

Prestazioni funzionali, prestazioni energetiche e sicurezza nei sistemi elettrici

A cura di Silvia Berri Responsabile Comunicazione e Promozione CEI e Cristina Timò Direttore Tecnico CEI



Nel contesto degli obiettivi nazionali di efficienza energetica le tecnologie elettriche svolgono un ruolo di primo piano. Il processo in atto non può che condurre all'introduzione di nuovi strumenti normativi volti all'attuazione di politiche "virtuose" per un utilizzo consapevole dell'energia prodotta e un'ottimizzazione delle fonti energetiche disponibili. Questo dossier è dedicato ai più importanti aggiornamenti normativi in materia di prestazioni funzionali, prestazioni energetiche e sicurezza nei sistemi elettrici. Il primo articolo esamina gli aspetti correlati al Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102 che ha l'obiettivo in primo luogo di ridurre i consumi di energia primaria attraverso il miglioramento delle prestazioni energetiche nella fornitura e nell'uso razionale di energia e, in secondo luogo, di qualificare la filiera che dovrà portare al raggiungimento di detto obiettivo primario. Il Decreto definisce alcune nuove prescrizioni per i soggetti che operano nell'ambito dell'energy audit, e incarica gli organismi normatori nazionali UNI e CEI di mettere a disposizione le norme tecniche utili allo scopo. Avviando un contesto di sviluppo nella direzione del miglioramento delle prestazioni energetiche, da un lato il Decreto introduce esplicitamente riferimenti a numerose norme tecniche di natura sistemistica gestionale, dall'altro implicitamente rende necessari strumenti normativi tecnici di dettaglio, per l'effettiva e concreta valutazione delle prestazioni attuali e

potenziali dei sistemi energetici in esame. In particolare il Decreto richiede esplicitamente ai due organismi di normazione nazionale CEI ed UNI di contribuire, elaborando norme tecniche a supporto. In questo contesto, anche i sistemi elettrici non possono più essere trascurati in quanto una quota sempre più rilevante dei consumi energetici si sta spostando dal termico all'elettrico e questi ultimi sono destinati a crescere, mentre la maturità tecnologica raggiunta nel settore elettrico di potenza e nel controllo consente facilmente di migliorare sempre più le prestazioni energetiche. L'articolo illustra specifici esempi applicativi nell'ambito dei gruppi di continuità statici ad alta efficienza e dell'applicazione del Regolamento UE n. 548/2014 ai trasformatori elettrici di potenza fino all'alta tensione. Le politiche energetiche impongono anche una significativa riduzione delle perdite nella rete elettrica. A tal fine, un nuovo sistema tariffario, a partire dal 2016, penalizzerà gli utenti con potenza superiore a 16,5 kW e cosφ inferiore a 0,95. Sarà pertanto necessario intervenire sugli impianti esistenti riconsiderando le problematiche connesse al rifasamento degli impianti stessi. Il secondo articolo illustra i nuovi obiettivi e le problematiche tecniche di progettazione e installazione relative al rifasamento da diversi punti di vista: beneficio tariffario, risparmio energetico, aspetti di progettazione ed installazione.

Il terzo articolo tratta della Guida Tecnica CEI 99-4, di recente pubblicazione, che sostituisce la vecchia Norma CEI 11-35 avente per oggetto la realizzazione di cabine elettriche MT (< 35 kV) del cliente/utente finale. Essa è coerente con le norme europee sull'argomento recentemente pubblicate tra cui la nuova edizione della CEI EN 61936-1 e la CEI EN 50522. La Guida Tecnica è uno strumento di lavoro fondamentale per progettisti e costruttori di cabine MT. L'articolo seguente riguarda l'evoluzione normativa dei sistemi di protezione dai "rischi elettrici" del paziente nei locali medici ed assimilati, dalla Norma CEI 64-4 prima edizione del 1973 alla ultima variante V2 della norma CEI 64-8, attualmente in fase finale di elaborazione. In particolare, viene valutato l'impatto sulle strutture sanitarie che si trovano a gestire impianti preesistenti alla V2. Il contributo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco tratta i criteri di progettazione degli impianti elettrici di illuminazione di sicurezza alla luce delle regole tecniche emanate dal Ministero dell'Interno e delle norme tecniche CEI ed UNI applicabili, tenendo conto delle procedure di valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 81/08. Su questi argomenti, al fine di diffondere le conoscenze normative e informare gli operatori del settore, il CEI ha organizzato una serie di Convegni di formazione gratuita su tutto il territorio nazionale.

Le tecnologie elettriche per le prestazioni energetiche

Nel contesto degli obiettivi di risparmio energetico nazionali le tecnologie elettriche possono e devono svolgere un ruolo di primo piano.

L'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico cui concorrono le misure del Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102, consiste, a partire dal 2010, nella riduzione entro l'anno 2020 di 20 milioni di TEP nei consumi di energia primaria, in coerenza con la Strategia energetica nazionale. Il processo in atto non può che condurre all'introduzione di nuovi strumenti normativi, oltre che legislativi e tecnici, volti all'attuazione di politiche correttive del consumo e della produzione energetica. Un contesto in rapido divenire che richiede un costante aggiornamento da parte di tutti gli operatori del settore.

Ad esempio, già dal 2013 l'installazione di gruppi di continuità statici ad alta efficienza consente, a date condizioni, il riconoscimento di contributi economici da parte del GSE mentre, più recentemente, il 21 maggio 2014 la Commissione Europea ha emanato il Regolamento UE N. 548/2014, recante le modalità di applicazione della Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia.

Il nuovo Regolamento si applica ai trasformatori elettrici di potenza fino all'alta tensione. Nuove norme tecniche, attualmente in elaborazione, saranno

probabilmente disponibili nel corso del 2015.

Numerosi aspetti di carattere pratico devono tuttavia essere affrontati e le norme tecniche possono e devono giocare un ruolo determinante per il raggiungimento degli obiettivi finali.

Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102

Il 19 luglio 2014 è entrato in vigore il Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102 con l'obiettivo in primo luogo di ridurre i consumi di energia primaria attraverso il miglioramento delle prestazioni energetiche nella fornitura e nell'uso nazionali di energia ed in secondo luogo di qualificare la filiera che dovrà portare al raggiungimento di detto obiettivo primario.

Così come ogni trattamento medico, compresi gli interventi chirurgici, deve essere sempre impostato sulla base di un protocollo riconosciuto, oltre che essere sempre preceduto da una diagnosi qualificata, anche gli interventi destinati a riportare i consumi energetici nella direzione della sostenibilità individuati negli obiettivi 20-20-20 dovrebbero essere impostati su sistemi di gestione solidi e certificati e preceduti da diagnosi energetiche qualificate.

Una diagnosi energetica è una procedura *sistematica* volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, al fine di individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.

In questo contesto, in attuazione della Direttiva 2012/27/UE¹ sull'efficienza energetica, il Decreto

Legislativo 4.7.14 n. 102 prefigura, nell'ambito delle misure per la promozione e miglioramento dell'efficienza energetica nazionale, la qualificazione dei seguenti strumenti/attori²:

1. Sistemi di gestione dell'energia (SGE);
2. Diagnosi energetiche (DE);
3. Società che forniscono servizi energetici (ESCO);
4. Esperti in gestione dell'energia (EGE);
5. *Energy Auditor* (REDE).

Poiché un buon approccio per procedere in modo sistematico come richiesto è quello di applicare dei protocolli condivisi e solidi possibilmente basati su norme tecniche, il Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102 definisce un certo numero di nuove prescrizioni tanto per i soggetti di cui sopra quanto per gli organismi normatori, tra i quali il CEI, affinché mettano a disposizione le norme tecniche utili allo scopo.

In Tabella 1 e in Tabella 2 sono stati riportati in estrema sintesi i principali obblighi introdotti dal decreto per alcuni soggetti coinvolti.

Ai sensi dell'art. 12, comma 4 nelle more dell'emanazione delle norme di cui ai commi 2 e 3 la Conferenza delle Regioni e delle Province

| Note |
|---|
| ¹ Modifica le Direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le Direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE (GU Serie Generale n. 165 del 18-7-2014). |
| ² Art. 8 Diagnosi energetiche e sistemi di gestione dell'energia e Art. 12 Disponibilità di regimi di qualificazione, accreditamento e certificazione. |

TABELLA 1 - TAVOLA SINOTTICA DEI PRINCIPALI OBBLIGHI INTRODOTTI DAL DECRETO LEGISLATIVO 4.7.14 N. 102 PER GLI ORGANISMI DI NORMAZIONE TECNICA E ACCREDITAMENTO

| SOGGETTO | OBBLIGO | TERMINE |
|--|---|---------------------|
| ACCREDIA (sentito il CTI) | Predisporre schemi di accreditamento per la certificazione di: - ESCO - EGE - SGE - DE | 31/12/2014 |
| UNI - CEI (in collaborazione con CTI ed ENEA) | Elaborare norme tecniche in materia di DE: - Residenziale - Industriale - Terziario - Trasporti Elaborare norme tecniche per la certificazione volontaria di: - REDE - ind - REDE - ter - REDE - tra - IECEMPEE* | 18/07/2014 + 180 gg |

* IECEMPEE = Installatori di Elementi Edilizi Connessi al Miglioramento della Prestazione Energetica degli Edifici.

TABELLA 2 - TAVOLA SINOTTICA DEI PRINCIPALI OBBLIGHI INTRODOTTI DAL DECRETO LEGISLATIVO 4.7.14 N. 102 IN TEMA DI DIAGNOSI ENERGETICHE

| SOGGETTO | OBBLIGO | ESENZIONI | TERMINE | AUDITOR | SANZIONI PREVISTE PER |
|------------------------------------|--|--|--|---|--|
| Grandi imprese (GI) | Diagnosi energetica (DE) | SG conformi a: - ISO 50001 - ISO 14001 - EMAS | Entro 05/12/2015 e, successivamente, ogni 4 anni | Fino al 18.07.2016 ESCO EGE REDE | • mancata esecuzione DE • esecuzione DE non conforme a requisiti Allegato 2 |
| Imprese a forte consumo di energia | Diagnosi energetica e attuazione MM o adozione EnMS conforme ISO 50001 | Nessuna | | Dal 19.07.2016 ESCO (C) EGE (C) REDE (C) | -- |

Nota: Sono definite "grandi imprese" le imprese con più di 250 dipendenti ed un fatturato annuo maggiore di 50 milioni di euro oppure totale di bilancio annuo maggiore di 43 milioni di euro. Sono definite "imprese a forte consumo di energia" le imprese che consumano annualmente più di 2,4 GWh per lo svolgimento della propria attività oltre un rapporto costo energia/fatturato maggiore del 3%. Sarebbe forse stato più appropriato in italiano parlare di imprese ad "elevato" consumo energetico, ma il legislatore ha scelto altri termini.

MM = Misure di miglioramento individuate dalle diagnosi energetiche
(C) = Certificato secondo le norme UNI CEI di riferimento

TABELLA 3 - TAVOLA SINOTTICA DELLE NORME DISPONIBILI, IN TEMA DI DIAGNOSI ENERGETICHE

| SOGGETTO | NORMA TECNICA DI RIFERIMENTO |
|--|---|
| ESCO | UNI CEI 11352:2014 |
| EGE | UNI CEI 11339:2009 |
| SGE | UNI CEI EN ISO 50001:2011 |
| DE – Requisiti generali | UNI CEI EN 16247-1:2012 |
| DE – Settore RES | UNI CEI EN 16247-2:2014 |
| DE – Settore IND | UNI CEI EN 16247-3:2014 |
| DE – Settore TER | UNI CEI EN 16247-2:2014 + UNI CEI EN 16247-3:2014 |
| DE – Settore TRA | UNI CEI EN 16247-4:2014 |
| Energy Auditor – REDE (Requisiti generali) | EN 16247-5:2015 |
| REDE – Settore IND | EN 16247-5:2015 |
| REDE – Settore TER | EN 16247-5:2015 |
| REDE – Settore TRA | EN 16247-5:2015 |
| IEECMPEE | -- |

TABELLA 4 - ALCUNI DOCUMENTI NORMATIVI TECNICI IN TEMA DI PRESTAZIONI ENERGETICHE DI PRODOTTI E SISTEMI ELETTRICI

| PRODOTTI/SISTEMI | Riferimento normativo per prestazioni energetiche |
|------------------------|--|
| DATA CENTER | CEI 315-8 "Linee guida sull'efficienza energetica nei Data Center" |
| INVERTER E MOTORI | CEI 315-1 "Metodologia per la valutazione del risparmio energetico della regolazione di portata mediante azionamento variabile" |
| ILLUMINAZIONE PUBBLICA | CEI 315-4 "Guida all'efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica: aspetti generali" |
| SORGENTI LUMINOSE | Varie |
| IMPIANTI FOTOVOLTAICI | CEI 82-25 "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione" |
| IMPIANTI ELETTRICI BT | Futura sezione 8 della Norma CEI 64-8 (IEC 60364-8-1:2014 Edition 1.0 (2014-10-09) Low-voltage electrical installations - Part 8-1: Energy efficiency) |
| EDIFICI | CEI 205-18 "Guida all'impiego dei sistemi di automazione degli impianti tecnici negli edifici. Identificazione degli schemi funzionali e stima del contributo alla riduzione del fabbisogno energetico di un edificio" |
| CAVI PER ENERGIA | CEI 20-21/3-2 "Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente. Parte 3-2: Condizioni di servizio - Ottimizzazione economica delle sezioni dei cavi" |

Autonome, in collaborazione con ENEA, le Associazioni imprenditoriali e professionali e sentito il CTI, definisce e rende disponibili programmi di formazione finalizzati alla qualificazione degli auditor energetici nei settori residenziale, industriale, terziario e trasporti e degli installatori di elementi edilizi connessi al miglioramento della prestazione energetica degli edifici.

