e al regolatore con transistor integrato, la parte fissa dell'alternatore. La parte rotante si compone unicamente del rotore con ruota polare ed elemento conduttore. Non vi sono pertanto anelli striscianti né spazzole. La corrente di eccitazione giunge tramite morsetti fissi.

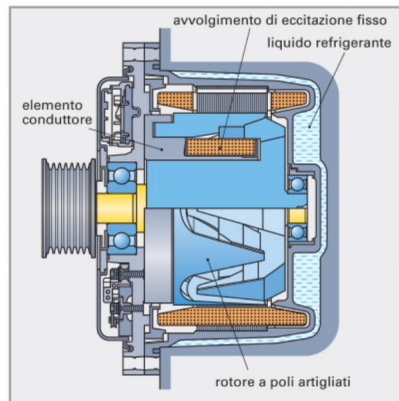


Figura 2: Alternatore raffreddato a liquido con elemento conduttore

Alternatore con elemento conduttore e raffreddamento a liquido

In questo alternatore il calore viene dissipato tramite il liquido refrigerante del motore.

L'alternatore è circondato da liquido refrigerante, tramite il quale viene dissipato il calore prodotto dall'elevata erogazione di corrente, pari fino a 200 A. Il liquido assorbe, inoltre, il rumore prodotto dall'alternatore.

Alternatore con avvolgimento a pacco piatto

Questo alternatore può avere una tensione nominale di 14, 28 o 42 V, con una potenza massima erogata di 4 kW.

In questa configurazione, lo statore è costruito in piatto (flat pack), intrecciato con i conduttori statorici di rame e successivamente chiuso ad anello (fig. 3). Il numero di cave munite di fili di avvolgimento aumenta da 36 a 48, il che incrementa il numero di fili di rame nell'avvolgimento statorico. La tensione alternata indotta cresce.

Ciò consente:

- maggiore potenza;
- regime di rotazione minore;
- minor rumore (più silenzioso);
- minore ingombro;
- maggiore rendimento.

L'alternatore è provvisto di un regolatore multifunzione e di un raddrizzatore con collegamento a triangolo.



Figura 3: Alternatore con avvolgimento flat pack

Varianti di collegamento

A seconda delle esigenze, il raddrizzatore può presentare diverse modalità di collegamento:

- diodi di potenza doppi, collegati in parallelo in caso di elevata erogazione di potenza;
- diodi supplementari al centro stella, al fine di recuperare circa il 10% di potenza a regimi elevati.

Reti di bordo

Reti di bordo a una batteria. Provvista di un alternatore e una batteria, è comune nella maggior parte delle autovetture.

Reti di bordo a due batterie. I veicoli con elevato fabbisogno energetico possono essere muniti di serie di reti di bordo a 2 batterie. I consumi elevati sono dovuti alla gestione del veicolo in marcia, ai sistemi di sicurezza, all'elettronica di comfort e ai sistemi di infotainment. Per garantire un avviamento a freddo sicuro, il compito di accendere il veicolo è affidato a una batteria di avviamento separata. La batteria della rete di bordo, invece, alimenta tutti i consumatori elettrici. Una centralina di gestione delle batterie monitora e regola lo stato di carica ottimale delle medesime.

In fase di avviamento a freddo o di batteria di avviamento poco carica, tramite un relè ad alto carico è possibile effettuare anche un collegamento in parallelo delle batterie, in modo tale da incrementare la potenza di avvio.

Una seconda batteria può essere eventualmente aggiunta anche a posteriori per l'alimentazione degli utilizzatori. In tal caso, dev'essere collegata in parallelo alla prima. Per evitare correnti di compensazione tra le due batterie, occorre interporre un relè disgiuntore (fig. 1). Le batterie dovrebbero

avere la medesima capacità nominale. Se la batteria di alimentazione viene montata nell'abitacolo, si consiglia di utilizzare un modello con elettrolito legato (tecnologia a gel o AGM).

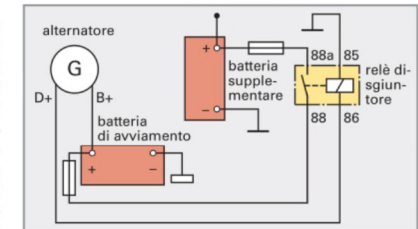


Figura 1: Batterie con relè disgiuntore

Reti di bordo a doppia tensione. È costituita da due reti di tensione separate a 42 e 14 V. L'alternatore alimenta direttamente le utenze a 42 V, mentre la rete a 14 V viene alimentata tramite un convertitore DC-DC. L'elettronica di gestione regola il bilancio energetico complessivo e comanda le rispettive funzioni.

L'alimentazione a 42 V consente anche il funzionamento di un generatore di avviamento integrato (ISG, ISAD), che funge contemporaneamente da generatore e da motorino di avviamento.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Controllo dell'alternatore tramite osservazione della spia luminosa.

Guasto	Causa del guasto	Interventi
La spia luminosa dell'alternatore non si accende a motore fermo con quadro inserito	spia luminosa bruciata	sostituire la spia luminosa
	batteria scarica	caricare la batteria
	batteria guasta	sostituire la batteria
	cavi allentati o guasti	sostituire i cavi
	regolatore guasto	sostituire il regolatore
	cortocircuito di un diodo positivo	scollare il cavo positivo, riparare l'alternatore
	carboncini usurati	sostituire i carboncini
La spia luminosa rimane accesa con la medesima intensità a numeri di giri elevati	strato di ossido sugli anelli collettori, interruz. dell'avvolgimento del rotore	riparare l'alternatore
	cavo D+/61 è collegato a massa	sostituire il cavo
	regolatore guasto	sostituire il regolatore
	diodi guasti, anelli collettori imbrattati, collegamento a massa nel cavo DF o nell'avvolgimento del rotore	riparare l'alternatore, sostituire il cavo DF
A motore fermo e quadro inserito, la spia è illuminata in modo normale, a motore in moto rimane leggermente illuminata	resistenze di contatto nel circuito di carica o nel cavo che conduce alla spia	sostituire i cavi, pulire e serrare i collegamenti
	regolatore guasto	sostituire il regolatore
	alternatore guasto	riparare l'alternatore

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Ricerca guasti con l'oscilloscopio

Osservando la forma delle curve di tensione, si può analizzare lo stato dell'alternatore e in particolare modo il funzionamento dei diodi (fig. 1).

A fini dell'analisi, si rappresenta con l'oscilloscopio la tensione al morsetto D+/61.

L'alternatore ha un carico di circa 15 A e il motore viene mantenuto a un regime di circa 2500 giri/min.

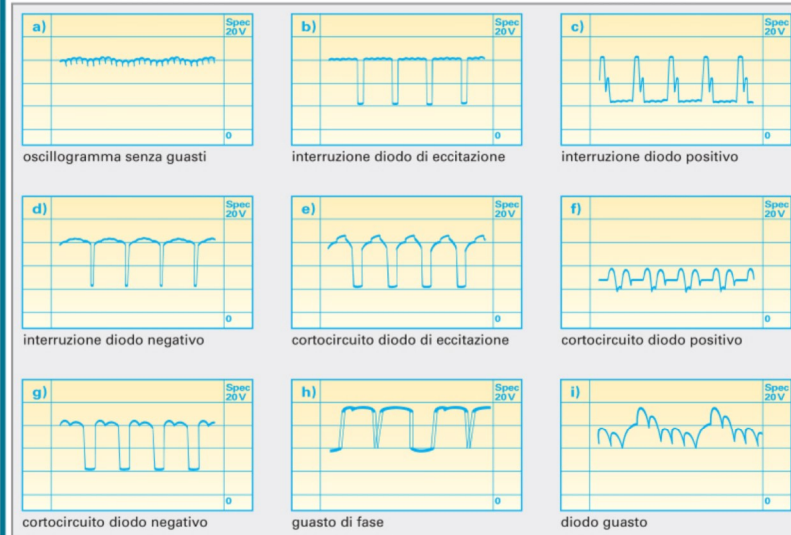


Figura 1: Oscillogramma di un alternatore trifase

Misurazioni con il multimetro. La tensione dell'alternatore viene misurata direttamente ai morsetti B+ e D-.

Tensione di regolazione

- Avviare il motore.
- Far girare il motore tra 3500 e 4000 giri/min.
- Leggere i valori di controllo.
- A seconda del tipo di alternatore e della temperatura, i valori devono essere compresi tra 13,7 e 14,7 V.

Tensione dell'alternatore sotto carico

- Avviare il motore.
- Far girare il motore tra 1800 e 2200 giri/min.

- Accendere possibilmente tutti gli utilizzatori.
- I valori della tensione non devono scendere al di sotto di 13,0 - 13,5 V a seconda del tipo di alternatore e della temperatura.

Corrente di riposo

- Spegner il motore.
- Collegare l'amperometro tra il polo negativo della batteria e il cavetto di massa.
- Dalla batteria all'alternatore deve passare una quantità ridotta di corrente, non superiore a circa 60 mA a seconda del tipo di veicolo.
- Se si supera tale valore, si è in presenza di un'anomalia.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Qual è la struttura di un alternatore?
- 2 Come funziona un alternatore?
- 3 Quale compito aggiuntivo ha il diodo positivo?
- 4 Come avviene il raddrizzamento della corrente?
- 5 In che cosa si differenziano il collegamento a stella e il collegamento a triangolo?
- 6 Da che cosa dipende la tensione d'uscita dell'alternatore?
- 7 Come viene regolata la tensione negli alternatori?
- 8 Quali funzioni sono possibili con un regolatore multifunzione?
- 9 A che cosa bisogna prestare attenzione in caso di installazione di una batteria di alimentazione ausiliaria?

19.2.11 Gestione della rete di bordo

La gestione della rete di bordo mira a garantire l'alimentazione energetica di tutti gli utilizzatori in funzione delle necessità e della situazione

L'affidabilità dell'alimentazione elettrica è fondamentale per garantire la disponibilità delle rispettive funzioni elettriche e la capacità di avviamento del veicolo.

Componenti. Per la gestione della rete di bordo, occorrono i seguenti componenti.

- **Centralina.** La gestione della rete di bordo è una funzione integrata sotto forma di modulo in una centralina. Essa serve a monitorare il livello di carica della batteria di avviamento e a comandare le diverse funzioni, per esempio regolare lo spegnimento dei vari utilizzatori, l'alternatore e il motore (fig. 1).

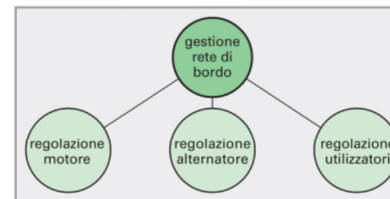


Figura 1: Gestione della rete di bordo

- **Alternatore con regolatore multifunzione.** Il regolatore multifunzione (MFR) serve a rilevare la modalità di funzionamento dell'alternatore e a trasmettere i dati di esercizio (tensione, carico, temperatura, ecc.) a una centralina (centralina motore). Esso regola il livello di tensione dell'alternatore in funzione di quanto richiesto dalla gestione della rete di bordo. Nei veicoli di nuova generazione, si utilizza il sistema LIN-BUS per far comunicare l'alternatore e la centralina con un sistema di gestione di bordo integrato.

- **Batteria di avviamento con sensore.** Il sensore della batteria serve a rilevare i dati reali della batteria (corrente, tensione, temperatura e resistenza interna). Esso è in genere montato sul morsetto polare del cavo negativo.

La centralina di bordo ricopre in genere ulteriori mansioni. È in grado, infatti, di svolgere le funzioni sinora attivate mediante interruttore e relè, come l'accensione dei fari (fendinebbia) o le funzioni di commutazione (commutazione a relè per impianto lavafari).

Elaborazione dei segnali. Dall'alternatore la centralina riceve, per esempio, l'informazione modulata a larghezza di impulso (PWM) circa il suo grado di utilizzo (segnale DFM). Tramite il CAN-bus della trazione e il gateway del quadro strumenti, tale informazione passa al CAN-bus comfort. Confrontando il segnale DFM con la tensione della rete di bordo, la centralina di bordo valuta lo stato della rete di bordo (fig. 2).

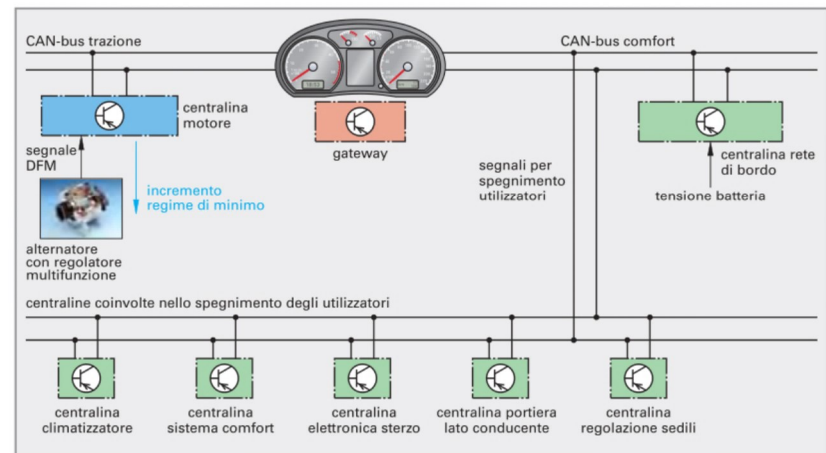


Figura 2: Gestione della rete di bordo

Stati della rete di bordo. La gestione della rete di bordo definisce una serie di stati in funzione dei diversi dati reali della batteria (tensione, temperatura della batteria, bilancio energetico, invecchiamento della batteria).

A seconda dello stato, la centralina di bordo dispone di varie possibilità di intervento, come regolare la tensione dell'alternatore, incrementare il regime del minimo o disattivare le utenze comfort, per stabilizzare la tensione della rete di bordo e il livello di carica della batteria. L'esempio che segue illustra il principio di funzionamento di una centralina di bordo.

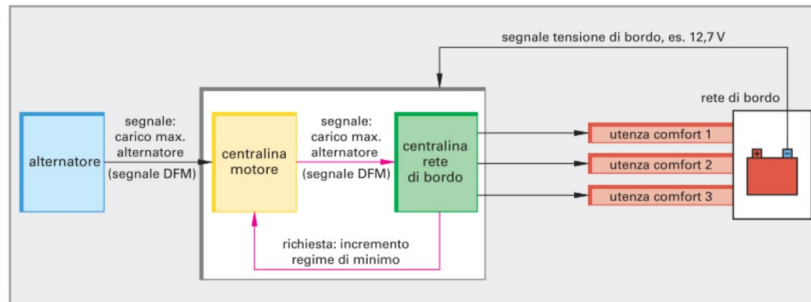


Figura 1: Circuito di regolazione in caso di livello critico

Raggiunto livello molto critico (fig. 2)

La tensione della rete di bordo è inferiore ai 12,2 V per un determinato lasso di tempo.

Misura: le utenze comfort vengono disattivate per priorità dalla centralina di bordo o se ne riduce l'assorbimento di potenza (riscaldatori PTC del climatizzatore, riscaldamento sedili, riscaldamento specchietti, riscaldamento volante, ecc.). Se un utilizzatore non è acceso, viene saltato e si disattiva quello successivo.

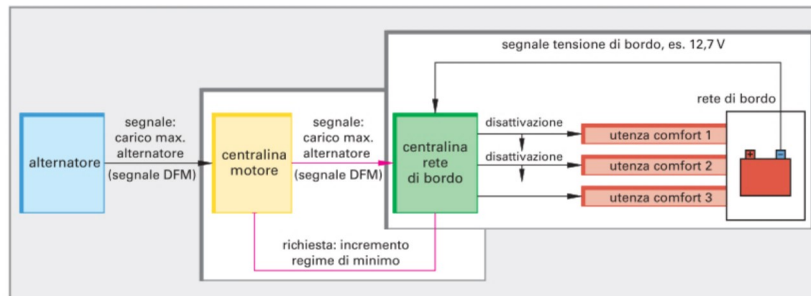


Figura 2: Circuito di regolazione in caso di livello molto critico

Raggiunto livello critico (fig. 1)

La batteria della rete di bordo è scesa sotto i 12,7 V per oltre 10 sec.

Misura: incrementare il regime del minimo. Il segnale relativo alla richiesta di incrementare il regime è inviato dalla centralina di bordo alla centralina motore tramite il CAN-bus comfort, il gateway e il CAN-bus trazione.

Valutazione: se la tensione della rete di bordo rimane superiore ai 12,7 V per oltre 2 secondi, l'incremento del regime di minimo viene resettato.

Valutazione: se lo stato della rete di bordo permane molto critico anche dopo lo spegnimento delle utenze comfort, si procede a un secondo incremento del regime del minimo.

Qualora anch'esso non porti ad alcun miglioramento, anche l'impianto di climatizzazione viene spento.

19.2.12 Motori elettrici

Negli autoveicoli i motori a corrente continua sono utilizzati come motorini di avviamento e come azionamenti ausiliari di ventilatori, tergicristalli o dispositivi di regolazione dei sedili.

Se uno o più dispositivi sull'autoveicolo devono essere regolati per segmenti o gradi d'angolo ben definiti, per esempio la regolazione della distanza di illuminazione, si possono utilizzare motori passo-passo. Nell'ambito dei veicoli azionati elettricamente, in alternativa ai motori a corrente continua si utilizzano motori asincroni trifase e motori sincroni.

19.2.12.1 Motori a corrente continua

Funzionamento. Il principio di funzionamento di un motore a corrente continua si basa sul fatto che, quando in un conduttore circola una corrente e lo si pone in un campo magnetico, esso subisce l'azione di una forza. Questa forza dipende:

- dall'intensità della corrente elettrica nel conduttore;
- dall'intensità del campo magnetico (densità magnetica di flusso);
- dalla lunghezza efficace del conduttore (numero di spire).

Nel motore a corrente continua si trova una bobina capace di girare sul suo asse; essa è posta all'interno e sottoposta al flusso di un campo magnetico (fig. 1). Se alla bobina viene applicata una tensione, in essa circola una corrente; il flusso di corrente nella bobina genera un campo magnetico (campo della bobina), che è perpendicolare alle superfici delle spire (fig. 2).

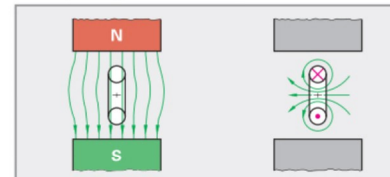


Figura 1: Campo polare

Figura 2: Campo della bobina

Il campo magnetico polare (campo principale) e il campo magnetico della bobina (campo dell'indotto) formano il campo magnetico risultante. A seconda della direzione della corrente che circola nella bobina verrà stabilita la rotazione della bobina stessa (destra o sinistra) (fig. 3). La bobina ruota fino a quando il campo magnetico della bobina non ha la stessa direzione del campo magnetico polare, dopodiché si ferma nella zona cosiddetta neutra del campo magnetico polare.

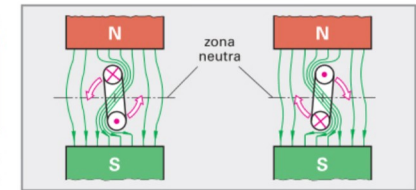


Figura 3: Campo risultante e movimento rotatorio

Inversione di corrente (commutazione). Per ottenere un movimento rotatorio continuo, è necessario cambiare la direzione della corrente nella bobina dell'indotto, quando si trova nella zona neutra. L'inversione della direzione della corrente è effettuata per mezzo di un collettore (commutatore), al quale sono collegate le estremità della bobina. In tal modo, la corrente nei lati della bobina che si trovano sotto un determinato polo ha sempre la stessa direzione (fig. 4). L'alimentazione di corrente è garantita da due spazzole di carbone fisse che formano un contatto strisciante con il collettore commutatore.

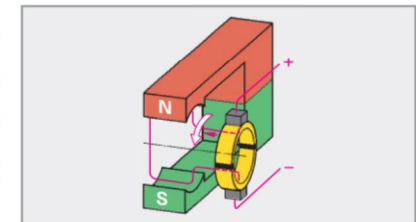


Figura 4: Collettore commutatore

L'indotto è generalmente provvisto di più bobine. In questo modo, lungo l'intero perimetro dell'indotto si genera una forza rotatoria e la coppia che ne consegue risulta, in fase di rotazione a 360°, più uniforme.

Anche nell'indotto con più bobine l'inversione della corrente avviene in modo tale che la corrente ai lati delle bobine, che si trovano sotto un certo polo, abbia sempre la stessa direzione (fig. 5).

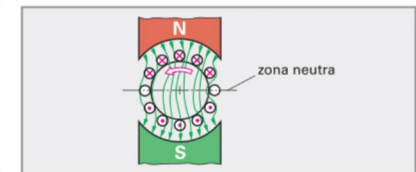


Figura 5: Indotto con più bobine

Classificazione dei motori a corrente continua.

I motori a corrente continua possono essere classificati secondo il tipo di eccitazione in:

- motori eccitati in parallelo;
- motori eccitati a magneti permanenti;
- motori eccitati in serie;
- motori a eccitazione compound (mista).

Ognuno di questi motori ha la sua specifica curva caratteristica di regime-coppia (fig. 1).

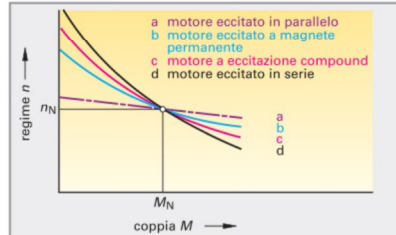


Figura 1: Curva caratteristica di regime-coppia

Motore eccitato in parallelo (fig. 2). L'avvolgimento del campo magnetico è parallelo all'indotto. È alimentato dalla tensione d'esercizio e genera un campo di eccitazione costante (campo magnetico polare). Ne risulta una bassa coppia di spunto e un ridotto aumento di rotazione in caso di scarico. Il motore eccitato in parallelo, quindi, non è molto idoneo all'utilizzo come motorino di avviamento (fig. 1a).

Motore eccitato a magneti permanenti (fig. 3). Il campo magnetico è generato da forti magneti permanenti. Ne risulta una curva caratteristica che si ritrova tra quella del motore eccitato in parallelo e quella del motore eccitato in serie (fig. 1b).

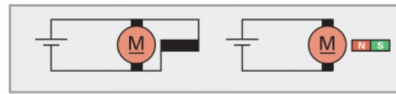


Figura 2: Motore eccitato in parallelo

Figura 3: Motore eccitato a magneti permanenti

Motore eccitato in serie (fig. 4). L'avvolgimento del campo magnetico e l'avvolgimento dell'indotto sono collegati in serie (uno dopo l'altro). Quando l'indotto è bloccato, la corrente che circola nell'indotto e la corrente che circola nell'avvolgimento di eccitazione è massima, quindi è molto elevata anche la coppia di spunto. All'aumentare del numero di giri, aumenta anche la tensione inversa nell'indotto, riducendo la corrente che circola nell'indotto e nel campo di eccitazione; di conseguenza, il campo magnetico diminuisce. La diminuzione del campo magnetico provoca un forte aumento di giri

dell'indotto in caso di riduzione del carico (fig. 1d). Tale curva caratteristica di regime-coppia è vantaggiosa per i motorini di avviamento, in quanto si raggiunge rapidamente il regime di avviamento.



Figura 4: Motore eccitato in serie

Motore a eccitazione compound (fig. 5). È composto da un avvolgimento in serie e da un avvolgimento in parallelo. Vista la complessità di fabbricazione, viene utilizzato esclusivamente per motorini di avviamento di grande potenza. L'avvolgimento in parallelo rafforza il campo magnetico dell'avvolgimento in serie durante l'avviamento e stabilizza il numero di giri dell'indotto quando il carico diminuisce (fig. 1c).

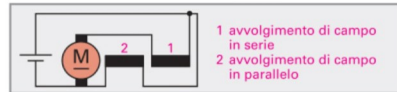


Figura 5: Motore a eccitazione compound

19.2.12.2 Motori passo-passo

Nel motore passo-passo, il rotore e, quindi, il suo albero, ruotano di un determinato angolo o passo. A seconda della costruzione del motore passo-passo, si possono effettuare piccoli passi d'angolo nell'ordine di 1,5° per volta.

Struttura. Il rotore di un motore passo-passo è un rotore dentato a magneti permanenti. I denti del rotore sono magnetizzati in senso assiale e si alternano continuamente tra polo nord e polo sud (fig. 6). Lo spazio che c'è tra dente e dente equivale a metà della larghezza del dente stesso.

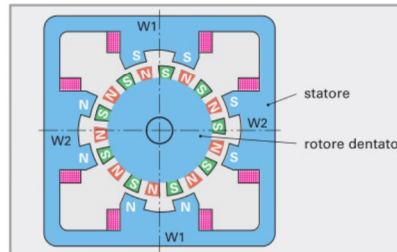


Figura 6: Motore passo-passo - costruzione

Nello statore dell'esempio di fig. 6, realizzato con lamierini di ferro dolce, si trovano due avvolgimenti di campo W1 e W2 (fasi).

Essi formano le due coppie di poli dello statore, dove il polo nord e il polo sud di ogni coppia di poli si trovano uno di fronte all'altro. Il passo dei denti dello statore corrisponde a quello del rotore.

Funzionamento. Il rotore ruota sempre in modo tale che, per esempio, un polo nord del rotore dentato si trovi di fronte a un polo sud dello statore (fig. 1a). L'inversione di polarità della corrente nell'avvolgimento W1 cambia la polarità della coppia di poli verticali (fig. 1b), mentre non cambia nella coppia orizzontale. Il rotore gira di mezzo passo.

La successiva inversione di polarità avviene nell'avvolgimento W2, che cambia la polarità nella coppia di poli orizzontali. Il rotore gira di un ulteriore mezzo passo (fig. 1c). Ad ogni ulteriore inversione di polarità, nella successione W1, W2, W1..., avviene una rotazione del rotore di mezzo passo per volta.

Con un'adeguata polarizzazione elettrica degli avvolgimenti statorici W1 e W2, si può realizzare un'inversione del senso di rotazione (fig. 1d).

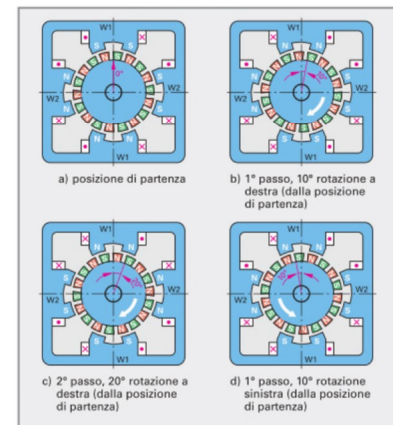


Figura 1: Motore passo-passo - principio di funzionamento

In base alle informazioni provenienti dai sensori, la centralina di comando elabora i dati e comanda il motore passo-passo, inviando le seguenti grandezze:

- numero di passi (corrisponde all'angolo di rotazione);
- senso di rotazione necessario;
- velocità di rotazione o spostamento.

Quando l'avvolgimento statorico è senza corrente, il rotore rimane fermo nella sua ultima posizione per l'effetto magnetico che si crea tra il rotore a magneti permanenti e lo statore (effetto riposo).

Il motore passo-passo può eseguire un numero illimitato di passi in entrambe le direzioni.

I motori passo-passo sono utilizzati per:

- la regolazione automatica della farfalla acceleratore;
- la regolazione degli sportelli (clappe) di miscelazione aria sugli impianti di climatizzazione;
- la regolazione elettrica degli specchietti retrovisori esterni;
- la regolazione dei sedili con memoria di posizione.

I motori passo-passo possono anche essere dotati di un ingranaggio a vite senza fine, la cui trasmissione viene demoltiplicata ($i > 1$). In tal modo, il rotore può eseguire un gran numero di passi per ogni processo di comando o di regolazione, mentre l'attuatore, per esempio la farfalla acceleratore, si sposta solamente per un piccolo angolo ben definito. Quando la successione degli impulsi è rapida, il motore passo-passo diventa un motore sincro, ossia il rotore gira seguendo il sincronismo di cambio polarità del campo magnetico.

19.2.12.3 Motori brushless

Questa tipologia di motore inverte il principio costruttivo del motore a commutazione meccanica. Nel motore brushless, infatti, gli avvolgimenti sono situati sullo statore e il rotore è provvisto di magneti permanenti tangenziali (fig. 2). Un dispositivo di commutazione elettronico alimenta le spire in funzione dell'angolo di rotazione, inducendone la rotazione del rotore.

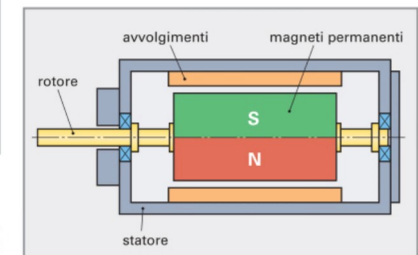


Figura 2: Motore brushless (principio)

Motore a rotore esterno. In esso gli avvolgimenti statorici fissi sono posizionati all'interno e vengono racchiusi dalla campana del rotore circostante.

Motore a rotore interno. In esso il rotore magnetico si trova all'interno del motore e lo statore circonda il rotore.

