

## CALCOLO DI CADUTA DI TENSIONE

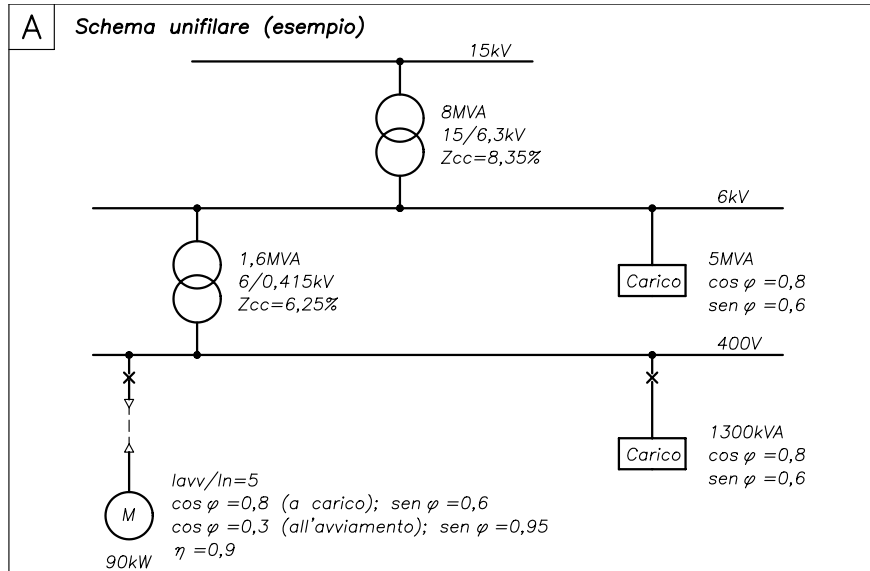
**Introduzione.** Congiuntamente al calcolo delle correnti di cortocircuito (v. Calcoli di cortocircuito, pag. 310) il calcolo del “profilo” delle tensioni è di primaria importanza nello studio di base del sistema elettrico di distribuzione. Tracciare un “profilo” di tensione significa calcolare le cadute di tensione (cdt) in condizioni statiche e in condizioni dinamiche (es. avviamento dei motori).

**Condizioni statiche.** Nella scheda Dimensionamento cavi (pag. 313) sono indicate le formule per calcolare la caduta di tensione sui cavi. Per quanto riguarda i trasformatori si rimanda alla IEC 606 (CEI 14). Se si trascurano le perdite, la cdt su un trasformatore può essere calcolata con buona approssimazione nel modo seguente (fig. A):  $\Delta V = Z_{cc} p_i \sin \varphi$  (%), con:  $\Delta V$  (%) caduta di tensione;  $Z_{cc}$  (%) impedenza di cortocircuito del trasformatore;  $\sin \varphi = \sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}$ ;  $\cos \varphi$  fattore di potenza del carico;  $p_i$  percentuale di carico del trasformatore rispetto alla sua potenza nominale. Con i dati della figura A otteniamo:  $\Delta V = 8,35 \times 0,6 \times (5 + 1,6) / 8 = 4,1\%$ . La tensione effettiva sulla sbarra di media tensione è  $6300 - (6300 \times 0,041) = 6040$  V. Il rapporto di trasformazione del trasformatore MT/BT è pari a  $6/0,415 = 14,45$ . Pertanto a vuoto sul lato bassa si avrà:  $6040 / 14,45 = 418$  V. A carico, la caduta di tensione sul trasformatore MT/BT è:  $\Delta V = 6,25 \times 0,6 \times 1 \simeq 3,75\%$ , ovvero:  $415 \times 0,0375 = 16$  V. La tensione sul lato bassa sarà:  $418 - 16 = 402$  V. Il cavo di alimentazione al motore andrà scelto con le formule indicate nella scheda Dimensionamento cavi (pag. 313) in modo che la caduta di tensione non sia superiore al 5%. Poiché la tensione nominale del motore è 400 V il motore si troverà a funzionare correttamente entro il -5% indicato nella tabella A della scheda Scelta delle tensioni nominali (pag. 307).

**Condizioni dinamiche.** In caso di avviamento la potenza assorbita dal motore è:  $A_m = 5 \times 90 / (0,8 \times 0,9) = 625$  kVA;  $P_m = 625 \times 0,3 = 187,5$  kW;  $Q_m = 625 \times 0,95 = 594$  kVAR. Che vanno sommati a:  $P_c = 1300$  kVA  $\times 0,8 = 1040$  kW;  $Q_c = 1300$  kVA  $\times 0,6 = 780$  kVAR. Si ottiene:  $P_t = 1040 + 187,5 = 1227,5$  kW;  $Q_t = 594 + 780 = 1374$  kVAR;  $A_t = \sqrt{1227,5^2 + 1374^2} = 1842$  kVA. La cdt sul trasformatore MT/BT sarà:  $\Delta V = 6,25 \times 0,74 \times 1842 / 1600 = 5,26\%$ , cioè:  $\Delta V = 415 \times 0,0526 = 22$  V, dove  $0,74 = \sin(\arctan P_t / Q_t)$ . La tensione preesistente all'avviamento era di 402 V (in questo caso si trascura la cdt aggiuntiva, causata dal motore in avviamento sul trasformatore da 8 MVA: sarebbe infatti  $\Delta V = 8,35 \times 0,6 (5 + 1,842) / 8 = 4,2\%$ ). La tensione sulla sbarra è  $402 - 22 = 380$  V pari al 95% della tensione nominale del motore. Avendo scelto un cavo con caduta di tensione massima del 10% si avrà una caduta totale massima del 15% circa che rientra nei valori accettabili.

Nota. I motori elettrici presentano allo spunto una corrente pari a 5-7 volte la corrente nominale che provoca una maggior cdt ai morsetti. Poiché i valori della coppia variano con il quadrato della tensione, si deve limitare la cdt a circa il 20% per i motori di media tensione e a circa il 25% per i motori di bassa tensione (fig. B).

**Rifasamento.** Il calcolo di esempio in condizioni statiche è stato fatto con  $\cos \varphi = 0,8$ . Si noti come a un aumento di  $\cos \varphi$  corrisponda una diminuzione di  $\sin \varphi$  e quindi una diminuzione della cdt. Per migliorare il profilo di tensione si utilizza il rifasamento: conoscendo il valore iniziale  $\cos \varphi_i$  e quello finale  $\cos \varphi_f$  (e quindi  $\tan \varphi_i$  e  $\tan \varphi_f$ ) la potenza rifasante dei condensatori (kVAR) si ricava da:  $Q = P(\tan \varphi_i - \tan \varphi_f)$  dove  $P$  (kW) è la potenza attiva assorbita dall'impianto.



**B Correnti di avviamento e coppia in funzione della velocità\* e della tensione di un motore con potenza di 1835 kW e tensione nominale di 11 kV**