Le grandi imprese e le imprese a forte consumo di energia che non effettuano la diagnosi di cui all'articolo 8, commi 1 e 3, sono soggette ad una sanzione amministrativa pecuniaria da 4.000 a 40.000 euro. Quando la diagnosi non è effettuata in conformità alle prescrizioni di cui all'articolo 8 si applica una sanzione amministrativa pecuniaria da euro 2.000 ad euro 20.000, mentre non è sanzionata l'inadempienza dell'obbligo in capo alle imprese a forte consumo di energia di dare attuazione alle misure di miglioramento o di adozione di EnMS conforme ISO 50001.

Avviando un contesto di sviluppo nella direzione del miglioramento delle prestazioni energetiche, da un lato il Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102 introduce esplicitamente riferimenti a numerose norme

tecniche di natura sistemistica gestionale, dall'altro introduce implicitamente la necessità per gli operatori di strumenti normativi tecnici, in un certo senso di dettaglio, per l'effettiva e concreta valutazione delle prestazioni attuali e potenziali dei sistemi energetici in esame (Tabella 3).

In questo contesto, come del resto anche il Decreto Legislativo 4.7.14 n. 102 mette in evidenza, dopo l'interesse per i sistemi termici delle ultime due o tre decadi, anche i sistemi elettrici non possono più essere trascurati:

- una quota sempre maggiore dei consumi energetici si sta spostando dal termico all'elettrico e questi ultimi sono destinati a crescere forse anche perché l'energia elettrica è la più flessibile forma energetica che l'umanità attualmente conosce;
- la maturità tecnologica raggiunta nel settore elettrico di potenza e nel controllo consente facilmente di raggiungere prestazioni energetiche importanti.

Questo articolo presenta brevemente il contesto normativo, tecnico e legislativo che si è delineato

e si sta delineando per le prestazioni energetiche dei trasformatori elettrici di potenza e dei sistemi statici di continuità. Tanto i trasformatori elettrici di potenza e quanto i sistemi statici di continuità sono destinati ad un funzionamento continuo (24 ore al giorno 7 giorni a settimana), le potenze in gioco possono essere molto elevate e soprattutto sono molto numerose. Una riduzione delle perdite anche di pochi punti può portare a notevoli vantaggi. Si tratta tuttavia di una scelta assolutamente parziale, ma dovuta agli ovvi vincoli di spazio, poiché sempre maggiori sono le applicazioni e i prodotti elettrici per i quali sono disponibili nuove norme tecniche in tema di efficienza energetica o meglio di prestazione energetica (tabella 4).

Sistemi statici di continuità

Il quadro normativo legislativo nazionale in quest'ambito è stato recentemente modificato con la pubblicazione del Decreto 28 dicembre 2012, che definisce degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico - crescenti nel tempo - per le imprese di distribuzione di energia elettrica e gas per gli anni dal 2013 al 2016 e introduce nuovi soggetti e nuovi progetti ammessi alla presentazione di progetti per il rilascio dei certificati bianchi³.

Possono presentare progetti per il rilascio dei certificati bianchi le imprese distributrici di energia elettrica e gas con più di 50.000 clienti finali (soggetti obbligati), le società controllate da tali imprese, i distributori non obbligati, le società operanti nel settore dei servizi energetici, le imprese e gli enti che si dotino di un energy manager o di un sistema di gestione dell'energia in conformità alla ISO 50001. Tra i progetti ammessi al rilascio⁴ dei certificati bianchi ai sensi del Decreto 28 dicembre 2012 sono annoverate anche l'installazione di gruppi di continuità statici (UPS) ad alta efficienza e la sostituzione di precedenti UPS con altri a più alta efficienza.

I dettagli per l'accesso sono riportati nella scheda tecnica 36E dello stesso decreto.

Note

³ I certificati bianchi sono anche noti come "Titoli di Efficienza Energetica" (TEE). Sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica. Il sistema dei certificati bianchi è stato introdotto nella legislazione italiana dai Decreti Ministeriali del 20 luglio 2004 e s.m.i. e prevede che i distributori di energia elettrica e di gas naturale raggiungano annualmente determinati obiettivi quantitativi di risparmio di energia primaria, espressi in "Tonnellate Equivalenti di Petrolio" risparmiate (TEP). Un certificato equivale al risparmio di una tonnellata equivalente di petrolio (TEP).

Le aziende distributrici di energia elettrica e gas possono assolvere al proprio obbligo realizzando progetti di efficienza energetica che diano diritto ai certificati bianchi oppure acquistando i TEE da altri soggetti sul mercato dei Titoli di Efficienza Energetica organizzato dal GME.

⁴ A partire dal 3 febbraio 2013, il Decreto 28 dicembre 2012 stabilisce il trasferimento dall'AEEGSI al GSE delle attività di gestione, valutazione e certificazione dei risparmi correlati a progetti di efficienza energetica condotti nell'ambito del meccanismo dei certificati bianchi.



Il calcolo del risparmio energetico si effettua a partire da un livello di rendimento di riferimento (η_{rif}) funzione della potenza del dispositivo. La differenza, tra l'inverso del rendimento di riferimento (*baseline*) e l'inverso del rendimento del dispositivo preso a pieno carico è direttamente proporzionale al risparmio ottenibile.

La formula per il calcolo del risparmio specifico lordo (RSL) per unità di potenza (apparente – kVA) installato è la seguente:

$$RSL = f_E \cdot 0,8 \cdot 8.760 (1/\eta_{rif} - 1/\eta) \text{ [tep/anno/kVA]}$$

dove:

- $f_E = 0,187 \cdot 10^{-3} \text{ tep/kWh}$ (fattore di conversione definito dalla Delibera EEN 3/08);
- 0,8 è un valore medio del fattore di potenza;
- 8.760 sono le ore annue di funzionamento.

I valori di η_{rif} indicati nel decreto sono ricavati dal codice di condotta europeo (CdC) sugli UPS (JRC, *Code of Conduct on AC Uninterruptible Power Systems - UPS*). Tale tabella, riporta i rendimenti minimi da rispettare per l'adesione al CdC negli anni dal 2011 al 2014. Nel caso della scheda si è scelto di prendere come riferimento i valori futuri degli anni 2013 e 2014 che hanno rendimenti maggiori. Il metodo di calcolo dell'efficienza richiesto dal decreto è quello riportato nella norma CEI EN 62040-3:2002 "Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 3: Metodi di specifica delle prestazioni e prescrizioni di prova". Nel 2012 la norma CEI EN 62040-3 è stata aggiornata a livello internazionale e anche in Italia. I cambiamenti più significativi rispetto alla precedente edizione sono i seguenti:

- il carico di prova di riferimento (3.3.5 e 6.1.1.3);
- il piano delle prove (6.1.6, Tabella 3);
- la misura delle prestazioni dinamiche della tensione in uscita (Allegato H);

- i requisiti ed i metodi di misura dell'efficienza (Allegati I e J);
- la definizione di classi di affidabilità funzionale (Allegato K).

Dal momento che la vecchia norma citata dal decreto è rimasta applicabile fino al 18-04-2014 ma che l'attuale meccanismo dei certificati bianchi rimane valido fino a tutto il 2016, si evidenzia un problema di disallineamento, ovvero di asincronia tra i lavori normativi tecnici di provenienza internazionale e i documenti legislativi nazionali. Per rendere più efficaci gli interventi prospettati sarebbe opportuno un maggiore coordinamento tra i vari attori coinvolti.

Trasformatori di potenza

Il 21 maggio 2014 la Commissione Europea ha emanato il Regolamento UE N. 548/2014, recante le modalità di applicazione della Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia.

Il Regolamento si applica ai trasformatori elettrici di potenza piccoli, medi e grandi fissando requisiti obbligatori in materia di progettazione ecocompatibile per quelli con potenza minima di 1 kVA da utilizzare nelle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Come per tutti i regolamenti collegati alla Direttiva 2009/125/CE, destinatari sono i costruttori o gli importatori dei prodotti, ma le ricadute anche per gli utilizzatori ed i progettisti di impianti non sono poche.

Il Regolamento, elaborato in concerto con tutti i principali *stakeholder* con un contributo importante del TC14 CENELEC, indica per le macchine di taglia inferiore le perdite massime a carico e a vuoto che devono essere rispettate mentre indica un equivalente del minimo rendimento di picco per quelle di taglia maggiore.

Tali valori sono definiti nell'Allegato I del Regolamento (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014R0548>).

Le prestazioni energetiche minime da rispettare fanno riferimento alla data d'immissione sul mercato EU⁵ del trasformatore, con due tempistiche differenti, caratterizzate da prestazioni energetiche minime progressivamente più ambiziose:

- fase 1 dal 1 luglio 2015;
- fase 2 dal 1 luglio 2021.

A tre anni dall'entrata in vigore del Regolamento è previsto l'esame dell'esperienza sul campo acquisita fino a quel momento e la possibilità di rivedere i limiti della successiva fase 2 valutando anche l'applicazione nel Regolamento a unità attualmente escluse. Entro luglio 2017 verranno quindi esaminati i dati relativi alle unità messe in servizio dal 1 luglio 2015; la Commissione Europea raccoglierà e valuterà tali dati per confermare i valori riportati nella fase 2 del 2021 o definire nuovi valori.

Medium power transformer

La dizione "medium power transformer"⁶ è una novità introdotta dal Regolamento dopo diverse traversie linguistiche, convenzionali e concettuali. Il Regolamento, avendo una prospettiva di prodotto trasversale e non impiantistica, non può fare riferimento alla funzione di impiego del trasformatore

(ad esempio, trasformatore da distribuzione).

Un trasformatore di potenza medio è un trasformatore di potenza la cui tensione massima di riferimento (Um) è superiore a 1,1 kV ma pari o inferiore a 36 kV e la cui potenza nominale è pari o superiore a 5 kVA ma inferiore a 40 MVA.

Per la definizione delle prestazioni energetiche minime i trasformatori di potenza medi si suddividono in due categorie in funzione della potenza nominale (Sr):

- $Sr \leq 3150 \text{ kVA}$;
- $3150 \text{ kVA} \leq Sr < 40 \text{ MVA}$.

Il problema delle perdite dei primi era già oggetto di norme europee (HD) a partire dal 1992, successivamente convertite con alcune modifiche nelle norme attualmente in vigore:

- CEI EN 50464-1:2007-08 "Trasformatori trifase di distribuzione immersi in liquido a 50 Hz, da 100 kVA a 3150 kVA e con una tensione massima per il componente non superiore a 36 kV. Parte 1: Prescrizioni generali";
- CEI EN 50541-1:2011-04, "Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 3150 kVA e con una tensione massima per il componente non superiore a 36 kV. Parte 1: Prescrizioni generali".

Queste norme forniscono una classificazione delle prestazioni energetiche dei trasformatori attraverso tabelle con classi di perdita a vuoto e a carico. All'interno di dette tabelle per esempio l'Autorità per l'energia elettrica e il gas aveva definito un premio sugli investimenti per le *utility* che acquistavano trasformatori con perdite almeno Ak, B0 secondo CEI EN 50464-1.

A breve sarà disponibile una nuova norma EN, ancora oggetto di discussione nel momento in cui viene scritto questo articolo, preparata su mandato della Commissione Europea dal CENELEC che sostituirà quelle sopra citate, attualmente in vigore. L'identificativo e il titolo della nuova norma saranno EN 50588-1 "Trasformatori di potenza di taglia media a 50 Hz, con tensione massima per il componente non superiore a 36 kV, da 25 kVA a 40 MVA".

I principali cambiamenti tecnici introdotti da questa norma saranno:

Note

⁵ L'art. 1, comma 1 prevede che gli obblighi si applichino unicamente ai trasformatori acquistati dopo la data di entrata in vigore del Regolamento, ossia dopo l'11 giugno 2014. Quanto indicato dal "considerando 4 del Regolamento", esclude inoltre dall'ambito di applicazione del Regolamento i trasformatori acquistati nell'ambito di contratti quadro (ad esempio, appalti pubblici di fornitura) prima dell'11 giugno 2014.

⁶ In un certo senso dal momento che, ovviamente per motivi tecnologici i limiti di questa classe di trasformatori non sono solo in potenza ma anche in tensione, sarebbe stato più opportuno definirli "medium size transformers", ma la storia ha voluto così e poi tutto sommato se si parla di "medium - power transformers" e non di "medium power - transformers" tutto si sistema. In italiano la traduzione più corretta è trasformatori di potenza medi, ma forse anche un più poetico trasformatore di media potenza, anche se imperfetto è accettabile fatte le debite premesse.