Commutazione elettronica. Nei motori brushless l'attivazione e la disattivazione dei singoli avvolgimenti avviene mediante un'elettronica di controllo. Quest'ultima riceve l'informazione circa la posizione del rotore da un apposito sensore, per esempio un trasduttore di Hall, e attiva o disattiva le rispettive spire statoriche (fig. 1). Il regime del motore dipende dalla frequenza di inversione del dispositivo di commutazione. I motori a corrente continua a commutazione elettronica sono provvisti in genere di tre o più avvolgimenti.

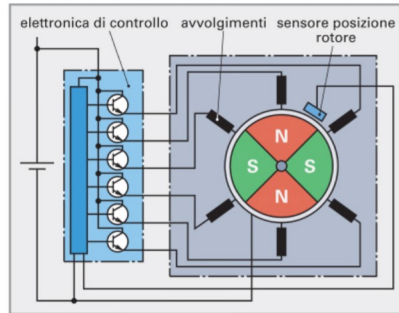


Figura 1: Commutazione elettronica (principio)

I vantaggi dei motori brushless rispetto ai motori a commutazione meccanica sono:

- regime di rotazione elevato, dal momento che esso dipende esclusivamente dal supporto e dalle forze centrifughe agenti sul fissaggio magnetico;
- regolazione del regime del motore tramite la misurazione del numero di giri da parte del sensore di posizione del motore;
- silenziosità, buona compatibilità elettromagnetica e nessuna necessità di manutenzione grazie all'assenza delle spazzole;
- possibilità di diagnosi dell'elettronica di controllo e della fluidità meccanica;
- struttura compatta e peso ridotto.

Utilizzo. I motori brushless vengono utilizzati a bordo del veicolo, per esempio, per la ventola di raffreddamento del motore e come motorini di ventilazione negli impianti di climatizzazione.

19.2.12.4 Motorini di avviamento

Per avviare i motori a combustione occorre una fonte di energia indipendente, necessaria per vincere l'inerzia e le resistenze di attrito e di compressione del motore.

Struttura del motorino di avviamento

Il motorino di avviamento (fig. 2), in genere, è costituito da:

- un motore elettrico;

- un elettromagnete;
- un gruppo d'innesto.

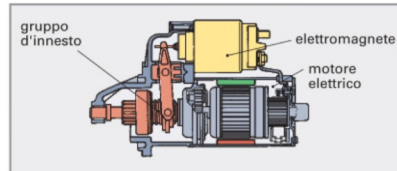


Figura 2: Componenti di un motorino di avviamento

Motore elettrico. La carcassa è costituita da un tubo in cui sono alloggiati le espansioni polari con gli avvolgimenti di eccitazione o i magneti permanenti. Essa serve, inoltre, a far sì che le linee di campo formino un circuito magnetico chiuso, per cui è realizzata in un acciaio a buona conduzione magnetica.

Nell'indotto sono alloggiati i relativi avvolgimenti. In seguito al continuo cambiamento di direzione della corrente nelle bobine dell'indotto, si crea un campo magnetico alternato che, all'interno di un nucleo di ferro massiccio, provocherebbe correnti parassite tali da poter surriscaldare l'indotto. Per tale motivo, è costituito da singoli lamierini isolati tra loro, nelle cui cave è disposto l'avvolgimento. Inoltre, l'indotto serve a concentrare le linee di forza del campo magnetico che vanno dal polo nord al polo sud. Per tale motivo, il traferro tra espansioni polari e indotto deve essere il più piccolo possibile.

Elettromagnete (fig. 3). È la combinazione tra un relè e un magnete d'innesto. Svolge i seguenti compiti:

- innestare il pignone nella corona dentata del motore;
- chiudere il ponte di contatto per l'inserimento della corrente principale nel motore elettrico.

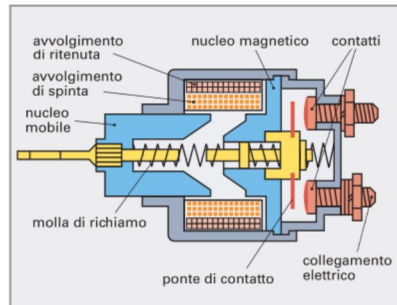


Figura 3: Elettromagnete

Commutazione elettronica. Nei motori brushless l'attivazione e la disattivazione dei singoli avvolgimenti avviene mediante un'elettronica di controllo. Quest'ultima riceve l'informazione circa la posizione del rotore da un apposito sensore, per esempio un trasduttore di Hall, e attiva o disattiva le rispettive spire statoriche (fig. 1). Il regime del motore dipende dalla frequenza di inversione del dispositivo di commutazione. I motori a corrente continua a commutazione elettronica sono provvisti in genere di tre o più avvolgimenti.

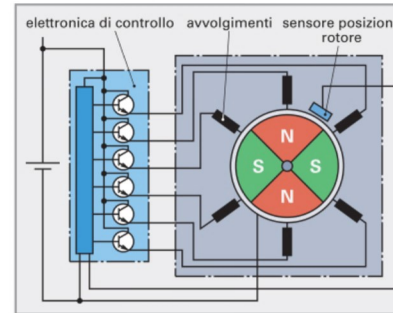


Figura 1: Commutazione elettronica (principio)

I vantaggi dei motori brushless rispetto ai motori a commutazione meccanica sono:

- regime di rotazione elevato, dal momento che esso dipende esclusivamente dal supporto e dalle forze centrifughe agenti sul fissaggio magnetico;
- regolazione del regime del motore tramite la misurazione del numero di giri da parte del sensore di posizione del rotore;
- silenziosità, buona compatibilità elettromagnetica e nessuna necessità di manutenzione grazie all'assenza delle spazzole;
- possibilità di diagnosi dell'elettronica di controllo e della fluidità meccanica;
- struttura compatta e peso ridotto.

Utilizzo. I motori brushless vengono utilizzati a bordo del veicolo, per esempio, per la ventola di raffreddamento del motore e come motorini di ventilazione negli impianti di climatizzazione.

19.2.12.4 Motorini di avviamento

Per avviare i motori a combustione occorre una fonte di energia indipendente, necessaria per vincere l'inerzia e le resistenze di attrito e di compressione del motore.

Struttura del motorino di avviamento

Il motorino di avviamento (fig. 2), in genere, è costituito da:

- un motore elettrico;

- un elettromagnete;
- un gruppo d'innesto.

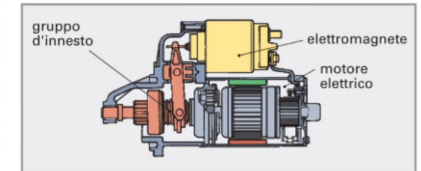


Figura 2: Componenti di un motorino di avviamento

Motore elettrico. La carcassa è costituita da un tubo in cui sono alloggiati le espansioni polari con gli avvolgimenti di eccitazione o i magneti permanenti. Essa serve, inoltre, a far sì che le linee di campo formino un circuito magnetico chiuso, per cui è realizzata in un acciaio a buona conduzione magnetica.

Nell'indotto sono alloggiati i relativi avvolgimenti. In seguito al continuo cambiamento di direzione della corrente nelle bobine dell'indotto, si crea un campo magnetico alternato che, all'interno di un nucleo di ferro massiccio, provocherebbe correnti parassite tali da poter surriscaldare l'indotto. Per tale motivo, è costituito da singoli lamierini isolati tra loro, nelle cui cave è disposto l'avvolgimento. Inoltre, l'indotto serve a concentrare le linee di forza del campo magnetico che vanno dal polo nord al polo sud. Per tale motivo, il traferro tra espansioni polari e indotto deve essere il più piccolo possibile.

Elettromagnete (fig. 3). È la combinazione tra un relè e un magnete d'innesto. Svolge i seguenti compiti:

- innestare il pignone nella corona dentata del motore;
- chiudere il ponte di contatto per l'inserimento della corrente principale nel motore elettrico.

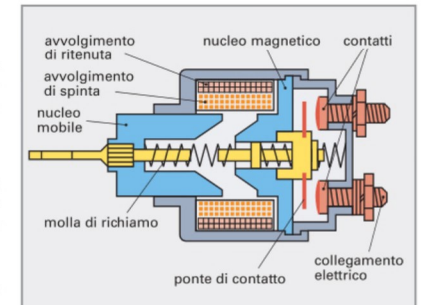


Figura 3: Elettromagnete

Gruppo di innesto (fig. 1). È costituito fondamentalmente da:

- un pignone per trasmettere la forza e la coppia alla corona;
- una ruota libera per proteggere l'indotto dai fuorigiri;
- una leva di innesto per traslare il pignone;
- una molla di innesto che permette l'inserimento del pignone anche in caso di impuntamento di dente su dente.

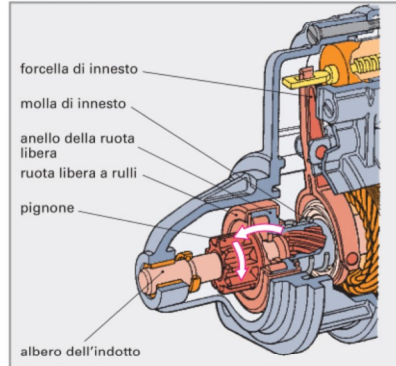


Figura 1: Gruppo di innesto

Durante l'avviamento, il pignone ingrana nella corona dentata che si trova sul volano. Il rapporto di trasmissione oscilla tra 10:1 e 15:1 e consente di incrementare la coppia agente sul volano. Il pignone è sottoposto a sollecitazioni meccaniche molto forti sia durante l'innesto sia durante il funzionamento. La ruota libera ha il compito, durante la fase di avviamento, di trasmettere la coppia motrice del motorino di avviamento al pignone.

Quando il motore si avvia, la ruota libera impedisce che il volano trascini in rotazione il pignone e quindi l'indotto.

In tal modo si impedisce che l'indotto del motorino raggiunga un regime di rotazione troppo elevato causandone la distruzione per centrifugazione. Si distinguono tra:

- **ruota libera a rulli**, è utilizzata su motorini di avviamento piccoli montati su automobili e veicoli industriali leggeri;
- **ruota libera a lamelle**, è utilizzata per motorini di avviamento più potenti montati su veicoli industriali.

La ruota libera a rulli si compone di un anello con rampe inclinate, dei rulli e delle molle a spirale (fig. 2). I rulli scivolano sull'albero del pignone. Le rampe inclinate dei rulli si restringono in una direzione.

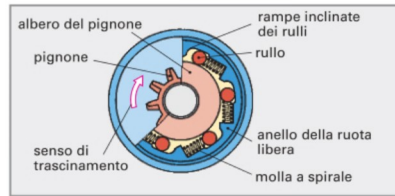


Figura 2: Ruota libera a rulli

Quando si trascina l'anello della ruota libera per mezzo del motorino di avviamento, i rulli vengono spinti verso la parte stretta delle rampe; l'albero del pignone è così bloccato e trascina la corona del motore. Dopo l'avviamento, i rulli sono spinti dal pignone, trascinato in quel momento dalla corona del volano motore, verso la parte larga delle rampe; l'accoppiamento si disinserisce.

Motorino di avviamento a innesto con pignone scorrevole comandato da un elettromagnete

In questo motorino, l'anello di trasciamento, accoppiato al pignone tramite una ruota libera a rulli, gira nello stesso tempo sul filetto a passo rapido dell'indotto (fig. 3). La leva azionata dall'elettromagnete spinge l'anello messo in rotazione dal filetto a passo rapido. Se il dente del pignone entra tra i denti della corona, il pignone si innesta subito. Se i denti si scontrano, la molla del pignone è compressa fino a che l'elettromagnete chiude il contatto 30-C; l'indotto gira e il pignone scivola contro la superficie frontale della corona e si innesta.

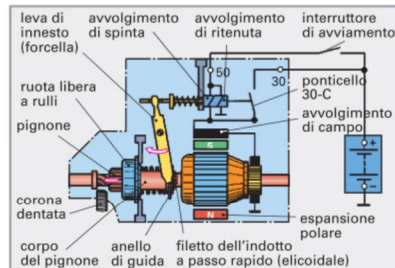


Figura 3: Motorino a innesto con pignone scorrevole ed elettromagnete

L'elettromagnete ha due avvolgimenti: uno di spinta e l'altro di ritenuta. Per l'inserimento, i due avvolgimenti lavorano in parallelo.

All'istante d'inserimento della corrente principale, l'avvolgimento di spinta viene cortocircuitato dal +30.

L'elettromagnete è mantenuto in posizione soltanto dall'avvolgimento di ritenuta (fig. 1, pag. 640).

Dopo l'avviamento del motore, il pignone si libera, grazie alla ruota libera a rulli, e resta innestato nella corona fintanto che non si rilascia l'interruttore di avviamento. Il pignone si disinnesta soltanto una volta che l'avvolgimento di ritenuta non è più sotto tensione, dal momento che la leva di innesto ritorna nella sua posizione iniziale.

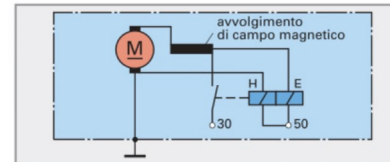


Figura 1: Circuito interno di un motorino a eccitazione di serie e pignone di innesto

Motorino di avviamento a calamite permanenti e treno epicicloidale

In questo tipo di motorino, l'avvolgimento di eccitazione è stato sostituito da magneti permanenti (fig. 2).

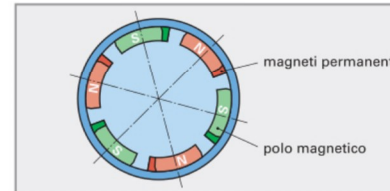


Figura 2: Carcassa con magneti permanenti

I magneti permanenti sono fissati in un tubo di spessore molto sottile, che contemporaneamente funge anche da carcassa per il motore elettrico. A parità di potenza, questo tipo di motorino è di circa il 20% più leggero e meno ingombrante di quello tradizionale. L'elettromagnete di innesto, il pignone e il funzionamento sono identici in entrambi i tipi di motorino. È diverso soltanto il circuito elettrico interno (fig. 3). Durante l'inserimento della corrente di avviamento, la corrente passa direttamente alle spazzole di carbone e all'indotto.

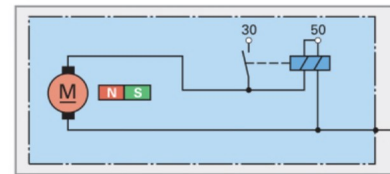


Figura 3: Circuito interno di un motorino con eccitazione a magneti permanente

Il motorino con eccitazione a magneti permanenti ha la medesima caratteristica del motore eccitato in parallelo.

Visto che la coppia di spunto nei motori eccitati in parallelo è relativamente bassa, il motorino è stato dotato di un treno epicicloidale che serve da riduttore.

Il processo di innesto e disinnesto è uguale a un motorino di avviamento tradizionale.

Il treno epicicloidale montato come riduttore tra il motore elettrico e il pignone ha il compito di ridurre l'elevato numero di giri del motore, aumentando contemporaneamente la coppia sul pignone (fig. 4).

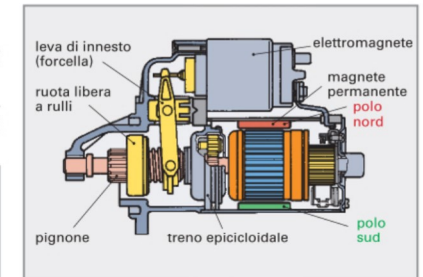


Figura 4: Motorino a calamite permanenti e treno epicicloidale

Il treno epicicloidale è costituito da corona, portasatelliti, satelliti e planetario (fig. 5).

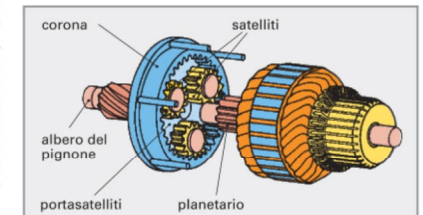


Figura 5: Indotto con rinvio planetario

La **corona** è fissa sulla carcassa ed è realizzata con materiale plastico.

I **satelliti** sono alloggiati sui portasatelliti, i quali sono collegati con l'albero porta pignone a filettatura passo rapido, dove si sposta il pignone.

Il **planetario** è montato sull'albero dell'indotto e costituisce la ruota motrice del treno epicicloidale.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Sugli autoveicoli con cambio manuale, è possibile effettuare un controllo di cortocircuito del motorino di avviamento. A tale proposito, si blocca l'indotto del motorino e si misura l'assorbimento di corrente di cortocircuito per mezzo di una pinza amperometrica. Il valore della corrente di cortocircuito dipende dalla capacità e dallo stato di carica della batteria, nonché dal valore di intensità assorbita dal motorino di avviamento.

Controllo di cortocircuito

- Inserire un amperometro e due voltmetri come indicato in **fig. 1**. Innestare la marcia più alta, tirare il freno a mano e schiacciare il pedale del freno.

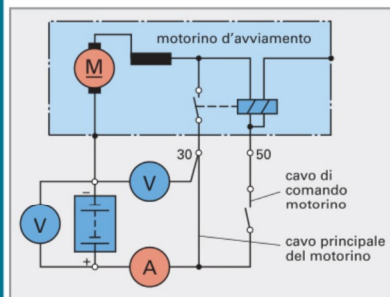


Figura 1: Circuito di controllo per un motorino di avviamento

- Azionare brevemente il motorino (max 5 s).
- In fase di avviamento, spegnere possibilmente tutte le altre utenze elettriche.
- Rilevare i valori della corrente di cortocircuito, la tensione ai morsetti della batteria e la tensione del motorino di avviamento.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono i componenti principali di un motore a corrente continua?
- 2 Come si suddividono i motori a corrente continua secondo il tipo di eccitazione?
- 3 Qual è la funzione del collettore (commutatore) nel motore a corrente continua?
- 4 Descrivete i compiti e il funzionamento di un motore passo-passo.
- 5 Com'è strutturato un motore brushless a corrente continua?

- La differenza tra la tensione rilevata sulla batteria di avviamento e la tensione rilevata sul motorino equivale alla caduta di tensione nel cavo principale del motorino. La caduta di tensione consentita non deve superare 0,25 V negli impianti a 6 V, 0,5 V negli impianti a 12 V e 1 V negli impianti a 24 V.
- La tensione rilevata ai morsetti della batteria durante la prova non deve essere inferiore a 3,5 V negli impianti a 6 V, a 7 V negli impianti a 12 V e a 14 V negli impianti a 24 V.

Diagnosi

- Allorché in presenza di un'adeguata tensione ai morsetti della batteria la corrente di cortocircuito fosse inferiore al valore indicato dal costruttore, significa che nel circuito vi sono ulteriori resistenze, quali un aumento della resistenza di contatto sul polo positivo, una riduzione della sezione utile del cavo principale del motorino o della linea a massa.
- Se il motorino non raggiunge la corrente di cortocircuito prescritta e le cadute di tensione sono nella norma, il motorino è guasto.
- Se il motorino non raggiunge la corrente di cortocircuito prescritta e se la tensione della batteria è inferiore al limite minimo consentito nonostante le cadute di tensione si muovano entro i limiti consentiti, il guasto può essere sia nel motorino sia nella batteria.

Indicazioni per la manutenzione

- La presenza di ossido sui morsetti della batteria, di morsetti di collegamento allentati, di contatti dell'interruttore bruciacchiati e di cavi danneggiati aumenta le resistenze di linea. Rimuovere gli strati di ossido, serrare i collegamenti e sostituire i componenti che presentano contatti fusi. Eventualmente, proteggere i morsetti dalla corrosione mediante l'applicazione di un grasso idoneo.

19.2.13 Impianti di accensione

L'impianto di accensione ha il compito di innescare la miscela aria-carburante al momento opportuno (punto di accensione) con sufficiente energia da garantire una combustione completa in ogni condizione di utilizzo.

Un'accurata gestione permette di raggiungere i seguenti obiettivi:

- coppie massime elevate;
- potenze massime;
- bassi consumi di carburante;
- valori di emissione ridotti.

19.2.13.1 Formazione della scintilla di accensione

La scintilla elettrica d'accensione può essere generata mediante un sistema di facile realizzazione (**fig. 1**). Una batteria (generatore) mette a disposizione l'energia necessaria alla formazione della scintilla. Quando il contatto d'accensione è inserito e il ruttore (contatti) è chiuso, l'energia elettrica viene immagazzinata negli avvolgimenti della bobina di accensione (trasformatore). Una volta aperto il ruttore di accensione, sui due elettrodi della candela scocca, per breve tempo, una scintilla. Negli autoveicoli, questa configurazione è stata realizzata sotto forma di un semplice impianto di accensione a bobina (**fig. 1**). Per i motori a più cilindri è stato aggiunto uno spinterogeno, avente il compito di distribuire l'energia d'accensione alle candele dei rispettivi cilindri alla fine della fase di compressione.

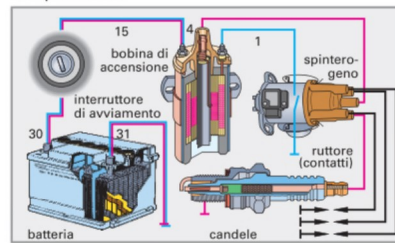


Figura 1: Struttura di un impianto di accensione a bobina convenzionale

Processi fisici alla base della formazione della scintilla

In tutti gli impianti di accensione a bobina, l'energia elettrica è accumulata sotto forma di campo magnetico quando nell'avvolgimento primario circola una corrente elettrica. Tale campo magnetico è rafforzato da un nucleo di ferro dolce.

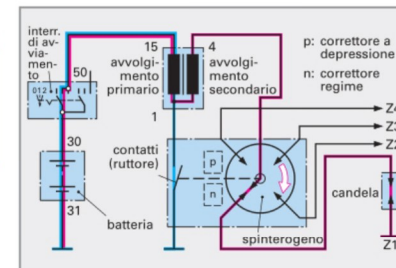


Figura 2: Schema elettrico di un impianto di accensione a bobina convenzionale

Processi nel circuito primario. Flusso di corrente nel circuito primario: massa – morsetto 31 – batteria – morsetto 30 – quadro – morsetto 15 – avvolgimento primario della bobina di accensione – morsetto 1 – contatti (ruttore) – morsetto 31 – massa (**fig. 2**).

Formazione del campo magnetico. All'istante della chiusura dei contatti, inizia a circolare una corrente nell'avvolgimento del circuito primario che ha come effetto la formazione di un campo magnetico. A seguito della variazione del campo magnetico, nell'avvolgimento primario si crea una tensione indotta che si oppone alla tensione della batteria (controtensione indotta). Questo fenomeno, che viene peraltro amplificato dalla presenza del nucleo di ferro nella bobina, ritarda la salita della corrente (ritardo di saturazione).

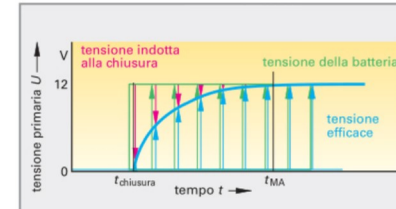


Figura 3: Tensione efficace nel circuito primario alla chiusura del circuito

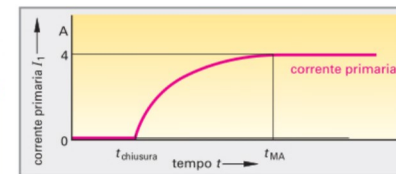


Figura 4: Andamento della corrente primaria alla chiusura del circuito

Se al punto t_{MA} la formazione del campo magnetico è conclusa e, quindi, la variazione di quest'ultimo è nulla, non si ha più alcuna tensione indotta. A questo punto, il flusso di corrente viene determinato soltanto dalla resistenza ohmica della bobina e dalla tensione applicata dalla batteria.

Esempio: $U = 12\text{ V}; R = 2\ \Omega; I = 6\text{ A}$.

Soppressione del campo magnetico. Aprendo l'interruttore di accensione al punto $t_{apertura}$, il flusso di corrente all'interno del circuito primario viene interrotto. Il campo magnetico accumulato nell'avvolgimento decade rapidamente. In seguito alla forte variazione di campo magnetico in un arco di tempo molto breve, si induce un'alta tensione. La tensione indotta è tanto maggiore quanto è rapida la soppressione del campo magnetico. A seconda del tipo di bobina e del contatto di accensione, essa può raggiungere i 400 V.

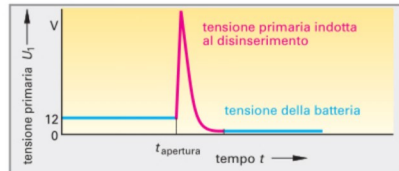


Figura 1: Tensione nel circuito primario all'apertura del circuito

Processi nel circuito secondario (interruttore di accensione chiuso). Massa – morsetto 31 – contatti (ruttore) – morsetto 1 – avvolgimento secondario della bobina di accensione – morsetto 4 – spinterogeno – elettrodo positivo – elettrodo negativo – morsetto 31 – massa (fig. 2, pag. 642).

I processi descritti per il circuito primario vengono trasformati per il circuito secondario. La bobina di accensione è strutturata in maniera tale che, a prescindere dalle eventuali dissipazioni interne, la tensione nel circuito secondario aumenti in modo inversamente proporzionale alla corrente. A tale proposito, si applica l'equazione del trasformatore:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

- n rapporto
- U_1 tensione primaria
- U_2 tensione secondaria
- I_1 corrente primaria
- I_2 corrente secondaria
- N_1 numero di spire avvolgimento primario
- N_2 numero di spire avvolgimento secondario

Formazione del campo magnetico alla chiusura del circuito primario (fig. 2). In seguito alla tensione indotta agente nel circuito primario, nell'avvolgimento secondario si genera una tensione che au-

menta in base al rapporto tra le spire. Per esempio, dato un rapporto pari a $n = 150$ e $U_{Bat} = 13,5\text{ V}$, la tensione secondaria può raggiungere valori fino a 2000 V.

Alla completa soppressione del campo magnetico in t_{MA} , tale tensione si annulla. Poiché la tensione generata non può creare una scintilla a causa del traferro della candela di accensione, il circuito secondario non è elettricamente chiuso. Non vi è passaggio di corrente. L'energia presente nella bobina si riduce sotto forma di oscillazioni smorzate.

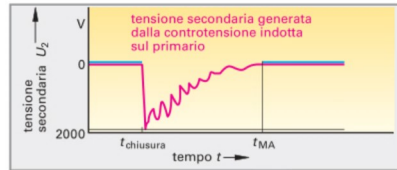


Figura 2: Tensione nel circuito secondario alla chiusura del circuito

Soppressione del campo magnetico (interruzione del circuito primario in seguito all'apertura dei contatti). La rapidissima caduta del campo magnetico produce un'elevata tensione indotta. Dato che la bobina si comporta come un trasformatore, questa tensione può raggiungere anche i 20 kV (accensione a contatti). L'alta tensione generata ionizza la nuvola di gas tra gli elettrodi della candela di accensione. Le molecole di gas, che sinora hanno svolto il ruolo di isolanti, diventano elettricamente conduttive. Scocca una scintilla. Il circuito si chiude tramite lo spinterogeno, gli avvolgimenti della bobina di accensione e la batteria. Vi è passaggio di corrente.

L'energia liberata dalla scarica della scintilla innesca la miscela presente nel traferro. In seguito alla precedente ionizzazione, la tensione in fase di innesco della scintilla (tensione della scintilla) diminuisce rispetto alla tensione di scarica (tensione di accensione). Dopo circa 1-2,5 ms l'energia accumulata nella bobina di accensione si è ridotta a tal punto che la scintilla al punto t_{BE} si spegne. L'energia residua ancora presente nella bobina si riduce sotto forma di oscillazioni smorzate (processo di ammortizzazione).

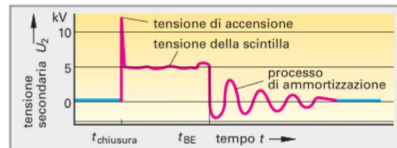


Figura 3: Andamento della tensione secondaria all'apertura del circuito

19.2.13.2 Oscillogrammi di base

Negli oscillogrammi di accensione sono rappresentati gli andamenti della tensione con i contatti di accensione aperti e chiusi. In officina vengono utilizzati per diagnosticare eventuali anomalie. Per poter leggere e interpretare correttamente gli oscillogrammi, occorre conoscere quelli di base di un impianto di accensione perfettamente funzionante. Essi sono tutti strutturati in maniera più o meno analoga ma, a seconda dell'impianto, presentano alcune differenze specifiche (cfr. pagg. 655 e 658). Dagli oscillogrammi di base è possibile ricavare la seguente terminologia e i seguenti parametri (figg. 1 e 2).

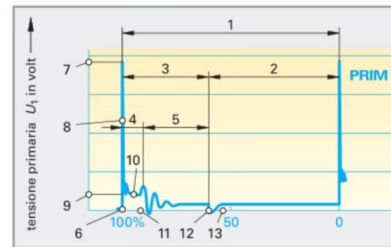


Figura 1: Oscillogramma di base del circuito primario

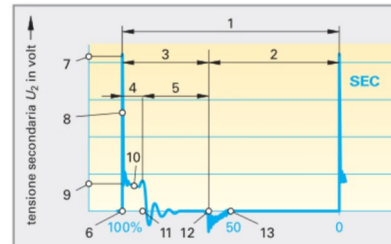


Figura 2: Oscillogramma di base del circuito secondario

2 Angolo di chiusura α . È l'angolo di rotazione dell'albero motore, in corrispondenza del quale il circuito primario è chiuso e può formarsi il campo magnetico. È espresso in °AM o in % dell'intervallo di accensione γ , con γ equivalente al 100%.

