

La portata dei cavi nei quadri elettrici

Quale interfacciamento tra progettista impianti, quadrista e norme CEI?

Giancarlo Tedeschi

INTRODUZIONE

Queste note sono dedicate anche a quanti hanno seguito il corso di DELFINO ACADEMY, dedicato alla "*Progettazione dei quadri elettrici – Approfondimenti*". Nel corso per mancanza di tempo l'argomento in seguito trattato è stato enunciato, ma non adeguatamente approfondito.

Il dimensionamento dei circuiti posti a valle dei quadri elettrici di potenza presenta aspetti che non sono primariamente trattati dalle norme, dalle guide e dalla letteratura tecnica del settore come nelle nostre giuste attese.

Presentiamo aspetti del dimensionamento dei circuiti elettrici in generale poco considerati e sviluppati.

La scelta della tipologia delle condizioni particolari di posa sono fondamentali per la determinazione della portata dei cavi costituenti un circuito. In proposito c'è però una condizione aggiuntiva che pare poco considerata e che proponiamo.

Il caso frequente, ma poco attenzionato, ri-

guarda il dimensionamento di una piccola porzione dei circuiti, che pur appare significativa. Questa parte è quella che si sviluppa all'interno dell'involucro che costituisce il quadro elettrico. Una attenta valutazione della portata dei conduttori all'interno del quadro eseguita, anche in considerazione del fatto che la norma CEI, se non ricordiamo male, afferma in un suo qualche articolo che un anche un tratto di un metro di posa diversa del circuito concorre a determinare la sua portata.

Per approfondire questo interessante tema, ci riferiremo alle scelte fatte, che dovrebbero risultare esemplificatrici, nella guida CEI 121-5 ⁽¹⁾, che interpreta i contenuti della serie di norme CEI EN 61439 ⁽²⁾, in particolare nei suoi allegati C e D. Gli allegati C e D trattano della documentazione che dovrebbe accompagnare i quadri di potenza. Nel caso specifico l'allegato C tratta di un quadro con un circuito di ingresso che presenta $I_{na} = 630$ A (corrente nominale del circuito) e un secondo quadro con un circuito di ingresso con $I_{na} = 1600$ A.

ESEMPIO DI POSSIBILE APPROCCIO

Lo schema delle considerazioni che proponiamo per determinare la portata dei circuiti è di seguito illustrato applicato ad un preciso circuito, cioè a quello contrassegnato con Q5 nello schema del quadro elettrico di cui nell'allegato D della guida.

Il progettista ha scelto per alimentare un carico da 350 kW, cosfi 0,8, $I_b = 631$ A la seguente formazione del circuito : $3 \times (2 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2)$ F + $1 \times 185 \text{ mm}^2$ N + $1 \times 185 \text{ mm}^2$ (PE), con cavi attivi isolati in EPR (temperatura di funzionamento 90 °C). I cavi costituenti il circuito in esame sono alimentati da un interruttore importante ($I_n 800$ A) posto nella parte superiore dello scomparto del quadro.

La temperatura, che gli esperti estensori del-

la guida hanno valutato caratterizzare l'interno della parte alta del quadro, è risultata sulla base delle perdite totali relative allo scomparto del quadro e alla situazione termica circostante, pari a 55 °C, quando la temperatura ambiente circostante è pari a quella convenzionale fissata dalla norma in 35 °C.

La portata di una terna di cavi isolati in EPR con sezione 185 mm^2 a 30 °C posti a contatto tra loro a trifoglio è valutata in 510 A, se in aria libera. La portata a 55 °C si calcola applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,76 e pertanto ridotta a 388 A. La posa di cavi raggruppati di due circuiti uguali in parallelo riduce ulteriormente la portata della somma delle singole portate secondo il fattore K_r pari a 0,8.

Per poter dichiarare rispondente alla norma un quadro non provato dal punto di vista termico con la prova diretta di riscaldamento, la stessa norma CEI EN 61439-1 chiede inoltre che le condutture costituenti i circuiti siano dimensionate per una corrente pari a 1,25 volte quella nominale del circuito, Inc.

Nel caso esaminato la corrente nominale Inc del circuito è indicata in 640 A.

La portata richiesta dalla norma CEI EN 61439-1 maggiorata del 25% vale 800 A.

Risulta che la portata maggiorata richiesta di 800 A non sembra soddisfatta nella specifica situazione proposta nella guida. Infatti la portata della conduttura nelle ipotesi abbastanza usuali da noi assunte è 620 A e risulta inferiore a quella richiesta dalla guida, 800 A, nelle ipotesi di posa in aria libera. Chiediamo lumi agli esperti normatori!

Nelle tabelle 1 e 2 sono esposti i risultati di una verifica sistematica che abbiamo eseguito per alcuni circuiti dei quadri presentati negli allegati C e D della guida CEI 121-5. Per le valutazioni eseguite ci siamo riferiti per quanto riguarda la tipologia di posa ad una situazione intermedia

⁽¹⁾ Guida Tecnica CEI 121-5 "Guida alla normativa applicabile ai quadri elettrici di bassa tensione e riferimenti legislativi".