⁷ Valgono le stesse considerazioni linguistiche svolte per i trasformatori di potenza medi.



- nello stesso documento sono contenuti sia i trasformatori a secco che quelli in liquido;
- il campo di applicazione è esteso da 3150 kVA a 40 MVA;
- nelle tabelle di perdita sono stati introdotti nuovi e più ambiziosi valori ed eliminate le classi meno prestazionali non più ammesse del Regolamento UE N. 548/2014;
- per i trasformatori con potenza > 3150 kVA viene introdotto il PEI (*Peak Efficiency Index*).

Large power transformer

I grandi trasformatori di potenza (*large power transformer*)⁷ sono trasformatori di potenza la cui tensione massima è superiore a 36 kV e la cui potenza nominale è pari o superiore a 5 kVA o comunque la cui potenza nominale è pari o superiore a 40 MVA, indipendentemente dalla tensione d'uscita massima.

Le prestazioni energetiche dei trasformatori appartenenti a questa classe sono definite in termini di PEI ed i valori minimi riportati nella tabella I.7 del Regolamento per i grandi trasformatori di potenza immersi in un liquido e nella tabella I.8 per i grandi trasformatori di potenza di tipo a secco.

Valori del PEI inferiori a quelli riportati nelle tabelle non sono accettabili, quindi i valori riportati sono i minimi applicabili per le tipologie di trasformatori indicati.

Il problema della normazione delle perdite dei grandi trasformatori di potenza non era mai stato affrontato a livello mondiale ed in questo senso l'Europa ha acquisito un primato.

A breve sarà disponibile una nuova norma EN, ancora oggetto di discussione nel momento in cui viene scritto questo articolo, preparata su mandato della Commissione Europea dal CENELEC.

L'identificativo e il titolo della nuova norma saranno EN 50629 "Prestazione energetica dei trasformatori di grande potenza".

Tolleranze

Attenzione particolare deve essere posta alle tolleranze sui valori di perdita indicati nelle tabelle contenute nell'Allegato I, al punto 1.1 del Regolamento. Su questo argomento il Regolamento fornisce indicazioni nella tabella dell'Allegato III - Procedura di verifica.

I controlli di sorveglianza del mercato sono affidati agli Stati Membri e per lasciare letteralmente il beneficio del dubbio sono state stabilite delle

tolleranze (+5% sulle perdite sia a vuoto che a carico) applicabili esclusivamente alla verifica dei parametri misurati dalle autorità di questi ultimi.

Le stesse tolleranze non possono invece essere utilizzate dal fabbricante o dall'importatore come tolleranze ammesse per stabilire i valori riportati nella documentazione tecnica.

Per il fabbricante o l'importatore i valori di perdita indicati sulle tabelle e riportati nella documentazione tecnica sono da ritenersi valori massimi.

Nelle norme tecniche le tolleranze sulle perdite sia a vuoto che dovute al carico sono quindi state ridotte rispetto a quanto previsto dalla norma CEI EN 60076-1 che rimane valida in questo senso, se non diversamente specificato, esclusivamente a livello contrattuale e all'interno dei limiti consentiti dal Regolamento. In generale, per ogni eventuale discordanza tra Norme e Regolamento prevale quest'ultimo.

Ovviamente il problema delle tolleranze introduce anche quello delle incertezze di misura, sia per il costruttore che per l'autorità di vigilanza, ma nel momento in cui viene scritto questo articolo non esiste ancora una posizione condivisa in merito.

Le tolleranze indicate nelle norme solitamente

applicabili nel campo dei trasformatori (CEI, IEC, IEEE, ecc.) possono essere ancora utilizzate per i valori di perdite (a vuoto, a carico, ecc.), ma non devono sui limiti. In pratica, già in fase di progettazione, bisogna tener conto di queste informazioni in modo da potersi tenere dei margini di sicurezza tra i valori calcolati e quelli successivamente misurati in collaudo finale.

Conclusioni

Le iniziative ad ogni livello normativo, tecnico e legislativo, a livello non solo nazionale ed europeo, ma anche mondiale nella direzione del miglioramento delle prestazioni energetiche nel settore elettrico sono sempre più numerose. I problemi da risolvere, anche di coordinamento sono importanti e richiedono un'attenzione particolare e costante.

Gli esempi riportati in questo articolo rappresentano da un lato dei casi particolari, ma dall'altro sono specchio di un processo generalizzato.

Si tratta indubbiamente di un tema, che al di là dei benefici sociali e ambientali, in questo momento può rappresentare un'ottima opportunità per le aziende che saranno in grado di coglierlo anche monitorando costantemente l'evoluzione legislativa e normativa, ma che dualmente potrebbe essere pesante per quanti saranno costretti a subire scelte altrui spesso non facili.

I tavoli normativi, le associazioni di categoria, la ricerca del consenso degli *stakeholder* sono tutti momenti e strumenti utili sia per un aggiornamento costante che per rappresentare i propri leciti interessi all'interno del processo verso lo sviluppo sostenibile.

Angelo Baggini

Università degli Studi di Bergamo Facoltà di Ingegneria

Franco Bua

Segretario Tecnico Referente CEI



Nuove regole per il rifasamento: efficienza energetica e problematiche tecniche

L'efficienza energetica costituisce il tema predominante delle politiche economiche e sociali portate avanti dalle collettività di uomini a qualunque livello esse si pongano: mondiale, continentale e nazionale.

La Comunità Europea è sicuramente, tra le organizzazioni di governo, quella che più ha profuso sforzi di tipo legislativo e regolamentare sul piano energetico stretta come è tra la storica dipendenza dall'importazione dell'energia primaria (petrolio, gas, uranio, ecc.) e l'emergenza ambientale. Questo secondo tema, per altro, costituisce l'altra faccia della medaglia dell'energia visto che proprio la sua produzione ed utilizzo contribuiscono in maniera pesante all'effetto serra.

Per riportare questi temi al solido livello degli interessi e senza essere tacciati di cadere nell'ideologismo basta pensare che l'Europa importa il 50% dell'energia che utilizza con un costo annuo di 350 miliardi di €, tutti riversati sulla bolletta energetica delle famiglie e del mondo produttivo che ne percepiscono e ne sopportano il peso. Anche le conseguenze dell'effetto serra sono valutabili in termini economici, rendendo convincenti, se non bastasse la stessa sopravvivenza delle generazioni future, le politiche incentivanti della riduzione delle emissioni di gas serra.

La Politica Energetica Europea quindi ha riguardato progressivamente i settori ed i processi energivoli rivolgendolo il suo interesse anche al settore elettrico per le parti terminali della filiera elettrica: la produzione, prima, e l'utilizzazione dopo.

E' più recente l'interesse verso la parte di congiunzione tra produzione ed utilizzo, ovvero verso la rete di trasmissione e distribuzione dell'energia e di quella elettrica in particolare. La politica europea è attenta non solo agli aspetti di efficienza quanto anche alla sicurezza del sistema energetico. Questa è garantita da una strategia di approvvigionamento delle energie primarie, da una diversificazione delle stesse, dallo sviluppo delle energie rinnovabili, ma anche da un sistema elettrico, la cui nervatura è costituita dalla rete, ampliato e rinnovato. Poiché i tempi di ampliamento sono lunghi, e non solo in Italia, è determinante rinnovare la rete elettrica esistente ed il suo esercizio rendendole idonee ad assolvere nuovi compiti con livelli di efficienza superiore a quelli del passato.

Nel 2013 la rete elettrica ha determinato perdite pari a 7,1% dell'energia utilizzata dagli utenti finali ed il 6,65% dell'energia elettrica immessa in rete dai produttori ed importata.

L'interesse ad intervenire sulla rete elettrica è ribadito dal Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102 che attua la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica. L'Art. 11, avente per oggetto "Trasformazione, trasmissione e distribuzione dell'energia", invita gli organi competenti (Autorità, Ente di trasmissione e distributori) ad adottare ogni provvedimento che consenta ad una rete potenziata e ristrutturata di favorire, anche con provvedimenti gestionali e di natura tariffaria, l'integrazione delle centrali di produzione da fonti rinnovabili, l'efficientamento energetico delle utenze ed a rimuovere le cause che riducono il

funzionamento efficiente delle reti energetiche. Tali indicazioni, contenute dalla Direttiva Europea e fatte proprie da D.Lgs. 102, sono in coerenza con una politica di efficientamento energetico che aveva già portato ad interventi su componenti importati e diffusi nella trasformazione dell'energia elettrica, quali il trasformatore di potenza oggetto del Regolamento (UE) N. 548/2014 della Commissione del 21 maggio 2014 recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza piccoli, medi e grandi.

La richiesta d'incremento del fattore di potenza delle utenze elettriche, oggetto del presente articolo, porta, come vedremo, ad una riduzione delle perdite in rete ed ad un incremento nella potenza distribuibile con le strutture di rete esistenti e, quindi, risponde in pieno alle indicazioni delle Direttive Europee sull'efficienza energetica.

Il fattore di potenza

Le trasformazioni elettroenergetiche e la trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica sono caratterizzate da fenomeni di campo, elettrico e/o magnetico, che impegnano fenomeni energetici conservativi. L'energia, e istantaneamente la potenza, impegnata nelle condizioni di regime diversi dalla continua vede, quindi, una parte trasformata in lavoro ed altra semplicemente "scambiata". In regime sinusoidale si definisce quindi una potenza Apparente "A", misurata in VA, che è quella complessivamente fornita al processo e una Potenza Attiva "P", misurata in W, che è quella trasformata in lavoro. Il rapporto tra queste potenze è definito, appunto, fattore di potenza ($f_{dp} = P/A$) e costituisce, quindi, un fattore di merito energetico. La potenza conservativa "Q", misurata in VAR, è chiamata Reattiva e influenza il valore di quella Apparente. E' intuitivo che maggiore sarà la potenza reattiva Q da scambiare maggiore sarà la potenza

Apparente A e, a pari potenza attiva P, minore sarà il fattore di potenza.

E' noto che in regime alternativo sinusoidale la potenza apparente assorbita da un carico elettrico alimentato a tensione V ed assorbente una corrente I, sfasata dalla tensione di un angolo φ , è definita come potenza complessa derivante dal prodotto del fasore della tensione per il complesso coniugato della corrente (1). Tale definizione comporta assegnare, in relazione ad un componente passivo, un segno alla potenza reattiva che, quindi, sarà positiva se induttiva e negativa se capacitiva. Inoltre ne deriva che il f_{dp} coincide con $\cos\varphi$.

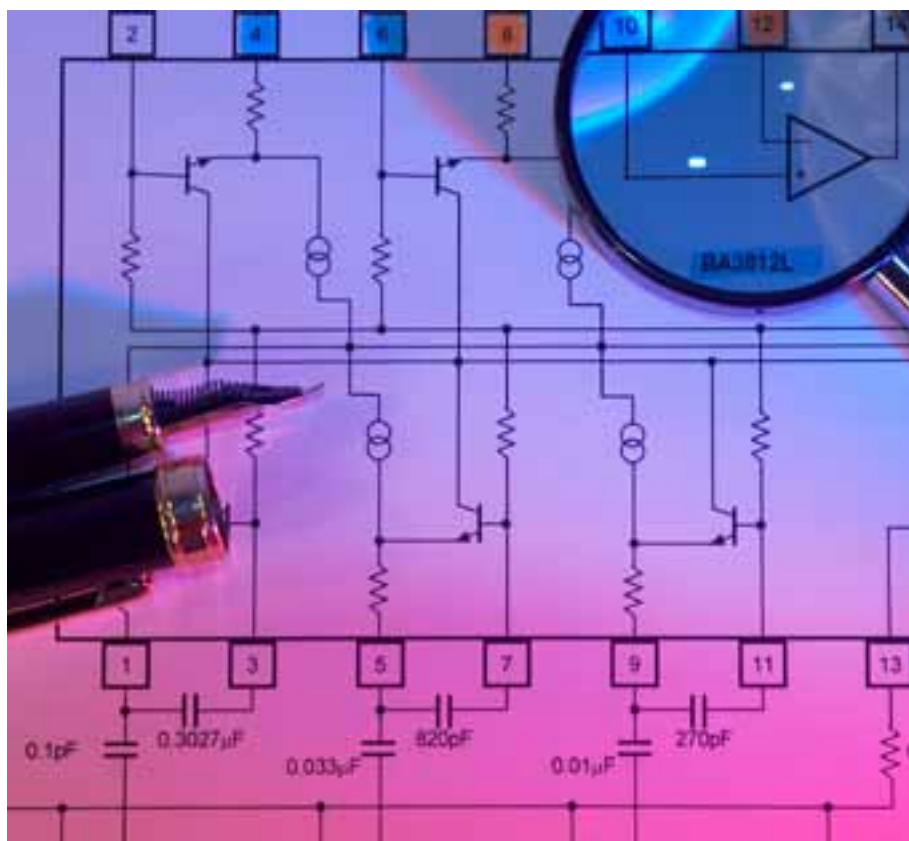
$$(1) A = \sqrt{I} \cdot \bar{I}^* = P + jQ = VI \cos\varphi + jV I \sin\varphi = V(I' + jI'')$$

Un carico con basso $\cos\varphi$ è caratterizzato da un assorbimento di corrente superiore a quello necessario a fornire la sola potenza attiva. Tale condizione si raggiungerebbe se il carico si presentasse con fattore di potenza unitario. Inoltre si può notare che, prendendo la tensione come riferimento, la corrente complessiva è proporzionale alla potenza apparente A, la componente in fase della corrente è proporzionale alla potenza attiva P e la corrente in quadratura (I'') è proporzionale alla potenza reattiva Q.