Esempio: motore a benzina a 4 tempi e 4 cilindri, $\alpha = 55\%$

Intervallo di accensione: $100\% = 720\ \text{°AM} / 4 = 180\ \text{°AM}$

Angolo di chiusura: $100\% = 180\ \text{°AM}$

$$\alpha \text{ in } \%: 55\% = \frac{180^\circ \cdot 55}{100} = 99\ \text{°AM}$$

3 Angolo di apertura β . È l'angolo di rotazione dell'albero motore, in corrispondenza del quale il circuito primario è aperto. È dato dalla somma tra durata della combustione e processo di ammortizzazione.

4 Durata della combustione (durata della scintilla). Indica la durata di una scintilla di accensione sugli elettrodi della candela (circa 1 ms).

5 Processo di ammortizzazione. L'energia residua ancora presente nell'impianto si riduce sotto forma di oscillazione smorzata.

6 Punto d'accensione (PA, $t_{apertura}$).

L'accensione è provocata dall'interruzione del circuito primario. Il punto di accensione è riferito al PMS e indicato in gradi albero motore (°AM).

7 Tensione d'accensione (8 curva della tensione). Rappresenta la tensione necessaria all'innesco della scintilla. L'impianto di accensione deve costantemente generare una tensione tale da far scoccare la scintilla. Una volta avvenuta la scarica, la tensione si riduce alla tensione di mantenimento.

9 Tensione di mantenimento della scintilla (10 curve della tensione della scintilla). È la tensione necessaria a mantenere la scintilla di accensione. In seguito alla nuvola di gas ionizzata tra gli elettrodi della candela, questa tensione è inferiore alla tensione di accensione.

11 Fine della scintilla (t_{BE}). A questo punto, l'energia accumulata nel campo magnetico della bobina di accensione si è ridotta così tanto da far spegnere la scintilla. Ha inizio il processo di ammortizzazione.

12 Punto di chiusura ($t_{chiusura}$). Il circuito primario si chiude. Si forma il campo magnetico.

13 Fine della formazione del campo magnetico (t_{MA}). La tensione secondaria si azzerà per effetto della mancata variazione del campo magnetico nel circuito primario. La tensione primaria è pari a 12 V.

1 Intervallo di accensione γ . È l'angolo di rotazione dell'albero motore corrispondente al percorso tra due scintille di accensione. Viene calcolato mediante la formula:

$$\gamma = \frac{720\ \text{°AM}}{\text{numero di cilindri}}$$

L'intervallo di accensione è dato dalla somma dell'angolo di chiusura e dell'angolo di apertura β .

$$\gamma = \alpha + \beta$$

19.2.13.3 Bobine di accensione

Hanno il compito di accumulare l'energia sotto forma di campo magnetico e di trasformare la tensione indotta generata dalla caduta del campo magnetico in tensione necessaria per l'accensione.

Le bobine di accensione sono trasformatori con un rapporto tra il numero di spire n pari a 60-150 (fig. 2). I loro componenti principali sono l'avvolgimento primario, l'avvolgimento secondario, i morsetti elettrici e il nucleo di ferro. Quest'ultimo è costituito da lamierini di ferro dolce e ha il compito di rafforzare il campo magnetico una volta generatosi.

Avvolgimento primario. È composto da un conduttore in rame di grossa sezione con spire ($N_1 = 100-500$). Il numero ridotto di spire riduce l'induttanza della bobina. La lunghezza ridotta e l'ampia sezione del conduttore generano una bassa resistenza ($R = 0,3-2,5 \Omega$), che consente il passaggio di un'elevata quantità di corrente attraverso l'avvolgimento. Le bobine a bassa induttanza (poche spire e filo grosso) favoriscono la formazione del campo magnetico e consentono il passaggio a una corrente maggiore (minor ritardo di saturazione, fig. 1).

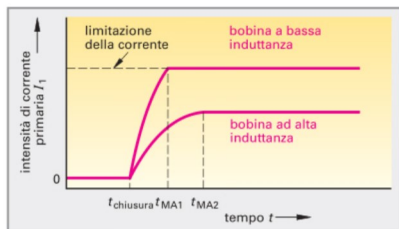


Figura 1: Flusso di corrente e formazione di campo magnetico in diverse bobine di accensione

Avvolgimento secondario. È composto da un sottilissimo conduttore di rame isolato con $N_2 = 15.000-30.000$ spire. In questo caso, la resistenza è pari, a seconda del tipo di bobina, a 5-20 k Ω . Per garantire una scintilla sufficientemente elevata per innescare la combustione in ogni condizione di carico, occorre un'energia di accensione pari ad almeno 6 mWs. In realtà, le bobine di accensione sono concepite per un'energia complessiva di ben 120 mWs, dal momento che soltanto parte dell'energia accumulata può essere sfruttata per l'innescò della miscela aria-carburante. Tale innescò, inoltre, deve essere garantito in ogni caso, ossia anche nell'eventualità di una cattiva manutenzione dell'impianto di accensione. A livello di alta tensione, si è nell'ordine di 25-40 kV a seconda dell'impianto.

Bobina di accensione cilindrica (fig. 2)

È utilizzata negli impianti di accensione con distributore dell'alta tensione (spinterogeno).

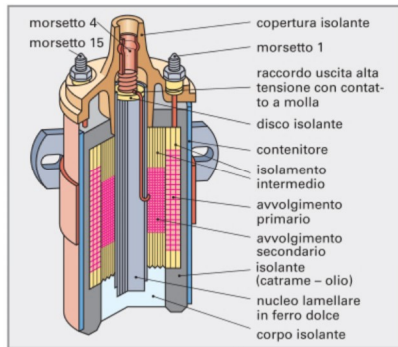


Figura 2: Bobina di accensione cilindrica

Schema di risparmio. Queste bobine di accensione sono concepite secondo uno schema di risparmio, ossia l'avvolgimento primario e secondario condividono il medesimo contatto, collegato ai contatti (ruttore, morsetto 1). Sul fronte dell'avvolgimento primario, l'alimentazione di corrente positiva avviene tramite il morsetto 15; l'uscita dell'alta tensione è sul morsetto 4 (fig. 3).

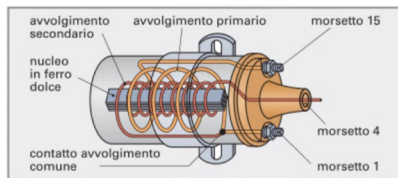


Figura 3: Circuito interno di una bobina di accensione cilindrica

Nei motori a elevato regime di rotazione e con molti cilindri, l'utilizzo di bobine cilindriche può comportare problemi in fase di accensione. In caso di elevato numero di scintille, infatti, il tempo di chiusura diventa troppo breve; la formazione del campo magnetico non è completa, dal momento che l'energia accumulata è ridotta. In caso di tempo di chiusura sufficiente, invece, il campo magnetico può formarsi integralmente, garantendo così una potenza soddisfacente. Non è necessario adottare accorgimenti per evitare l'innescò di scintille alla chiusura del circuito primario, dal momento che - al punto di chiusura - il rotore dello spinterogeno si trova tra i contatti nella relativa calotta. La distanza tra gli elettrodi, infatti, è troppo grande per consentire l'innescò della scintilla di chiusura.

Bobine di accensione a una scintilla (fig. 1)

Ogni singolo cilindro ha la sua bobina di accensione con avvolgimento primario e secondario, in genere posizionata direttamente sulla candela di accensione.

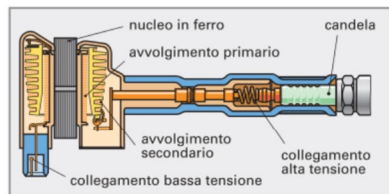


Figura 1: Bobina di accensione a una scintilla

Anch'essa è provvista delle uscite morsetto 1 (contatti - ruttore), morsetto 15 (alimentazione) e morsetto 4 (candela d'accensione). In presenza di un'ulteriore 4ª uscita, essa è identificata come morsetto 4b e serve a monitorare le mancate accensioni. Il morsetto 4 diventa morsetto 4a (fig. 2).

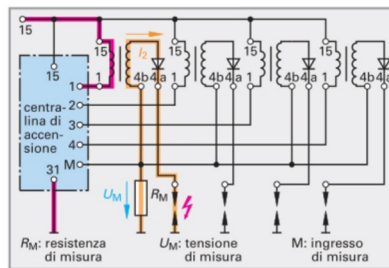


Figura 2: Circuito delle bobine di accensione a una scintilla

L'innescò della scintilla di accensione avviene sul lato della bassa tensione tramite un modulo di potenza con una distribuzione appropriata. Tale modulo inserisce e disinserisce la corrente primaria della bobina corrispondente in funzione del segnale di riferimento dell'albero motore e dell'albero a camme, indicante chiaramente il cilindro posizionato al PMS in fase di accensione.

A causa della sua struttura elettrica, la bobina di accensione genera molto rapidamente il campo magnetico. Questo può portare, già durante la creazione del campo magnetico, al formarsi di una scintilla incontrollata al termine della fase di aspirazione o all'inizio della fase di compressione. Inserendo un diodo nel circuito secondario, è possibile sopprimere questa scarica.

I diodi impediscono che il flusso di corrente indotto dall'inserimento scorra in senso opposto rispetto al flusso di corrente generato dall'induzione di disinserimento I_2 .

Bobine di accensione a scintilla persa (fig. 3)

Possono essere utilizzate soltanto nei motori con un numero di cilindri pari. Ciascuna di esse fornisce alta tensione a due candele.

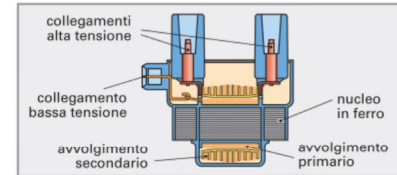


Figura 3: Bobina di accensione a scintilla persa

Le bobine di accensione a scintilla persa hanno un avvolgimento primario e un avvolgimento secondario con due uscite ciascuna. Per quanto riguarda l'avvolgimento primario sono il morsetto 15 (alimentazione +) e il morsetto 1 (collegamento al dispositivo di accensione). Nel circuito secondario ognuna delle due uscite è collegata con una candela di accensione (figg. 3 e 4).

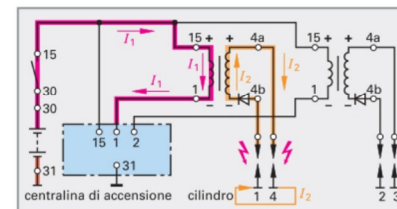


Figura 4: Circuito delle bobine di accensione a doppia scintilla

A ogni rotazione dell'albero motore, queste bobine generano una scintilla su due candele contemporaneamente. In un motore con sequenza di accensione 1-3-4-2, per esempio, una delle due scintille dà avvio alla combustione nel cilindro 1 nella fase finale della compressione (scintilla utile), mentre l'altra scintilla (scintilla persa) si innescò nella fase finale di scarico nel cilindro 4 spostato di 360 °AM. Dopo una rotazione dell'albero motore, si avrà l'accensione nel cilindro 4, mentre nel cilindro 1 si innescò la scintilla persa, come evidenziato nell'oscillogramma secondario (fig. 1, pag. 647).

In esso si vede che la tensione d'accensione della scintilla persa è nettamente inferiore a quella della scintilla utile. Ciò è dovuto al fatto che, durante la fine della compressione (scintilla utile), la pressione nel cilindro è molto più elevata che in fase di scarico (scintilla persa), per cui l'innescò della scintilla d'accensione richiede una tensione maggiore. Si vede, inoltre, che le tensioni del cilindro 1 e del cilindro 4 sono contrapposte. Dato che la direzione del flusso di corrente nell'avvolgimento secondario

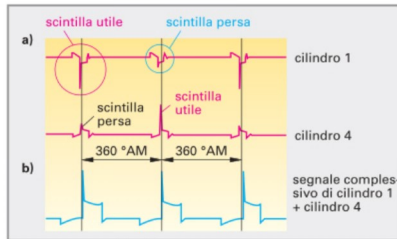


Figura 1: Oscillogramma secondario di una bobina di accensione a scintilla persa

rio è prestabilita, in una delle due candele di accensione la scintilla scocca dall'elettrodo centrale a quello di massa, mentre nella seconda la scintilla scocca dall'elettrodo di massa a quello centrale. A seconda della configurazione delle bobine, in questi impianti di accensione potrebbero essere necessari accorgimenti per inibire la formazione della scintilla di chiusura.

Doppia accensione. Questi impianti di accensione hanno 2 candele per ciascun cilindro. Utilizzando bobine a doppia scintilla, le candele collegate a una bobina provocano l'accensione in due diversi cilindri i cui punti di accensione sono sfasati di 360 °AM. Nel caso di un ordine di accensione 1-3-4-2, per esempio, le bobine di accensione 1 e 4 innescano una scintilla utile ciascuna nel cilindro 1 e le scintille perse nel cilindro 4.

360 °AM più tardi, le due bobine generano le scintille utili nel cilindro 4 e quelle perse nel cilindro 1. Entrambe possono essere sfasate di 3-15 °AM, a seconda del carico e del numero di giri. La doppia accensione consente una combustione più rapida e pulita e, quindi, minori emissioni nocive.

Bobine di accensione a quattro scintille (fig. 2)

Sono state sviluppate per i motori a 4 cilindri e sostituiscono 2 bobine a scintilla persa.

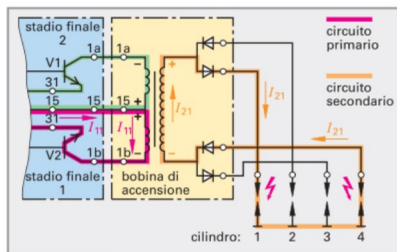


Figura 2: Circuito di una bobina di accensione a quattro scintille

Anch'esse generano contemporaneamente una scintilla in due cilindri i cui punti d'accensione sono sfasati di 360 °AM. La bobina di accensione a quattro scintille è costituita da due avvolgimenti primari, ciascuno comandato da uno stadio finale. Nel circuito secondario è presente un solo avvolgimento. Alle due uscite dell'avvolgimento vi sono, a loro volta, due contatti provvisti di diodi e commutati in senso opposto. Essi rappresentano le uscite per le quattro candele di accensione.

19.2.13.4 Inserimento della corrente primaria

Per generare una scintilla occorre interrompere il circuito primario al fine di indurre un'alta tensione.

Nei primi impianti di accensione a bobina con comando a contatti, la corrente primaria veniva attivata per mezzo di **ruttori meccanici** (fig. 3). Tali impianti sono stati sostituiti, dal momento che:

- sono in grado di sopportare correnti fino ad un massimo di 5 A;
- sono soggetti a forte usura (consumo);
- possiedono un'inerzia troppo elevata per innescare il numero di processi necessari, per esempio ad elevati regimi di rotazione;
- a seguito dell'usura, non sono in grado di garantire un punto di accensione costante.

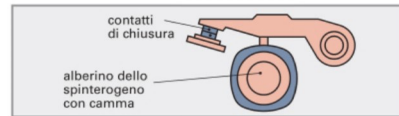


Figura 3: Ruttore

Negli impianti ad accensione transistorizzata i ruttori sono stati sostituiti da appositi dispositivi elettronici. In origine essi erano costituiti sostanzialmente da un sistema di transistor piuttosto semplice, comandato da un trasduttore induttivo o di Hall.

Negli impianti ad accensione transistorizzata (TZ-i) con trasduttore induttivo (fig. 4), quest'ultimo (situato nello spinterogeno) è utilizzato per coman-

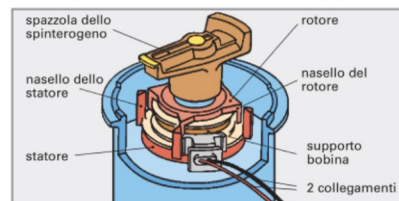


Figura 4: Trasduttore induttivo nello spinterogeno

dare l'attivazione del transistor e, quindi, l'innescò dell'accensione. Il trasduttore induttivo genera un segnale a corrente alternata U_i secondo il principio dell'alternatore (fig. 1).

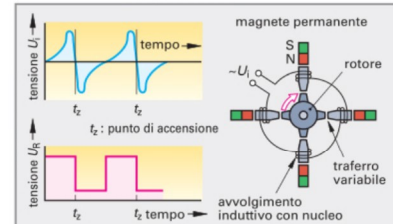


Figura 1: Segnale del trasduttore e punto di accensione

Il segnale generato dal trasduttore viene trasmesso tramite i morsetti 0 e - ai morsetti 7 e 31d del dispositivo elettronico e utilizzati per comandare il transistor (fig. 2).

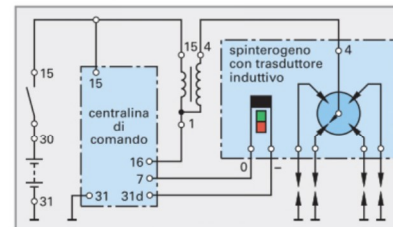


Figura 2: Impianto ad accensione transistorizzata con trasduttore induttivo

Negli impianti ad accensione transistorizzata (TZ-H) con trasduttore di Hall (fig. 3), quest'ultimo (situato nello spinterogeno) viene utilizzato per comandare l'attivazione del transistor e, quindi, l'innescò dell'accensione.

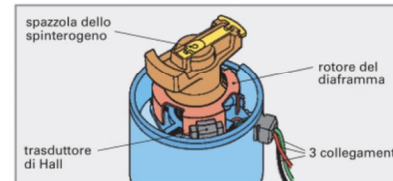


Figura 3: Trasduttore di Hall nello spinterogeno

La tensione di Hall U_H generata dal trasduttore viene convertita in un segnale U_G e utilizzata per attivare il transistor nel circuito primario (fig. 4). Il trasduttore è collegato tramite i morsetti 0, + e - ai morsetti 7, 8h e 31d del dispositivo elettronico (fig. 5).

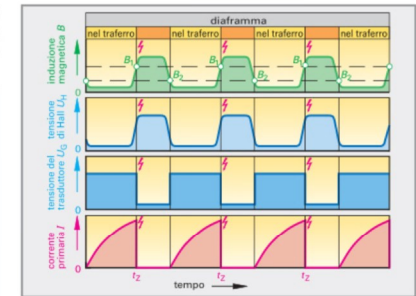


Figura 4: Segnale del trasduttore e punto di accensione

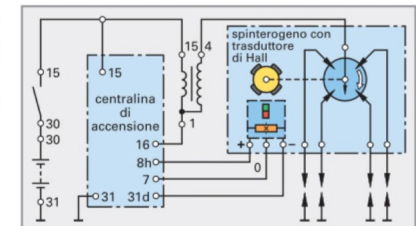


Figura 5: Impianto ad accensione transistorizzata con trasduttore di Hall

Con lo sviluppo della tecnologia, questi dispositivi elettronici hanno acquisito sempre maggiori funzioni, tanto che dalle centraline originariamente semplici sono nati dispositivi complessi. Con l'introduzione della **Motronic**, la formazione della miscela e l'accensione sono ora regolate da una **centralina motore** unica, che attiva il circuito primario tramite stadi finali. Per stadio finale s'intende un dispositivo a transistor comandato da una centralina. Negli impianti di accensione possono essere integrati direttamente nella centralina oppure, come spesso accade vista l'elevata produzione di calore, al di fuori di essa nelle bobine di accensione (fig. 6).

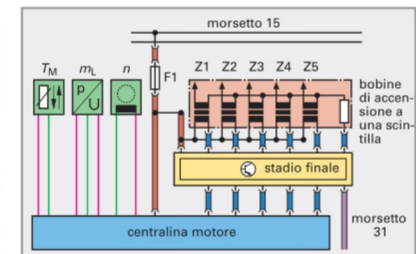


Figura 6: Bobine di accensione con sistema Motronic

19.2.13.5 Adattamento del punto d'accensione

Il punto di accensione deve essere stabilito considerando che la pressione massima di combustione si ottiene qualche grado (10 °AM ... 20 °AM) dopo il PMS.

Il tempo tra l'innesco dell'accensione e la combustione completa della miscela stechiometrica aria-carburante, necessaria al raggiungimento della massima pressione nella camera di combustione, è compreso tra 1 e 2 ms. A riempimento costante, questo tempo non varia. Visto che in questo lasso di tempo il pistone si muove in direzione del PMI, la miscela aria-carburante deve essere accesa prima del PMS per assicurare la massima pressione sul pistone al momento dell'espansione, poco dopo il PMS (fig. 1). Prima avviene l'accensione, maggiore è la potenza erogata del motore.

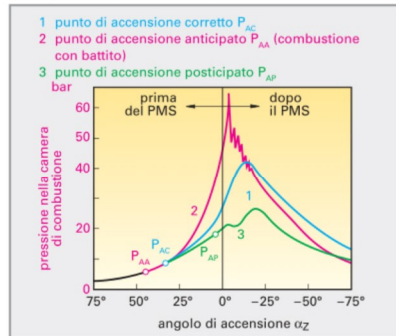


Figura 1: Punto di accensione e andamento della pressione

Se il punto di accensione è troppo anticipato, si creano processi di combustione non controllati con elevati picchi di pressione e di temperatura. In seguito all'autoaccensione della miscela aria-carburante, può verificarsi una combustione con battito che può portare alla distruzione del motore o comunque a una forte perdita di potenza e a un peggioramento della composizione dei gas di scarico. Se, invece, il punto di accensione è troppo posticipato, prima che la miscela aria-carburante sia combusta, il pistone si è già spostato considerevolmente verso il PMI. La camera di combustione aumenta di volume, riducendo la pressione agente sul pistone e, conseguentemente, la forza di quest'ultimo. L'accelerazione del pistone lungo il tratto mancante al raggiungimento del PMI risulterà pertanto debole e di breve durata. Ne conseguono una perdita di potenza, un consumo maggiorato di carburante, un peggioramento dei valori di emissione e un surriscaldamento del motore. Ecco perché è importante rispettare esattamente il punto di

accensione ottimale che varia in funzione del carico. Analogamente, all'aumentare del numero di giri è necessario anticipare l'accensione, dato che l'angolo di accensione è percorso in sempre meno tempo, mentre la durata della combustione rimane uguale. Alla luce di ciò occorre adattare il punto di accensione al carico e al numero di giri.

Correttori centrifughi e a depressione. Negli impianti di accensione a bobina tradizionali (SZ) e negli impianti di accensione transistorizzata (TZ), la correzione avviene meccanicamente tramite i due sistemi raffigurati, che agiscono indipendentemente l'uno dall'altro. L'azione del correttore centrifugo si basa sul fatto che, all'aumentare del regime di rotazione del motore, le masse centrifughe si espandono, ruotando la flangia di comando verso la piastra (fig. 2).

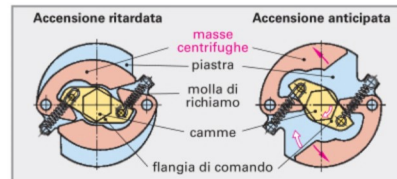


Figura 2: Correttore centrifugo

Nel correttore a depressione, invece, la piastra del rottore è fatta ruotare per depressione tramite una membrana e un'asta di trazione (fig. 3).

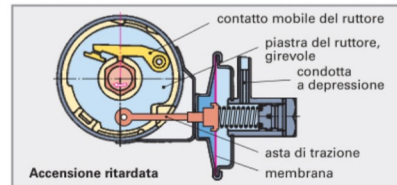


Figura 3: Correttore a depressione

Diagramma caratteristico. Negli impianti di accensione elettronici (EZ) e interamente elettronici (VZ), i punti di accensione ottimali sono determinati su un banco di prova in funzione del carico e del regime del motore e quindi memorizzati nella centralina in un diagramma caratteristico (fig. 4).

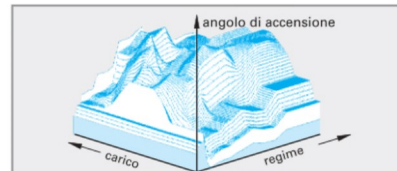


Figura 4: Diagramma caratteristico dell'accensione

Una volta che la centralina riceve il segnale di riferimento dell'albero motore e/o dell'albero a camme, in base al numero di giri (dal sensore regime motore) e al carico (dal debimetro o dal potenziometro della valvola a farfalla), si ricava dal diagramma caratteristico il valore del punto di accensione ottimale. Al raggiungimento della posizione dell'albero motore corrispondente, la centralina attiva lo stadio finale di accensione, che interrompe il circuito primario e innesca l'accensione.

Regolazione del battito in testa negli impianti EZ o VZ

La regolazione del battito ha il compito, da un lato, di riconoscere una combustione detonante della miscela aria-carburante nel motore e di impedirla ritardando il punto di accensione. Dall'altro, deve regolare il punto di accensione quanto più in anticipo possibile onde consentire un'elevata potenza del motore.

La combustione detonante della miscela aria-carburante può essere causata da:

- punto di accensione troppo anticipato;
- carburante con numero di ottani troppo basso;
- surriscaldamento del motore;
- rapporto di compressione troppo elevato;
- errata composizione della miscela;
- sovraccarico del motore.

Se nel cilindro si verifica una combustione detonante, nella camera di combustione si generano forti oscillazioni di pressione che fanno vibrare il blocco motore. A quest'ultimo è fissato un sensore del battito in testa che registra tali vibrazioni (fig. 1).

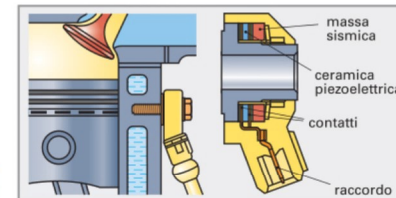


Figura 1: Sensore del battito in testa

La piezoceramica del sensore viene eccitata mediante vibrazioni.

Così facendo, il cristallo piezoelettrico genera tensioni elettriche che vengono trasmesse al dispositivo elettronico di controllo. Il superamento di determinati valori segnala la presenza di una combustione detonante (fig. 2). Qualora quest'ultima si verifichi ripetutamente, il punto di accensione viene ritardato, per esempio, di 3 °AM rispetto al valore del diagramma caratteristico.

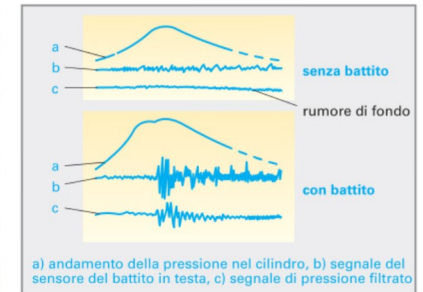


Figura 2: Segnali del sensore del battito in testa

A questo punto, se si continuano a presentare combustioni con battito, l'accensione viene ritardata di altri 3 °AM. Si continua così fino a quando non ci sono più combustioni detonanti o si raggiunge il finecorsa di regolazione. Quando il fenomeno cessa, la centralina anticipa a piccoli passi il punto di accensione fino a raggiungere il valore caratteristico memorizzato (fig. 3).



Figura 3: Settaggio del PA mediante regolazione del battito

Se attraverso il sensore del battito in testa la centralina continua a registrare combustioni detonanti, si commuta su di un secondo diagramma caratteristico memorizzato, calcolato per l'uso di un carburante a basso numero di ottani. Il punto di accensione ancor più ritardato della seconda cartografia, tuttavia, comporta una perdita di potenza e un maggior consumo di carburante. La regolazione del battito fa sì che i motori concepiti, per esempio, per funzionare con benzina super plus a 98 RON, possano funzionare anche con benzina super a 95 RON. Qualora venga diagnosticata un'anomalia del sistema, per esempio in assenza di rumore di fondo, il sistema entra in modalità di emergenza e il punto di accensione viene ritardato a un valore estremo, onde evitare in qualunque caso una combustione con battito.

Originariamente, la regolazione del punto di accensione era prevista per tutti i cilindri, anche se la combustione con battito si verificava in uno solo di essi.

Regolazione selettiva del battito in testa. In questo caso viene regolato soltanto il punto di accensione del cilindro in cui viene effettivamente registrata una combustione detonante. Per farlo, è necessario che la centralina sia in grado di attribuire univocamente il verificarsi dell'evento a un determinato cilindro. Tale attribuzione avviene confrontando, tramite il segnale di riferimento, i tempi di accensione dei singoli cilindri con la comparsa dei segnali del battito in testa.

19.2.13.6 Adattamento della corrente primaria

Il valore della corrente primaria determina in misura sostanziale il tempo necessario per la formazione del campo magnetico all'interno della bobina di accensione e, quindi, l'energia della scintilla.

Per tali motivi, è necessario cercare di ottenere la massima intensità di corrente possibile. Tuttavia, il flusso di corrente non deve diventare eccessivo onde evitare che la bobina di accensione si surriscaldi a tal punto da distruggersi. Questo rischio è particolarmente evidente in caso di basso numero di giri e ampio angolo di chiusura.

