INDUSTRIA E ARTIGIANATO - COMMERCIALE E TURISTICO
ISTITUTO STATALE ACCREDITATO DALLA REGIONE PIEMONTE
ISTITUTO ISTRUZIONE SUPERIORE
GALILEO FERRARIS
SETTIMO TORINESE
E-mail: info@iis-ferraris.it
www.iis-ferraris.it
C.F. 97546510013

ELETTROTECNICA

APPUNTI DEL CORSO LARSA

PROFF. NICOLA LABARILE - EROS MARELLO

CIRCUITI IN CORRENTE CONTINUA

Risolvere una rete significa saper determinare il valore delle correnti che attraversano le resistenze e il valore delle tensioni ai loro capi.

Collegamenti fondamentali tra resistenze

- **Serie**: due resistenze si dicono collegate in serie quando **hanno in comune un terminale** e sono attraversati dalla ***stessa intensità*** di corrente.
  Nel terminale di connessione in comune non deve convergere nessun altro ramo.
  Due resistenze in serie si possono sostituire con una sola, il cui valore è dato dalla somma dei loro valori

$$R_S = R_1 + R_2$$

- **Parallelo**: due resistenze sono in parallelo quando **hanno in comune entrambi i terminali**. I due bipoli in parallelo hanno la stessa tensione.
  Due resistenze in parallelo si possono sostituire con una sola, il cui valore è dato dal rapporto tra il prodotto dei loro valori e la loro somma

$$R_P = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Principio di Kirchhoff ai nodi

In un nodo la somma algebrica delle intensità di corrente dei rami che vi confluiscono è nulla:

$$\Sigma\ I = 0$$

Convenzionalmente si considerano positive le intensità entranti nel nodo, negative quelle uscenti, ma ovviamente nulla cambia scegliendo la convenzione opposta.

Il principio può anche essere enunciato nella forma:

la somma aritmetica delle intensità di correnti entranti nel nodo è uguale alla somma aritmetica delle intensità di corrente uscenti dal nodo stesso

Questo principio è utilizzato quando si conoscono tutele correnti di un nodo tranne una, che può quindi essere determinata per differenza delle altre.

Principio di Kirchhoff alle maglie

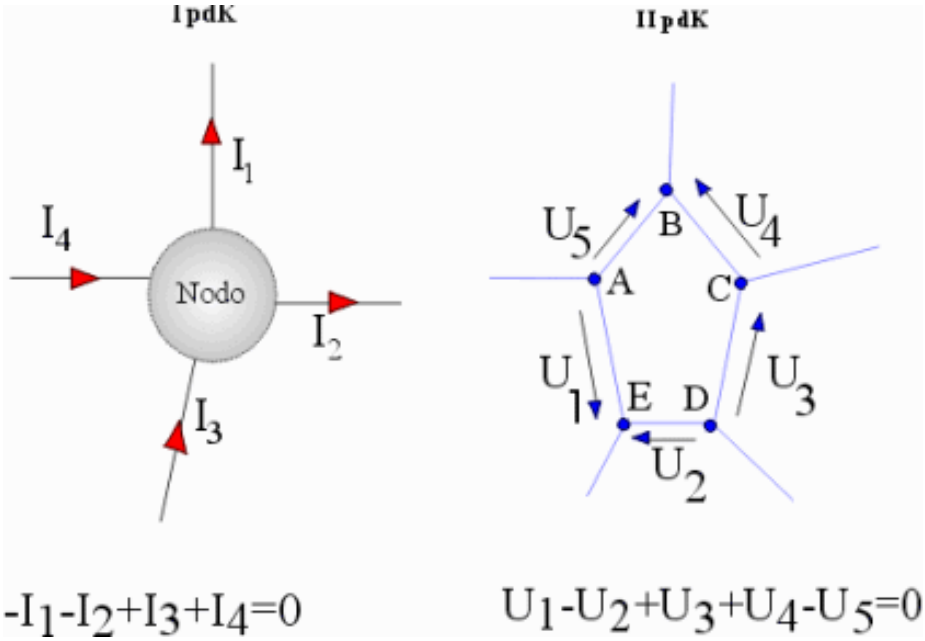
In un percorso chiuso qualsiasi, la somma algebrica delle tensioni ai capi dei bipoli che lo costituiscono è nulla:

$$\sum v_i = 0$$

Scelto un verso arbitrario di percorrenza della maglia, sono considerate positive le tensioni la cui freccia rappresentativa è concorde al verso di percorrenza, mentre sono considerate negative le altre.