La maggior corrente determina effetti non trascurabili sulle linee di alimentazione e in particolare:

- maggiori perdite per effetto joule ($R I^2$ dove R è la resistenza di linea);
- incremento della caduta di tensione in linea con riduzione della potenza distribuibile da parte della linea stessa.

Nella figura 1 è mostrato l'incremento del valore della corrente posto 100 quello a $\cos\varphi=1$, nella figura 2 è mostrato l'incremento delle perdite in linea posto 100 quello che si verifica a $\cos\varphi=1$



| FATTORE DI POTENZA | Corrente a P_c e V costante |
|--------------------|---------------------------------|
| 1 | 100 |
| 0,95 | 105,3 |
| 0,9 | 111,1 |
| 0,8 | 125 |
| 0,7 | 142,9 |

Figura 1 - Incremento della corrente al variare del $\cos\phi$

| FATTORE DI POTENZA | Perdite P_L a V e P_c costante |
|--------------------|--------------------------------------|
| 1 | 100 |
| 0,95 | 111 |
| 0,9 | 123 |
| 0,8 | 156 |
| 0,7 | 204 |

Figura 2 - Variazione delle perdite in linea al variare del fattore di potenza del carico

TAB 1 - VARIAZIONE % DELLA CADUTA DI TENSIONE UNITARIA AL VARIARE DEL $\cos\phi$ PER LINEA REALIZZATA CON UN DATO CAVO PER LE SEZIONI DI 50 E 240 MM^2

| ΔV_u a P costante e $\cos\phi$ variabile | | | | |
|--|-------------------------|------------|--------------------------|------------|
| $\cos\phi$ | $S=50$ mm^2 | Incremento | $S=240$ mm^2 | Incremento |
| 1 | 0,49 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| 0,95 | 0,52 | 5,70 | 0,14 | 23,31 |
| 0,9 | 0,53 | 8,40 | 0,15 | 34,34 |
| 0,85 | 0,54 | 10,75 | 0,16 | 43,95 |
| 0,8 | 0,55 | 13,01 | 0,17 | 53,18 |
| 0,75 | 0,56 | 15,30 | 0,18 | 62,54 |
| 0,7 | 0,58 | 17,70 | 0,19 | 72,34 |

e nella tabella 1 è mostrata la variazione della caduta di tensione unitaria espressa in mV/Am al variare del fattore di potenza ma mantenendo costante la potenza attiva. Da tale tabella si evince che il fenomeno d'incremento della caduta di tensione al diminuire del fattore di potenza ha una particolare rilevanza per le sezioni di cavo maggiori in quanto il valore della resistenza per unità di lunghezza è comparabile con quello della reattanza per unità di lunghezza.

La maggior parte dei carichi elettrici impegnano energia reattiva induttiva e determinano, soprattutto per potenze di utilizzo inferiori alla nominale, bassi fattori di potenza. Tale fenomeno può essere corretto intervenendo con una produzione localizzata di potenza reattiva induttiva, ovvero con un assorbimento di potenza capacitiva. Tale intervento è definito rifasamento e porta ad una correzione del $\cos\phi$ "naturale" del carico o di un gruppo di carichi sino a portarlo al valore voluto.

Il regime tariffario dell'energia reattiva

Si è messo in evidenza che l'energia reattiva è tipica dei fenomeni energetici conservativi ed è, quindi, un'energia non consumata ma solo scambiata. Questo concetto potrebbe portare all'errata convinzione che tale tipo di energia non andrebbe assoggettata a tariffazione.

In realtà si è già mostrato che un basso fattore di potenza comporta un aumento della corrente in linea e, conseguentemente, un aumento delle perdite per effetto joule, ed una riduzione del carico trasportabile sia per problemi termici, supero della portata di linea, che di aumento della caduta di tensione.

Un basso fattore di potenza degli utenti connessi alla rete pubblica di distribuzione comporta l'aumento delle perdite in rete ed una minore possibilità di sfruttare la capacità di trasporto della stessa. Un basso $\cos\phi$ conduce all'impossibilità di alimentare nuovi utenti o alla necessità d'investimenti per il potenziamento della rete elettrica.

Per tali motivi gli enti regolatori che, nel corso dei decenni hanno avuto competenza sulla rete elettrica, attualmente l'Autorità per l'energia elettrica il gas ed il sistema idrico, sono intervenute tariffando anche lo scambio di energia reattiva. L'attuale sistema tariffario è regolato dalla delibera AEEG 348/2007 e successive integrazioni e copre il periodo regolatorio che va dal 2012 al 2015. L'energia reattiva viene misurata, e quindi tariffata, solo per gli utenti con potenza disponibile superiore a 16,5 kW.

Nelle ore di basso carico (F3) l'energia reattiva è totalmente in franchigia. Tali ore corrispondono a quelle delle domeniche e delle giornate festive nonché alle ore che vanno dalle 00 alle 07 e dalle 23 alle 24 di ogni giorno non festivo.

Il motivo per cui il basso fattore di potenza non è penalizzato nelle ore vuote è di natura tecnica. Se il carico, e quindi la corrente in linea, è basso, sulle reti, soprattutto di Media Tensione, la potenza reattiva dovuta alle capacità derivate, e legata alla tensione di linea costante, impegnano una potenza reattiva superiore a quella induttiva determinata, appunto, dalla corrente circolante in linea. Un carico induttivo in tale condizioni ha un effetto benefico sul funzionamento della rete e, quindi, non va penalizzato.

Nelle altre fasce, F1 ed F2, l'utente deve garantire un $\cos\phi$ medio mensile non inferiore a 0,9. Parlare di fattore di potenza medio significa non riferirsi ai valori istantanei di potenza, ma alle energie assorbite o impegnate nel mese. Senza addentraci

nella spiegazione di formule trigonometriche, comunque note, si rammenta che la potenza reattiva può essere espressa in funzione della potenza attiva come $Q=P\tan\phi$; tale formula integrata nel tempo lega parimenti le energie ($E_R=E_A\tan\phi$). Affermare che l'utente deve garantire un fattore di potenza non inferiore a 0,9 significa dire che l'energia reattiva del mese non deve essere superiore al 50% dell'energia attiva dello stesso periodo. Tale energia reattiva è dunque in franchigia, ovvero non si paga. L'energia reattiva che eccede il 50% dell'energia attiva, ma non supera il 75% della stessa, viene tariffata ad un costo a kVArh dipendente dal tipo di utenza e dal livello di tensione della rete a cui è connesso. L'energia reattiva che, addirittura, eccede il 75% dell'energia attiva del mese viene pagata ad un costo unitario superiore. Se l'energia reattiva è andata oltre al 75% dell'energia attiva del mese, vuol dire che l'utenza presenta un fattore di potenza medio mensile inferiore a 0,8 (storico limite per il $\cos\phi$).

Tale sistema ha incentivato, rendendola conveniente, l'installazione di impianti di rifasamento centralizzati del tipo regolabili.

Questi impianti sono normalmente posti a valle del punto di consegna ed hanno lo scopo di regolare il fattore di potenza al fine di non pagare penali in bolletta. Garantiscono quindi il raggiungimento degli obiettivi posti sulla rete pubblica di distribuzione al fine di ridurre le perdite e migliorare la capacità di trasporto. E' altrettanto evidente che a valle del rifasatore centralizzato non si manifestano benefici. I benefici sarebbero totali solo con un rifasamento distribuito effettuato, cioè, in prossimità dei carichi.

Il regime tariffario dell'energia reattiva a partire da gennaio 2016

L'attuale sistema tariffario dell'energia reattiva deriva da scelte effettuate alcune decenni orsono, quando si portò il fattore di potenza medio mensile a 0,9.

L'Autorità ha iniziato già nel 2009 a considerare la possibilità di variare il sistema tariffario dell'energia reattiva al fine di ridurre i costi delle perdite e gli oneri di gestione della rete.

In particolare nel 2011 fu emesso il Documento di Consultazione DCO 13/11 avente per oggetto "Regolazione tariffaria dei prelievi e delle misure di potenza ed energia reattiva nei punti di prelievo e nei punti d'interconnessione tra reti". A tale documento ne seguì un secondo (76/2012/R/EEL: Documento per la consultazione del 8 marzo 2012) contenente gli orientamenti finali dell'Autorità. Infine il 2 maggio 2013 l'Autorità emise la delibera 180/2013/R/EEL avente per oggetto "Regolazione tariffaria per prelievi di energia reattiva nei punti di prelievo connessi in media e bassa tensione, a decorrere dall'anno 2016".

Quali quindi le nuove regole tariffarie da applicare a partire dal primo gennaio 2016?

Non cambiano gli utenti a cui si applica il sistema tariffario sulla energia reattiva che restano quelli con potenza disponibile superiore a 16,5 kW, così come resta in franchigia l'energia reattiva assorbita nelle ore vuote.

L'Autorità ha trasformato in disposizione un vincolo che in passato era solo di tipo privatistico e contenuto nel contratto di connessione o, prima ancora, in quello di somministrazione dell'energia elettrica. In particolare diventa obbligo degli utenti soggetti a misura e tariffazione dell'energia reattiva mantenere un livello minimo del fattore di potenza medio mensile non inferiore a 0,7. Tali utenti, inoltre, non devono immettere in rete energia reattiva ovvero non devono presentarsi come carico capacitivo.

E' stato introdotto, inoltre, un ulteriore vincolo consistente nel fatto che gli utenti devono garantire un livello minimo del fattore di potenza istantaneo in corrispondenza del massimo carico per prelievi nei periodi di alto carico è pari a 0,9.

Nel caso in cui l'utente violi uno o più dei tre precedenti vincoli, il gestore di rete competente può chiedere l'adeguamento degli impianti, pena la sospensione del servizio.

La struttura tariffaria dell'energia reattiva ha subito variazioni che comportano notevoli conseguenze sul rifasamento degli impianti, ma continua ad applicarsi ai fattori di potenza medi mensili.

L'innovazione più importante consiste nella drastica riduzione della quantità di energia reattiva concessa in franchigia nelle fasce F1 ed F2. Resta esente dal pagamento del kVARh solo l'energia reattiva sino al 33% dell'energia attiva, mentre sino ad oggi questa quantità è il 50%. In termini tecnici ciò significa che il fattore di potenza medio mensile si porta da 0,9 a 0,95.

La Delibera 180/2013 fissa un metodo di calcolo della tariffa per l'energia reattiva, ma non assegna ancora un valore. Sono sempre previste due fasce: la prima copre l'energia reattiva dal 33% al 75% dell'energia attiva, la parte eccedente il 75% dell'energia attiva sarà soggetta a tariffa diversa e superiore. I corrispettivi saranno determinati annualmente valutando due componenti di costo: quello delle infrastrutture di rete (chiamata p) e quello a copertura dell'aumento delle perdite di rete (chiamata e).

Gli interventi tecnici di adeguamento

La variazione tariffaria renderà necessario effettuare interventi di adeguamento sugli impianti utilizzatori anche laddove esiste già un impianto di rifasamento.

Nel caso d'impianti di rifasamento centralizzati l'intervento può consistere solo in un'attività di regolazione della centralina di controllo. Ciò sarà possibile se la potenza complessiva del rifasatore automatico è adeguato a garantire il nuovo fattore di potenza medio mensile.

Differentemente si dovrà procedere con un potenziamento del rifasamento centralizzato laddove sia possibile inserire nuovi gradini. Quando anche ciò non sia possibile si dovrà procedere con una riprogettazione del rifasamento cercando di recuperare quanto già installato.

I rifasatori ed i condensatori devono rispondere alle norme di prodotto emesse dal CT 33 del CEI. Alcune di queste norme hanno la caratteristica di contenere anche disposizioni di carattere impiantistico connesse all'installazione ed esercizio dei condensatori.

Il potenziamento dell'impianto di rifasamento comporta la necessità di verificare la sua



compatibilità con il livello d'inquinamento armonico e in particolare con il fenomeno della risonanza. Nelle condizioni di risonanza i fenomeni, di sovracorrente e sovratensione possono esser amplificati se è presente in maniera significativa quella particolare frequenza.