Limitazione della corrente primaria mediante resistenza aggiuntiva. Negli impianti di accensione a bobina e in quelli transistorizzati, il flusso di corrente nell'avvolgimento primario viene limitato per mezzo di una resistenza aggiuntiva. All'avvio del motore, quest'ultima può essere bypassata, onde compensare il calo di tensione provocato dal carico sproporzionatamente elevato della rete di bordo da parte del motorino d'avviamento (spunto).

Limitazione elettronica della corrente primaria. Per incrementare il più rapidamente possibile la corrente primaria e, di conseguenza, accelerare la formazione del campo magnetico, l'avvolgimento primario è realizzato in modo tale che la corrente di riposo si situi attorno a un valore di circa 25 A. Tale valore, però, non deve mai essere raggiunto, in quanto sia la bobina di accensione sia il transistor di potenza verrebbero immediatamente distrutti. Se, in seguito all'angolo di chiusura prestabilito, la

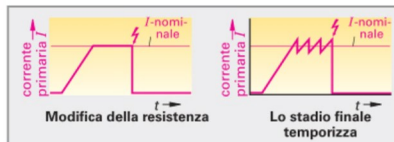


Figura 1: Tipi di limitazione della corrente primaria

corrente primaria nominale raggiunge un valore di 10-15 A, ha inizio la regolazione del sistema di limitazione della corrente (fig. 1). La limitazione può avvenire nei seguenti modi:

- lo stadio finale (transistor di potenza) nella centralina di comando aumenta la sua resistenza;
- lo stadio finale (transistor di potenza) temporizza la corrente primaria.

La limitazione temporizzata della corrente primaria è visibile nel diagramma secondario a numeri di giri molto bassi (fig. 2). La temporizzazione della bobina primaria genera, nell'avvolgimento primario, una piccola variazione di campo magnetico che viene trasformata sul lato secondario.

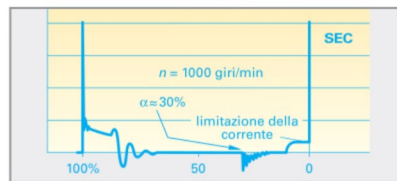


Figura 2: Diagramma secondario a 1000 giri/min e con limitazione temporizzata della corrente primaria

Disinserimento della corrente di riposo. Al fine di evitare il surriscaldamento della bobina di accensione, a motore fermo e quadro inserito, dopo circa un secondo viene disinserita la corrente primaria se la centralina di comando non riceve nessun segnale di rotazione motore.

Controllo dell'angolo di chiusura. Nella centralina viene memorizzato un diagramma caratteristico dell'angolo di chiusura al fine di determinare il punto di chiusura. Quest'ultimo dipende dalla tensione della batteria e dal regime attuale del motore. Affinché la corrente primaria raggiunga un'intensità sufficiente durante l'avviamento a seguito della caduta di tensione prodotta dal motorino e ad elevati regimi di rotazione, l'angolo di chiusura dev'essere aumentato. A bassi regimi di rotazione, invece, l'angolo di chiusura dev'essere ridotto per evitare un surriscaldamento della bobina di accensione (fig. 3).

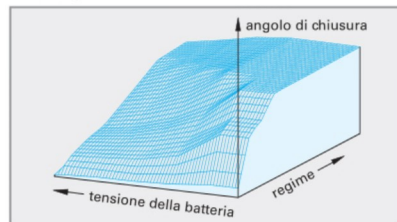


Figura 3: Diagramma caratteristico dell'angolo di chiusura

Regolazione dell'angolo di chiusura. Lavora analogamente al controllo dell'angolo di chiusura determinando il punto di inserimento della corrente primaria. Esso dev'essere regolato in modo tale che il tempo di chiusura (lasso di tempo tra la chiusura e l'interruzione del circuito primario) sia sufficiente a raggiungere l'intensità di corrente primaria necessaria (fig. 1a). In caso contrario, l'angolo dev'essere aumentato anticipando l'istante di chiusura (fig. 1b). Se la corrente primaria viene limitata troppo a lungo, l'angolo viene ridotto ritardando l'istante di chiusura (fig. 1c).

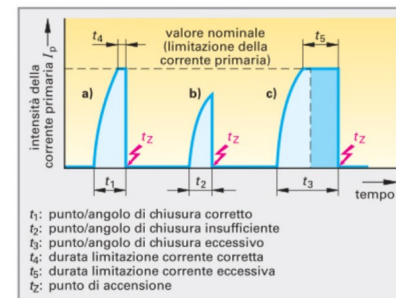


Figura 1: Angolo di chiusura e andamento della corrente primaria

19.2.13.7 Riconoscimento delle mancate accensioni

L'individuazione delle mancate accensioni è una funzione obbligatoria della diagnostica di bordo (OBD), dal momento che i cosiddetti misfiring possono distruggere il catalizzatore.

Se il sistema riconosce un certo numero di mancate accensioni, l'iniettoro disattiva il relativo cilindro onde evitare che del carburante incombusto giunga nel catalizzatore e lo distrugga.

Riconoscimento delle mancate accensioni mediante misurazione dell'intensità di corrente secondaria. Questo sistema consiste in una resistenza di misurazione da circa 240 Ω inserita nel circuito secondario. La centralina determina la caduta di tensione sulla resistenza; il mancato raggiungimento di una determinata soglia di tensione indica che la corrente primaria circolante era insufficiente. Il relativo iniettoro viene disattivato per non danneggiare il catalizzatore.

Riconoscimento delle mancate accensioni mediante misurazione delle oscillazioni nel numero di giri. All'inizio di ogni ciclo di lavoro, l'albero motore accelera per effetto della pressione di combustione agente su di esso. Il momentaneo incremento della

velocità genera un aumento di tensione con una maggiore frequenza nel segnale del numero di giri del relativo sensore. In caso di mancata accensione in un cilindro, la velocità istantanea dell'albero motore cala, riducendo temporaneamente l'ampiezza e la frequenza del segnale del numero di giri (fig. 2). Tali differenze di tensione vengono analizzate dalla centralina e il cilindro che, in seguito alla mancata accensione, non ha accelerato l'albero motore, viene disattivato.

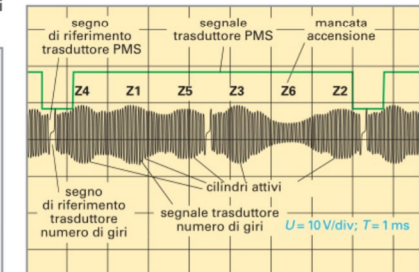


Figura 2: Segnale del numero di giri in caso di misfiring

19.2.13.8 Accensione multipla

Si parla di accensione multipla quando, al termine della fase di compressione, in una candela si genera ripetutamente una scintilla. Questa variante di accensione viene utilizzata soprattutto all'avvio del motore e in caso di regimi molto ridotti. A tal fine, è necessario garantire che anche le miscele aria-carburante difficilmente infiammabili, per esempio in caso di avvio a freddo, si inneschino con sicurezza e vengano combuste senza lasciare residui.

Un'accensione multipla con un massimo di sette scintille consecutive è possibile, dal momento che:

- i ridotti regimi del motore, per esempio fino a 1300 giri/min, lasciano sufficiente tempo a disposizione perché si formi ripetutamente il campo magnetico;
- le bobine di accensione utilizzate hanno una bassa induttanza e, quindi, consentono una rapida formazione del campo magnetico;
- gli avvolgimenti primari permettono il passaggio di corrente primaria molto elevata;
- la scintilla in ciascuna candela dura da 0,1 a 0,2 ms;
- le scintille possono scoccare fino a 20 °AM dopo il PMS.

Il numero di scintille generate dipende sostanzialmente dalla tensione della batteria. Maggiore è la tensione, più rapida è la formazione del campo magnetico e, quindi, maggiore è il numero di scintille utili.

19.2.13.9 Distribuzione dell'accensione

La distribuzione dell'accensione ha il compito di trasmettere l'alta tensione prodotta dalla bobina alla candela del cilindro, in cui deve avere luogo l'accensione.

I relativi componenti sono i seguenti (fig. 1):

- cappuccio della candela;
- cavi dell'alta tensione;
- spinterogeno con rotore e contatti;
- cappucci protettivi per prevenire l'infiltrazione di acqua e impurità.



Figura 1: Distribuzione dell'accensione

Distribuzione rotante. La modalità di distribuzione dell'alta tensione raffigurata nella fig. 1 è chiamata anche **distribuzione rotante dell'alta tensione**. L'alta tensione generata nella candela è trasmessa allo spinterogeno per mezzo di un apposito cavo. Il rotore posizionato sull'alberino dello spinterogeno ruota alla metà del numero di giri dell'albero motore (= numero di giri dell'albero a camme). Il posizionamento del rotore è determinato in maniera tale che, al punto di accensione, il suo contatto si trovi esattamente di fronte al contatto del cavo che conduce alla candela del cilindro da innescare.

Distribuzione statica. Negli impianti con bobine di accensione a scintilla multipla sono necessari soltanto i cavi dell'alta tensione tra la bobina e la candela corrispondente e i relativi connettori. In tal caso si parla di **distribuzione statica dell'alta tensione**. Nelle bobine di accensione a una scintilla, la bobina è in genere posizionata direttamente sulla candela, per cui non occorrono ulteriori elementi di connessione. Visto che in una distribuzione statica dell'alta tensione non sono praticamente necessari componenti meccanici mobili, tali impianti sono privi di usura. La centralina, tuttavia, dev'essere in grado di individuare il cilindro in fase di combustione, al fine di poter comandare la relativa bobina.

19.2.13.10 Candele di accensione

Le candele hanno il compito di incendiare la miscela aria-carburante con un impulso ad alta tensione. Una volta raggiunta la tensione di accensione tra gli elettrodi della candela scocca una scintilla.

La candela di accensione è sottoposta a molteplici sollecitazioni:

- variazioni di pressione da circa 0,9 a 60 bar tra fase di aspirazione e fase di espansione;
- variazioni di temperatura da circa 100 a 2500 °C tra fase di aspirazione e fase di espansione;
- fino a 4000 scintille/minuto ossia 66 scintille/secondo a un regime motore di 8.000 giri/min;
- tensioni di accensione fino a 40 kV con brevi picchi di corrente nella testa della scintilla che possono portare all'erosione degli elettrodi;
- processi chimici che modificano le proprietà dei materiali delle candele e favoriscono, in tal modo, la loro corrosione.

Struttura delle candele di accensione

I materiali utilizzati per la produzione delle candele di accensione sono metallo, ceramica e vetro. I componenti principali di una candela di accensione sono rappresentati nella fig. 2.

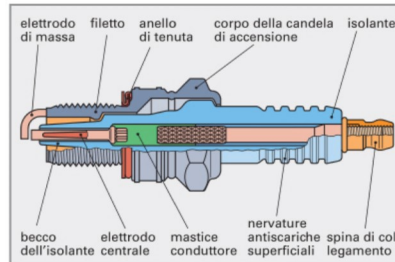


Figura 2: Struttura di una candela di accensione

Isolante (fig. 2). Il corpo dell'isolante è realizzato in ceramica speciale di ossido di alluminio. Per aumentare la resistenza alla corrente di fuga, l'isolante è, nella parte esterna, verificato e dotato di nervature antiscariche superficiali.

Sede ermetica (fig. 1, pag. 654). A seconda del tipo di motore, la sede di tenuta tra la candela di accensione e la testa del motore è data da:

- una sede riportata piatta con anello di tenuta (fig. 1a, pag. 654);
- una sede riportata conica con una superficie conica quale elemento di ermeticità, senza anello di tenuta (fig. 1b, pag. 654).

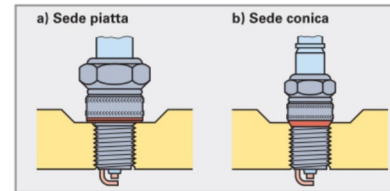


Figura 1: Sede ermetica

Elettrodi (fig. 2). Le candele di accensione hanno un elettrodo centrale (positivo) e uno o più elettrodi di massa.



Figura 2: Forme degli elettrodi

Elettrodi di massa. Sono fissati sul corpo della candela. A seconda del tipo di candela, ci possono essere uno o più elettrodi di massa, per esempio:

- elettrodo a tetto (fig. 2a);
- elettrodo laterale di una candela in platino (fig. 2b);
- elettrodo laterale multipolare (fig. 2c);
- elettrodo di massa triangolare (fig. 2d).

Elettrodo centrale. L'elettrodo centrale, cilindrico, sporge dal becco dell'isolante. È realizzato in materiale composito (nucleo di rame avvolto da una lega di nichel) o in metallo nobile (per esempio platino).

Posizione di scarica (fig. 3). È il posizionamento degli elettrodi della candela nella camera di combustione. La scintilla elettrica deve scaricarsi in un punto in cui le condizioni di flusso della miscela carburante-aria sono particolarmente favorevoli. A seconda del tipo di motore si hanno candele di accensione con le seguenti posizioni:

- posizione di scarica normale (fig. 3a);
- posizione di scarica poco sporgente (fig. 3b);
- posizione di scarica ritirata (fig. 3c).

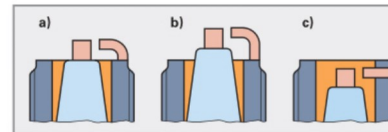


Figura 3: Posizioni di scarica

Disposizione degli elettrodi (fig. 4). La scintilla in genere scocca direttamente dall'elettrodo centrale all'elettrodo di massa (distanza di scocco in aria, fig. 4a).

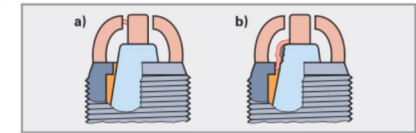


Figura 4: Distanza di scocco scintilla

Quando sul becco dell'isolante si forma uno strato di fuliggine, che ha una conduttività elettrica maggiore rispetto alla miscela carburante-aria, la scintilla scorre lungo la superficie del becco. Alla fine del percorso di scorrimento, quando si tratta di superare soltanto un piccolo trafero d'aria per raggiungere l'elettrodo di massa, la scintilla scocca (distanza di scocco in aria e in superficie, fig. 4b). Scorrendo lungo la superficie del becco, la scintilla lo pulisce dai depositi e la candela funziona con distanza di scocco in aria.

Grado termico. È determinato sostanzialmente dalla forma del becco dell'isolante.

Becco dell'isolante lungo (fig. 5a). La grande superficie del becco dell'isolante assorbe molto calore per sé e ne cede poco agli organi di raffreddamento. La candela ha un valore termico elevato.

Becco dell'isolante corto (fig. 5b). La piccola superficie del becco dell'isolante assorbe poco calore e, pertanto, non cede tanto agli organi di raffreddamento. La candela ha un basso valore termico.

Il **giusto grado termico** è assicurato quando, durante il funzionamento, la candela di accensione raggiunge rapidamente la sua temperatura di autopulitura di oltre 450 °C e quando a pieno carico non supera gli 850 °C. Il raggiungimento della temperatura di autopulitura garantisce la combustione dei residui come, per esempio, la calamina.

Valore termico troppo elevato. La temperatura del becco dell'isolante può superare gli 850 °C; il becco dell'isolante surriscaldato può provocare autoaccensioni incontrollate e danneggiare il motore.

Valore termico troppo basso. La temperatura è inferiore alla temperatura di autopulitura; il becco dell'isolante può imbrattarsi e impedire lo scoccare della scintilla.

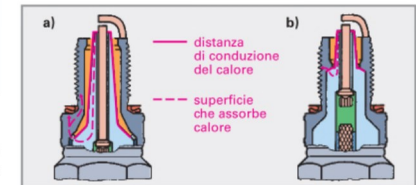


Figura 5: Dissipazione del calore sul becco dell'isolante

19.2.13.11 Panoramica degli impianti di accensione più comuni

Impianto	Transistorizzato TZ-i; TZ-H	Elettronico (accensione cartografata) EZ	Completamento elettronico VZ
Introduzione impianto da ca.	1976	1987	1988
Segno distintivo dell'impianto	Spinterogeno con camera a depressione, trasduttore di accensione nello spinterogeno	Spinterogeno senza camera a depressione, pura funzione di distributore d'accensione	<ul style="list-style-type: none"> Bobina a una scintilla Bobina a scintilla persa
Tipo di bobine utilizzate	Bobina cilindrica	Bobina cilindrica	<ul style="list-style-type: none"> Bobina a una scintilla Bobina a scintilla persa
Diagramma secondario della tensione			
Valori resistenza delle bobine (primaria, secondaria)	0,5-2,0 Ω 8-19 kΩ	0,5-2,0 Ω 8-19 kΩ	0,3-1 Ω 8-15 kΩ
Inserimento della corrente primaria	Dispositivo elettronico/centralina di accensione con comando a trasduttore induttivo o di Hall	Centralina Motronic	Centralina Motronic
Adattamento del punto di accensione	Correttore centrifugo (numero giri) e a depressione (carico)	Diagramma caratteristico in base a numero giri e carico	Diagramma caratteristico in base a numero giri e carico
Tipo di regolazione battito	Nessuna	Regolazione battito semplice	Regolazione selettiva per cilindro
Adattamento al minor numero di ottani del carburante	Commutazione manuale mediante connettore	Commutazione automatica a un 2° diagramma caratteristico memorizzato	Commutazione automatica a un 2° diagramma caratteristico memorizzato
Adattamento della corrente primaria	Limitazione corrente primaria Disinserimento corrente di riposo Controllo angolo di chiusura/ regolazione angolo di chiusura	Limitazione corrente primaria Disinserimento corrente di riposo Regolazione angolo di chiusura secondo tensione e carico	Limitazione corrente primaria Disinserimento corrente di riposo Regolazione angolo di chiusura secondo tensione e carico
Riconoscimento misfiring	No	No	Misurazione della corrente secondaria o misurazione delle oscillazioni del numero di giri
Distribuzione scintilla	Distribuzione rotante dell'alta tensione con spinterogeno e cavi dell'alta tensione	Distribuzione rotante dell'alta tensione con spinterogeno e cavi dell'alta tensione	Distribuzione statica dell'alta tensione mediante uso di bobine a una scintilla o a scintilla multipla

DOMANDE DI RIPASSO

- Qual è il compito dell'impianto di accensione?
- Quali sono i principali componenti di un impianto di accensione a bobina convenzionale?
- Che cosa succede nel circuito primario di un impianto a bobina convenzionale quando si apre e si chiude il circuito?
- Che cosa s'intende per angolo di chiusura? Se in un motore 6 cilindri l'angolo di chiusura è pari a 60° AM, qual è il suo valore in %?
- Qual è il compito della bobina di accensione?
- Quali tipi di bobine di accensione si utilizzano e quali sono le specificità di ciascuna?
- Disegnate il circuito primario e secondario di un impianto VZ con bobine di accensione a una scintilla e a doppia scintilla.
- Da quali elementi è controllata la corrente primaria negli impianti di accensione oggi comunemente utilizzati?
- Quali parametri determinano il punto di accensione?
- Descrivete il funzionamento di una regolazione selettiva del battito in testa.
- Quali sono le caratteristiche di un impianto VZ?

INDICAZIONI PER LE OFFICINE



Prevenzione degli infortuni

Gli impianti di accensione elettronici producono tensioni molto elevate (da 200 a 300 V sul primario, da 20 a 30 kV sul secondario), tali per cui potrebbero rappresentare un pericolo per l'essere umano.

Tensioni pericolose possono generarsi non solo nei componenti dell'impianto di accensione, ma anche nei cablaggi e nelle connessioni.



- Negli impianti di accensione con spinterogeno, pulire dentro e fuori le relative calotte e controllare che non presentino crepe o danni di alcun tipo.

Candele di accensione

- Le candele devono essere sostituite a intervalli regolari, come specificato dal costruttore (in genere dopo 60.000-100.000 km).

A tale proposito, utilizzare esclusivamente candele raccomandate dalla casa automobilistica.

Una tabella comparativa consente di confrontare tra loro diverse tipologie di candela.

Misure di sicurezza

- Non toccare o staccare i cavi di accensione a veicolo in moto o con motorino di avviamento in funzione.
- Collegare e scollegare i cavi dell'impianto di accensione soltanto a quadro spento.
- Se il motore deve essere fatto girare con motorino di avviamento, senza che si metta in moto, per esempio per la misurazione della pressione di compressione, staccare i connettori dalle bobine di accensione e dagli iniettori. Terminato il lavoro, richiamare e cancellare la memoria guasti.
- Effettuare il lavaggio del motore soltanto a quadro di accensione spento.
- La batteria dev'essere collegata e scollegata soltanto a quadro spento, onde evitare di danneggiare la centralina del motore.

Controllo visivo dell'impianto di accensione

- Controllare che tutti i componenti dell'impianto siano puliti. Le impurità e l'umidità possono generare correnti di fuga che possono essere causa di mancate accensioni.
- Verificare che morsetti, spine e cavi siano in perfette condizioni. Se danneggiati, possono causare scintille o produrre resistenze maggiori.

- La sostituzione delle candele va effettuata esclusivamente a motore freddo.
- Una volta allentata la candela, prima di procedere al suo smontaggio occorre eliminare l'eventuale sporco presente, onde evitare impurità nella camera di combustione.
- Le immagini delle candele (tab. 2, pag. 657) vanno esaminate rispetto al cilindro corrispondente, onde poter risalire a eventuali anomalie presenti.
- In caso di riutilizzo delle candele, verificare la distanza tra gli elettrodi ed eventualmente regolarla mediante spessimetro.
- Non utilizzare olio o grasso in fase di montaggio della candela, onde evitare grippaggi nella testata.
- La candela deve potersi avvitare con facilità. In caso contrario, vi è il rischio che la candela venga montata storta e che il filetto si danneggi.
- Effettuare il montaggio esclusivamente con la coppia o l'angolo di serraggio prestabilito (tab. 1, pag. 657).

Tabella 1: Coppie di serraggio delle candele

	Filetto	Legga	Ghisa grigia
Sede piatta	M 10 x 1	10-15 Nm	10-15 Nm
	M 12 x 1,25	15-25 Nm	15-25 Nm
	M 14 x 1,25	20-40 Nm	20-30 Nm
	M 18 x 1,5	30-45 Nm	20-35 Nm
oppure: dopo il fincorsa continuare a ruotare di 90° in caso di candele nuove di 30° in caso di candele usate			
Sede conica	M 14 x 1,25	20-25 Nm	15-25 Nm
	M 18 x 1,5	20-30 Nm	15-23 Nm
oppure: dopo il fincorsa ruotare di altri 15°			

Attenzione: rispettare i valori del costruttore.

Ricerca guasti con lo strumento di diagnosi

Quando si effettua una ricerca dei guasti negli impianti di accensione mediante uno strumento diagnostico, innanzitutto occorre sempre consultare la memoria guasti. Essa contiene informazioni, per esempio, quando sensori come il debimetro o il sensore del battito in testa non trasmettono segnali alla centralina o i segnali non sono plausibili. Le anomalie registrate devono essere verificate sull'impianto e conseguentemente eliminate, dopodiché va cancellata la memoria guasti. Una volta riavviato il motore, occorre consultare nuovamente la memoria guasti per accertare l'assenza di segnalazioni.

Assenza di segnalazioni di guasto. Se l'anomalia nell'impianto di accensione è riconducibile a un valore del sensore che, pur essendo plausibile, è sbagliato, la memoria non registra alcun guasto. Esempio: a causa di una maggiore resistenza di contatto sul connettore del debimetro, la centralina riceve come segnale un valore della massa d'aria sbagliato. In tal caso occorre leggere i segnali dei sensori con il tester o visualizzarli e controllarli con l'oscilloscopio. I risultati vanno quindi

confrontati con i dati della casa costruttrice.

Guasti nel circuito secondario. Se i guasti sono localizzati nel circuito secondario dell'impianto di accensione, spesso visualizzare l'andamento della tensione secondaria può essere d'aiuto nell'individuare il guasto. A tale proposito, tuttavia, occorre conoscere esattamente l'oscillogramma di base del rispettivo impianto di accensione. In base alle differenze tra la situazione effettiva e quella teorica si può risalire al guasto. In pratica, tuttavia, va detto che alcuni guasti possono essere individuati soltanto con un'osservazione estremamente accurata, una conoscenza approfondita dei dettagli e tanta esperienza (cfr. tab. 2, pag. 658).

Ricerca guasti all'impianto di accensione mediante controllo delle resistenze elettriche

Spesso sono le resistenze elettriche difettose a causare anomalie nell'impianto di accensione. I valori di riferimento in sede di misurazione delle resistenze sono i seguenti (considerare le indicazioni della casa costruttrice).

- Cavo dell'alta tensione ca. 5-6 kΩ/m
- Cappuccio della candela ca. 5 kΩ
- Rotore dello spinterogeno ca. 3-5 kΩ
- Bobina di accensione cilindro <2,0 Ω (primaria) <19 kΩ (secondaria)
- Bobina a 1 e a scintilla persa <1,0 Ω (primaria) <15 kΩ (secondaria)

Non è possibile misurare la resistenza dell'avvolgimento secondario in caso di diodi integrati per la soppressione della scintilla di chiusura.

Diagnosi del motore e ricerca guasti mediante esame dell'aspetto delle candele (tab. 2)

In funzione dell'aspetto delle candele, è possibile risalire alle condizioni del motore e, quindi, a eventuali guasti presenti.

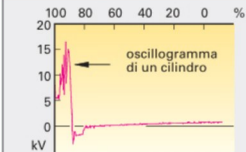
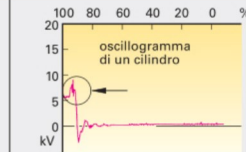
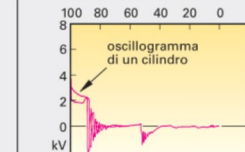
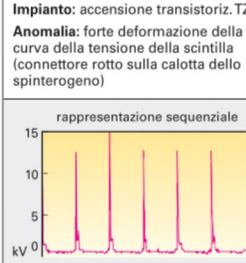
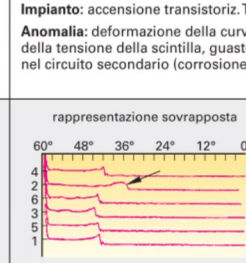
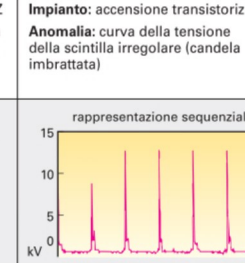
Tabella 2: Aspetti delle candele

Normale	Imbrattata	Unta	Elettrodo centrale fuso	Forte usura elettrodo di massa
				
Becco isolante di colore grigio/bianco grigio/giallo	Cause Miscela troppo grassa, utilizzo prevalentemente su brevi percorrenze	Cause Livello olio troppo alto, fasce elastiche o guide valvole molto usurate	Cause Surriscaldamento per autoaccensione	Cause Battito in testa

Tabella 1: Ricerca guasti

Anomalia	Controlli																
	Punto di accensione	Ordine di accensione	Candela	Cavi alta tensione	Calotta spinterogeno	Rotore spinterogeno	Spinterogeno	Bobina di accensione	Trasduttore di accensione	Cavi e spine	Dispositivo di accensione	Sensore regime motore	Trasduttore PMS	Sensore battito in testa	Sensore temp. motore	Sensore temp. aria	Trasduttore di carico
Il motore non si mette in moto	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
Il motore si spegne una volta avviato	•							•			•	•					•
Il motore, a caldo, non si mette in moto			•	•							•	•					
Il motore, a caldo, fa fatica ad avviarsi			•	•							•	•					
Il motore, a freddo, non si avvia			•	•							•	•					
Il motore, a freddo, fa fatica ad avviarsi			•	•							•	•					
Il motore si spegne a caldo			•	•							•	•					
Il motore, spento, continua a girare	•	•															
Presenza di battito in testa	•	•															
Surriscaldamento del motore	•			•													
Minimo irregolare	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Consumo eccessivo di carburante	•	•										•			•	•	•

Tabella 2: Oscillogrammi con anomalie (tensione secondaria)

 <p>oscillogramma di un cilindro</p>	 <p>oscillogramma di un cilindro</p>	 <p>oscillogramma di un cilindro</p>
<p>Impianto: accensione transistoriz. TZ</p> <p>Anomalia: forte deformazione della curva della tensione della scintilla (connettore rotto sulla calotta dello spinterogeno)</p>	<p>Impianto: accensione transistoriz. TZ</p> <p>Anomalia: deformazione della curva della tensione della scintilla, guasto nel circuito secondario (corrosione)</p>	<p>Impianto: accensione transistoriz. TZ</p> <p>Anomalia: curva della tensione della scintilla irregolare (candela imbrattata)</p>
<p>rappresentazione sequenziale</p> 	<p>rappresentazione sovrapposta</p> 	<p>rappresentazione sequenziale</p> 
<p>Impianto: VZ con bobina a una scintilla</p> <p>Anomalia: tensione di accensione maggiore sul cilindro 3, (per esempio, eccessiva distanza tra gli elettrodi)</p>	<p>Impianto: VZ con bobina a una scintilla</p> <p>Anomalia: curva della tensione della scintilla prolungata (problema sull'elettrodo della candela)</p>	<p>Impianto: VZ con bobina a una scintilla</p> <p>Anomalia: tensione di accensione bassa sul cilindro 5 (per esempio, pressione insufficiente nel cilindro)</p>

19.2.14 Sensori

Nei sistemi a regolazione elettronica, i sensori hanno il compito di rilevare gli stati di funzionamento e di convertirli in segnali elettrici.