Anche questo principio consente di determinare una tensione incognita note tutte le altre nella maglia presa in considerazione.

La figura mostra graficamente l'applicazione dei due principi



Legge di Ohm

La corrente che attraversa una resistenza è data dal rapporto fra la tensione ai capi di quella stessa resistenza e il valore di quella stessa resistenza.

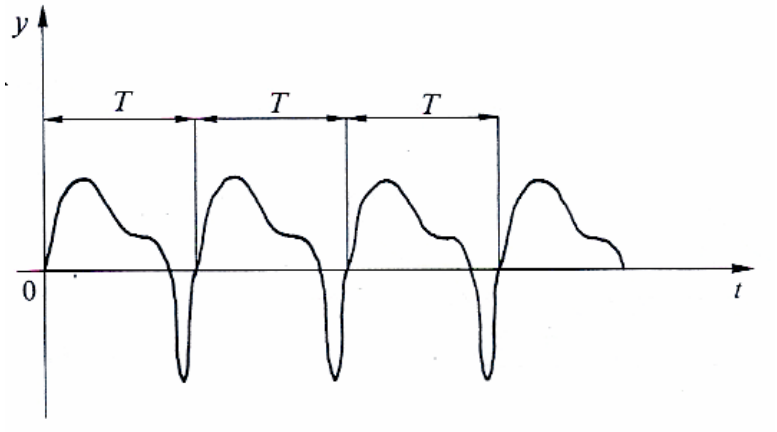
$$I = \frac{V}{R}$$

Pertanto:

- la corrente che attraversa una resistenza è direttamente proporzionale alla tensione ai capi della resistenza stessa
- la corrente che attraversa una resistenza è inversamente proporzionale al valore della resistenza stessa

Grandezze periodiche

Si definisce funzione periodica una funzione che si ripete ciclicamente nel tempo con un dato periodo T.



Le grandezze caratteristiche di una funzione periodica sono

- la **frequenza f** rappresenta il numero di cicli che si ripetono in un secondo e si misura in Hertz (1 Hz = 1 ciclo al secondo)
- il **periodo T** rappresenta il tempo che impiega il segnale a fare un ciclo completo e si misura in secondi
- il **valor massimo V_{MAX}** o **ampiezza A** è il massimo valore che il segnale assume durante un periodo
- il **valor medio V_m** si ottiene dalla componente continua considerando come positiva l'area del segnale negativo