⁽²⁾ CEI EN 61439-1 (CEI 17-113) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Regole generali e CEI EN 61439-2 (CEI 17-114) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza

tra quella rappresentata dai conduttori posti in aria libera e quella in una canalina. Le ipotesi di lavoro per l'elaborazione delle portate e dei confronti sono di seguito riportate.

Ipotesi: norma CEI 121-5, allegati C e D; cavi isolati in EPR unipolari o multipolari;

I_{nc} , corrente nominale del circuito;

$I_{nc\ m}$ corrente nominale del circuito maggiorata con $km = 1,25$;

$I_{ze\ al}$, portata del cavo singolo in aria libera (al) (trifoglio) a 30 °C;

$I_{z\ al}$, portata della fase della conduttura in aria libera (trifoglio) a 30 °C, se il caso dovuta a più conduttori in parallelo, cioè pari a $I_{ze\ al} \times n$ (numero cavi in parallelo per fase) $\times k_r$ (coefficiente mutuo riscaldamento per cavi in parallelo e accostati);

$I_{z\ c}$, portata del cavo in canalina, se il caso dei cavi in parallelo;

$I_{z\ m}$, media delle due portate già calcolate $I_{z\ al}$ e $I_{z\ c}$, cioè $(I_{z\ al} + I_{z\ c})/2$;

$I_{z\ d}$, portata del cavo con posa distanziata pari valutata pari a $I_{z\ m} / 0,8$;

K_t , coefficiente di riduzione di portata da 30 °C a 55 °C per cavi isolati in gomma etilenpropilena pari a 0,76;

l'asterisco * come apice indica che le portate sono state riferite alla effettiva temperatura ambiente di posa (55°C) all'interno del quadro.

OSSERVAZIONI

1 - Quando la portata del circuito è valutata per posa in aria libera, si deve pensare che il circuito sia realizzato con i cavi di fase configurati a trifoglio, che scendono nello scomparto fissati in qualche modo ad una modesta distanza da una sua parete.

2 - La portata dei cavi valutata per posa in aria libera sembra troppo generosa. Il tipo di posa in aria libera non sembra applicabile. In effetti le condizioni all'interno dello scomparto anche in buone condizioni di ventilazione, cioè con opportune feritoie in basso e in alto, non si possono considerare certamente pari a quelle di una conduttura orizzontalmente disposta in aria libera, cioè

in un ambiente completamente libero all'intorno e vasto. Anche la posa in canalina, in particolare per i circuiti di maggior sezione, in tutta generalità non risponde più spesso alle reali condizioni di funzionamento dei cavi all'interno degli scomparti.

3 - La valutazione sopra riportata e le valutazioni riportate nelle tabelle 1 e 2 valgono solo se il circuito non viene contaminato dal contatto con altri circuiti, che già nella più parte dei casi non è facilmente evitabile. E' esclusa nell'esame condotto la raccolta in fascio dei circuiti all'interno del quadro.

4 - Anche la posa del circuito in condizioni verticali sembra penalizzare anche se di poco la portata presa in considerazione. Tale effetto non è stato da noi preso in considerazione.

5 - Anche la posa dei circuiti all'interno di una canalina in materiale metallico o isolante, almeno per i circuiti di più grande sezione, non dovrebbe essere presa in considerazione, in quanto non sempre rappresentativa della loro reale situazione di smaltimento del calore prodotto, se i raggruppamenti di cavi trovano genericamente posto all'interno dello scomparto. Se è vero che lo scomparto si può assimilare ad una canale molto capace, è anche vero che al suo interno si manifesta qualche maggior possibilità di utili moti convettivi.

7 - Per amore di rigore ricordiamo che una trattazione più completa del tema dovrebbe prevedere anche la possibile posa dei conduttori posti in fila a contatto tra loro, che potrebbe migliorare la situazione, ma che non ci risulta sia sempre adottata nei quadri.

8 - Ricordiamo che la ripartizione della corrente in più vie uguali in parallelo non avviene in ugual misura.

9 - Rimane da risolvere un problema importante. La norma CEI EN 61439 chiede che per i conduttori che portano più di 200 A si dispongano i cavi in modo da minimizzare le perdite nelle parti metalliche per correnti

Tabella 1 – Verifica della osservanza per alcuni circuiti elettrici descritti nell'allegato C di prescrizioni che la norma CEI EN 61439 prevede per la rispondenza del quadro alla norma stessa.

ALLEGATO C													
circuito	Sez. fase (mm ²)	Inc (A)	Inc m (A)	Ize al (A)	kr	Iz al (A)	Ize c (A)	Iz c (A)	Iz c* 55°C (A)	Iz M 55°C (A)	Iz M > Inc m	Iz d* 55°C (A)	Iz d* > Inc m
Q0	2x240	630	787	607	0,8	971	490	784	595	667	NO	834	SI
Q5	1x95	200	250	328	1	328	269	269	204	226	NO	282	SI
Q6	1x50	126	158	207	1	207	175	175	133	145	NO	181	SI
Q8	1x25	80	100	135	1	135	117	117	89	96	NO	120	SI
Q10	1(4x10)	40	50	75	1	75	60	60	46	52	SI	-	-

Tabella 2 – Verifica della osservanza per alcuni circuiti elettrici descritti nell'allegato D di prescrizioni che la norma CEI EN 61439 prevede per la rispondenza del quadro alla norma stessa.