19.2.14.1 Classificazione dei sensori

I sensori vengono classificati in base a:

- funzione (rilevamento numero di giri, temperatura, pressione);
- tipo di segnale d'uscita (analogico, binario, digitale);
- tipo di curva caratteristica (costante lineare, costante non lineare, non costante);
- funzionamento (induttivo, capacitivo, ottico, termico);
- numero di livelli di integrazione (fig. 1);
- attivi o passivi.

Livelli di integrazione. S'intende che varie operazioni necessarie a rendere il segnale utilizzabile da parte della centralina, sono elaborate dal sensore stesso. Nei sensori del 3° livello di integrazione, per esempio, l'informazione viene captata dal sensore e trasformata in una tensione elettrica. Quest'ultima viene trattata, ossia amplificata e, infine, digitalizzata.

A quel punto, il segnale viene elaborato dall'elettronica di conversione in modo tale da poter essere utilizzato direttamente dalla centralina.

Un grado di integrazione elevato comporta i seguenti vantaggi:

- grazie alla trasmissione del segnale tramite un sistema bus, il sensore è in grado di servire più centraline;
- per poter essere utilizzato in più centraline, il segnale deve essere elaborato una sola volta;

- grazie alla digitalizzazione, il segnale è relativamente immune alle perturbazioni elettromagnetiche;
- le centraline possono essere adattate più facilmente a diversi sensori, dal momento che l'elaborazione del segnale avviene già all'interno del sensore;
- l'informazione del segnale trasmesso dal sensore può essere, se necessario, richiamata dalla centralina.

Svantaggio: i sensori del 2° e 3° livello di integrazione non possono più essere controllati con i consueti strumenti da officina, come il multimetro o l'oscilloscopio. In questo caso occorre necessariamente uno strumento diagnostico specifico.

Sensori attivi. Sono sensori che, per rilevare grandezze fisiche, necessitano di una propria alimentazione separata. Esempi di sensori attivi: debimetro a film caldo, sensore di pressione assoluta, trasduttore di Hall.

Sensori passivi. A differenza dei sensori attivi, non necessitano di un'alimentazione specifica. Esempi di sensori passivi: NTC, potenziometri, sensori del battito in testa.

19.2.14.2 Esempi di sensori convenzionali

Interruttori

La forma più semplice di sensori sono gli interruttori. Possono essere ad azionamento meccanico, per esempio interruttore della valvola a farfalla (fig. 1, pag. 660), pneumatico (interruttore della pressione d'emergenza nei freni ad aria compressa), idraulico (interruttore di pressione dell'olio), termico (interruttore termico) o elettrico (relè). Gli interruttori possono comunicare alla centralina due stati: interruttore chiuso o interruttore aperto. L'informazione avviene tramite il calo di tensione sull'interruttore (fig. 2, pag. 660).

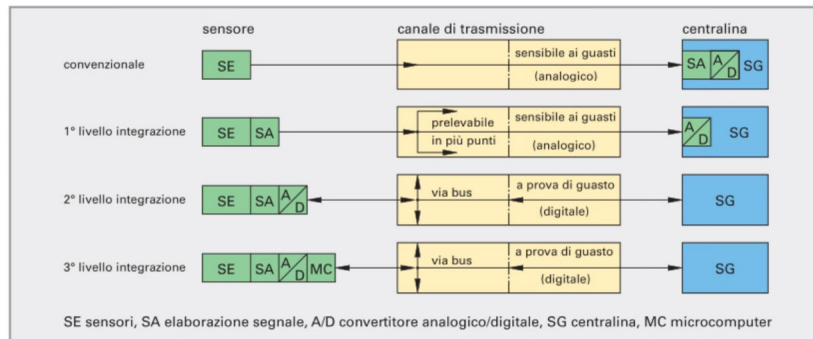


Figura 1: Livelli di integrazione dei sensori

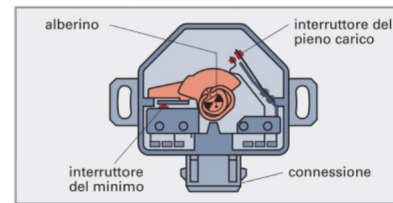


Figura 1: Interruttore della valvola a farfalla

Con interruttore aperto, lo strumento di misura (voltmetro o oscilloscopio) indica una tensione, per esempio, di 5 V se è collegato al PIN 4 (massa) e PIN 5 (più). Nel momento in cui l'interruttore viene chiuso, la tensione scende a 0 V. L'unità logica LE della centralina riceve gli stessi valori e "riconosce", per esempio, se il motore sta girando al minimo oppure no.

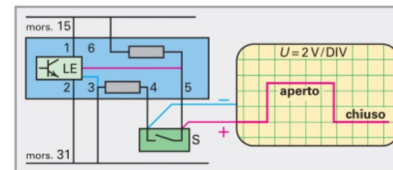


Figura 2: Rappresentazione del segnale sull'interruttore

Potenzimetri

Sono utilizzati per segnalare alla centralina l'angolo o la posizione di alberi o valvole. Negli autoveicoli vengono impiegati, per esempio, come potenziometri della valvola a farfalla (fig. 3), potenziometri sui sensori del pedale dell'acceleratore o del livello di carburante. I potenziometri funzionano come partitori di tensione. A tal fine, un cursore azionato da un alberino tasta le piste resistive. La lunghezza mutevole della pista fa variare la resistenza e, quindi, il calo di tensione agente su di essa.

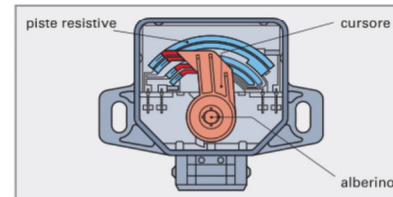


Figura 3: Potenziometro della valvola a farfalla

Il potenziometro è alimentato dal PIN 4 della centralina (fig. 4), per esempio, a 5 V. Se l'alberino o il cursore si trova nella posizione iniziale, sul PIN 3 vi

sarà una tensione, per esempio, di 4,2 V. Se l'alberino si sposta in direzione del finecorsa, la tensione d'uscita cala progressivamente fino a raggiungere, per esempio, 0,7 V. La variazione di tensione sul PIN 3 rispetto alla massa viene analizzato dall'unità logica LE della centralina. Per ogni valore di tensione rilevata, è possibile attribuire una posizione ben definita dell'alberino o della relativa valvola. In fase di controllo del segnale, è importante che l'andamento della tensione sia costante, senza brusche variazioni.

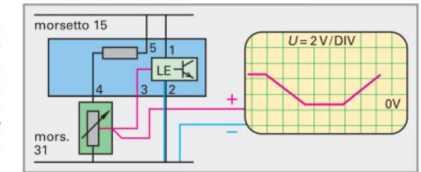


Figura 4: Rappresentazione del segnale sul potenziometro

Sensori della temperatura

Sono utilizzati per rilevare elettronicamente la temperatura. Negli autoveicoli si trovano, per esempio, sensori della temperatura del motore (fig. 5), dell'aria o del carburante. Nella carcassa del sensore è integrata una resistenza di misurazione in materiale semiconduttore, un NTC (Negative Temperature Coefficient), ossia una resistenza che diminuisce all'aumentare della temperatura.

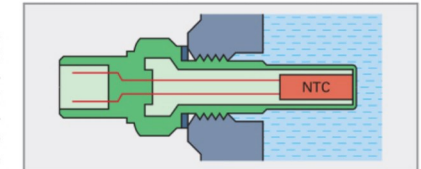


Figura 5: Sensore temperatura motore

Analogamente alla resistenza, la tensione sull'NTC diminuisce a mano a mano che la temperatura sale. L'NTC può essere controllato con un multimetro (fig. 6). Se la centralina alimenta il PIN 5, per esempio, a 5 V, lo strumento di misura dovrà indicare, all'aumentare della temperatura, una tensione

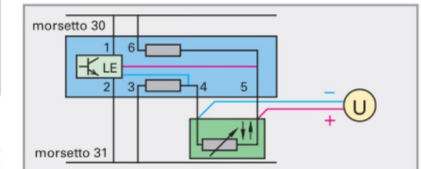


Figura 6: Variazione della tensione sulla resistenza

ne calante inferiore a 5 V. A temperature estremamente elevate, la resistenza dell'NTC tende a valori molto bassi, per cui lo strumento di misura rileverà un valore leggermente superiore a 0 V.

Per misurare invece la resistenza, occorre staccare la spina dalla centralina. I valori misurati devono essere confrontati con quelli specificati dal produttore. In genere, la curva temperatura-resistenza dell'NTC viene rappresentata sotto forma di curva caratteristica (fig. 1).

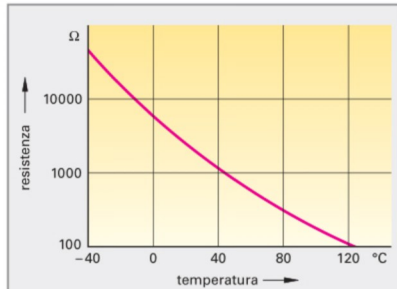


Figura 1: Curva caratteristica di un NTC

19.2.14.3 Esempi di sensori del 2° o 3° livello di integrazione

Sensori angolari

Sono utilizzati per determinare l'angolo di rotazione degli alberi, in genere applicando il principio di Hall. Uno o più IC a effetto Hall sono posizionati in modo tale che, in caso di rotazione dell'albero, vengano attraversati dai relativi campi magnetici. In base alle tensioni di Hall generate, il microprocessore integrato nel sensore calcola l'angolo di rotazione ed elabora il segnale per essere trasmesso al CAN-bus. Questo principio trova applicazione nei sensori del pedale dell'acceleratore degli impianti Motronic (fig. 2), nei sensori dell'angolo di sterzata per l'ESP e nei sensori assiali per la regolazione dinamica della distanza d'illuminazione.

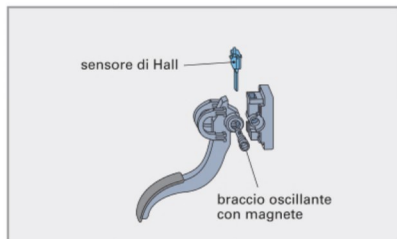


Figura 2: Sensore del pedale dell'acceleratore

Sensori a ultrasuoni

Contribuiscono a monitorare le distanze rispetto a ostacoli e spazi. Sono costituiti da un'elettronica di conversione e da un'unità ricetrasmittente che invia onde a ultrasuoni e riceve di ritorno le onde riflesse (fig. 3).

L'assistente di parcheggio si avvale, per esempio, di 4 o 6 sensori nel paraurti dell'auto per calcolare lo spazio davanti o dietro il veicolo a una distanza di circa 0,25 - 1,5 m. Nel sistema di antifurto, i sensori sono posizionati all'interno dell'abitacolo al fine di rilevare l'eventuale ingresso nel veicolo da parte di persone non autorizzate.

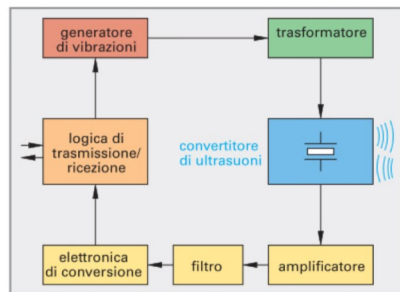


Figura 3: Componenti di un sensore a ultrasuoni

Sensori della velocità di rotazione

Possono essere piezoelettrici o capacitivi (fig. 4) e servono a determinare la rotazione del veicolo intorno al proprio asse verticale. I sensori sono in grado di rilevare i momenti d'imbardata durante la guida in curva o il testacoda. Sono utilizzati come sensori d'imbardata per l'ESP e nei navigatori satellitari.

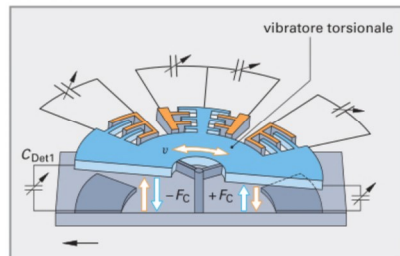


Figura 4: Sensore della velocità di rotazione

Sensori di accelerazione

Captano le accelerazioni in caso d'urto del veicolo e, tramite la centralina, attivano i sistemi di ritenuta degli occupanti. A tale proposito, durante l'urto una massa sismica (a oscillazione libera) viene

spostata generando una variazione capacitiva, che l'elettronica di conversione amplifica, filtra e digitalizza ai fini dell'elaborazione nella centralina. Altri modelli sfruttano un corpo sismico piezoelettrico fissato su un lato. Questi sensori sono impiegati, per esempio, per l'attivazione dei pretensionatori, airbag o barre antirollio.

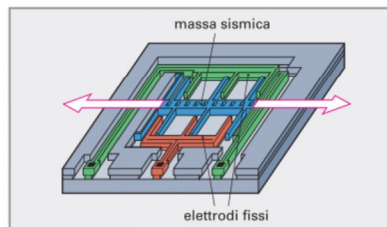


Figura 1: Sensore di accelerazione

Sensori di gas

Contribuiscono a monitorare le concentrazioni di NO_x, CO e l'umidità dell'aria. Sono costituiti da resistori a pellicola spessa contenenti ossido di stagno. Se vi è un accumulo reversibile delle sostanze da misurare, i resistori si modificano. Questi sensori vengono utilizzati per monitorare l'umidità e la qualità dell'aria negli impianti di climatizzazione. Sono impiegati anche come sensori NO_x nei veicoli a benzina a iniezione diretta.



Figura 2: Sensore della qualità dell'aria

Sensori ottici

Sono costituiti da diodi luminosi che emettono luce e da fotodiodi che la ricevono. Il mutamento della riflessione fa sì che la centralina riconosca la presenza di fari sporchi, vetri rotti o gocce di pioggia sul parabrezza a causa della minor ricezione di luce da parte dei fotodiodi. Questi sensori vengono utilizzati, per esempio, come sensori della pioggia (fig. 3) per l'attivazione automatica dei tergicristalli o come sensori di sporco per la pulizia automatica dei vetri di copertura dei fari xeno.

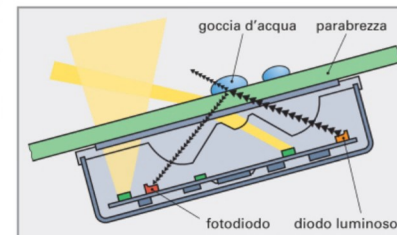


Figura 3: Sensore della pioggia

Sensori di forza

Vari resistori sensibili alla pressione sono raggruppati e collegati tra loro in un tappetino a sensori (fig. 4). In base alla distribuzione della pressione sul tappetino, la centralina è in grado di calcolare il peso, la posizione e il movimento degli occupanti del veicolo e attivare, in caso di incidente, i sistemi di ritenuta opportuni. Questi sensori rappresentano dunque la base per un'attivazione intelligente degli airbag. Integrato nel sistema vi è il riconoscimento automatico dei seggiolini per bambini.

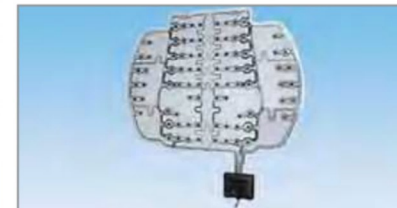


Figura 4: Tappetino a sensori per la determinazione degli occupanti

Sensore dell'olio (fig. 5)

Il sensore è in grado di rilevare sia la qualità (grado) e la temperatura, sia la quantità di olio motore presente. Oltre alla consueta misurazione della temperatura mediante NTC, si analizza anche la conduttività dell'olio motore, il che consente di monitorare con precisione lo stato tecnico del veicolo e, dunque, di elaborare un piano di manutenzione specifico.



Figura 5: Sensore dell'olio

19.2.15 Tecnologia ad alta frequenza

Compiti

La tecnologia ad alta frequenza consente lo scambio di informazioni sotto forma di suoni, immagini e dati senza la necessità di un collegamento via cavo (ossia senza fili).

Applicazioni (fig. 1).

Trasmissione audio

- Radio, televisione, telefono.

Trasmissione immagini

- Televisione.

Trasmissione dati

- Internet, telematica (chiamata d'emergenza, informazioni sul traffico).
- Sistemi interni come controllo della pressione degli pneumatici, radiocomandi, auricolari senza fili.
- Sistema di localizzazione **Global Positioning System (GPS)** per navigatori satellitari.

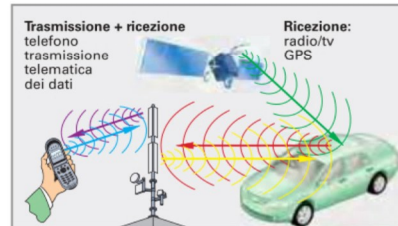


Figura 1: Tecnologia HF di un autoveicolo moderno

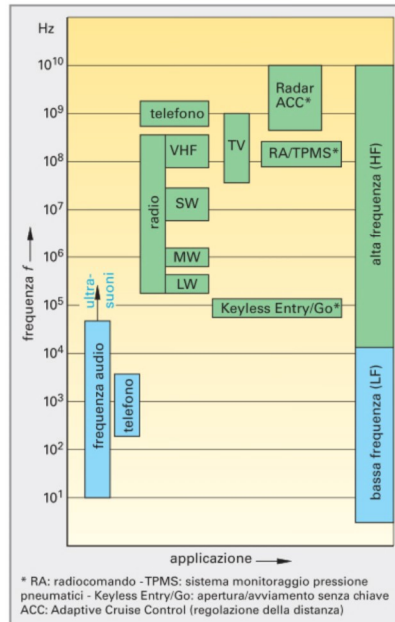
Le informazioni possono essere trasmesse nella loro forma originaria (per esempio suoni udibili a una frequenza di 16-20.000 Hz) soltanto tramite onde sonore o cavi elettrici. Questo range di frequenza è chiamato bassa frequenza (LF).

La tecnologia ad alta frequenza, invece, sfrutta l'irraggiamento e la ricezione di onde elettromagnetiche a frequenze superiori a 30 Hz per trasmettere le informazioni. Questo range è chiamato alta frequenza (HF). La fig. 2 indica i range di frequenza utilizzati negli autoveicoli e le loro applicazioni.

Struttura di un impianto ricetrasmittente

È costituito dal trasmettitore o ricevitore, dal cavo dell'antenna e dall'antenna.

Per irradiare o ricevere onde elettromagnetiche, la tecnologia HF necessita di un'antenna. Negli appa-



* RA: radiocomando - TPMS: sistema monitoraggio pressione pneumatici - Keyless Entry/Go: apertura/avviamento senza chiave ACC: Adaptive Cruise Control (regolazione della distanza)

Figura 2: Range di frequenza nell'autoveicolo

recchi di piccole dimensioni, per esempio telefoni cellulari o telecomandi, essa è integrata direttamente nel telaio. Negli impianti telefonici, nelle radio e nei navigatori satellitari, invece, l'antenna è un elemento a sé stante collegato al trasmettitore o ricevitore per mezzo del relativo cavo. La fig. 3 mostra, a titolo di esempio, la struttura di un telefono per auto.

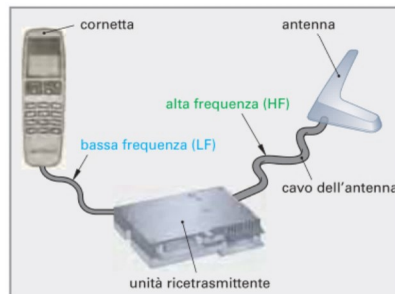


Figura 3: Struttura di un telefono per auto

Trasmettitore

Ha il compito di generare una tensione alternata sinusoidale (frequenza portante) e di trasmettere su di essa il segnale utile.

Il trasmettitore produce, tramite un generatore di frequenze, una tensione alternata sinusoidale avente una frequenza nel range HF. Essa viene chiamata frequenza portante. Il segnale utile (in un telefono, il segnale audio dal microfono integrato nella cornetta) viene inviato dal trasmettitore, tramite la modulazione, alla frequenza portante.

Modulazione di ampiezza (AM). È un'operazione con cui il trasmettitore modifica l'ampiezza della frequenza portante nel corso della frequenza utile (fig. 1). Viene utilizzata nella trasmissione dei segnali radio a onde lunghe (LW), corte (SW) e medie (MW).

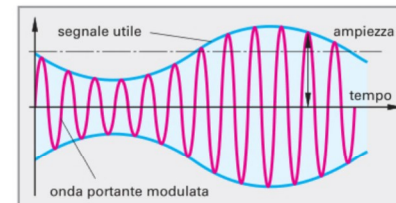


Figura 1: Modulazione di ampiezza (AM)

Altri tipi di modulazione sono la **modulazione di frequenza (FM)**, utilizzata nel range delle onde ultracorte (VHF), e la **modulazione di fase**, utilizzata nella trasmissione di segnali digitali (per esempio, telefono, navigatore).

Antenna

Ha il compito, in fase di trasmissione, di irradiare la tensione alternata modulata, generata dal trasmettitore, nell'ambiente circostante sotto forma di onde elettromagnetiche. In fase di ricezione, queste ultime sono convertite dall'antenna in una tensione alternata che viene analizzata dal ricevitore.

Struttura (fig. 2). Negli autoveicoli si utilizzano prevalentemente antenne ad asta, costituite da un piede e dall'asta con la relativa punta.

Nei veicoli moderni, tuttavia, si tende a installare sempre più antenne da vetro. Esse utilizzano il filo della resistenza del lunotto termico o eventuali ulteriori conduttori montati sul lunotto, sul finestrino laterale o sul parabrezza. Il componente principale è il modulo dell'antenna con amplificatore, che col-

lega i conduttori a vetro con il cavo dell'antenna. L'amplificatore è alimentato tramite quest'ultimo.

Il funzionamento generale dell'antenna da vetro è identico a quello dell'antenna ad asta.



Figura 2: Struttura di un'antenna ad asta e da vetro

Funzionamento dell'antenna trasmittente (fig. 1, pag. 665)

La tensione genera sull'antenna un campo elettrico, la corrente un campo magnetico.

La sommità dell'antenna funziona, insieme al piede, come un condensatore avente le piastre distanti le une dalle altre. In presenza di una tensione elettrica tra la sommità e il piede dell'antenna, si crea un **campo elettrico**, le cui linee si irradiano parallelamente all'asta dell'antenna.

Se durante la fase di tensione alternata si verifica una crescita o un calo di tensione, l'asta dell'antenna viene attraversata da una corrente. L'asta si comporta come una bobina e genera un **campo magnetico**. Le linee di campo magnetico ruotano ad anello attorno all'asta dell'antenna.

Il campo elettrico e il campo magnetico si alternano a vicenda e vengono irradiati dall'antenna trasmittente perpendicolarmente l'uno all'altro. Insieme sono chiamati **onde elettromagnetiche**.

Trasmittitore

Ha il compito di generare una tensione alternata sinusoidale (frequenza portante) e di trasmettere su di essa il segnale utile.

Il trasmettitore produce, tramite un generatore di frequenze, una tensione alternata sinusoidale avente una frequenza nel range HF. Essa viene chiamata frequenza portante. Il segnale utile (in un telefono, il segnale audio dal microfono integrato nella cornetta) viene inviato dal trasmettitore, tramite la modulazione, alla frequenza portante.

Modulazione di ampiezza (AM). È un'operazione con cui il trasmettitore modifica l'ampiezza della frequenza portante nel corso della frequenza utile (fig. 1). Viene utilizzata nella trasmissione dei segnali radio a onde lunghe (LW), corte (SW) e medie (MW).

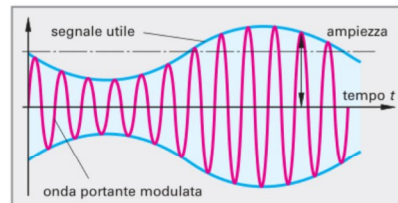


Figura 1: Modulazione di ampiezza (AM)

Altri tipi di modulazione sono la **modulazione di frequenza (FM)**, utilizzata nel range delle onde ultracorte (VHF), e la **modulazione di fase**, utilizzata nella trasmissione di segnali digitali (per esempio, telefono, navigatore).

Antenna

Ha il compito, in fase di trasmissione, di irradiare la tensione alternata modulata, generata dal trasmettitore, nell'ambiente circostante sotto forma di onde elettromagnetiche. In fase di ricezione, queste ultime sono convertite dall'antenna in una tensione alternata che viene analizzata dal ricevitore.

Struttura (fig. 2). Negli autoveicoli si utilizzano prevalentemente antenne ad asta, costituite da un piede e dall'asta con la relativa punta.

Nei veicoli moderni, tuttavia, si tende a installare sempre più antenne da vetro. Esse utilizzano il filo della resistenza del lunotto termico o eventuali ulteriori conduttori montati sul lunotto, sul finestrino laterale o sul parabrezza. Il componente principale è il modulo dell'antenna con amplificatore, che col-

lega i conduttori a vetro con il cavo dell'antenna. L'amplificatore è alimentato tramite quest'ultimo.

Il funzionamento generale dell'antenna da vetro è identico a quello dell'antenna ad asta.

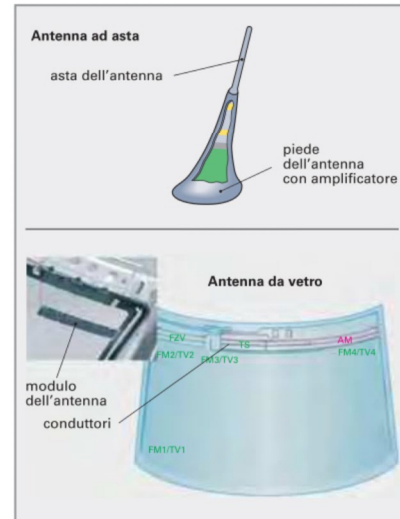


Figura 2: Struttura di un'antenna ad asta e da vetro

Funzionamento dell'antenna trasmittente (fig. 1, pag. 665)

La tensione genera sull'antenna un campo elettrico, la corrente un campo magnetico.

La sommità dell'antenna funziona, insieme al piede, come un condensatore avente le piastre distanti le une dalle altre. In presenza di una tensione elettrica tra la sommità e il piede dell'antenna, si crea un **campo elettrico**, le cui linee si irradiano parallelamente all'asta dell'antenna.

Se durante la fase di tensione alternata si verifica una crescita o un calo di tensione, l'asta dell'antenna viene attraversata da una corrente. L'asta si comporta come una bobina e genera un **campo magnetico**. Le linee di campo magnetico ruotano ad anello attorno all'asta dell'antenna.

Il campo elettrico e il campo magnetico si alternano a vicenda e vengono irradiati dall'antenna trasmettente perpendicolarmente l'uno all'altro. Insieme sono chiamati **onde elettromagnetiche**.

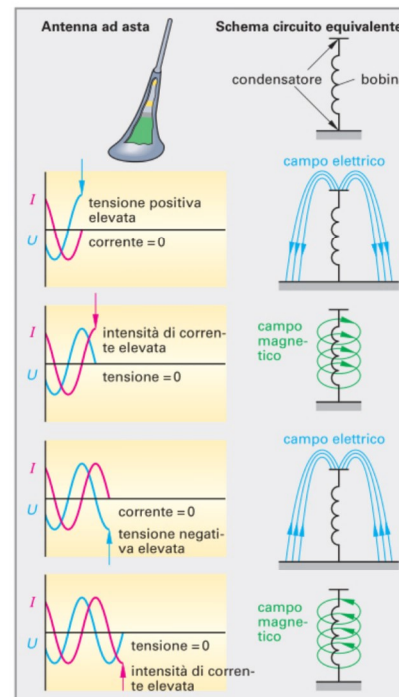


Figura 1: Funzionamento di un'antenna trasmittente

Antenna ricevente

La tensione alternata ad alta frequenza viene generata:

- nell'antenna ad asta dal campo elettrico;
- nell'antenna a bobina dal campo magnetico.

Antenna ad asta (fig. 2). Se l'onda elettromagnetica di un'antenna trasmittente verticale raggiunge un'antenna ricevente anch'essa verticale, il campo elettrico genera al suo interno una tensione alternata ad alta frequenza.

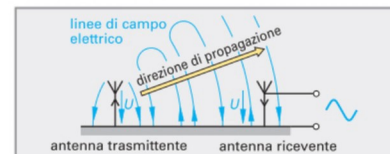


Figura 2: Ricezione di un'antenna ad asta

Antenna a bobina. Assorbe le onde magnetiche di un segnale radio e genera una tensione alternata ad alta frequenza. Essendo direzionale, non è indicata come antenna ricevente negli autoveicoli. In via eccezionale, viene utilizzata come antenna trasmettente (per esempio, chiusura centralizzata senza chiave).

Antenna sintonizzata (fig. 3)

La lunghezza dell'antenna dev'essere in funzione della lunghezza dell'onda portante. Se la lunghezza dell'antenna è un quarto della lunghezza d'onda (λ) si parla di antenna sintonizzata.