Le norme CEI indicano l'ordine h della frequenza in cui si può verificare il fenomeno di risonanza in $h = \omega / \omega_0 = \sqrt{A_{cc} / Q_c}$ dove A_{cc} è la potenza di corto circuito nel punto di installazione del rifasatore e Q_c è la potenza del rifasatore. La variazione della potenza installata può portare quindi alla variazione dell'ordine della frequenza che può portarsi in prossimità di una di quelle presenti nell'impianto. S'impone quindi una verifica complessiva che si basi anche su registrazioni dei parametri di rete al fine di analizzare il contenuto armonico delle forme d'onda di tensione e di corrente. Qualora ci si trovasse in condizioni critiche si dovrà intervenire variando la potenza installata, il punto di installazione o la modalità di rifasamento passando a quello distribuito o semi distribuito. Ultima ratio consiste nell'installare dei filtri armonici passivi od attivi. Si è già messo in evidenza che il rifasamento centralizzato seppur soddisfa i vincoli del $\cos\phi$ al punto di consegna non da benefici energetici sull'impianto interno, ovvero non determina la riduzione delle perdite sulle linee interne. Va presa in considerazione quindi la possibilità di passare ad un rifasamento distribuito installato a ridosso dei carichi. A tal fine si sottolinea che tra gli interventi che conducono all'ottenimento dei Titoli di Efficienza Energetica vi è quello descritto dalla scheda 33E avente per oggetto il "Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze". La categoria di intervento è Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento. L'intervento si applica a motori con potenza inferiore a 37 kW che vanno rifasati a $\cos\phi \geq 0,9$. La valutazione dei risparmi conseguibili e riconosciuti avviene utilizzando la procedura e le tabelle presenti nella scheda.

Il dimensionamento del rifasatore per il motore va fatto in maniera tale che la corrente assorbita dal condensatore non ecceda il 90% della corrente

va vuoto della macchina, dato indicato dal costruttore, al fine di evitare sovratensioni e fenomeni di auto eccitazione.

L'aggiornamento della tariffazione dell'energia reattiva rilancerà la problematica del rifasamento connesso agli utenti dotati di sistemi di autoproduzione dell'energia elettrica tramite conversione fotovoltaica. Questi generatori producono solo potenza attiva mentre la potenza reattiva è fornita integralmente dalla rete. In pratica l'utenza vista dalla rete risulta avere un $\cos\phi$ inferiore a quello del carico. Se l'utente immette in rete potenza attiva dal punto di vista passivo risulta puramente reattivo.

Se già esiste un impianto di rifasamento è molto probabile che esso sia posto sul lato di derivazione della utenza passiva. I sensori che rilevano i dati tensione e corrente per il funzionamento, pertanto, non leggono il fattore di potenza di rete ed effettuano una compensazione insufficiente.

In tal caso bisogna intervenire posizionando correttamente i sensori di rilievo che devono lavorare a monte, lato rete, del punto di inserzione dell'impianto fotovoltaico. Se la potenza del gruppo di rifasamento lo consente si potrebbe anche pensare di intervenire sul solo regolatore portandolo a $\cos\phi$ maggiore di 0,9, al limite 1, sino a compensare il reattivo fornito da rete.

Non va nascosto che vi sono anche problemi di coesistenza dell'impianto di rifasamento con l'inverter. Da un lato questo può determinare livelli d'inquinamento armonico inaccettabili e dall'altra il rifasatore può determinare malfunzionamenti dell'inverter. Il costruttore di quest'ultimo apparato va coinvolto nell'esame di compatibilità.

In conclusione l'ampiezza delle conseguenze economiche delle nuove regole di tariffazione e la complessità tecnica di un pur classico tema impiantistico fa prefigurare nell'anno in corso e nei primi mesi del 2016 una ricca attività professionale per progettisti e costruttori di impianti elettrici.

Giuseppe Cafaro
Politecnico di Bari

Cabine elettriche MT/BT dell'utente e nuova Guida Tecnica CEI 99-4

Gli importanti e consistenti sviluppi della legislazione e della normativa tecnica nel periodo dal 1 gennaio 2005, data di validità della guida CEI 11-35:2004-12, al 1 ottobre 2014, giorno in cui è stata sostituita dalla nuova CEI 99-4 "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale", sono tali da giustificare ampiamente una nuova edizione.

Seguendo il percorso offerto dalla guida troviamo quegli elementi aggiuntivi per progettare e costruire una cabina MT/BT del cliente finale, ma anche per valutare casi esistenti e ordinare il materiale per la manutenzione.

L'articolo non confronta la vecchia e la nuova guida, ma vuole percorrere alcune parti del suo contenuto che rappresentano un estratto delle novità e fornire alcuni utili approfondimenti con particolare riguardo alle scelte costruttive che la normativa rivolge agli operatori del settore edile e impiantistico, direttamente e indirettamente coinvolti, nessuno escluso.

Le ragioni della nuova Guida CEI 99-4:2014-09

Descrivere tutte le motivazioni che hanno spinto il Comitato Tecnico 99 a ridisegnare la guida sono davvero tante.

Un sintetico quadro generale dei principali riferimenti che hanno contribuito alla nuova edizione è rappresentato in figura 1.

Se da un lato il dovere di aggiornare la guida nasce dall'evoluzione legislativa e della normativa impiantistica, dall'altro lato, il costellarsi d'indispensabili norme di prodotto per così dire "satellite" che puntualmente l'assistono, si colloca per l'utilizzatore nel piacere di dover progettare e costruire una cabina MT/BT, di valutarne una esistente e di mantenerla.

Ecco quindi alcune possibili realizzazioni di cabine elettriche, che con riferimento alle disposizioni legislative, alle disposizioni nazionali contro gli incendi e alla normativa applicabile, si pone l'obiettivo di garantire impianti a regola d'arte e migliorare la sicurezza, concretizzando in modo pratico e analitico quei requisiti generali della principale norma di riferimento, ossia la CEI EN 61936-1:2014-09¹.

Limiti della Guida

I limiti sono sinteticamente i seguenti:

- la tensione nominale (U_n), $1 \text{ kV} < U_n < 35 \text{ kV}$, tipica della Media Tensione ovvero della Categoria II; Un in genere coincidente con la tensione di alimentazione dichiarata dal Distributore (U_c)²;
- la potenza installata (S), limitata a 2000 kVA o due trasformatori MT/BT da 1000 kVA cadauno, in ordine ai limiti delle correnti di guasto e delle correnti di inserzione dei trasformatori dettati dalle Regole Tecniche di connessione (CEI 0-16); potenze riferite a una U_n di 20 kV cui gli esempi della guida si riferiscono e da ridurre a 1600 kVA alla U_n di 15 kV (8.5.13 CEI 0-16:2014-09), questi ultimi calzanti con la Guida CEI 11-35:2004 (F.8) che a tale scopo può ritenersi letteratura tecnica, comodamente applicabile aggiornando alcune regolazioni. Nel rapporto tra utente e Distributore di energia elettrica è altresì utile ricordare la massima potenza dei trasformatori installati contemporaneamente energizzabile, non superiore a tre volte i limiti suindicati per ciascun livello di tensione, anche se con sbarre BT separate, che l'utente non deve superare salvo casi particolari (8.5.14 CEI 0-16:2014-09);
- la tipologia delle cabine MT/BT;
- lo schema tipico con singolo o doppio trasformatore sino al dispositivo di protezione lato BT.

Altri limiti riguardano le condizioni climatiche e l'altitudine.

Le attività sui lavori elettrici, l'esecuzione degli impianti di terra e la manutenzione³ non sono oggetto della Guida ma, ciò nonostante, sono richiamati alcuni particolari aspetti costruttivi e di esercizio che caratterizzano una cabina e la propria installazione elettrica MT/BT.

In un articolato percorso professionale e operativo, dobbiamo porci qualche nuovo quesito per percorrere la strada giusta, per esempio:

- se la cabina è presente o deve essere costruita in zona sismica;
- se ci sono macchine elettriche (trasformatori, Gruppi GE) fisse con liquido isolante (olio) in quantità $> 1 \text{ m}^3$ (Regole VV.F. DM 15/7/2014)⁴;
- se la cabina è adiacente ad una scuola, abitazioni, asili (Dpa-EMC), D.Lgs. 81/2008, L. 36/2003 e DPCM 8/3/2003;
- e altri ancora.

A questi e nuovi interrogativi la Guida CEI 99-4 offre una pratica assistenza tecnica.

Note

¹ Dal 1/11/2013 le Norme CEI EN 61936-1:2011-07 (oggi aggiornata dall'edizione CEI EN 61936-1:2014-09) e CEI EN 50522:2011-07 hanno definitivamente abrogato la Norma CEI 11-1:1999, successiva Variante ed EC.

² La Norma CEI 64-8/2 (22.1) individua il limite di Media Tensione sino a 35 kV, mentre la Norma CEI EN 50160:2011-05 "Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica" a 36 kV. La U_n può non coincidere con la U_c , bisogna quindi valutare attentamente le condizioni contrattuali di fornitura energia elettrica.

³ CEI 0-15 "Manutenzione delle cabine elettriche MT/BT dei clienti/utenti finali".

⁴ Per macchine già in servizio al 22/9/2011, proroga dei termini entro il 7/10/2016 purché l'istanza di valutazione progetto sia depositata entro il 1/11/2015.

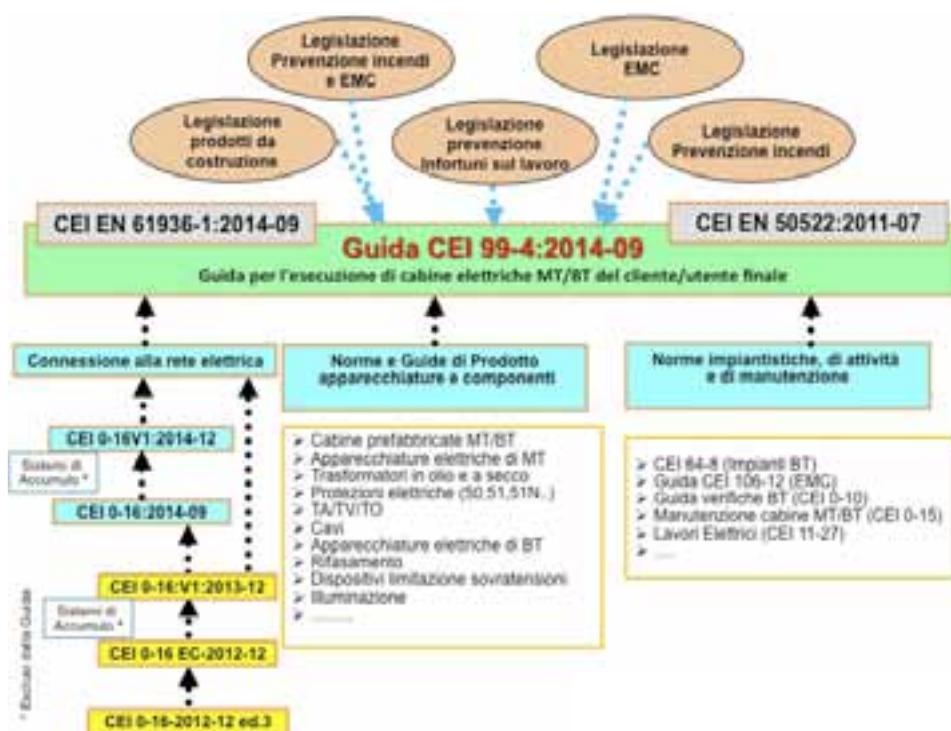


Figura 1 - Principali Riferimenti Guida CEI 99-4

Tipo di cabine MT/BT

Nessuna modifica alle definizioni di cabina, sia nei confronti della normativa, sia della guida precedente.

La tipologia costruttiva è semplicemente individuata e collocata nella pratica quotidiana, fermo restando l'adeguatezza resistenza meccanica delle costruzioni e delle apparecchiature (figura 2) alle prevedibili sollecitazioni, ivi comprese quelle sismiche.

I due fattori predominanti che contraddistinguono le tre tipologie sono la presenza di locali chiusi per preservare le installazioni dalle influenze esterne e la protezione contro i contatti diretti delle parti attive (in tensione), sempre prevista e non inferiore a IPXXB; grado di protezione che si eleva a IPXXC o 3XC con apparecchiature prefabbricate di media tensione e, in genere, anche oltre, per es. IP4X per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per Bassa Tensione⁵ (Quadri Elettrici).

Quando la protezione è garantita mediante l'uso di barriere realizzate in opera, dopo l'installazione è necessario verificare il rispetto delle distanze di isolamento e di sicurezza; quando è invece realizzata con apparecchiature elettriche prefabbricate già provviste di involucro e di interblocchi per una sicura accessibilità, esse presentano idonee distanze di isolamento e di sicurezza avendo superato le prove tipo prescritte dalle norme di prodotto (CEI EN 62271-200 e CEI EN 61439), tra cui le prove dielettriche e di tenuta alle sollecitazioni delle correnti di guasto.

Caratteristiche della struttura

Laddove la normativa e la legislazione richiedono fermi requisiti di carattere generale, come per la costruzione del manufatto edile e propri accessori, la guida interviene con puntuali riferimenti.

Il primo è il DM 14.01.2008 e s.m.i. "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", che definisce i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

A queste prestazioni, per effetto del più recente Regolamento (UE) n. 305/2011 del 9/3/2011 che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la Direttiva 89/106/CEE del Consiglio richiamata nel succitato Decreto, dobbiamo aggiungere:

- igiene, salute, ambiente;
- risparmio energetico ed isolamento termico;
- uso sostenibile delle risorse ambientali (riutilizzo dei materiali da costruzione e uso di materiali ecologicamente compatibili).