ALLEGATO D													
circuito	Sez. fase (mm ²)	Inc (A)	Inc m (A)	Ize al (A)	kr	Iz al (A)	Ize c (A)	Iz c (A)	Iz c* 55°C (A)	Iz M 55°C (A)	Iz M > Inc m	Iz d* 55°C (A)	Iz d* > Inc m
Q50	5x240	1600	2000	607	0,6	1821	490	1470	1117	1250	NO	2083	SI
Q8	1x185	320	400	510	1	510	396	396	317	349	NO	436	SI
Q5-Q6	2x185	640	800	510	0,8	816	417	667	507	563	NO	703	NO
Q9	1x120	200	250	383	1	383	312	312	237	264	SI	330	SI
Q11	1x70	128	160	268	1	268	222	222	169	187	SI	233	SI

parassite e per isteresi. Questa richiesta sulla quale la guida 121-5 glissa completamente, non è facile da gestire, fondamentalmente in quanto il distanziamento tra i cavi, utile per aumentare la portata, e necessario per rispondere correttamente ai disposti normativi, è al contrario fonte di un aumento non trascurabile delle perdite, che la norma stessa chiede di minimizzare.

10 - I problemi e le situazioni sopra rappresentati, come da ultimo le modalità da rispettare per minimizzare le perdite causate dalle correnti nelle parti metalliche del quadro, sono trascurati dalla guida CEI 121-5, che appare di poco aiuto.

LA SOLUZIONE

Nello studio proposto nel tentativo di risolvere il problema, che abbiamo sollevato, abbiamo indicato nelle tabelle 1 e 2 le portate ($I_z d^*$), che si possono attribuire ai conduttori unipolari in gioco, nel caso di fasi costituite da un solo conduttore, con posa dei conduttori stessi in piano distanziati tra loro di almeno un diametro su rastrelliere verticali. Nel caso le fasi siano costituite da più cavi in parallelo le portate ($I_z d^*$) sono calcolate associandole alla posa di singole terne a trifoglio, in numero pari al numero di elementi previsto in parallelo, posate tra loro ad una distanza almeno pari al diametro occupato dalla terna di cavi. In questo ultimo caso eliminando solo gli effetti della riduzione di portata dovuta alla posa in fascio delle vie in parallelo ipotizzata. È chiaro che lo sviluppo orizzontale dei cavi in risalita lungo le rastrelliere si fa molto significativo e che questo aspetto implica una specifica progettazione. In particolare quando fosse necessario per più vie in parallelo dover rinunciare anche alla disposizione a trifoglio per ciascuna via (Q5 e Q6, allegato D).

CONCLUSIONI

Si può concludere che il dimensionamento dei cavi in partenza dai quadri è cosa molto delicata. I numerosi NO che compaiono nelle tabelle 1 e 2 sembrano indicare situazioni

proposte nella guida CEI 121-5 non sempre accettabili. È facile cadere in errore, come a noi sembra sia caduta la stessa guida CEI 121-5, che non segnala nemmeno l'attenzione da tenere in proposito, lasciando nelle grane il povero utente. Se la posa e la collocazione dei cavi non sono opportunamente e nel dettaglio studiate per garantire oltre che le prestazioni richieste per l'alimentazione dei carichi anche l'osservanza delle condizioni non di poco peso richieste dai disposti della specifica norma CEI EN 61439, non è assicurata la rispondenza dei quadri, almeno dal punto di vista del loro comportamento termico, alla stessa citata norma di riferimento.

Abbiamo l'impressione che i costruttori di interruttori e di apparecchiature più affermati per orientare il mercato a proprio vantaggio, riducendo al minimo le proprie responsabilità, pongano in capo ai progettisti, ai quadristi e ai committenti oneri molto pesanti, di cui non sono stati presentati ancora adeguati risultati di studi e approfondimenti.

Il dimensionamento dei cavi costituisce una parte importante dell'azione del progettista dell'impianto, insieme all'attività di verifica della loro protezione.

Risulta evidente come la sua azione si debba confrontare con quella della progettazione del quadro elettrico e del dimensionamento dei cavi al suo interno. È indubbiamente un importante momento di interfacciamento con il progettista del quadro elettrico.

Pertanto sarebbe stato opportuno che la guida CEI 121-5 avesse trattato anche questo tema e avesse dato indicazioni in merito.

Restiamo in attesa di eventuali osservazioni a commento delle nostre conclusioni.

Siamo consapevoli dei limiti del nostro approfondimento. Nel contempo però auspichiamo che gli esperti normatori si esprimano in proposito in aiuto dei progettisti più volenterosi.