Antenna ottimale (fig. 3a). Si ha quando la tensione è massima alla sommità dell'antenna e nel piede circola la corrente massima. Essendo in risonanza con la frequenza di ricezione, questa antenna possiede la massima potenza di ricezione.

Antenna troppo corta (fig. 3b). Essendovi una tensione inferiore alla sommità dell'antenna, anche la corrente alla base sarà inferiore. La potenza di ricezione è ridotta. Per motivi di design, i veicoli moderni sono equipaggiati con antenne corte, che come tali necessitano di amplificatori nel piede o nel modulo dell'antenna.

Antenna troppo lunga (fig. 3c). In caso di antenna più lunga, la tensione alla sommità diminuisce nuovamente. Anche la potenza di ricezione è ridotta.

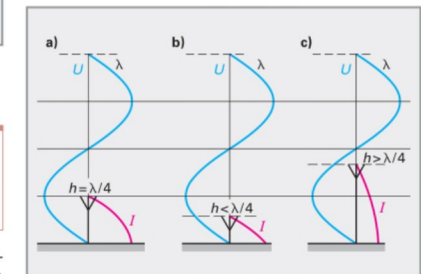


Figura 3: Curve di corrente e tensione su antenne di diversa lunghezza

Lunghezza d'onda

La lunghezza d'onda λ indica il percorso compiuto da un segnale di tensione alternata nel corso di un dato periodo. È inversamente proporzionale alla frequenza f .

Si calcola in base alla velocità di propagazione delle onde (c) e alla frequenza (f) e viene espressa in

metri. Nell'aria le onde elettromagnetiche si propagano quasi alla velocità della luce.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Unità: m}$$

Esempio di calcolo di un'antenna accordata per ricezione radio a onde ultracorte

Velocità di propagazione $c = 300 \cdot 10^6$ m/s
 Frequenza $f = 100$ MHz (VHF)
 Lunghezza antenna = h

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300 \cdot 10^6 \text{ m/s}}{100 \cdot 10^6 \text{ 1/s}} = 3 \text{ m}$$

$$h = \lambda/4 = 3 \text{ m} / 4 = 0,75 \text{ m}$$

Cavo dell'antenna (fig. 1)

In un impianto di trasmissione ha il compito di trasmettere la tensione alternata all'antenna.

Struttura (fig. 1). Si tratta di un cavo coassiale protetto dai disturbi elettromagnetici, grazie a una schermatura collegata alla massa del veicolo. Esso oppone un'impedenza caratteristica alla corrente alternata, influenzando la potenza di trasmissione e ricezione.

Impedenza caratteristica. Se il cavo coassiale è attraversato da una corrente alternata ad alta frequenza, esso si comporta come un circuito con bobine in serie e condensatori in parallelo.

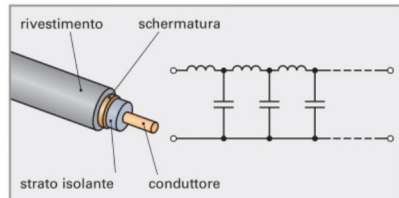


Figura 1: Struttura e schema del circuito equivalente di un cavo d'antenna

L'impedenza caratteristica è costituita dalla resistenza del conduttore in ohm e dalla reattanza efficace capacitiva e induttiva. Essa ha un ruolo determinante per la qualità della trasmissione e ricezione.

Impianto dell'antenna sintonizzato. In esso l'impedenza caratteristica del cavo dell'antenna è uguale alla resistenza al piede dell'antenna. In fase di realizzazione degli impianti ricetrasmittenti, i componenti sono progettati in modo da essere adattati gli

uni rispetto agli altri. Ecco perché, in caso di riparazione, occorre utilizzare esclusivamente ricambi autorizzati dal costruttore.

Onde stazionarie (fig. 2). Si generano in seguito all'errata sintonizzazione di un impianto emettitore e comportano il mancato irraggiamento completo dell'energia da parte dell'antenna. Parte delle onde viene riflessa al punto di raccordo tra cavo dell'antenna e antenna. In seguito alla sovrapposizione delle onde nelle due direzioni, all'interno del cavo dell'antenna si formano, a intervalli regolari ($\lambda/2$), onde di ampiezza aumentata, cioè creste dell'onda ($U_h + U_r$) e, di ampiezza ridotta, ossia cave dell'onda ($U_h - U_r$). Esse sono definite onde stazionarie e riducono la potenza di trasmissione.

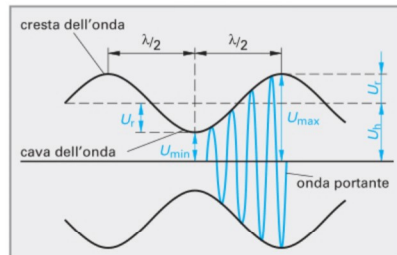


Figura 2: Onde stazionarie

Rapporto Onde Stazionarie (ROS, SWR*). È il parametro utilizzato per sintonizzare gli impianti trasmittenti. Si calcola dividendo la cresta dell'onda ($U_h + U_r$) per la cava dell'onda ($U_h - U_r$).

$$SWR = \frac{U_h + U_r}{U_h - U_r}$$

Un emettitore perfettamente sintonizzato non genera né creste né cave d'onda. La tensione U_r è quindi pari a 0.

Si ottiene pertanto:

$$SWR = \frac{U_h + 0V}{U_h - 0V} = 1$$

Ciò significa che il rapporto onde stazionarie ottimale è pari a 1.

Il rosmetro, o riflettometro, è lo strumento di misura usato in radiotecnica per misurare il rapporto onde stazionarie. È utilizzato per esempio, per la ricerca guasti negli impianti radio, telefoni e trasmittenti.

* SWR = Standing Wave Ratio

Ricevitore

Il ricevitore ha il compito di analizzare la tensione alternata ad alta frequenza generata dall'antenna, ricavarne il segnale utile (suoni, immagini, dati) e comandare in base a esso gli attuatori (altoparlanti, schermi, ecc.).

Il ricevitore ottiene la tensione alternata dell'antenna e separa il segnale utile dalla frequenza portante per mezzo della demodulazione. Il segnale utile risultante è quindi utilizzato per comandare attuatori come altoparlanti, schermi, motori, ecc.

Propagazione delle onde (fig. 1).

Le onde radio si propagano in modo diverso, in funzione della loro frequenza. A tale proposito si distingue tra onde dirette e indirette.

Onde dirette. Si propagano lungo la superficie terrestre. Nel range a onde lunghe (LW) possono propagarsi fino a 1000 km di distanza. A mano a mano che la frequenza aumenta, tuttavia, crescono anche le perdite lungo la superficie terrestre. Nel range a onde corte (SW), infatti, la portata delle onde dirette scende a circa 100 km.

Onde indirette. Si propagano in maniera rettilinea, per cui dovrebbero uscire dal campo terrestre. A determinati range di frequenza, tuttavia, vengono riflesse dagli strati conduttivi presenti nell'atmosfera a 50-300 km di altitudine, per cui ritornano sulla superficie terrestre. Il potere riflettente dipende dalla lunghezza d'onda e dal momento della giornata. La riflessione delle onde indirette incrementa, quindi, la portata delle onde medie (MW) e corte (SW).

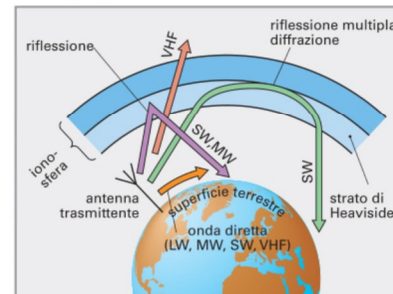


Figura 1: Propagazione delle onde radio

Nella gamma delle onde ultracorte (VHF) in campo televisivo, le onde si propagano in modo pressoché rettilineo. Le migliori condizioni di ricezione si

hanno quando il trasmettitore e il ricevitore sono a distanza visiva. Le onde ultracorte, penetrando nella ionosfera, consentono la comunicazione via radio con navicelle spaziali e satelliti.

Direzione di polarizzazione

Indica la direzione del campo elettrico di un'antenna trasmittente rispetto alla direzione di propagazione e quindi stabilisce il punto d'installazione ideale di un'antenna ricevente.

Un'antenna trasmittente verticale emette un campo elettromagnetico, i cui campi elettrici e magnetici sono, rispettivamente, perpendicolari e orizzontali alla direzione di propagazione. È la cosiddetta **polarizzazione verticale**. Analogamente, in caso di antenna trasmittente orizzontale si avrà una **polarizzazione orizzontale**. Entrambe vengono definite **polarizzazioni lineari**. La fig. 2 mostra la polarizzazione verticale.

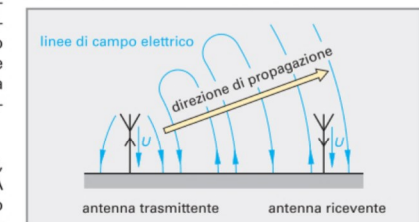


Figura 2: Polarizzazione verticale

Onda polarizzata circolarmente. È costituita da due onde a polarizzazione lineare su piani perpendicolari l'uno all'altro, che risultano sfasati reciprocamente di 90°. A seconda della direzione di sfasamento, l'onda risultante sarà con rotazione verso destra o verso sinistra. Questa tecnica viene utilizzata prevalentemente nelle telecomunicazioni satellitari (GPS).

Diffrazione delle onde radio sulla carrozzeria del veicolo (fig. 1, pag. 668)

In Europa i segnali VHF vengono emessi con polarizzazione orizzontale. La loro ricezione è resa possibile unicamente grazie all'influenza del campo esercitata dalla struttura metallica della carrozzeria del veicolo, generalmente in combinazione con un'antenna ad asta.

Da notare che, sulla carrozzeria del veicolo, ci sono dei punti dove la concentrazione dei campi elettromagnetici è maggiore rispetto ad altri. Nell'esempio raffigurato, le massime concentrazioni si registrano sul bordo anteriore e posteriore del tetto, che rappresentano le posizioni ideali per il montaggio dell'antenna ricevente.

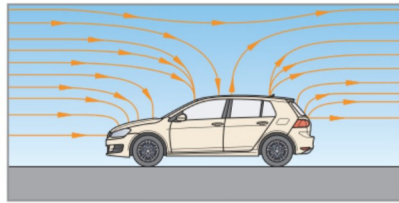


Figura 1: Diffrazione sulla carrozzeria del veicolo

Cause dei disturbi di ricezione

Zone d'ombra (fig. 2)

Si verificano quando il "contatto visivo" tra trasmettitore e ricevitore è interrotto per la presenza di ostacoli.

Ostacoli come montagne ed edifici non possono essere attraversati dalle onde radio, per cui la potenza di ricezione diminuisce.

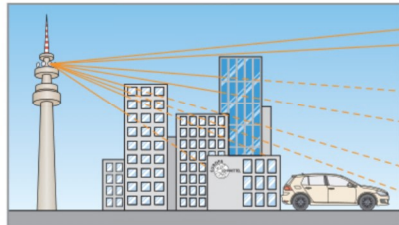


Figura 2: Zona d'ombra

Ricezione multipla, multipath (fig. 3)

Si verifica quando un segnale radio raggiunge direttamente l'antenna ricevente dopo essere stato riflesso uno o più volte.

Il segnale riflesso giunge all'antenna in ritardo, ossia sfasato nel tempo. Alcuni segnali si annullano a vicenda e riducono la potenza di ricezione.

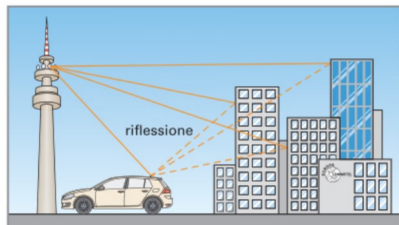


Figura 3: Ricezione multipla, multipath

Fonti di disturbo negli autoveicoli

I contatti striscianti e i commutatori a bordo del veicolo generano onde elettromagnetiche che disturbano i sistemi radio.

In un veicolo, le principali sorgenti di disturbo sono:

- impianto di accensione;
- contatti labili a livello di connessioni e cablaggi;
- alternatore;
- motorino d'avviamento;
- motori elettrici;
- cariche elettrostatiche (pneumatici);
- contatto metallico precario o variabile tra parti metalliche estese del veicolo (cofano motore).

19.2.16 Compatibilità elettromagnetica (CEM)

Indica la capacità di un dispositivo elettrico o elettronico di funzionare come previsto all'interno del proprio ambiente elettromagnetico (**immunità**) e contemporaneamente di non disturbare altri dispositivi (**emissione**, fig. 4).

I sistemi installati sul veicolo, come l'impianto di accensione, il sistema di iniezione, il sistema antibloccaggio, il telefono cellulare, ecc., non devono influenzarsi a vicenda e non devono neppure essere inquinanti per l'ambiente.

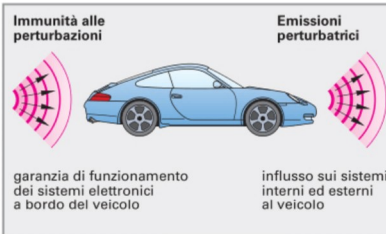


Figura 4: Immunità alle perturbazioni ed emissioni perturbatrici

Per ottenere una buona CEM, è opportuno installare:

- condensatori di deparassitaggio;
- bobine di reattanza;
- cavi schermati;
- schermature in lamiera d'acciaio;
- cavi intrecciati.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Diagnosi sugli impianti di ricezione

Misura dell'intensità di campo (misura del livello)

Si effettua per la ricerca guasti sugli impianti di ricezione. La misura della variazione di tensione sinusoidale generata nell'antenna è svolta da appositi strumenti di misura del livello o dell'intensità del campo elettromagnetico. L'unità di misura è il decibel microvolt (dB μ V).

I misuratori dell'intensità di campo vengono utilizzati di rado in concessionaria.

Il controllo dell'intensità del campo elettromagnetico può essere effettuato con il tester nel corso dell'autodiagnosi.

L'intensità di campo dipende in larga misura dall'influsso di fattori esterni, per cui non è possibile stabilirne un valore nominale. Ai fini della ricerca guasti si effettua una misurazione comparativa con veicoli privi di anomalie. In altre parole, si misura l'intensità di campo sul veicolo funzionante e la si confronta con quella del veicolo in questione.

Le condizioni da rispettare sono le seguenti:

- le misurazioni dell'intensità di campo vanno sostanzialmente effettuate soltanto all'aperto;
- entrambi i veicoli devono essere dello stesso modello e avere i medesimi allestimenti;
- entrambi i veicoli vanno regolati alla medesima frequenza;

- i due veicoli devono essere posizionati uno dopo l'altro nel medesimo luogo ed essere orientati nella medesima direzione.

Qualora dalla misurazione dovesse risultare una differenza di valori rispetto al veicolo di riferimento, la causa del guasto può essere ricercata mediante ulteriori controlli.

- Controllare che il cavo dell'antenna non sia spezzato.
- Controllare il collegamento a massa dell'antenna.
- Misurare la tensione di alimentazione e l'assorbimento di corrente dell'amplificatore d'antenna.
- Provare a sostituire eventuali componenti dell'impianto di ricezione (antenna, amplificatore, cavo dell'antenna, ricevitore) e ripetere la misurazione dell'intensità di campo.

Negli impianti di ricezione di ultima generazione l'amplificatore è alimentato tramite il cavo dell'antenna. Il sistema di autodiagnosi dell'impianto monitora il collegamento via cavo e l'assorbimento di corrente dell'amplificatore sulla base dell'intensità di corrente assorbita da esso. In caso di scostamento rispetto ai valori nominali, l'anomalia viene registrata nella memoria guasti e, tramite il tester di diagnosi, può essere analizzata ed eliminata.

Con il tester è possibile anche controllare l'assorbimento di corrente dell'amplificatore.



Figura 1: Misura intensità di campo con tester diagnosi

Figura 2: Indicazione cavo antenna piegato

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Da che cosa è costituito un impianto di trasmissione?
- 2 Qual è il campo emesso dalla corrente che circola in un'antenna emittente?
- 3 Qual è il compito dell'antenna ricevente?
- 4 Quando si crea una zona d'ombra?
- 5 Quali sono gli effetti della ricezione multipla?
- 6 Quanto è lunga un'antenna ricevente sintonizzata?

- 7 Quali sono le fonti di disturbo a bordo di un veicolo?
- 8 Che cosa s'intende per rapporto onde stazionarie?
- 9 Che cosa s'intende per compatibilità elettromagnetica?
- 10 Come si effettua la misura dell'intensità di campo sugli impianti di ricezione?
- 11 Che cosa s'intende per polarizzazione?

19.2.17 Trasmissione dati nel veicolo

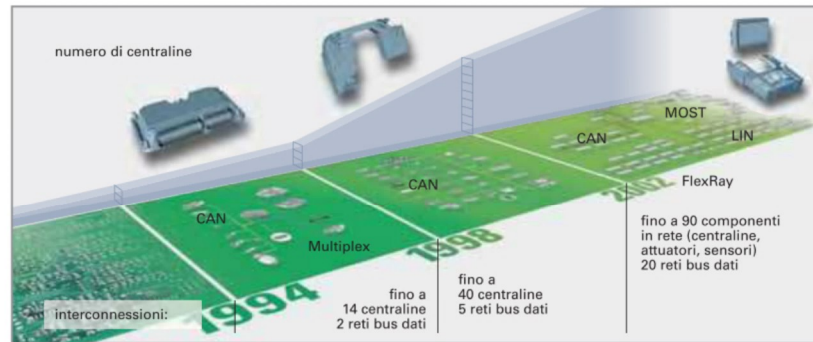


Figura 1: Sviluppo delle interconnessioni a bordo del veicolo

Consente il trasporto e lo scambio di informazioni tra i componenti elettronici sotto forma di dati e segnali.

Trasmissione dati tradizionale (fig. 2). Necessità di almeno due cavi per ogni informazione, per esempio debimetro, trasduttori di Hall. La crescente complessità dell'elettronica di bordo nei settori sicurezza del veicolo, comfort, comunicazione, gestione motore, riduzione delle emissioni e diagnosi, richiede che i sistemi siano interconnessi al fine di agevolare lo scambio di un gran numero di informazioni in un lasso di tempo ridotto. Tale complessità non può essere gestita tramite una trasmissione dati tradizionale, dal momento che comporterebbe un notevole aumento di peso e un ingombro eccessivo. Alla luce di ciò, sempre più veicoli sono dotati di bus dati.

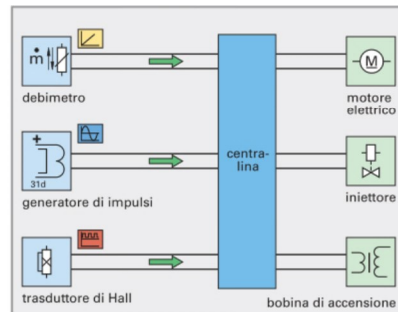


Figura 2: Trasmissione dati tradizionale

* Baud (bd): da Jean Baudot (ingegnere delle telecomunicazioni, Francia 1845-1903)

Sistemi di bus dati (tab. 1, pag. 671)

La crescente complessità dell'elettronica di bordo presuppone un forte sviluppo delle interconnessioni (fig. 1), cioè è possibile solo grazie all'utilizzo di bus dati.

Trasmettono le informazioni per mezzo di segnali digitali (bit), raggruppati in pacchetti di dati.

I loro vantaggi rispetto alla tradizionale tecnica di trasmissione dei dati sono:

- utilizzo condiviso dei sensori e delle relative grandezze fisiche rappresentate (per esempio, temperatura esterna, regime motore) da parte di più centraline;
- è incrementata la flessibilità del sistema, per esempio è possibile aggiungere nuove funzioni solo attraverso modifiche del software (evoluzione durante la vita del veicolo);
- si riduce il numero di cavi e dei connettori e si semplifica la progettazione degli impianti;
- si incrementa l'affidabilità dei dispositivi elettronici e delle informazioni trasmesse;
- funzione diagnostica integrata semplificando le operazioni di assistenza sui componenti elettrici/elettronici.

La modalità di trasmissione dipende dal sistema di bus dati. Si distingue tra:

- bus dati elettrici a un filo;
- bus dati elettrici a due fili (accostati o twistati);
- bus dati a fibre ottiche;
- bus dati senza fili.

Il tipo di sistema utilizzato dipende da caratteristiche e parametri quali:

- la velocità di trasmissione dei dati, indicata con l'unità di misura baud (bd)*, bit al secondo;

Tabella 1: Panoramica dei principali sistemi di bus dati

Tipo di trasmissione	Sistema bus	Velocità max. di trasmissione	Applicazione	Modalità di trasm. dati	Struttura sistema
Elettrica a un filo	Multiplex	100 kbd	Comandi elementari	Asincrona	Bus
	Local Interconnect Network (LIN)	19,2 kbd		Asincrona	Bus
Elettrica a due fili	Controller Area Network (CAN)	1 Mbd	Trazione e comfort	Asincrona	Bus o a stella passiva
	FlexRay	10 Mbd	Dinamica del veicolo, sistemi Drive-by-Wire	Sincrona	A stella attiva, struttura Daisy-Chain
Impulsi luminosi	Domestic Digital Bus (D ² B)	5,6 Mbd	Informazione, comunicazione, intrattenimento	Sincrona	Anulare
	Media Oriented System Transport (MOST)	150 Mbd	Informazione, comunicazione, intrattenimento	Sincrona	Anulare o a stella attiva
Impulsi luminosi o onde radio	Byteflight	100 Mbd	Sicurezza, informazione, intrattenimento	Sincrona	Anulare, ad albero, a stella
Senza fili	Bluetooth™	1 Mbd	Comunicazione	Asincrona	

- la compatibilità elettromagnetica (CEM);
- la capacità real-time;
- la trasmissione dati sincrona o asincrona;
- la complessità e i costi.

Capacità real-time

È la capacità di un sistema elettronico di computerizzare processi in tempo reale o di trasmetterli esattamente come si manifestano in quel preciso istante. Ciò significa, per esempio, che per controllare la combustione nel motore, occorre un sistema di calcolo estremamente rapido, dal momento che lì, i processi si svolgono in brevissimo tempo. Per comandare l'alzacristalli elettrico, invece, è sufficiente un sistema di calcolo più lento.

Trasmissione dati sincrona, temporizzata (fig. 1a)

Trasmette i dati a intervalli di tempo prestabiliti. Si chiama anche trasmissione temporizzata dei dati.

Esempio: A, B e C sono messaggi inviati in una sequenza prestabilita. A determinati intervalli di tempo, viene trasmesso uno dei messaggi, per esempio la temperatura dell'olio, o il regime del motore. Poiché quest'ultimo è soggetto a variazioni più frequenti rispetto alla temperatura dell'olio, esso sarà trasmesso sul bus dati a intervalli di tempo più brevi.

Trasmissione dati asincrona, ad eventi (fig. 1b)

I messaggi vengono trasmessi sul bus dati a seguito di un evento, purché il bus sia libero. Se più

centraline contemporaneamente vogliono inviare messaggi sul bus dati, ha la priorità quello più importante.

Esempio: i messaggi relativi al comando di un'operazione di frenata, ai fini della stabilizzazione del veicolo da parte del sistema ESP, hanno la priorità rispetto a quelli di comando della climatizzazione dell'abitacolo.

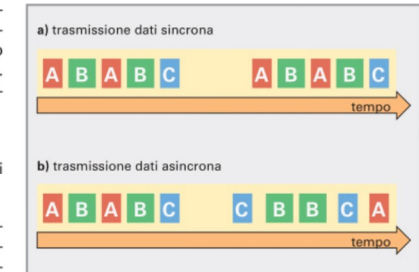


Figura 1: Trasmissione dati sincrona e asincrona

Trasmissione dati seriale

I bus attualmente in uso effettuano una trasmissione seriale dei dati, ossia trasmettono i bit in successione sull'apposito mezzo previsto (cavo elettrico, fibra ottica, onde radio).

La trasmissione delle informazioni può avvenire come segue:

- nei bus dati elettrici, attraverso una variazione di tensione sulla linea di trasmissione;
- nei bus dati a fibre ottiche, attraverso la variazione o modulazione delle onde elettromagnetiche (onde luminose);
- nei bus dati senza fili, attraverso la variazione delle onde radio per modulazione di impulsi o di frequenza.

Affinché le centraline possano comunicare tra loro, a ogni bit è attribuito un determinato valore temporale (cadenza).

Questo tempo è chiamato bit time t_{bit} .

Stati operativi: modalità sleep e wake-up

Modalità sleep. Riduce il consumo di corrente disattivando la comunicazione quando non è necessario lo scambio dei dati.

Se la comunicazione sul bus dati non è necessaria, quest'ultimo entra in modalità "sleep".

Modalità wake-up. È necessaria per riattivare la comunicazione sul bus dati, dopo l'attivazione della modalità sleep. Nei bus dati, il comando delle modalità sleep e wake-up avviene tramite procedure differenti, spesso stabilite dal produttore. Si considerino a tale proposito le informazioni del fabbricante.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Se i bus dati sono attivi, la corrente di riposo aumenta. Qualora la batteria di avviamento tenda a scaricarsi più rapidamente del previsto, occorre verificare innanzitutto il funzionamento della modalità sleep e wake-up.

Nella videata dello strumento di diagnosi in cui sono visualizzati i valori effettivi, è indicato un elenco dei nodi che possono essere in modalità sleep.

19.2.17.1 Bus dati elettrici

Struttura (fig. 1). I bus dati elettrici sono costituiti da almeno due nodi o utenze (per esempio centralina ABS, centralina motore), con una propria alimentazione, e una o due linee bus su cui vengono trasmessi i dati.

Nodi, utenze

Sono costituiti da:

- elettronica di conversione dei segnali trasmessi dai sensori;
- elettronica di comando degli attuatori;
- microprocessore per il calcolo delle funzioni;
- controller per il comando della comunicazione sul bus dati;

- transceiver (ricetrasmittitore) per la trasmissione dei dati sulla linea bus.

Transceiver. L'interfaccia BUS o Transceiver è la parte responsabile della ricezione/trasmisione dei messaggi sulla rete (dall'inglese "to transmit" e "to receive"). In fase di trasmissione, impacchetta il messaggio fornito dal controller e lo converte in segnali elettrici per trasmetterlo al bus dati. In fase di ricezione, ripulisce i dati dai bit di controllo e comunica il messaggio al controller.

Controller. Elabora i dati calcolati dal microprocessore in modo tale che possano essere trasmessi dal transceiver sulla linea dati. Se un altro nodo invia dati sulla linea bus, il transceiver li trasmette al controller. Filtra i dati necessari alla centralina e li invia al microprocessore.

Tutti i nodi collegati al bus dati possono accedere alle informazioni che circolano. Il controller di ogni nodo decide in merito al loro utilizzo.

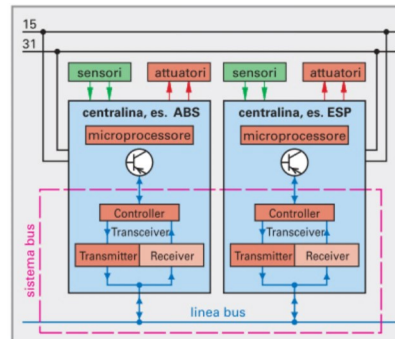


Figura 1: Struttura di un bus dati elettrico

Multiplex (fig. 1, pag. 673)

Il sistema di comunicazione multiplex consente di condividere lo stesso mezzo trasmissivo (filo) tra più utenti, sia trasmettitori che ricevitori.

Una volta trasmessi, i segnali sono separati da un altro circuito elettronico, il demultiplexer, e trasmessi ai rispettivi ricevitori. Su una linea è possibile trasmettere più segnali d'ingresso alla centralina. La forma (protocollo) delle informazioni digitali non è stabilita in maniera standard dai produttori dei sistemi, bensì si utilizzano livelli di segnale e protocolli differenti.

Applicazioni. I sistemi multiplex sono utilizzati, per esempio, nell'Active Body Control.

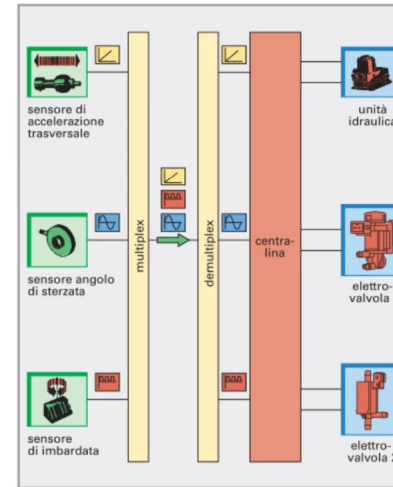


Figura 1: Principio multiplex

Local Interconnect Network (LIN)

È utilizzata prevalentemente per il trasporto dei dati tra la centralina e i sensori attivi e gli attuatori. Lavora secondo il principio master-slave. La forma del segnale e il protocollo sono standard.

Sensori attivi, attuatori. Sono componenti con alimentazione separata ed elettronica di conversione o di comando.

I sensori attivi generano un segnale soltanto una volta alimentati. L'elettronica di conversione amplifica il segnale misurato o lo converte in un segnale dati, incrementandone l'immunità al parassitaggio. La struttura della centralina viene semplificata.