$$V_m = \frac{A+B}{T}$$

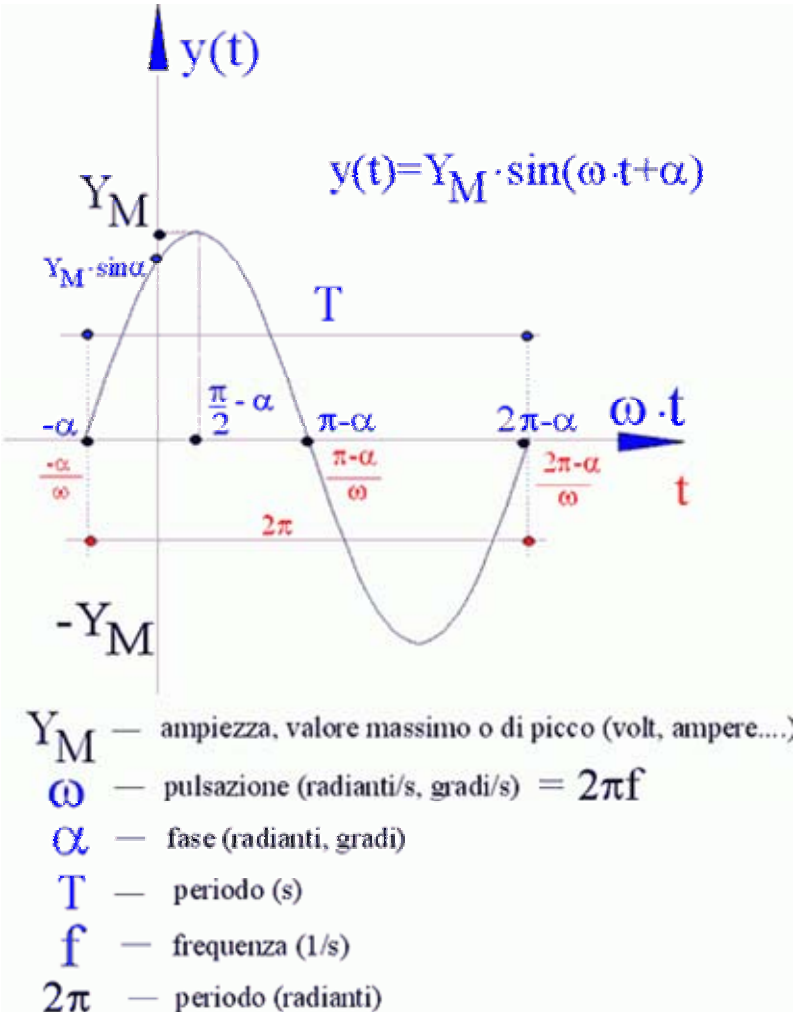
- il **valore efficace di una tensione o di una corrente V_{eff}** è dato dal valore della grandezza costante che, sostituito alla funzione periodica, sviluppa la stessa quantità di calore in una resistenza; è dato dalla radice quadrata del valore quadratico medio

Grandezze sinusoidali

Una tensione sinusoidale ai capi di un bipolo (o la corrente che lo attraversa), è espressa dalla funzione matematica:

$$y(t) = Y_M \cdot \sin(\omega t + \alpha)$$

La figura rappresenta graficamente questa funzione, elencando e definendo i parametri che la caratterizzano: ***periodo***, ***frequenza***, ***pulsazione***, ***valore massimo***, ***fase***.



Il **valore medio V_{med}** di una sinusoide è

$$V_{med} = \frac{2}{\pi} V_{MAX}$$

Il **valore efficace V_{eff}** di una sinusoide è

$$V_{eff} = \frac{V_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

La distribuzione dell'energia elettrica avviene proprio in corrente alternata con frequenza di 50 Hz (60 Hz in USA). La tensione di una utenza civile è generalmente di 220 V, valore efficace. Il valore di picco della tensione è dunque di 311 V. La pulsazione è di 314 rad/s (18000 °/s)

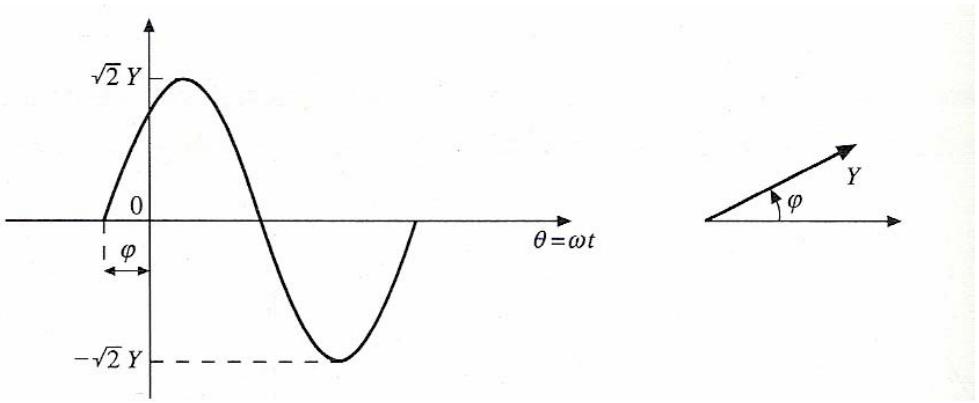
Rappresentazione vettoriale delle sinusoidi

L'ampiezza della sinusoide è pari al modulo del vettore e la sua fase coincide con l'angolo formato con l'asse di riferimento dal vettore nell'istante zero.
Il modulo del vettore è posto per convenzione uguale al valore efficace della sinusoide.
Pertanto:

una sinusoide avente valore efficace Y e fase φ può essere rappresentata con un vettore di modulo Y, ruotato dell'angolo φ rispetto all'asse delle ascisse.