Le dimensioni e la resistenza al fuoco delle porte, la larghezza dei passaggi di servizio e manutenzione, la distanza della cabina dalle linee elettriche aeree, tubazioni di trasporto e stoccaggio di sostanze infiammabili, i sistemi di sigillatura dei

cavi negli attraversamenti, la segnaletica e gli accessori di cabina, sono solo alcune citazioni di parti complementari che nella guida completano il quadro dell'opera costruttiva, fermo restando eventuali vincoli dettati dalle norme di legge e/o dalle regole tecniche di prevenzione incendi⁶.

Carichi sismici

E' inequivocabile che le apparecchiature e le strutture di supporto, comprese le loro fondazioni, debbano resistere alle sollecitazioni meccaniche previste nell'ipotesi di carico normale (peso proprio, tiro, carico durante il montaggio, ecc.) ed eccezionale (derivanti da manovre, cortocircuito, carichi sismici⁷, ecc.).

Si analizzano le combinazioni tra le possibili ipotesi, la più sfavorevole delle quali deve essere utilizzata per determinare la resistenza meccanica delle strutture.

Definire se il rischio sismico sia "insignificante" in rapporto alle condizioni normali di funzionamento dell'apparecchiatura⁸, spetta al costruttore, il quale sopporta non vi sia in assenza di prescrizioni specifiche da parte dell'utilizzatore.

L'interpretazione del termine "insignificante" è responsabilità dell'utilizzatore o dello specificatore (è così scritto nella norma di prodotto) dell'apparecchiatura.

O l'utilizzatore non è interessato dagli eventi

Note

⁵ $U_n \leq 1 \text{ kV in AC o } 1,5 \text{ kV in DC}$.



Figura 2 - Tipo e ubicazione Cabine Elettriche MT/BT

| Tab. 1 Livelli di intensità sismica | | | | |
|-------------------------------------|--|--|---------------------------|--|
| Scala MERCALLI modificata | | Valori approssimati del livello di accelerazione (m/s ²) | Zona sismica Vedi nota | Tab.2 Valori approssimati della scala di grandezza RICHTER |
| 1 | Scossa non avvertita | 2 | 0 | 0 - 2 |
| 2 | Scossa avvertita dalle persone a riposo o ai piani alti | | | 1 - 2 |
| 3 | Gli oggetti sospesi oscillano Vibrazioni leggere | | | 2 - 3 |
| 4 | Vibrazioni come quelle prodotte da camion pesanti Le finestre e le stoviglie tintinnano Le vetture posteggiate oscillano | | | 3 - 4 |

Figura 3 - Estratto Tabelle 1 e 2 (Fonte: CEI 75-19:1997)

sismici, o la sua analisi mostra che il rischio è "insignificante".

Considerata, l'Italia, uno Stato ad alta esposizione sismica abbiamo ragioni più che sufficienti per dimostrarne l'interesse; bisogna scegliere l'apparecchiatura valutando anche questo rischio e a tale scopo sulle apparecchiature elettriche troviamo un'informazione utile: l'accelerazione (m/s²).

Ma al progettista civile, c'è anche Lui nella progettazione-costruzione-valutazione della cabina, questo dato non piace molto; è abituato a parlare di zone sismiche, di scala del terremoto. Cambiamo quindi percorso ed entriamo nell'ambito del Comitato Tecnico 104 (ex 75) "Condizioni ambientali", dove incontriamo una normativa (CEI 75-16:1997-06 "Parte 2: Condizioni ambientali presenti in natura - Vibrazioni e scosse sismiche"), che prende in considerazione il problema.

Essa è parte di una pubblicazione IEC (721) utilizzabile per selezionare le severità appropriate dei parametri relativi ai terremoti per le applicazioni di un prodotto e si rivolge ai Costruttori di apparecchiature offrendo Loro, e non solo a Loro, la tabella 1 e la tabella 2 sui livelli di intensità sismica (figura 3).

Almeno un linguaggio universalmente comprensibile c'è.

Prestazioni energetiche - Riduzione delle Perdite

La guida privilegia l'esercizio e la sicurezza; per le prestazioni energetiche dovremmo riferirci alla specifica attività legislativa e normativa in atto, comunque escluse dal suo campo di applicazione.

Stante lo stato dell'arte normativo sull'efficienza energetica⁹, valutare la capitalizzazione delle perdite tra un trasformatore a perdite normali e a perdite ridotte considerando un ipotetico andamento del carico e calcolando il risparmio conseguente, può sembrare obsoleto. Anzi, lo è. Ma l'esempio dell'allegato alla guida (Allegato K), ben si adatta nella valutazione tra un trasformatore esistente e uno nuovo purché il risparmio conseguente si commisuri ai corrispettivi (€/kWh) nelle fasce orarie contrattuali d'interesse dell'utilizzatore e si tenga conto dell'eventuale potenza per il raffreddamento dei trasformatori e dell'indice di efficienza di picco (PEI), ossia il valore massimo del rapporto tra la potenza

apparente trasmessa da un trasformatore meno le perdite elettriche e la potenza apparente trasmessa dal trasformatore.

Dato che il Regolamento UE N. 548/2014 di recente pubblicazione indica nuovi valori massimi delle perdite o minimi del PEI (A) per trasformatori di potenza immersi in olio e a secco di potenza "Sr" superiore a 3150 kVA e che contrattualmente il Distributore limita la fornitura in Media Tensione agli utenti attivi sino a un potenza di 3 MW, l'attenzione si pone nei riguardi dei limiti alle perdite a vuoto e a carico che il costruttore del trasformatore non deve superare dal 1 luglio 2015 (Fase 1) e dopo il 1 luglio 2021 (Fase 2) e che il progettista, ovvero chi è preposto alla scelta dell'apparecchiatura, dovrà accertare specificando nell'ordine, dove necessario, la propria prestazione energetica.

Per il risparmio energetico, la guida si sofferma su alcune altre semplici e utili raccomandazioni, quali ad esempio la collocazione baricentrica delle cabine rispetto ai carichi, in particolare dei grossi carichi, per limitare le perdite per effetto joule sui cavi di distribuzione, un adeguato dimensionamento delle apparecchiature elettriche, il controllo della temperatura ambiente per evitare surriscaldamenti o sovraccarichi non desiderati.

$$(A) \quad PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0})}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}}$$

- P₀ indica la misura delle perdite a vuoto alla tensione nominale e alla frequenza nominale, sulla presa nominale;
- P_{c0} indica la potenza elettrica necessaria per il sistema di raffreddamento per il funzionamento a vuoto;
- P_k indica la perdita a carico misurata alla corrente nominale e alla frequenza nominale sulla presa nominale, adeguate alla temperatura di riferimento;
- S_r indica la potenza nominale del trasformatore o dell'autotrasformatore sulla quale si basa P_k.

Sovratensioni

La normativa chiede, mediante studi mirati, di prevedere le possibili sovratensioni durante le

condizioni di esercizio e di installare protezioni quando le sovratensioni superano i limiti di tollerabilità delle apparecchiature installate (U_w o U_p - Tensione di tenuta a impulso).

La protezione del GIS (apparecchiature isolate in Gas) dalle sovratensioni, dovrebbe essere assicurata da scaricatori installati sulle linee che in alcune configurazioni, per es. lunghe distanze tra il GIS e i trasformatori, possono essere inadeguate; caso in cui può essere necessaria l'installazione di scaricatori supplementari e il loro posizionamento deve basarsi su calcoli o su esperienze maturate in situazioni analoghe (7.4.2.3 CEI EN 61936-1).

La scelta dei dispositivi di limitazione è anche subordinata al sistema di messa a terra del neutro così come il dimensionamento dell'impianto di terra deve considerare le sovratensioni atmosferiche e i transitori.

Se mi soffermo sulla IEC (CEI EN 60071-1) ne condivido il compito affidato dalla norma ai Comitati di prodotto, ossia di specificare le tensioni di tenuta nominali e le procedure di prova adeguate alle apparecchiature corrispondenti.

La guida si preoccupa delle sovratensioni di origine atmosferica nella scelta dei cavi elettrici di Media Tensione e raccomanda che le apparecchiature siano adeguatamente protette mediante scaricatori, la cui scelta è rimandata alla serie di normative:

- CEI EN 60099-5 per la scelta degli eventuali scaricatori lato MT;
- CEI EN 61936-1 per le linee in cavo, e indirettamente alla Norma CEI 11-17 "Linee in cavo" che molto di più dice sull'argomento;
- Norme del CT 81 o Specifiche Tecniche del CT 37/SC37A per l'utilizzo di scaricatori di bassa tensione.

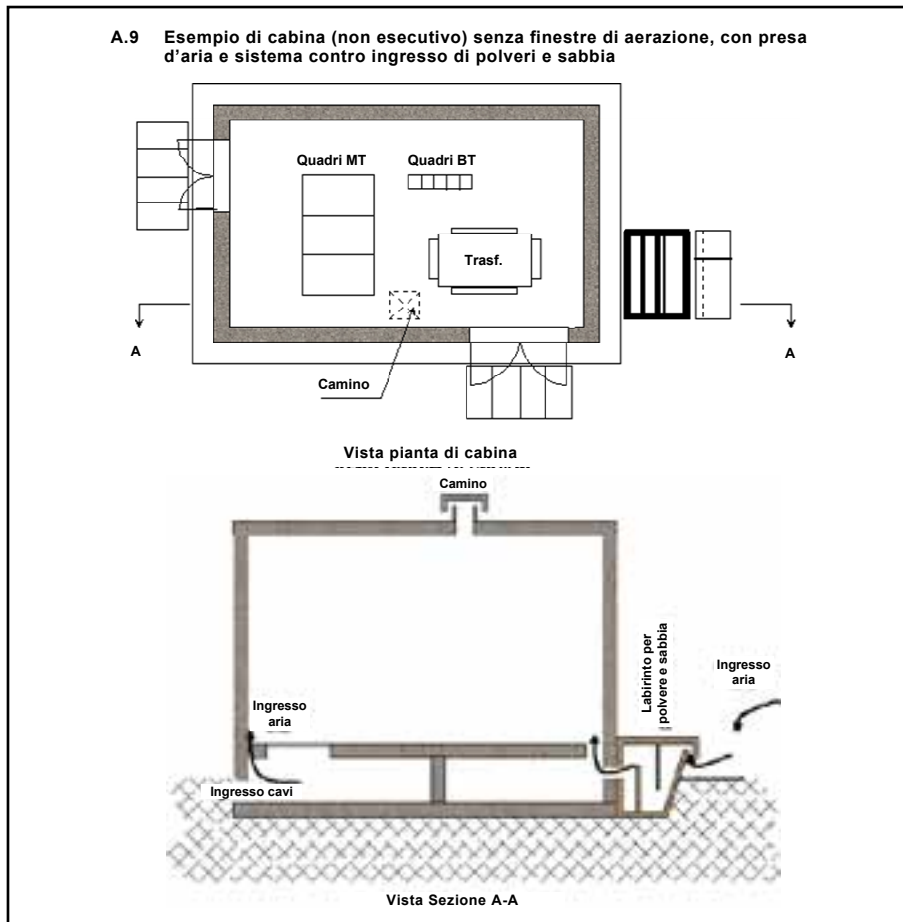
Note

⁶ Minimo livello di prestazione III (DM 9/3/2007 "Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza"), o qualora sussistano attività soggette ai controlli di prevenzione incendi (art. 48 DPR 15/1/2011 e DM 15/7/2014).

⁷ Quando pubblicata, la Specifica Tecnica IEC/TS 62271-210 "High-voltage switchgear and controlgear - Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV" sarà recepita dal CEI indipendentemente dal recepimento CENELEC. Una Specifica Tecnica di sicuro nostro interesse.

⁸ Per es. 2.1.1 - CEI EN 62271-1 "Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione Parte 1: Prescrizioni comuni".

⁹ Regolamento (UE) N. 548/2014 della Commissione del 21 maggio 2014 recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza > 1 kVA, piccoli (Tensione d'uscita massima U_m ≤ 1,1 kV), medi (1,1 ≤ U_m < 36 kV e potenza apparente "S_r" compresa tra (5kVA ≤ S_r < 40 MVA) e grandi (U_m > 36 kV e S_r ≥ 5 kVA oppure S_r > 40 MVA a qualsiasi U_m).



In questo percorso tra le norme "satellite", posso affrontare in modo completo il faticoso compito delle sovratensioni che non può prescindere, salvo per le quelle causate dalle manovre, dalla valutazione del rischio di fulminazione diretta e indiretta condotta, ad esempio, secondo la Norma CEI EN 62305-2 (CEI 81.10/2).

Una sola constatazione. Appurato che la valutazione del prevedibile rischio di fulminazione diretta, indiretta e sovratensioni è per il Datore di Lavoro un obbligo sancito dal D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. (art. 80), tale rischio deve essere necessariamente affrontato con la collaborazione del Datore di Lavoro, delle norme di specifica competenza e con l'immane supporto del costruttore di prodotti.

Scelta del trasformatore e delle apparecchiature e protezioni

Non voglio qui ripercorrere tutte le fasi della progettazione o le procedure e informazioni da descrivere in una lettera di conferma d'ordine per l'acquisto di un'apparecchiatura. Voglio solo osservare quali utili requisiti incontro nella scelta del trasformatore e delle sue protezioni.