Per espletare le proprie funzioni, gli attuatori necessitano, oltre che del comando della centralina, di una tensione di alimentazione. In questo modo, dato che la centralina non deve comandare le correnti di pilotaggio dell'attuatore, può fare a meno dei transistor finali di potenza.

Caratteristiche del sistema LIN-bus

- Massima velocità di trasmissione dati 20 kbd.
- Trasmissione dati su una sola linea.
- Trasmissione dati per indirizzo.

Trasmissione dati per indirizzo. L'identificativo del destinatario è inserito nel messaggio.

Standardizzazione dei dati. La standardizzazione della trasmissione dati consente, a differenza del sistema multiplex, di utilizzare componenti LIN di diversi produttori di sistemi e veicoli, di utilizzare strumenti e software di diagnosi standard e di semplificare la diagnosi dei guasti.

Struttura (fig. 2)

Centralina master. Trasmette la testata del messaggio (header) sulla linea bus dati e rappresenta l'interfaccia con altri sistemi di bus dati.

Tramite il bit time, sincronizza le altre utenze (slave) e funge da interfaccia di diagnosi tra il tester e le centraline slave.



Figura 2: Struttura di un LIN-bus

I LIN-bus collegano una centralina master con un massimo di 16 centraline slave (principio master-slave).

Header (fig. 1, pag. 674). Contiene i seguenti dati:

- **start bit**, segnalano l'inizio di un nuovo messaggio a tutte le centraline slave;
- **sincronizzazione**, è una sequenza di bit con i quali si regola il bit time affinché il messaggio possa essere letto;
- **identificativo del messaggio (identifier)**, contiene l'indirizzo del destinatario e una prima istruzione del master allo slave, per esempio "invia velocità effettiva" o "regola velocità nominale".

Applicazioni. I sistemi multiplex sono utilizzati, per esempio, nell'Active Body Control.

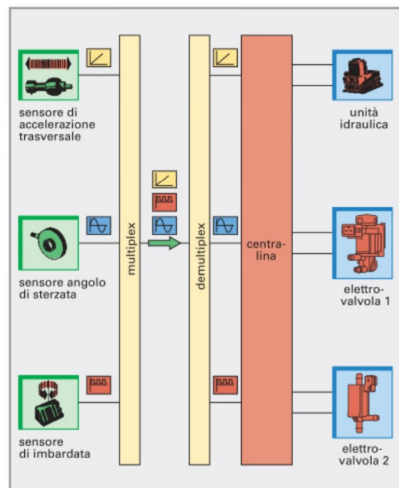


Figura 1: Principio multiplex

Local Interconnect Network (LIN)

È utilizzata prevalentemente per il trasporto dei dati tra la centralina e i sensori attivi e gli attuatori. Lavora secondo il principio master-slave. La forma del segnale e il protocollo sono standard.

Sensori attivi, attuatori. Sono componenti con alimentazione separata ed elettronica di conversione o di comando.

I sensori attivi generano un segnale soltanto una volta alimentati. L'elettronica di conversione amplifica il segnale misurato o lo converte in un segnale dati, incrementandone l'immunità al parasitaggio. La struttura della centralina viene semplificata.

Per espletare le proprie funzioni, gli attuatori necessitano, oltre che del comando della centralina, di una tensione di alimentazione. In questo modo, dato che la centralina non deve comandare le correnti di pilotaggio dell'attuatore, può fare a meno dei transistor finali di potenza.

Caratteristiche del sistema LIN-bus

- Massima velocità di trasmissione dati 20 kbd.
- Trasmissione dati su una sola linea.
- Trasmissione dati per indirizzo.

Trasmissione dati per indirizzo. L'identificativo del destinatario è inserito nel messaggio.

Standardizzazione dei dati. La standardizzazione della trasmissione dati consente, a differenza del sistema multiplex, di utilizzare componenti LIN di diversi produttori di sistemi e veicoli, di utilizzare strumenti e software di diagnosi standard e di semplificare la diagnosi dei guasti.

Struttura (fig. 2)

Centralina master. Trasmette la testata del messaggio (header) sulla linea bus dati e rappresenta l'interfaccia con altri sistemi di bus dati. Tramite il bit time, sincronizza le altre utenze (slave) e funge da interfaccia di diagnosi tra il tester e le centraline slave.



Figura 2: Struttura di un LIN-bus

I LIN-bus collegano una centralina master con un massimo di 16 centraline slave (principio master-slave).

Header (fig. 1, pag. 674). Contiene i seguenti dati:

- **start bit**, segnalano l'inizio di un nuovo messaggio a tutte le centraline slave;
- **sincronizzazione**, è una sequenza di bit con i quali si regola il bit time affinché il messaggio possa essere letto;
- **identificativo del messaggio (identifier)**, contiene l'indirizzo del destinatario e una prima istruzione del master allo slave, per esempio "invia velocità effettiva" o "regola velocità nominale".

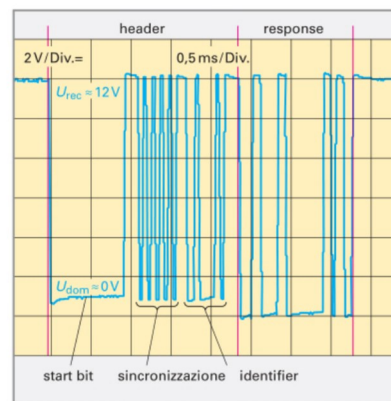


Figura 1: Oscillogramma del livello di tensione sulla linea LIN-bus

Livello di tensione sul LIN-bus (fig. 1, fig. 2)

Per la trasmissione dei dati sul LIN-bus, le centraline attivano il bit logico recessivo = 1 o il bit logico dominante = 0.

Livello recessivo, U_{rec} (fig. 2a). È presente sulle linee bus dati quando non vengono trasmessi bit. Il transistor T1 del transceiver non conduce e, quindi, non essendovi passaggio di corrente, la resistenza R non è sotto tensione. Sulla linea bus è applicata la tensione della batteria (circa 12 V).

Livello dominante, U_{dom} (fig. 2b). È presente quando un nodo rende conduttore il transistor T1 e quindi trasmette sul bus. Il transistor collega a massa la linea bus. Su quest'ultima la tensione è 0 V. I livelli di tensione possono essere visualizzati e controllati mediante un oscilloscopio.

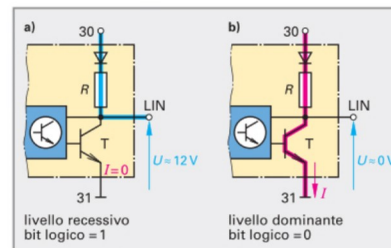


Figura 2: Funzionamento di un LIN-transceiver

Centraline slave

Eseguono le istruzioni inviate dalla centralina master. In caso di richiesta del master, trasmettono la relativa risposta (response). Se si tratta di un comando, lo eseguono senza inviare una response.

Response. Viene trasmessa a fronte di una richiesta di valori reali o dati diagnostici da parte dello slave interrogato. In caso di istruzione circa l'esecuzione di una data funzione, la centralina master trasmette una header contenente le indicazioni precise per il corretto svolgimento della funzione. In questo caso, gli slave non trasmettono la response.

Esempio di comunicazione LIN.

La centralina dell'impianto di climatizzazione è il LIN-Master. Il ventilatore è il LIN-Slave. La centralina trasmette un header con l'identifier del ventilatore e la richiesta "invia velocità effettiva". Il ventilatore trasmette la risposta (response) subito dopo la fine dell'header con l'informazione "velocità effettiva = 200 giri/min".

Qualora la velocità del ventilatore debba essere modificata, la centralina trasmette un header con l'identifier del ventilatore e l'istruzione "regola velocità nominale".

A questo punto la centralina inoltra la response con l'informazione "velocità nominale = 500 giri/min". Il ventilatore aumenta conseguentemente la velocità a 500 giri/min.

Per chiudere il cerchio, la centralina invia un'ulteriore richiesta della velocità del ventilatore come sopra descritto.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Il malfunzionamento del LIN-bus comporta la registrazione di un'anomalia nella memoria dati del master.

Per individuarne la causa, occorre utilizzare gli appositi programmi di ricerca guasti predefiniti nei tester di diagnosi.

In assenza di tale programma, è possibile determinare eventuali cause fisiche di guasto (interruzioni sulla linea, spine difettose ecc.) con l'ausilio di un multimetro e di un oscilloscopio.

Controller Area Network (CAN)

Il CAN-bus è utilizzato prevalentemente per la trasmissione dati tra le centraline degli impianti relativi alla sicurezza del veicolo, al comfort e alla gestione dei sistemi di informazione, comunicazione e intrattenimento. Esso trasmette i dati tramite due appositi cavi, che possono essere o schermati con un mantello esterno o intrecciati tra loro. Lavora secondo il principio multimaster.

Caratteristiche del CAN-bus

- Si distingue tra CAN-B (Low Speed CAN) e CAN-C (High Speed CAN).
- La velocità massima di trasmissione dei dati è di 125 kbd per il CAN-B e fino a 1 Mbd per il CAN-C.
- I sistemi CAN-bus trasmettono i dati su due linee.
- Il CAN-C non può funzionare in modalità monofilo.
- Il CAN-B può funzionare anche in modalità monofilo.

Funzionamento ad un solo filo (monofilo). Qualora si manifestasse un guasto su un filo, per esempio un'interruzione o un cortocircuito, la comunicazione non è interrotta, ma interamente trasmessa grazie all'altro filo.

Tuttavia, non sarebbe più garantita l'immunità ai disturbi elettromagnetici. Si potrebbero verificare malfunzionamenti temporanei.

Struttura (fig. 1). I sistemi CAN-bus sono costituiti da almeno due nodi, dalla linea CAN-low, dalla linea CAN-high e da almeno due resistenze terminali.

Nodi. La loro struttura interna è identica a quella dei nodi LIN-bus. Tuttavia, considerando una velocità di trasmissione dati più elevata rispetto al LIN-bus e con valori di tensione differenti, possiedono controller e trasceiver integrati più potenti.

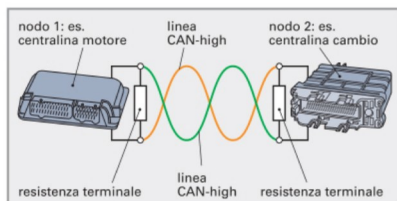


Figura 1: Struttura di un CAN-bus

Linee bus, CAN-high, CAN-low (tab. 1)

Se sulla linea CAN-high si applica un livello dominante (U_{dom}) mediante il trasceiver di un nodo, la tensione su tale linea aumenta. Contemporaneamente diminuisce la tensione sulla linea CAN-low. I due cavi sono intrecciati l'uno con l'altro oppure schermati da una treccia metallica.

Per impedire influssi perturbanti sulla trasmissione dei dati, i due cavi sono attorcigliati fra di loro. Inoltre, la tensione su una linea (low) è sempre opposta all'altra (high). In questo modo, la somma delle tensioni è costante e gli effetti elettromagnetici di campo si annullano vicendevolmente.

Tabella 1: Livelli di tensione sulle linee bus

Valori logici	LIN	CAN-B		CAN-C	
0	0 V	low	1 V	low	1,5 V
		high	4 V	high	3,5 V
1	ca. 12 V	low	5 V	low	2,5 V
		high	0 V	high	2,5 V

rosso = livello dominante blu = livello recessivo

Resistenze terminali. Ad alta frequenza trasmissiva, può accadere che i pacchetti dati si riflettano a fine linea. Questo fenomeno può causare interferenze. A tale scopo, sono installate delle resistenze di terminazione a fine linea, in grado di assorbire l'energia di riflessione generata durante la trasmissione.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Resistenze terminali interrotte possono causare malfunzionamenti soprattutto nei sistemi CAN-C. In caso di anomalia occorre pertanto controllare le resistenze terminali.

Funzionamento

Principio Multimaster. Secondo questo principio, ciascun nodo può trasmettere un messaggio sulle linee bus dati, purché la linea in questione sia libera. Se più centraline intendono inviare un messaggio contemporaneamente, l'arbitraggio selezionerà il messaggio più importante da trasmettere per primo.

Arbitraggio. Gestisce l'accesso al bus qualora più nodi intendano inviare un messaggio contemporaneamente. La priorità di un messaggio è stabilita dall'identifier, l'identificativo del messaggio. Più basso è l'identifier, maggiore è la priorità.

Struttura del protocollo dati (fig. 1)

Il protocollo dati stabilisce la struttura del messaggio dati ed è standard.

Nel CAN-bus la lunghezza massima di un messaggio è 128 bit (formato extended frame), suddivisi in diversi settori.

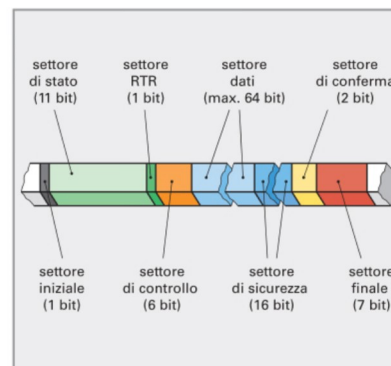


Figura 1: Esempio di protocollo di comunicazione; la trama è in formato base frame

Settore iniziale. Contraddistingue l'inizio di un messaggio e informa tutti i nodi circa l'avvio della trasmissione di un messaggio.

Settore di stato. È costituito dall'identifier (identificativo del messaggio). In base all'identifier i nodi riconoscono il contenuto del messaggio. In base all'identifier, inoltre, si esegue l'arbitraggio. Più basso è il valore dell'identifier, maggiore è la priorità del messaggio.

Settore RTR (Remote Transmission Request). Lo stato dominante (0) contrassegna un messaggio dati. Se il bit è recessivo, si tratta di una richiesta di dati.

Settore di controllo, sicurezza e conferma. Servono a garantire la trasmissione dei dati. Il mittente riconosce, tramite il settore di conferma, se il messaggio è stato letto correttamente dai destinatari. In caso negativo, ripete il messaggio. Se, dopo ripetuti tentativi, la ricezione non viene confermata, il mittente interrompe l'invio dei messaggi, impedendo che tutto il bus si blocchi a causa di un nodo non funzionante.

Gli altri nodi, quindi, continuano a comunicare tra loro. Quelli che necessitano dei dati relativi al nodo difettoso memorizzano le dovute informazioni nella memoria eventi, che a quel punto può essere analizzata con un tester di diagnosi.

Settore dati. Contiene i dati utili del messaggio, per esempio regime del motore, temperatura del refrigerante. In ogni messaggio possono essere trasmessi fino a 64 bit.

Settore finale. Contrassegna la fine del messaggio e libera il bus per il messaggio successivo.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Le anomalie riguardanti la comunicazione sul CAN-bus vengono registrate nella memoria dati dei relativi nodi coinvolti.

Possibili cause di guasto:

- interruzione di una o entrambe le linee CAN verso uno o più nodi (in funzione della struttura del bus dati);
- cortocircuito di una linea verso massa;
- cortocircuito di una linea verso il positivo;
- cortocircuito tra le due linee;
- alimentazione insufficiente di un nodo;
- errore di software in uno o più nodi;
- nodo difettoso.

Per individuarne la causa, occorre utilizzare gli appositi programmi di ricerca guasti predefiniti negli strumenti di diagnosi.

In assenza di tale programma, è possibile determinare eventuali cause fisiche di guasto (interruzioni sulla linea, spine difettose, ecc.) con l'ausilio di un multimetro e di un oscilloscopio.

Gli errori imputabili al software non possono essere individuati con gli strumenti di misura presenti in officina.

È possibile, tuttavia, controllare la versione del software installato sul nodo. Il numero di versione è solitamente indicato nella maschera di identificazione del nodo sul tester di diagnosi e va confrontato con i dati del produttore.

Qualora sia stata installata la versione sbagliata, si può eventualmente eseguire un aggiornamento del software sul nodo o, in caso contrario, quest'ultimo va sostituito.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Oscillogrammi dei segnali CAN-bus

Possono essere utilizzati per individuare eventuali cause di guasto sulle linee dati CAN.

Oscillogrammi CAN-B

Segnale privo di anomalie (fig. 1)

In fase di controllo, occorre considerare i seguenti punti:

- i livelli di tensione su entrambe le linee vanno confrontati tra loro. CAN-high va da 0,2 a 3,8 V; CAN-low da 5,0 a 1,0 V;
- le variazioni di tensione devono essere in contemporanea (sincronizzate).

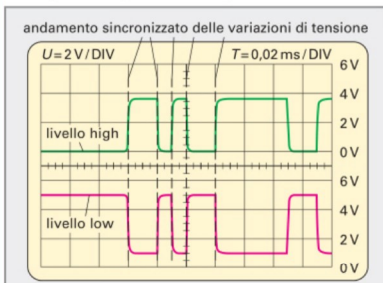


Figura 1: Oscillogramma di un segnale CAN-B senza anomalie

I sistemi CAN-B trasmettono le informazioni anche quando una delle due linee bus non funziona. Questo stato è chiamato modalità a un solo filo (monofilo). Le cause del funzionamento monofilo possono essere le seguenti.

- Interruzione di una delle linee CAN verso uno o più nodi (centraline). Questo problema non può essere chiaramente rappresentato con l'oscilloscopio. Tuttavia, i nodi funzionanti in modalità

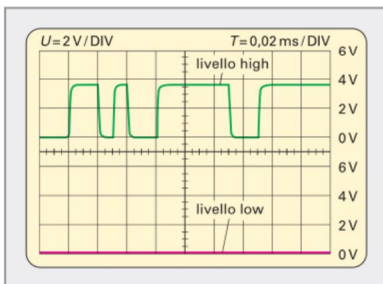


Figura 2: Esempio di cortocircuito di una linea CAN-low verso massa

monofilo saranno visualizzati nel corso dell'autodiagnosi con lo strumento diagnostico.

- Cortocircuito di una linea CAN verso massa (fig. 2). Durante la misurazione, al posto dell'andamento del segnale sulla linea CAN-low l'oscillogramma mostra, per esempio, una linea continua a 0 V. Il segnale high rimane invariato.
- Cortocircuito di una linea CAN-high verso il positivo della batteria (fig. 3). In questo oscillogramma si vede sulla linea CAN-high, per esempio, il livello di tensione sbagliato pari alla tensione della batteria, ossia a 12-14 V circa. Il segnale low rimane invariato.

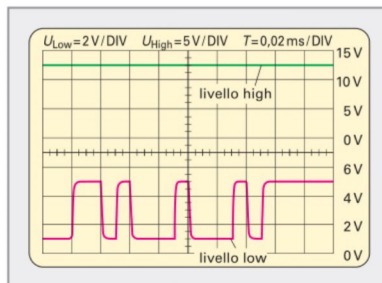


Figura 3: Esempio di cortocircuito di una linea CAN-high verso positivo

- Cortocircuito tra le linee CAN (fig. 4). L'andamento della tensione CAN-low e quello CAN-high sono identici. Il segnale high rimane invariato, il segnale low si inverte. Il segnale high viene trasmesso da entrambe le linee.

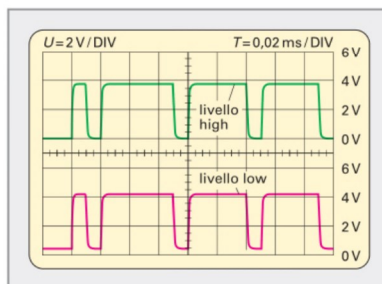


Figura 4: Cortocircuito di una linea CAN-high verso una linea CAN-low

Bus dati FlexRay

È utilizzato principalmente per la trasmissione dei dati tra centraline le cui funzioni necessitano di una velocità di trasmissione e una sicurezza dei dati elevate, per esempio freni elettrici, sistemi di regolazione delle sospensioni, servosterzo elettrico.

Caratteristiche del bus dati FlexRay

- La trasmissione dati può avvenire su due canali.
- La trasmissione dati sui due canali avviene tramite due cavi, bus più (BP) e bus meno (BM).
- La velocità massima di trasmissione dei dati è pari a 10 Mbd per canale con una percentuale di dati utili fino al 75%.
- La sicurezza dei dati è massimizzata grazie alla trasmissione contemporanea su due canali.
- La flessibilità di configurazione consente l'utilizzo di FlexRay in molti ambiti, per esempio nei sistemi di trazione e di dinamica di guida.
- La trasmissione dati è sincrona (temporizzata).
- Capacità real-time previa configurazione del sistema.

Struttura dei bus dati FlexRay

Considerando l'elevata velocità di trasmissione dei dati, per evitare fenomeni di riflessione occorre strutturare il bus dati in reti punto a punto. Per tale motivo, i bus FlexRay vengono prevalentemente integrati in strutture miste punto a punto, daisy chain e a stella attiva (fig. 1).

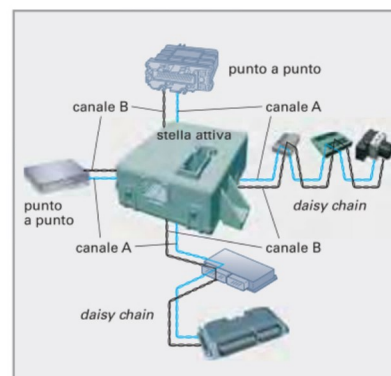


Figura 1: Esempio di struttura mista del bus

Struttura dei nodi FlexRay

La struttura interna dei nodi FlexRay è sostanzialmente identica a quella dei nodi CAN, con CPU, controller e transceiver come componenti.

A differenza dei nodi CAN, tuttavia, i componenti sono doppi, essendovi due canali di trasmissione distinti (canale A e canale B). Grazie a ciò, i dati possono essere trasmessi contemporaneamente su due coppie di cavi indipendenti. Un'eventuale anomalia nella trasmissione dati su un canale non compromette, pertanto, il buon funzionamento della rete (ridondanza), ma viene comunque individuato dal sistema di autodiagnosi, che avvisa il conducente con un apposito messaggio, affinché provveda alla relativa riparazione.

L'elevata sicurezza dei dati consente l'impiego del bus dati FlexRay nella gestione dei sistemi di sicurezza di guida sensibili, come per esempio il freno elettrico.

Livello di tensione sulle linee FlexRay (fig. 2)

La trasmissione dei dati avviene in ciascun canale tramite i cavi BP e BM.

Quando non vengono trasmessi dati sulle linee (idle), la tensione di entrambe è pari a circa 2,5 V.

Cavo BP. Se trasmette un bit con il valore 1, la sua tensione aumenta a circa 3,0 - 3,5 V. Se sul medesimo cavo viene trasmesso un bit con il valore 0, la sua tensione cala a circa 1,5 - 2,0 V.

Cavo BM. Se trasmette un bit con il valore 1, la sua tensione cala a circa 1,5 - 2,0 V. Se sul medesimo cavo viene trasmesso un bit con il valore 0, la sua tensione aumenta a circa 3,0 - 3,5 V.

Struttura del protocollo dati FlexRay (fig. 1)

I dati vengono trasmessi ciclicamente a ripetizione continua (Communication Cycle).

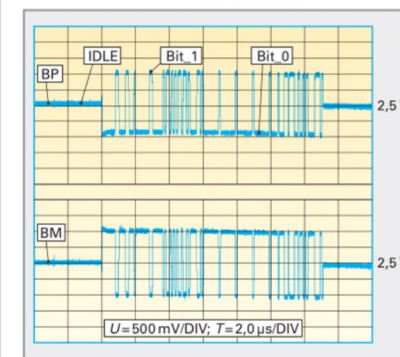


Figura 2: Livello di tensione sulle linee FlexRay

I Communication Cycle sono costituiti dallo Static Segment, dal Dynamic Segment, dalla Symbol Window e dal Network Idle Time.

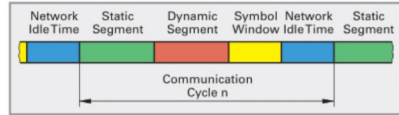


Figura 1: Protocollo dati FlexRay

Static Segment (fig. 2). È suddiviso in vari slot, il cui numero dipende da quanto stabilito dal costruttore (max. 1023). Lo slot è un intervallo di tempo in cui il nodo, a cui è attribuito tale slot, può inviare i propri dati. Nello Static Segment vengono trasmessi prevalentemente dati cruciali per la sicurezza. Se il nodo non mette a disposizione nuovi dati, invia quelli vecchi. Se non trasmette dati, significa – ad eccezione della fase di start-up – che il nodo è difettoso.

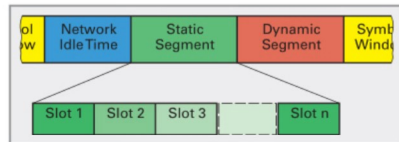


Figura 2: Static Segment

Dynamic Segment (fig. 3). È suddiviso in minislot, numerati progressivamente in funzione degli slot statici e attribuiti in maniera fissa ai nodi. Rispetto agli slot statici, i minislot vengono trasmessi soltanto se necessario, per esempio per l'invio dei dati di diagnosi. Una volta raggiunto il limite temporale del Dynamic Segment, l'invio dei minislot viene terminato e quelli non ancora inviati saranno spediti nel Communication Cycle successivo.

Symbol Window. Contiene sequenze di bit prestabilite (Symbols) a fini di test. La Symbol Window dipende dalla configurazione e non viene sempre utilizzata.

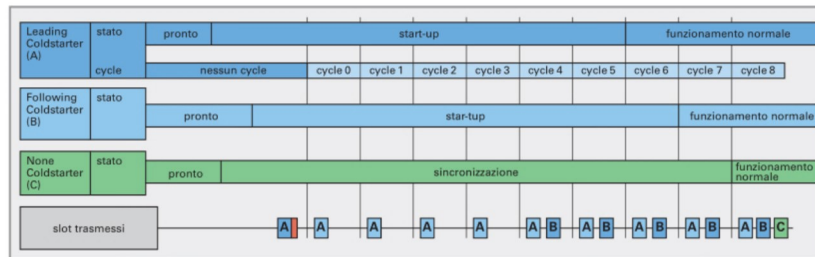


Figura 4: Fase di start-up

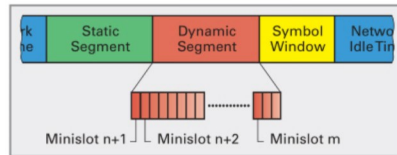


Figura 3: Dynamic Segment

Network Idle Time. È definito anche inattività del bus. Durante questo intervallo di tempo, il controller ha la possibilità di eseguire processi di sincronizzazione, per esempio calcolare e compensare eventuali sfasamenti temporali nel Network Idle Time (correzione dell'offset).

Fase di start-up (fig. 4)

Nei bus temporizzati, la fase di avvio è di cruciale importanza per instaurare la comunicazione. Tutti i nodi devono trasmettere i dati gli uni agli altri ed elaborare i dati ricevuti in maniera sincrona. Nei bus FlexRay sono almeno due i nodi aventi il compito di avviare la comunicazione. Essi vengono chiamati Coldstarter.

I Coldstarter sono suddivisi in Leading (iniziale), Following (successivo) e None Coldstarter.

Leading Coldstarter. Avvia la trasmissione dati sulle linee bus inviando i Communication Cycle in base al proprio timer.

Following Coldstarter. Cerca di sincronizzarsi al flusso di dati del Leading Coldstarter.

None Coldstarter. Intervengono successivamente a supporto della sincronizzazione nella fase di start-up.

Se la sincronizzazione è andata a buon fine, intervengono i nodi successivi che si sincronizzano a loro volta al flusso di dati. La comunicazione è avviata.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Se dopo il numero di Communication Cycle prestabilito dal costruttore il Leading Coldstarter non trova un partner, dopo una breve pausa si effettua un nuovo tentativo di avvio. Dopo vari tentativi andati a vuoto, la procedura di avvio viene terminata e l'evento registrato nella memoria guasti. Le possibili cause di guasto sono identiche a quelle valide per il CAN-bus (pag. 676). Per individuare la causa del guasto occorre utilizzare gli appositi programmi di ricerca guasti predefiniti nei tester di diagnosi.

Verifica e ripristino delle linee FlexRay

L'impedenza caratteristica dei cavi, importante ai fini di una corretta trasmissione, è ottimizzata dal costruttore e non deve essere modificata. Di conseguenza, per misurare la tensione sulle linee FlexRay è necessario utilizzare esclusivamente gli strumenti e le procedure prestabiliti dal fabbricante.

In fase di ripristino delle linee FlexRay, occorre prestare attenzione a quanto segue:

- la lunghezza dei cavi non dev'essere modificata;
- in caso di cavi schermati, la porzione non schermata dei connettori a spina non deve superare la misura specificata dal costruttore (fig. 1);
- in caso di cavi intrecciati, la porzione non intrecciata dei connettori a spina non deve superare la misura specificata dal costruttore (fig. 2).

19.2.172 Bus dati a fibre ottiche (D²B, MOST)

Sono utilizzati nei sistemi di informazione, comunicazione e intrattenimento (per esempio, radio, navigatore). Grazie alle onde luminose, è consentita la trasmissione di grandi quantità di dati, necessaria per il trasporto e lo scambio di immagini in movimento (video) e suoni.