Verrà rappresentato con il simbolo $\overline{Y}$ ed avrà l'espressione $\overline{Y} = Y\angle\varphi$

Questa rappresentazione è detta forma polare.



Lavoro, potenza, energia elettrica

Il ***lavoro*** L viene definito come il prodotto della forza F per lo spostamento s del suo punto di applicazione nella direzione della forza

$$L = F \cdot s$$

L'unità di misura del lavoro è il Joule (J).

Si definisce ***potenza*** il lavoro compiuto da una macchina nell'unità di tempo

$$P = \frac{L}{t}$$

L'unità di misura della potenza è il ***Watt*** (W).

L'unità di misura dell'energia elettrica è il ***Wattora*** (Wh):

1 Wattora = 1 Watt x 1 ora = 1J / s x 3600s = 3600 J ➔ 1 KWh = 3,6 x10^6J

Un'altra forma di energia è il calore: in questo caso si parla di energia termica, e la sua unità di misura è caloria. Normalmente si usa la chilocaloria (Kcal), definita come la quantità di calore necessaria a far aumentare di un grado centigrado la temperatura di un Kg (cioè un dm^3, cioè un litro) di acqua.

1 Kcal = 4186 J

Potenza in corrente continua

Ogni bipolo inserito in una rete elettrica è sottoposto ad una tensione *V* ed è percorso da una corrente *I.*

In un intervallo di tempo Δt nel bipolo si trasforma l'energia

$$W = V\, I\, \Delta t$$

Tale trasformazione avviene impegnando la potenza

$$P = V\, I$$

La trasformazione di energia può avvenire in due sensi opposti, a seconda che il bipolo si comporti da alimentatore o da utilizzatore:

- L'utilizzatore assorbe energia elettrica per trasformarla in altra forma (meccanica, termica, luminosa,…)
- L'alimentatore fornisce energia elettrica

Quando la corrente entra dal morsetto positivo della tensione, il bipolo funziona da utilizzatore; in caso contrario esso si comporta da alimentatore.
Tutti i componenti che non sono generatori si comportano da utilizzatori. A questa categoria appartengono quindi le resistenze e tutti i bipoli passivi.
Per esempio la batteria di un'automobile si comporta da alimentatore quando mette in moto il motore, ma diventa un utilizzatore quando viene caricata da un carica-batteria. In questo secondo caso l'alimentatore è il carica batteria.
Il valore della potenza viene fornito, in ogni caso, dal prodotto tra la tensione ai capi del bipolo e la corrente che lo attraversa.
Nel caso di una resistenza R, la potenza risulta sempre assorbita e vale:

$$P = V I$$

Ricordando che

$$V = R I$$

Si ottengono le relazioni alternative

$$\boxed{P = RI^2}$$

$$\boxed{P = \frac{V^2}{R}}$$

Per il principio di conservazione dell'energia, <u>la somma delle potenze generate dagli alimentatori P_g è uguale alla somma delle potenze assorbite dagli utilizzatori P_a</u>.

$$P_g = P_a$$

Rendimento

Ogni circuito elettrico viene realizzato per raggiungere determinati scopi: la parte di potenza assorbita per la realizzazione di tale scopo è detta ***potenza utile*** P_u; la differenza tra la potenza generata P_a e quella assorbita dall'utilizzatore P_u rappresenta la ***potenza dissipata*** P_d (perdite). Pertanto

$$P_g = P_u + P_d$$

Si definisce rendimento (percentuale) il rapporto tra la potenza assorbita e la potenza generata

$$\eta = \frac{P_u}{P_g} \times 100 \qquad \text{cioè} \qquad \eta = \frac{P}{P_u + P_d} \times 100$$

Potenza in corrente alternata

In corrente alternata si distinguono

- Potenza attiva P [W]
- Potenza reattiva Q [VAR]
- Potenza apparente S [VA]