Primo passo è la conoscenza del carico, non solo agli effetti della potenza assorbita, ma anche del servizio cui è preposto; propri limiti di funzionamento e se tali carichi possano disturbare la rete elettrica del Distributore; informazioni, queste, indispensabili nel contratto di fornitura energia elettrica. Questo primo passo consente al progettista di scegliere lo schema dell'impianto (radiale, doppio radiale, ad anello).

Gli esempi di calcolo consentono di determinare la potenza del carico nelle condizioni di esercizio normale, fermo restando l'eventuale presenza di avviamenti pesanti, dei sovraccarichi ammessi

o ipotizzabili, e la scelta della potenza del trasformatore di potenza.

Scelto il trasformatore, posso scegliere le protezioni elettriche, calcolare la corrente magnetizzante per evitare interventi non voluti del dispositivo di protezione a monte e il suo rendimento o la massima potenza per cui a una data temperatura ambiente, diversa dalle proprie caratteristiche nominali (40 °C), il trasformatore non determina sovratemperature anormali o abbia bisogno di una precisa portata d'aria per la ventilazione forzata necessaria a smaltire le sovratemperature.

Va da sé che se la temperatura esterna è sempre superiore a quella interna alla cabina MT/BT, non c'è declassamento delle apparecchiature o ventilazione forzata che tenga; bisognerà condizionare.

Il calcolo delle sovracorrenti (cortocircuiti), cui ricordo di applicare il fattore della tensione, l'eventuale contributo dei motori e generatori e l'impedenza della rete del Distributore di energia elettrica, per semplicità omissi negli esempi di calcolo, mi danno la possibilità di scegliere e tarare le protezioni elettriche tenuto conto dei TA, del proprio fattore di precisione e dell'errore composto, e di coordinare le stesse protezioni per un intervento selettivo in caso di guasto sulla MT e sulla BT.

Campi Elettromagnetici (EMC)

Anche la Guida CEI 11-35:2004 affrontava e disquisiva tecnicamente sulle interferenze elettromagnetiche con precisi requisiti sulle tecniche per la mitigazione di tali disturbi e con particolare attenzione all'esposizione delle persone ai campi EMC.

Oggi, la Guida CEI 99-4, aggiorna il quadro

legislativo e rimanda pienamente alla Guida CEI 106-12:2006-05 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT".

Questo pieno rimando considera i disturbi causati dalle interferenze EMC in base al tipo di sorgente (Alta o Bassa frequenza); per noi le attenzioni sono rivolte alla bassa frequenza (cortocircuiti, guasti a terra, campi elettromagnetici generati da componenti elettrici, ecc.) e alle tecniche per mitigare l'esposizione umana ai campi EMC.

Se dovessimo perseguire l'obiettivo qualità senza schermare, in un ipotetico caso di un trasformatore da 1000 kVA utilizzato al 70% della potenza nominale (SrT) e con primario alimentato a U_n 20 kV e secondario a 0,4 kV, dovremmo realizzare distanziamenti lato MT di circa 0,36 m e lato BT di circa 2,2 m; distanze inverosimili per una cabina. Meglio schermare o non sostare più di 4h/gg, soluzione quest'ultima, possibile per l'utente perché in cabina entrano i manutentori per brevi periodi, ma non sempre facile da ottenere per il vicinato, per es. un giardino, un asilo, scuola o un edificio residenziale.

Il caso si può anche porre per la presenza o vicinanza a linee elettriche aeree, caso in cui questo percorso ci indirizza altresì verso la "Dpa" – Distanza di prima approssimazione.

I risultati delle "prove tipo" eseguite dal costruttore delle apparecchiature, per es. trasformatori, sono un eccellente riferimento per i provvedimenti da prendere, sia per la progettazione e valutazione della cabina (meglio sempre una misura), sia per i provvedimenti in capo al Datore di Lavoro e RSPP (Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione).

TABELLA 1 - DPA - DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

| | (E) Campo Elettrico (kV/m) | (B) Induzione magnetica (μT) |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| Limiti di esposizione | 5 | 100 |
| Valori di attenzione | | 10 |
| Obiettivo qualità | | 3 |

Conclusioni

Di certo questo articolo non può considerarsi esaustivo in rapporto alla molteplicità degli argomenti trattati dalla Guida CEI 99-4.

Progettare e costruire una cabina MT/BT del cliente/utente finale seguendo il percorso tracciato dalla Guida CEI 99-4 ci consente di portare a termine tutte le operazioni necessarie per scegliere le apparecchiature, per interfacciarsi correttamente con il Distributore di energia elettrica e per valutare lo schema di una cabina MT/BT esistente. Bisogna però compiere e ampliare questo percorso; un percorso che nasce dalla norma principale sugli impianti di potenza oltre 1 kV e sull'impianto di terra, si arricchisce degli indispensabili requisiti e degli opportuni riferimenti attraverso le norme impiantistiche e di prodotto e della legislazione tecnica applicabile, e sfocia nella regola dell'arte.

Vincenzo Matera
Segretario CEI/CT 44

Aspetti specifici degli impianti elettrici nei locali medici

La prima pubblicazione CEI riguardante gli ambienti medici è del 1973: norma CEI 64-4 "Norme per gli impianti elettrici nei locali adibiti a uso medico". L'ultima edizione della norma CEI 64-4 (la terza) è del 1990.

Con la pubblicazione della prima edizione della norma CEI 64-8 (1984), gli impianti elettrici nei locali medici sono trattati nella parte 7, sezione 710, dove sono fissate prescrizioni particolari che integrano, modificano o annullano le prescrizioni generali delle altre parti della norma. Sono state poi pubblicate altre edizioni, l'ultima, la settima, nel 2012.

Con la variante V2, attualmente in inchiesta pubblica, sono introdotte alcune modifiche come adeguamento all'analogo documento europeo. L'applicazione di una nuova norma è sempre necessaria in caso di nuova installazione o rifacimento dell'impianto. Nasce allora spontanea una domanda: quando un impianto, realizzato secondo norme "vecchie", si può ancora considerare a "rischio accettabile"?

E' opportuno evidenziare quanto indicato nella norma CEI 64-8; V1:2008 che abroga, nel primo articolo, il 710 la frase: "Gli impianti già realizzati, o in corso di realizzazione, secondo la norma CEI 64-4 sono ritenuti egualmente idonei agli effetti della sicurezza". Abrogazione che accoglie il nuovo approccio alla prevenzione e valutazione del rischio del D.Lgs. 81/08, intese in un'ottica dinamica della valutazione dei rischi che tiene conto dell'evolversi della tecnica per gli opportuni adeguamenti.

Perché una sezione specifica e una guida CEI su questi impianti elettrici e 160 norme internazionali sugli apparecchi elettromedicali? Essa deriva dalla maggiore vulnerabilità allo shock elettrico e al corretto funzionamento dell'impianto elettrico in cui viene a trovarsi il paziente.

Soprattutto per ridurre due rischi:

- Rischio di microshock;
- Rischi specifici provocati dalla mancanza dell'alimentazione (continuità di esercizio).

Macroshock e microshock

Quando una persona, in condizioni fisiche "normali", entra in contatto con parti sotto tensione, la corrente elettrica conseguente si distribuisce in tutto il corpo e solo una parte interessa la zona cardiaca (figura 1). Per un paziente che si trovi nelle condizioni illustrate in figura 2, una corrente di alcune decine di microampere può innescare la fibrillazione ventricolare e causarne la morte (microshock).

I principali provvedimenti impiantistici contro i rischi di microshock sono:

- separazione elettrica del circuito di alimentazione degli apparecchi mediante trasformatore d'isolamento medicale;
- controllo continuo dell'isolamento verso terra dei circuiti isolati;
- sistema di equalizzazione dei potenziali.

I provvedimenti impiantistici di protezione devono essere presi in sede di progettazione, in relazione alla classificazione del locale.

La classificazione dipende dal tipo di attività medica che vi si svolge.

I provvedimenti di esercizio devono essere adottati da parte del personale medico, in relazione al tipo di intervento svolto, e dal personale tecnico per quanto riguarda le verifiche e la manutenzione degli impianti elettrici e l'acquisizione e la manutenzione degli apparecchi elettromedicali. Negli ambienti medici agli apparecchi elettromedicali sono affidate funzioni vitali del paziente come nei locali di terapia intensiva oppure durante particolari interventi chirurgici. Una corrente elettrica che circola nel cuore può determinare il fenomeno irreversibile della fibrillazione ventricolare, che dipende da:

- intensità della corrente elettrica;
- durata del passaggio della corrente;
- zona del cuore percorsa dalla corrente.

Il rischio per il paziente, dipende da:

- assenza di reazioni normali del paziente al passaggio di piccole correnti, per l'impiego di anestetici o per lo stato di fuori conoscenza e conseguente impossibilità per l'operatore sanitario di intervenire;

- applicazione al corpo del paziente di "parti applicate" di apparecchi elettromedicali, con una ridotta resistenza di contatto ottenuta con l'utilizzo di paste conduttrici o addirittura, attraverso sonde invasive;
- collegamento simultaneo al paziente di più apparecchi con caratteristiche e prestazioni diverse.

Nel caso di un paziente al quale sia stato applicato un catetere pieno di liquido, per prelevare campioni di sangue nei punti critici del cuore, una corrente elettrica esterna, ad esempio una corrente di dispersione di un apparecchio elettromedicale, può circolare direttamente nel cuore tramite il catetere.

Ne consegue che un impianto elettrico che è "a regola d'arte" (rischio accettabile) in un ambiente ordinario può essere molto pericoloso, per il paziente, in locali dove è presente il rischio di microshock.

In conclusione la probabilità che il paziente sia percorsa da correnti pericolose è molto più elevata di quella che si ha in condizioni di utilizzo "normale".

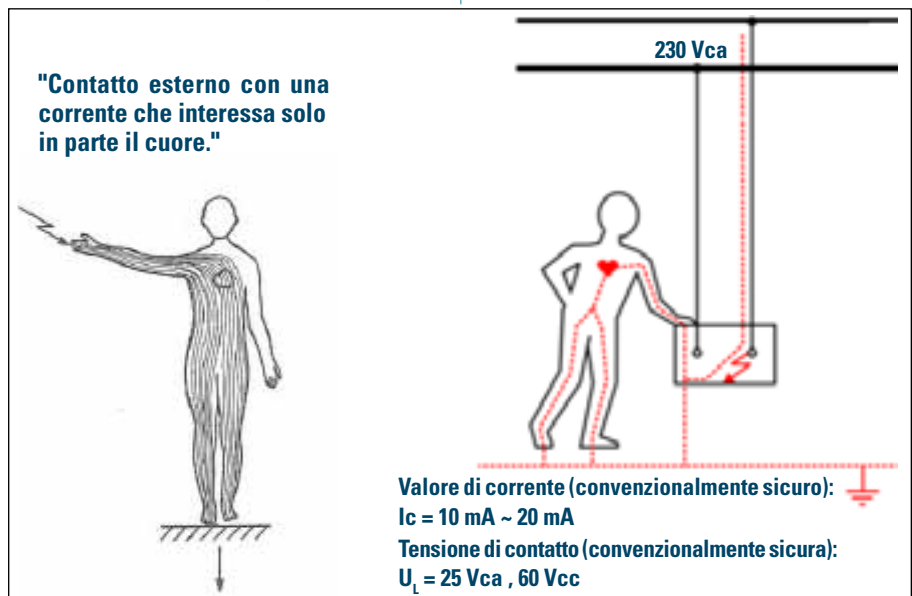


Figura 1 - Rischio di macroshock

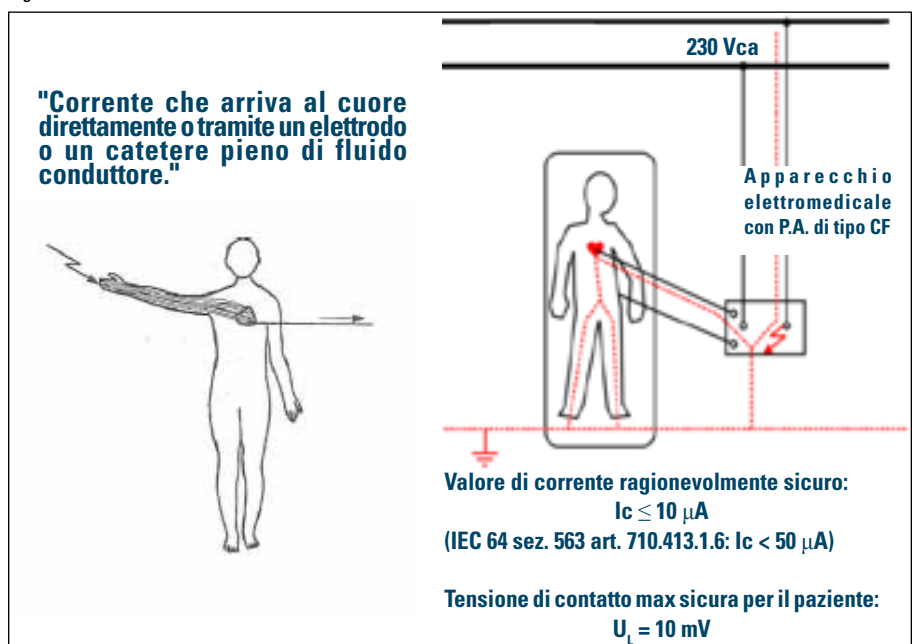


Figura 2 - Rischio di microshock

Rischi specifici provocati dalla mancanza dell'alimentazione

L'altro rischio specifico nei locali medici è costituito dal venir meno dell'energia elettrica: gravi soprattutto le conseguenze per il paziente quando gli apparecchi elettromedicali sovrintendono allo svolgimento di funzioni vitali oppure quando ne derivano disfunzioni per le attività sanitarie (illuminazioni in zone particolari come sale operatorie e locali di rianimazione) e/o di emergenza (evacuazione, trasporto urgente di pazienti).