Caratteristiche dei bus dati a fibre ottiche

- Velocità di trasmissione dei dati elevata, Digital Domestic Bus (D²B) 5,6 Mbd, Media Oriented Systems Transport (MOST) 150 Mbd.
- Struttura anulare o a stella attiva.
- Trasmissione delle onde luminose tramite fibre ottiche plastiche, Plastic Optical Fibre (POF).
- Elevata resistenza ai guasti.

Per la trasmissione digitale di un segnale audio stereo occorre una velocità di trasmissione dati pari a 1,54 Mbd, per la trasmissione di un video MPEG persino 4,4 Mbd. Poiché la velocità massima di trasmissione dei bus dati elettrici è pari a 1 Mbd, negli autoveicoli si utilizzano sempre più spesso bus a fibre ottiche.

I bus a fibre ottiche, inoltre, offrono la possibilità di trasmettere i dati in modalità sincrona, necessaria per musica e video.

Immunità alle perturbazioni. Visto che la trasmissione dei dati avviene per mezzo di onde luminose, i bus a fibre ottiche non emettono onde elettromagnetiche perturbatrici. Viceversa, i bus dati a fibre ottiche sono insensibili alle onde elettromagnetiche perturbatrici.

Struttura dei bus dati a fibre ottiche (fig. 1, pag. 681)

I nodi dei bus a fibre ottiche sono generalmente disposti ad anello.

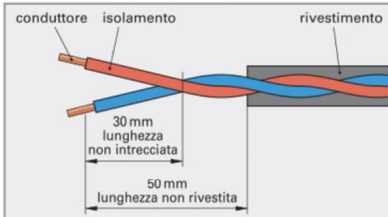


Figura 1: Cavo intrecciato

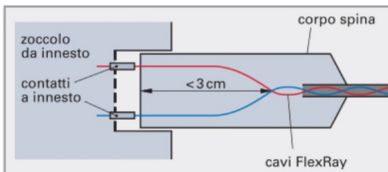


Figura 2: Esempio di connettore a spina

Le onde luminose sono trasmesse da un nodo a quello successivo, ciascuno dei quali verifica e analizza le informazioni veicolate dalla luce. Il messaggio può essere eventualmente integrato da parte di un nodo con ulteriori contenuti e quindi trasmesso alla centralina successiva sotto forma di nuovo segnale luminoso. L'immunità ai disturbi è assicurata, dal momento che lo smorzamento delle onde luminose è minimizzato dal circuito ad anello.

Il sistema può essere ampliato aggiungendo un ulteriore nodo all'anello e adattandolo alla configurazione del sistema. Se si verificasse comunque

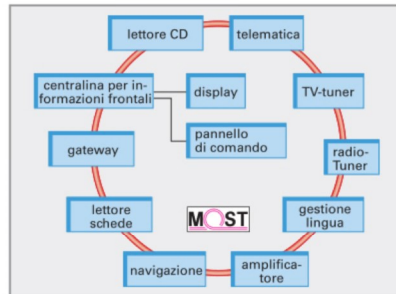


Figura 1: Struttura anulare di un bus MOST

un'anomalia nella trasmissione dei dati tra due nodi, tutta la comunicazione bus si interromperebbe.

Struttura di un nodo nel bus dati a fibre ottiche (fig. 2)

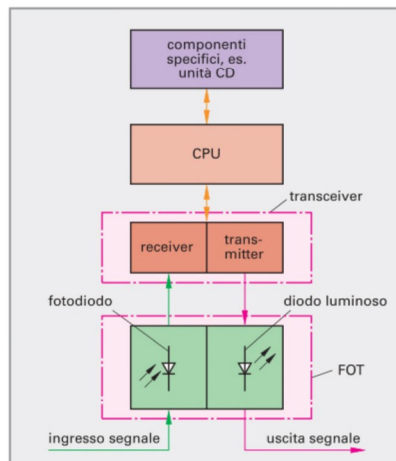


Figura 2: Struttura della centralina nel bus dati a fibre ottiche

Componenti specifici (per esempio, unità CD, modulo radio). Sono gestiti dal microcontroller ed eseguono le funzioni assegnate al nodo.

Microcontroller (CPU). La Central Processing Unit (CPU) è l'unità di calcolo centrale che comanda tutte le funzioni principali della centralina.

Modulo transceiver. Riceve i messaggi dal Fibre Optical Transceiver (FOT) e inoltra alla CPU eventuali contenuti necessari del messaggio. Compila le informazioni che devono essere trasmesse nei messaggi e le invia al FOT.

Fibre Optical Transceiver (FOT). Consta di un diodo luminoso e di un fotodiodo. Invia e riceve i segnali delle onde luminose.

Il diodo luminoso del FOT invia le onde luminose. Il fotodiodo, invece, converte le onde luminose ricevute in segnali elettrici, elaborati all'interno del nodo.

Fibre ottiche, Plastic Optical Fibre (POF)

Hanno il compito di trasmettere le onde luminose dal trasmettitore al ricevitore con le minori perdite possibili.

Struttura (fig. 3)

Le fibre ottiche sono costituite:

- dal mantello esterno che funge da codifica cromatica e da protezione contro eventuali danni;
- dal mantello interno di colore nero che protegge dai raggi luminosi esterni;
- dal nucleo in plastica trasparente, adibito al trasporto delle onde luminose;
- dal rivestimento trasparente quale supporto alla trasmissione delle onde luminose.

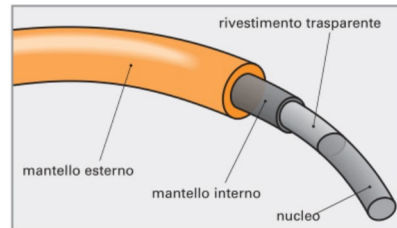


Figura 3: Struttura della fibra ottica

Principio di funzionamento della trasmissione a fibre ottiche (fig. 1, pag. 682)

Riflessione totale. Il funzionamento della fibra ottica si basa sul principio fisico della riflessione totale.

Se un raggio di luce colpisce con un angolo piatto l'interfaccia tra un materiale otticamente impermeabile e uno otticamente permeabile, esso si riflette praticamente senza alcuna dissipazione (riflessione totale).

Nella fibra ottica, il nucleo costituisce il materiale otticamente impermeabile e il rivestimento trasparente costituisce il materiale otticamente permeabile. Questo permette la riflessione totale nella zona limite, situata tra il nucleo e il rivestimento interno dello stesso. La maggioranza delle onde luminose sono così trasportate all'interno del nucleo.

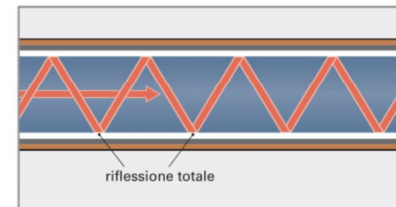


Figura 1: Trasporto delle onde luminose mediante riflessione totale

Cause di una maggiore attenuazione di potenza delle fibre ottiche

La riflessione totale dipende dall'angolo con cui le onde luminose incidono dall'interno sull'interfaccia. Se l'angolo diventa troppo stretto, le onde luminose fuoriescono dal nucleo comportando maggiori perdite, ossia una maggiore attenuazione delle onde luminose. Questa situazione si verifica quando la fibra curva bruscamente o viene piegata (fig. 3). Per evitare raggi di curvatura ridotti, le fibre ottiche vengono racchiuse in appositi cavi.

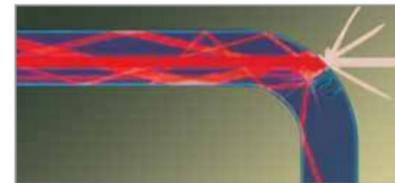


Figura 2: Dissipazione delle onde luminose in caso di raggio di curvatura troppo piccolo

Altre cause di un'aumentata attenuazione sono (fig. 3) le seguenti:

- fibra ottica piegata;
- danneggiamento del mantello esterno;
- graffi sulla superficie frontale della fibra ottica;
- impurità sulla superficie frontale;
- collegamento sfasato della fibra ottica nel connettore a spina;
- le superfici frontali sono leggermente inclinate l'una rispetto all'altra (errore di angolazione);
- intercapedine d'aria tra la fibra ottica e il Plastic Optical Transceiver (POT);
- bussola terminale cianfrinata in modo errato.

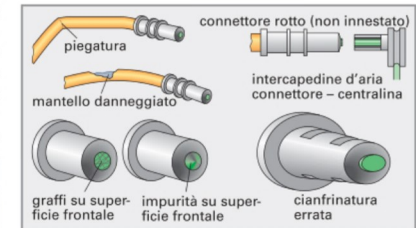


Figura 3: Cause di una maggiore attenuazione di potenza delle fibre ottiche

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Autodiagnosi dei nodi del bus dati

Trasmissione dei dati di diagnosi

Nei veicoli dotati di rete, la trasmissione non è effettuata tramite un cavo diagnostico collegato all'apparecchio di comando, bensì tramite un apposito bus dati.

Il tester di diagnosi viene collegato con la rispettiva spina a un nodo della rete di bordo del veicolo, il gateway.

Gateway

Ha il compito di creare il collegamento tra i bus al fine di consentirne lo scambio di dati. Esso, inoltre, stabilisce il collegamento con lo strumento di diagnosi a tutti i nodi ad esso collegati.

Registrazione nella memoria guasti

Avviene quando un nodo non riceve i messaggi da uno o più nodi per un determinato periodo di tempo.

Blocchi di valori misurati

Consentono al tecnico di verificare lo stato della comunicazione via bus.

Possono essere visualizzati stati operativi quali:

- l'intero bus dati è attivo o non attivo;
- la comunicazione verso un nodo è attiva o non attiva;
- l'intero bus o singoli nodi sono pronti per entrare in modalità sleep;
- l'intero bus sta funzionando in modalità monofilo;
- un singolo nodo sta funzionando in modalità monofilo.

Tramite i blocchi di dati, è possibile altresì visualizzare i dati utili trasmessi.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Diagnosi di rottura dell'anello nei bus dati a fibre ottiche

Permette di ricercare l'origine della causa di rottura dell'anello.

Nel bus a fibre ottiche, non è possibile utilizzare l'autodiagnosi dei nodi, dal momento che, in caso di rottura dell'anello, anche la trasmissione dei dati di diagnosi dai nodi al tester viene interrotta.

Per diagnosticare la rottura dell'anello, occorre effettuare un controllo elettrico e uno ottico.

Controllo elettrico. Consiste nel verificare le funzioni elettriche interne dei nodi partecipanti, che fanno parte della comunicazione MOST.

Le cause di un'eventuale notifica di guasto a seguito del controllo elettrico sono:

- alimentazione insufficiente del nodo visualizzato;
- interruzione del cavo di diagnosi di rottura dell'anello, verso il nodo visualizzato;
- errore di configurazione del gateway, nella configurazione è indicato un nodo non installato;
- nodo difettoso.

Cavo di diagnosi di rottura dell'anello

Crea un collegamento elettrico tra il gateway e il nodo.

La diagnosi di rottura dell'anello è attivata dal tecnico mediante lo strumento diagnostico.

Il gateway trasmette un segnale di avvio ai nodi tramite il relativo cavo di diagnosi. A quel punto tutti i nodi attivano i loro diodi luminosi nel rispettivo Fibre Optical Transceiver (FOT), dopodiché verificano che il segnale luminoso del nodo precedente arrivi al fotodiodo tramite la fibra ottica. In caso affermativo, ogni nodo invia l'informazione "collegamento ottico funzionante" al cavo di diagnosi di rottura dell'anello.

Successivamente, lo strumento diagnostico visualizza l'esito del controllo sotto forma di elenco di nodi, in base al quale il tecnico è in grado di individuare tra quali di essi è interrotto il collegamento a fibra ottica.

Controllo ottico. I nodi controllano che le onde luminose vengano ricevute dal Fibre Optical Transceiver (FOT). L'eventuale messaggio di errore indica che il collegamento a fibra ottica verso tale nodo è interrotto.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Le cause di un'interruzione del passaggio delle onde luminose nella fibra ottica possono essere le seguenti:

- la fibra ottica ha una dissipazione di potenza troppo elevata;
- il nodo che trasmette le onde luminose è difettoso;
- il nodo che riceve le onde luminose è difettoso.

Per individuare la causa del guasto, occorre utilizzare il programma di verifica dello strumento diagnostico. In sua assenza, la causa del guasto può essere individuata installando una centralina sostitutiva al posto dei nodi nel bus dati MOST (fig. 1).



Figura 1: Centralina sostitutiva per il bus MOST

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono i vantaggi della trasmissione dati via bus rispetto a quella tradizionale?
- 2 Quali sono i valori di tensione dei livelli recessivi sulle linee di un CAN-B?
- 3 Quali sono le possibili cause di un'elevata dissipazione di potenza delle fibre ottiche?
- 4 Quale struttura si utilizza prevalentemente nei bus dati a fibre ottiche?
- 5 Quali sono i principali campi di applicazione dei LIN-bus?
- 6 Che cosa s'intende con l'espressione "sleep-mode"?
- 7 Quali sono i compiti del gateway?
- 8 Quali sono le caratteristiche dei bus dati a fibre ottiche?
- 9 Da che cosa è costituito un Communication Cycle nella trasmissione dati con bus FlexRay?

19.2.18 Misurazioni, prove, diagnosi

Gli autoveicoli sono costituiti da sistemi diversi, quali il motore, la trasmissione, il telaio. In questi sistemi, possono interagire componenti meccanici, idraulici, elettrici ed elettronici. Quando nei componenti si verificano delle rotture, è necessario determinarne le cause attraverso specifiche procedure di misurazione e di prova. Si distinguono due tipologie di guasti:

- **guasti permanenti**, sono presenti finché non vengono eliminati;
- **guasti sporadici**, si verificano soltanto in determinate condizioni d'esercizio, lo strumento di diagnosi non li visualizza o li visualizza in modo errato, oppure non sono riconducibili a un sintomo specifico. Sono difficili da individuare.

Ricerca sistematica dei guasti. Per individuare il guasto in maniera rapida ed economica, occorre effettuare una ricerca di tipo sistematico.

- **Dati del veicolo.** Reperire i dati del veicolo, come per esempio, numero di telaio o prima immatricolazione, sul libretto di circolazione.
- **Dati del cliente.** Circoscrivere il guasto in base alla sua descrizione da parte del cliente e a opportune domande mirate, per esempio in quali condizioni e quando si verifica l'anomalia.
- **Controllo visivo e uditivo.** Il controllo visivo permette a volte di individuare, per esempio, una perdita di liquido, una tiranteria allentata, cavi o connettori rotti o ossidati. Anche i rumori anomali possono essere causa di guasti.
- **Prova su strada.** Dev'essere possibilmente effettuata con il cliente.
- **Lettura della memoria guasti.** Nei sistemi con autodiagnosi, occorre leggere la memoria guasti.
- **Ricerca avanzata.** Qualora il sistema di autodiagnosi non visualizzi il guasto o il sistema non sia provvisto di autodiagnosi, occorre effettuare un'ulteriore ricerca guasti smontando opportuni componenti o effettuando misurazioni elettriche.

Procedure di controllo

Per poter verificare il corretto funzionamento dei sistemi o dei loro componenti, occorre controllare le impostazioni di base ed eventualmente regolarne i valori o sostituire alcuni elementi. Dai valori misurati è possibile dunque trarre le conclusioni per una diagnosi e una riparazione. A tale proposito sono indispensabili, per esempio, piani generali con l'esatta localizzazione dei componenti, prospetti di funzionamento che ne agevolino la comprensione, dati e norme del fabbricante, schemi elettrici nonché strumenti di misura e di prova opportuni. A tal fine si distingue tra sistemi di misurazione e controllo di tipo meccanico o elettrico.

Verifiche e misurazioni meccaniche. Si effettuano in caso di guasti agli impianti meccanici del veicolo, come motore, cambio, telaio o carrozzeria (tab. 1). Le cause possono essere, a titolo esemplificativo, crepe, rotture o deformazione di uno o più componenti. Possono verificarsi in seguito a usura, sollecitazioni meccaniche eccessive, snervamento del materiale, anomalie nel materiale o surriscaldamento.

Tabella 1: Verifiche e test con strumenti di controllo meccanici

Strumento di misura e controllo	Uso
Strumento per interni con comparatore	Controllo usura cilindri
Spessimetro	Controllo gioco valvole
Comparatore	Controllo ovalizzazione
Prova-compressione	Controllo pressione di compressione
Manometro	Controllo pressione olio

Verifiche e misurazioni elettriche. I guasti interessano gli impianti elettrici ed elettronici del veicolo, come l'impianto di illuminazione, i sistemi comfort, la gestione del motore o del cambio. Possono verificarsi in seguito alla rottura di cavi, al malfunzionamento di uno o più componenti elettrici o a corrosione. In tal caso si utilizzano strumenti di controllo e misura elettrici ed elettronici, quali per esempio:

- lampada a diodi;
- multimetro;
- oscilloscopio;
- strumento di diagnosi.

Lampada a diodi

Consente di verificare rapidamente la tensione (da 4 V) e la polarità di cavi o connettori a spina.

Grazie al ridotto assorbimento di corrente si evita di danneggiare i componenti elettronici.

Multimetro (figg. 1 e 2, pag. 566)

Negli autoveicoli, è generalmente utilizzato per misurare tensioni U , correnti I e resistenze R .

Misurazione della tensione. Una delle cause più frequenti (fino al 60%) di guasti ai sistemi elettrici ed elettronici è da imputare alle connessioni difettose. Con la misurazione della tensione si può stabilire, per esempio, se una connessione è in ordine, oppure ossidata. A tale scopo si misura la caduta di tensione sulla spina di collegamento. Se la caduta di tensione è uguale a 0 V, il collegamento a spina

è in ordine. Se è maggiore di 0 V, il collegamento a spina è ossidato e deve essere sostituito.

Esempio: il connettore nel circuito elettrico di un tergicristallo è ossidato. La perdita di potenza sul connettore, pari per esempio a 11,5 W, è trasformata in calore che, surriscaldando la spina, può provocare un principio di incendio dei fili di collegamento. Inoltre, la perdita di potenza compromette il buon funzionamento del motore tergicristallo (fig. 1). L'aumento della resistenza di passaggio comporta un minor flusso di corrente elettrica.

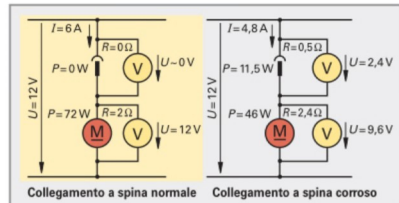


Figura 1: Misura delle cadute di tensione

Misura della resistenza. Spesso sono le resistenze elettriche difettose a causare anomalie. Si misura la resistenza su componenti elettrici quali, per esempio, la bobina di accensione, il trasduttore induttivo, l'iniettore, i relè, ecc. Se il valore misurato della resistenza è nettamente superiore al valore indicato dal costruttore, si è in presenza di un'interruzione, se invece esso è più basso, si è verificato un cortocircuito tra le spire.

Esempio: i valori di resistenza di una bobina di accensione si rilevano tra il morsetto 1 e il morsetto 15 dell'avvolgimento primario e tra il morsetto 1 e il morsetto 4 dell'avvolgimento secondario (fig. 2).

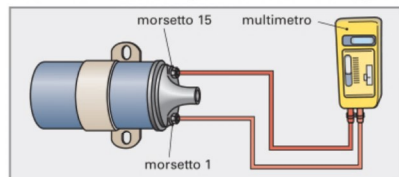


Figura 2: Misura della resistenza su una bobina d'accensione

Misura della corrente. Si effettua con un amperometro collegato in serie o generalmente con una pinza induttiva sul cavo, senza interruzione della linea.

Esempio. Per verificare il corretto funzionamento dell'alternatore, si può misurare la corrente di carica della batteria mediante una pinza induttiva sul cavo B+ (fig. 3). Posizionare la pinza induttiva con la freccia orientata nel verso convenzionale della corrente.



Figura 3: Misura della corrente di carica con una pinza induttiva

Oscilloscopio

Perlopiù è utilizzato per rappresentare graficamente su un monitor tensioni, segnali e frequenze.

Misurazione di segnali. In fase di controllo del sistema di accensione di un motore a quattro tempi a benzina, è possibile, per esempio, visualizzare sullo schermo dell'oscilloscopio il segnale di un trasduttore di Hall.

Procedimento di misurazione. Con l'aiuto di un adeguato circuito di misura (fig. 4), il segnale viene rappresentato sullo schermo dell'oscilloscopio.

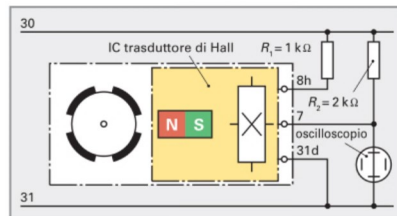


Figura 4: Circuito di rilevamento di un segnale Hall

Risultato della misurazione (fig. 5). Sullo schermo dell'oscilloscopio si possono leggere informazioni rispetto al tempo di apertura, al tempo di chiusura, all'intervallo di accensione e al valore di tensione. In questa misurazione, il tempo di apertura è pari a 0,8 ms, il tempo di chiusura a 1,8 ms, l'intervallo di accensione a 2,6 ms, la tensione nell'IC Hall a 12 V.

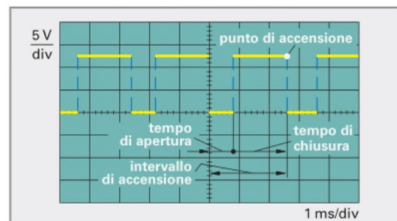


Figura 5: Segnale Hall sull'oscilloscopio

Pinbox. Consente di accedere facilmente a tutti i cavi della centralina senza danneggiare le connessioni con i puntali del multimetro.

Cavo adattatore. Collega, a seconda della tipologia, il pinbox con:

- la centralina e la spina della centralina (fascio di cavi di sensori e attuatori) (cavo Y);
- solo la spina della centralina (cavo I);
- solo la centralina (cavo Y con il collegamento alla spina della centralina staccato).

Tipo a (fig. 1a): consente di misurare la tensione e rilevare i segnali di sensori e attuatori durante il funzionamento.

Tipo b (fig. 1b): consente di misurare la tensione di alimentazione della centralina e le resistenze di sensori e attuatori con centralina staccata.

Tipo c (fig. 1c): si tratta di un'applicazione particolare. Con questa tipologia si misura, per esempio, la resistenza terminale del CAN-bus.

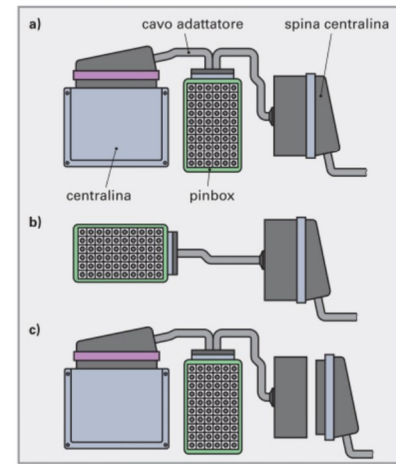


Figura 1: Collegamento del pinbox con diverse tipologie di cavo adattatore

Strumento di diagnosi

Contribuisce alla ricerca guasti e fornisce informazioni circa componenti, dati tecnici e parametri di regolazione, schemi elettrici, piani di manutenzione e descrizioni dei sistemi.

È un computer provvisto di monitor, un'unità DVD-ROM, un'eventuale interfaccia a infrarossi per la trasmissione dei dati alle periferiche, per esempio alla stampante, e un collegamento alla rete informatica dell'azienda. È dotato di tecnica di misura integrata (multimetro e oscilloscopio digitale

a memoria) e, in combinazione con un software opportuno, può svolgere le seguenti operazioni:

- analisi dell'autodiagnosi;
- lettura della memoria guasti (lettura dei codici di guasto) e relativa cancellazione;
- ricerca guasti guidata;
- reset degli intervalli di manutenzione;
- accesso ai dati del cliente;
- confronto tra valori nominali ed effettivi;
- diagnosi degli attuatori;
- codifica delle centraline;
- identificazione del veicolo;
- programmi di apprendimento;
- accesso al database del costruttore;
- lettura dei blocchi di valori misurati.



Figura 2: Strumento di diagnosi

Diagnosi. Per poter effettuare una ricerca guasti, occorre collegare il veicolo allo strumento di diagnosi e identificarlo mediante un'interrogazione sistematica, per esempio del modello di autovettura, dell'anno di fabbricazione e dell'identificativo del motore (fig. 2). Così facendo, si garantisce l'esatta corrispondenza di tutti i documenti e i parametri di verifica.

Lettura della memoria guasti. Con questa operazione, è possibile ottenere informazioni sui guasti che si sono verificati nel sistema in questione, come motore, carrozzeria, telaio o comfort. Il guasto salvato nella memoria può essere visualizzato sotto forma di codice o di testo in chiaro. Durante l'interrogazione delle singole centraline, tutti gli eventuali guasti riscontrati vengono visualizzati in se-

quenza: per esempio, il sensore della temperatura del motore o il sensore del regime di rotazione non trasmette segnali o i segnali non sono plausibili. Le anomalie registrate devono essere verificate e, conseguentemente, eliminate. A tale proposito, l'utente può avvalersi dello strumento per una ricerca guasti guidata. Al termine dell'operazione, la memoria guasti va cancellata e, quindi, riconsultata una volta riavviato il motore per accertare l'assenza di nuove segnalazioni.

Ricerca guasti guidata. Permette di rilevare un guasto con una sorta di check-list presente nello strumento diagnostico. Partendo da una voce della memoria guasti, per esempio, sensore della temperatura dell'aria aspirata, lo strumento seleziona un programma di verifica. L'utente è guidato nella finestra di dialogo finché non verrà trovato il guasto. Tutte le condizioni e le operazioni di controllo necessarie all'eliminazione dell'anomalia, nonché gli strumenti e le attività previsti per ogni singola verifica sono prestabiliti e visualizzati sul monitor. Per esempio:

- controllare che non vi siano interruzioni sulla linea;
- eseguire misura della tensione;
- collegare circuito di misura + al pinbox, bussola 35;
- collegare circuito di misura - al pinbox, bussola 19;
- il valore nominale dev'essere compreso tra 10 e 15V.

Se l'anomalia è riconducibile al valore di un sensore che, pur essendo plausibile, è errato (per esempio a causa di una maggiore resistenza di contatto), essa non è visualizzata come guasto nella memoria guasti. A questo punto l'utente può selezionare una delle voci predefinite con l'ausilio di un menu.

Esempio: funzionamento irregolare del motore tra 1500 e 3000 giri/min. In base a quanto selezionato, lo strumento esegue il programma di verifica corrispondente.

Reset degli intervalli di manutenzione. Dopo aver eseguito il tagliando del veicolo, l'officina reseta l'indicatore degli intervalli di servizio nel quadro strumenti.

Test degli attuatori. Mediante un programma di accensione e spegnimento predefinito degli attuatori, lo strumento può verificarne il corretto funzionamento. **Esempi:** iniettori, attuatore del minimo, elettrovalvole dell'ABS, valvola di rigenerazione del filtro a carboni attivi, serrature portiere, servomotori dei sedili.

Confronto valori nominali/effettivi. Si misurano i valori effettivi e li si confronta con i valori nominali di default. **Esempi:** alimentazione, segnale del debimetro, tensione della sonda lambda. Se il valore reale si discosta da quello nominale, si è in presen-

za di un guasto.

Letture dei blocchi di valori misurati. Se collegato a centraline con funzione di diagnosi, lo strumento riceve da esse i dati aggiornati, consentendogli di monitorare e registrare contemporaneamente i segnali di più componenti (fig. 1).

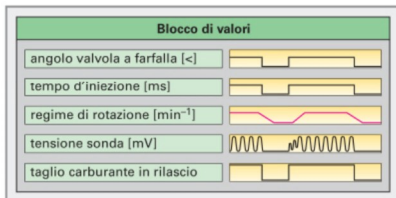


Figura 1: Blocco di valori

Esempio. Verifica del taglio di carburante in rilascio a veicolo in marcia:

- l'angolo della valvola a farfalla si abbassa al valore minimo;
- il tempo d'iniezione deve scendere a zero;
- il regime di rotazione diminuisce;
- tensione sonda < 100 mV;
- taglio carburante in rilascio "attivo".

Aggiornamento software (flash). Questa operazione permette di aggiornare i software delle centraline. Gli scopi sono:

- adeguamento di centraline a varianti di allestimento e specificità nazionali;
- attivazione/disattivazione di funzioni extra (upgrade/downgrade);
- eliminazione di errori di programmazione.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Il flusso di dati non dev'essere interrotto durante l'aggiornamento del software.

L'alimentazione del veicolo va garantita mediante collegamento a una sorgente di tensione esterna.

Per effettuare l'aggiornamento del software, è necessario assicurare l'alimentazione dell'apparecchio (per esempio, strumento diagnostico).

Durante l'aggiornamento del software, non devono essere attivate altre funzioni elettriche sul veicolo. Osservare eventuali e ulteriori indicazioni del costruttore.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali possibilità di misurazione e controllo esistono?
- 2 Quali misurazioni possono essere effettuate con un multimetro?
- 3 Descrivete il procedimento di ricerca guasti guidata.