La ***potenza attiva P*** è quella che, moltiplicata per il periodo T, fornisce l'energia trasformata in quel periodo stesso.
La ***potenza reattiva Q*** è quella che alternativamente fluisce nelle reattanze senza essere trasformata in altre forme di energia.
La ***potenza apparente S*** è data dal prodotto del valore efficace della corrente per il valore efficace della tensione

Teorema di Boucherot

In una rete complessa possono essere presenti contemporaneamente più resistori, induttori e condensatori. Il calcolo della potenza è regolato dal teorema di Boucherot per il quale la potenza attiva totale è data dalla somma delle potenze dissipate da ogni resistore

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3 + ... + P_n}$$

mentre la potenza reattiva totale è ottenuta come somma algebrica delle singole potenze reattive: le potenze induttiva e capacitiva si compensano e quando sono uguali in valore assoluto si annullano a vicenda

$$\boxed{Q_T = Q_{L1} + Q_{L2} + ... + Q_{Ln} + Q_{C1} + Q_{C2} + ... + Q_{Cn}}$$

con il segno + nel caso di potenza reattiva induttiva e con il segno – nel caso di potenza reattiva capacitiva.
La potenza apparente totale è diversa dalla somma delle singole potenze apparenti ed è espressa dalla relazione

$$\boxed{S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}$$

Il triangolo delle potenze che lega S, P e Q consente una rappresentazione simbolica delle potenze

$$\boxed{\overline{S} = P \pm jQ}$$

con il segno + nel caso di potenza reattiva induttiva e con il segno – nel caso di potenza reattiva capacitiva.

Analogamente alle impedenze, dal triangolo delle impedenze si ricava che

$$\boxed{\begin{aligned} P &= S\cos\varphi \\ Q &= S\sin\varphi \end{aligned}}$$

dove φ è l'angolo di sfasamento tra tensione e corrente, e $\cos\varphi$ è detto fattore di potenza.

Panoramica degli impianti installabili negli edifici residenziali

Nella progettazione degli impianti elettrici è utile suddividere gruppi di utilizzatori aventi caratteristiche analoghe e che presentino una certa indipendenza di funzionamento: ogni gruppo costituisce un'unità di impianto.
Nel caso di fabbricati adibiti ad abitazioni civili, ogni appartamento costituisce un'unità d'impianto che ha inizio dal punto di fornitura dell'energia elettrica (contatore). Anche nei grandi complessi con punto di consegna centralizzato (alberghi, ospedali, officine, ecc.), le unità di impianto possono essere individuate in base ai piani degli edifici, alla loro estensione ed alla funzione dei vari reparti.
Prendiamo ora in esame gli impianti elettrici all'interno delle abitazioni.

Quadro contatori e colonne montanti.

L'impianto elettrico in un edificio civile ha origine dal quadro contatori (cioè dall'Ente distributore).
Il contatore, come la linea di alimentazione che lo precede, è di competenza della società distributrice dell'energia e quindi viene installato dalla società stessa. La parte di impianto che si trova dopo il contatore e che si distribuisce nell'appartamento è invece di competenza dell'installatore.
Le potenze installate nelle unità abitative hanno valori normalizzati: 3 - 6 – 10 kW. Ciascuna unità abitativa è protetta da un interruttore automatico dell' ente distributore, tarato rispettivamente a 9 - 17 - 35 - 55 A.
I morsetti a valle dell'interruttore costituiscono il punto di consegna dell'impianto all'utente, che deve a sua volta proteggere il circuito con un interruttore automatico proprio.
A titolo di esempio, unità abitative inferiori a 50 m^2 possono essere protette da un unico interruttore magnetotermico differenziale da 10A con un potere di interruzione di 4.5 kA. Appartamenti con superfici e potenze superiori (ad esempio fino a 100 m^2) con una potenza pari a 3 kW possono avere un circuito per i punti luce e le prese da 10 A e un circuito per le prese da 16 A, con un interruttore generale magnetotermico differenziale da 20 A e due interruttori automatici magnetotermici da 10 e 16 A rispettivamente.
In caso di posa centralizzata dei contatori negli scantinati, le colonne montanti fanno parte dell'impianto utilizzatore e devono essere distinte e separate per ciascun utente. Per separazione si intende la posa in distinte tubazioni ed in distinte scatole rompitratta oppure in un unico condotto con cavi multipolari sotto guaina ed interrotti dal locale contatore all'utente (nel locale contatore per non più di 3 m i conduttori unipolari possono essere nella stessa tubazione).
Si devono usare sezioni di portata superiore alla corrente di impiego per avere delle cadute di tensione ridotte.
All'ingresso delle unità abitative devono essere installati i centralini di distribuzione, contenenti gli interruttori automatici e differenziali, le suonerie ed eventualmente i relè.

Impianto per l'illuminazione interna.
Serve per illuminare i diversi locali dell' appartamento attraverso lampade ad incandescenza o fluorescenti.
Il comando può essere effettuato da un solo punto o da più punti.
Comprende inoltre i circuiti e le prese per l'alimentazione di lampade da tavolo o per il collegamento di elettrodomestici di piccolissima potenza (10 A).

Impianto per la distribuzione della forza motrice.
Comprende il circuito di alimentazione e le prese alle quali è possibile allacciare elettrodomestici ed accessori di potenza maggiore (corrente massima di 16 A).

Impianti di segnalazione e di portiere elettrico.
Gli impianti di segnalazione sono costituiti da suonerie e pulsanti che vengono usati per segnalare la presenza di persone fuori dall'appartamento o per chiamate interne all'appartamento stesso, ad esempio del personale di servizio.
Gli impianti di portiere elettrico sono realizzati con citofoni o videocitofoni e permettono di conversare con la persona che si trova all'ingresso dell' edificio e di aprire il portone o il cancello con la semplice pressione di un pulsante.

Impianto luce per scale.
Può essere un impianto indipendente oppure abbinato al portiere elettrico e permette l'accensione della luce delle scale in vari punti e lo spegnimento automatico trascorso un determinato tempo.

Impianto di messa a terra.
Rappresenta uno degli elementi fondamentali per garantire all'utente un impianto elettrico sicuro.

Impianto di antenne TV.
Questo impianto, che può essere singolo o centralizzato (può servire tutti gli utenti con un solo gruppo di antenne), serve per distribuire i segnali delle trasmissioni radio - TV in modo da ottenere la massima fedeltà della ricezione.

Impianti per i servizi generali.
È un insieme di impianti comuni a tutto l'edificio e servono per alimentare la centrale termica (caldaie e bruciatori), l'eventuale centrale idrica per il pompaggio dell'acqua, i motori di ascensori o montacarichi, l'illuminazione dei locali ad uso comune.

Impianto di distribuzione telefonica.
In questo caso l'installatore si limita a posare la tubazione necessaria per la distribuzione della linea telefonica che poi verrà realizzata dai tecnici della società distributrice del servizio telefonico.

Impianti di illuminazione esterna.
Sono analoghi agli altri impianti ma richiedono particolari accorgimenti per funzionare pur essendo sottoposti agli agenti atmosferici. Servono per illuminare viali, giardini, ecc..

Impianti di allarme.
Rappresentano il sistema di protezione da tentativi di furto nell'appartamento o per avvisare del pericolo di incendio o di fughe di gas.

Impianti di cancelli o serrande elettriche.
Consentono il comando a distanza per l'apertura e la richiusura di cancelli o serrande di garage e vengono frequentemente collegate al portiere elettrico.

Criteri generali per il progetto dell'impianto elettrico di un appartamento.

Gli impianti utilizzatori più semplici e ritenuti sufficienti per unità abitative **fino a 40 m^2** possono essere costituiti da:

- un unico circuito per punti luce e prese di corrente da 10 A;
- un circuito per prese da 16 A.

In caso di abitazioni con superficie compresa **tra 40 e 150 m^2** è consigliabile prevedere almeno:

- due circuiti per punti luce e prese di corrente da 10 A;
- un circuito per prese da 16 A.

Oltre i 150 m^2 è opportuno aumentare proporzionalmente i circuiti relativi.

Suddivisione per gruppi di potenza.

Ogni circuito alimenta un gruppo di utilizzatori che comporta correnti d'impiego di intensità conveniente per uno sfruttamento ottimale dei conduttori installati. Per gli utilizzatori con potenza superiore a 3.6 kW occorre prevedere distinte linee di alimentazione.
Ogni circuito deve essere protetto alla sua origine (centralino o quadro elettrico) dal cortocircuito e, se soggetto, anche dal sovraccarico.
La **protezione dal cortocircuito** si ottiene scegliendo interruttori automatici con un potere di interruzione non inferiore alla corrente presunta di corto circuito valutata al centralino.
La **protezione dal sovraccarico** si ottiene scegliendo interruttori automatici magnetotermici con una corrente.nominale non superiore alla portata massima in regime permanente della linea protetta.

Impianto luce

Criteri di progettazione e di dimensionamento.

L'impianto luce è costituito da punti luce fissi a soffitto ed a parete e dalle prese luce per lampada da tavolo.

Il più piccolo conduttore installabile, secondo le Norme CEI, deve avere la sezione di 1.5 mm^2, alla quale corrisponde una portata massima in regime permanente di 14 A (4 conduttori attivi entro tubi incassati sotto intonaco). Pertanto ciascuna linea da 1.5 mm^2 in partenza dal centralino sarà protetta da un interruttore da 10 A e potrà raggruppare centri luce per complessivi 2000 W (è possibile arrivare a 2500 W utilizzando una sezione di 2,5 mm^2).

Il sempre più frequente impiego di lampade alogene nei soggiorni rende consigliabile l'installazione di una specifica linea luce per questo locale.

Collegamenti.

L'impianto luce solitamente si sviluppa su una dorsale che alimenta anche le prese da 10 A di uso generico (piccoli elettrodomestici mobili o portatili).

Il conduttore di fase deve essere interrotto dagli apparecchi unipolari e non deve essere collegato - alla virola del portalampada; inoltre se il lampadario è metallico va collegato al conduttore di protezione giallo-verde che non deve mai mancare nei centri luce.

Impianto prese ed allacciamento elettrodomestici

Prese da 10 A e da 16 A.

Il tipo di presa da installare in un determinato punto dell'impianto e le caratteristiche della linea che la alimenta devono essere stabilite in funzione dell'utilizzatore da collegare. Tenendo presente che tutte le prese devono essere bipolari con polo di terra e rispondenti alle Norme CEI 23-5 o 23-16, in generale si possono prevedere le seguenti possibilità:

- punti presa da 10 A per alimentare piccoli elettrodomestici mobili o portatili (macinacaffè, lucidatrice, rasoio, ecc.) od apparati fissi con potenza inferiore ai 1000 W (televisore, impianto HI-FI, frigorifero, …). La relativa linea con sezione minima di 1.5 mm^2 può essere comune al circuito luce;
- punti presa da 16 A per alimentare elettrodomestici fissi con potenza superiore ai 1000 W (lavatrice. Cucina con piastre o forno elettrico, lavastoviglie, ecc.). Per queste prese occorre riservare una apposita linea con una sezione minima di 2.5 mm^2;
- punti presa da 10/16 A per usi occasionali. In questi casi si deve necessariamente ipotizzare la possibilità di impiego diversificato con utilizzatori di piccola od elevata potenza (trapani, lampade portatili, termoventilatori portatili, saldatrici, ecc.). Pertanto è consigliabile installare prese di tipo bipasso alimentate da una linea con una sezione minima di 2.5 mm^2 (può essere la stessa linea delle prese da 16 A .per gli elettrodomestici fissi).

Eventuali elettrodomestici con un assorbimento unitario superiore ai 3.6 kVA connessi direttamente ad una linea propria, o tramite specifica presa, devono essere alimentati singolarmente da un apposito circuito con una minima di 4 mm^2.
Considerando la portata massima I_z, i circuiti, per ottenere un buon sfruttamento dei conduttori, possono a essere suddivisi nel seguente modo.

Sezione del circuito terminale	Un circuito ogni	oppure
1,5 mm^2	2000 W	1 presa da 10A
2.5 mm^2	2500 W	1 presa da 16 A o più prese da 10 A
4mm^2	3600 W	Più prese da 16 A

Date le caratteristiche del materiale d'installazione (es. interruttori, deviatori, prese a spina, ecc.), l'uso di sezioni maggiori non è adottabile per le possibili difficoltà di serraggio dei morsetti.