Provvedimenti normativi specifici d'impiantistica elettrica

La normativa di riferimento è contenuta nella Sezione 710 della norma CEI 64-8 (2012) "Locali ad uso medico". Tale Sezione sarà modificata dalla Variante V2, attualmente in inchiesta pubblica. Non sono previste variazioni dei provvedimenti di protezione dai rischi di micro e macroshock, qualche novità invece riguarda i sistemi di alimentazione dei locali di gruppo 2.

Campo di applicazione (con discrepanza)

Riguardo al campo di applicazione e le definizioni, la Variante V2 non introduce novità rispetto la norma CEI 64-8 Ed. 2012.

La Sezione 710 inizia con una discrepanza non marginale:

710 Locali ad uso medico

Nei locali ad uso medico è necessario garantire **la sicurezza dei pazienti** che potrebbero essere soggetti all'applicazione di apparecchi elettromedicali.

710 Locali ad uso medico (commenti)

Le prescrizioni della seguente sezione nascono dalla situazione di **maggior vulnerabilità per il paziente** sottoposto a trattamenti con apparecchi elettromedicali

Subito dopo (art. 710.1.1), però, si legge:

710.1.1 Campo di applicazione

Le prescrizioni particolari della presente Sezione si applicano agli impianti elettrici nei locali ad uso medico, in modo da assicurare la sicurezza dei pazienti e del personale medico.

Purtuttavia nella sezione 710 e nell'intera Norma CEI 64-8 non sono mai menzionati rischi elettrici

specifici derivanti dalle attività del personale medico, e/o conseguenti prescrizioni particolari finalizzate a ridurli. Accomunare nella valutazione dei rischi di cui si tratta nella Sezione 710 ai pazienti il personale medico può avere conseguenze non marginali nelle responsabilità della dirigenza medica. Il "paziente", in sede giuridica, non è, infatti, equiparato al "lavoratore" e la sua protezione rientra tra gli obblighi civili e penali la cui violazione è gestita (sanzionata) dai relativi codici. La protezione del personale medico nei luoghi di lavoro è un obbligo specifico del "datore di lavoro" regolamentato dalle norme vigenti in materia di salute e sicurezza delle lavoratrici e dei lavoratori (D.Lgs. 81/08 e s.m.). Nel nostro caso, schematizzando, l'attività di vigilanza ed ispezione (art. 13 D.Lgs. 81/08) dovrebbe estendersi a controllare, in un locale medico, anche l'applicazione dei provvedimenti previsti dalla Sezione 710 in quanto "norma pertinente" e, in caso di inottemperanza, contestare la violazione dell'art. 80 del D.Lgs. 81/08 e applicare le sanzioni previste.

Le prescrizioni particolari si applicano agli impianti elettrici nei locali medici (ospedali, cliniche private, studi medici e dentistici, locali ad uso estetico, ecc.). Anche la Variante V2 aggiunge che "la presente norma può essere usata anche per cliniche e ambulatori veterinari".

Definizioni

Con la definizione di locale medico s'intende un "locale destinato a scopi diagnostici, terapeutici, chirurgici, di sorveglianza o di riabilitazione dei pazienti (inclusi i trattamenti estetici)".

Gli ambulatori veterinari sono locali "assimilati" ai locali medici in quanto la definizione di "paziente" comprende anche gli animali; ad essi si possono applicare, quindi, le stesse prescrizioni dei locali medici. Nell'allegato P della Guida CEI 64-56:2008 dedicato a questi locali, non è considerato, in generale, il rischio di microshock e i locali sono classificati come Locali di grado 0 (locali di degenza) e Locali di grado 1 (se si utilizzano apparecchi EM con parti applicate in diagnosi e chirurgia). E' prevista l'installazione di una illuminazione di sicurezza per questi locali e per la eventuale lampada scialitica.

Un locale ad uso estetico è un locale dove l'estetista svolge la propria attività ed utilizza apparecchi elettrici ad uso estetico, indipenden-



temente dalla struttura che lo ospita (centro di fitness, palestra, albergo, ecc.). Il maggior rischio elettrico è, infatti, legato all'applicazione di apparecchi ad uso estetico.

Apparecchio elettromedicale

Un apparecchio (elettrico) elettromedicale è quello destinato alla diagnosi, terapia o riabilitazione di un paziente sotto la supervisione di un medico. La parte dell'apparecchio elettromedicale che nel funzionamento ordinario è destinata ad entrare in contatto fisico con il paziente per ragioni funzionali è denominata parte applicata. Gli apparecchi elettromedicali con parti applicate sono ovviamente più pericolosi.

Parte applicata

La norma CEI EN 60601-1:2007 - art. 3.8 - (CEI 62-5) definisce parte applicata la "parte di un apparecchio EM (elettromedicale) che nell'uso normale viene necessariamente in contatto fisico con il paziente affinché l'apparecchio EM o il SISTEMA EM possa svolgere la sua funzione". Gli apparecchi elettromedicali si distinguono in apparecchi con parti applicate di tipo B, di tipo BF e di tipo CF secondo una graduatoria crescente di sicurezza.

Correnti di dispersione

Le norme CEI EN prevedono tre tipi di correnti di dispersione:

- corrente di dispersione verso terra: corrente che fluisce nel conduttore di protezione;
- corrente di dispersione sull'involucro: corrente che attraversa la persona in contatto con l'involucro (isolante);
- corrente di dispersione nel paziente: corrente che fluisce nel paziente verso terra tramite la parte applicata.





Protezioni specifiche per locali medici ed assimilati

Nei locali medici o assimilati di gruppo 0 (zero) si deve solamente ottemperare alle prescrizioni della parte generale della norma CEI 64-8, e pertanto non si applica la sezione 710.

Nei locali medici o assimilati di gruppo 1 e 2 si applicano i provvedimenti più severi previsti dalla sezione 710 della norma CEI 64-8. Ci si limita ai componenti installati a meno di 2,5 metri di altezza dal piano di calpestio.

Provvedimenti che così possono essere schematizzati:

- **Locali di gruppo 1:**
 - Nodo equipotenziale (art. 710.413.1.2.2.1) a cui si collegano:
 - le masse (conduttori di protezione);
 - le masse estranee (conduttori equipotenziali, sezione minima 6 mm²);
 - eventuali schermi metallici (contro le interferenze, nei trasformatori di isolamento, ecc.).
 - Adozione di interruttori differenziali esclusivamente di tipo A o B (interruttori differenziali in accordo con CEI EN 61008-1:2005, CEI EN 61009-1:2006 e IEC 60755);
 - Illuminazione di sicurezza (almeno un apparecchio).
- **Locali di gruppo 2:**
 - Nodo equipotenziale (art. 710.413.1.2.2.1) a cui si collegano:
 - le masse (conduttori di protezione);
 - le masse estranee (conduttori equipotenziali, sezione minima 6 mm² e resistenza tra nodo equipotenziale e morsetti $\leq 0,2 \Omega$);
 - eventuali schermi metallici (contro le interferenze, nei trasformatori di isolamento, ecc.).
 - Adozione del sistema IT-M (art. 710.413.1.5): trasformatore di isolamento ad uso medico (Norma CEI EN 61558 2-15:2001, art. 8.1 h) e dispositivo di controllo permanente dell'isolamento;
 - Adozione nei circuiti non alimentati da trasformatore IT-M, di interruttori differenziali esclusivamente di tipo A o B (interruttori differenziali in accordo con CEI EN 61008-1:2005, CEI EN 61009 1:2006 e IEC 60755);
 - Alimentazione di sicurezza:
 - che garantisca un'adeguata continuità per le utenze essenziali;
 - illuminazione di sicurezza (almeno il 50% degli apparecchi).

Classificazione dei locali medici

Locali medici di gruppo 0

Locali medici nei quali non si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate.

Locali medici di gruppo 1

Locali medici in cui si fa uso di apparecchi elettromedicali con parti applicate. Le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate esternamente, oppure invasivamente entro qualsiasi parte del corpo, eccetto che nella zona cardiaca.

Locali medici di gruppo 2

Locali medici nei quali le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate in applicazioni quali interventi intracardiaci, operazioni chirurgiche, o il paziente è sottoposto a trattamenti vitali dove la mancanza dell'alimentazione può comportare pericolo per la vita del paziente, ad esempio terapia intensiva.

Un intervento intracardiaco è un intervento in cui un conduttore elettrico è posto entro la zona cardiaca di un paziente o è probabile che entri in contatto con il cuore, mentre tale conduttore è accessibile all'esterno del corpo del paziente (ad es. l'applicazione di pace-maker, esami angiografici e di emodinamica, ecc.).

A questo riguardo, si considerano conduttori non solo gli elettrodi di un pacemaker o di un elettrocardiografo, ma anche i cateteri che contengono liquidi conduttori (sangue, liquido fisiologico, ecc.).

Zona paziente

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate. Si definisce come **zona paziente** (figura 3):

"Qualsiasi volume in cui un paziente con parti applicate può venire in contatto intenzionale, o non intenzionale, con altri apparecchi elettromedicali o sistemi elettromedicali o con masse estranee, con altre persone in contatto con tali elementi. Questa definizione si applica quando la posizione del paziente è predeterminata; in caso contrario devono essere prese in considerazione tutte le possibili posizioni del paziente".

Se gli apparecchi elettromedicali sono più di uno e/o spostabili, la zona paziente si estende, a favore della sicurezza, a tutto il locale.

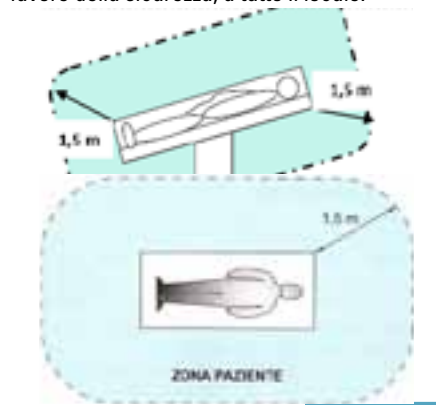


Figura 3 - Zona paziente

Per l'individuazione delle masse estranee che devono, quindi, essere collegate all'impianto di terra nei locali medici e assimilati, valgono le seguenti definizioni:

- **Locale di gruppo 0:** è una massa estranea la parte metallica che presenta una resistenza verso terra $< 1000 \Omega$;
- **Locale di gruppo 1:** è una massa estranea la parte metallica che presenta una resistenza verso terra $< 200 \Omega$, deve essere collegata al nodo equipotenziale (sezione non minore di 6 mm²);

- **Locale di gruppo 2:** è una massa estranea la parte metallica che presenta una resistenza verso terra $< 0,5 M\Omega$, deve essere collegata al nodo equipotenziale (sezione non minore di 6 mm^2), in questo caso la resistenza del conduttore equipotenziale deve essere $< 0,2 \Omega$.

Confronto dei sistemi protettivi e necessità di adeguamento

Da un confronto dei sistemi protettivi fra gli impianti elettrici realizzati secondo la vecchia norma (CEI 64-4) e la nuova norma (CEI 64-8 con V2) non ci sono grosse differenze per quanto riguarda il livello di protezione dai rischi di microshock.

Qualche differenza, ma non significativa, esiste per i provvedimenti dai rischi di macroshock. Nella norma CEI 64-4 non erano obbligatori, nei locali di gruppo 2, interruttori differenziali per le utenze che non erano alimentate dal trasformatore d'isolamento e, inoltre, gli interruttori differenziali previsti erano solo di tipo AC (e non di tipo A o B). Per quanto riguarda poi il collegamento equipotenziale, questo non era obbligatorio per le camere di degenza e ambulatori medici di tipo A (corrispondenti a locali di gruppo 1), ma alternativo all'installazione di interruttori differenziali con $I_{dn} = 30 \text{ mA}$, e se realizzato, poteva essere fatto con un anello equipotenziale invece del nodo.

In base a tali considerazioni, la norma CEI 64-8 VI Ed. 2007 (art. 710), poteva affermare che "gli impianti già realizzati, o in corso di realizzazione, secondo la Norma CEI 64-4 erano ritenuti egualmente idonei agli effetti della sicurezza". L'abrogazione di tale affermazione nella norma CEI 64-8;V1:2008 è motivata non da successive valutazioni di sicurezza, ma, come già è stato detto, da un nuovo approccio alla prevenzione fondato, appunto, sulla valutazione del rischio.

I servizi di sicurezza sono quelli che condizionano, in modo diretto o indiretto, la sicurezza dei pazienti o delle persone. Il compito di individuare la funzione essenziale e di sicurezza delle utenze spetta dunque al Responsabile sanitario.

Al progettista elettrico, che deve lavorare a stretto contatto con il progettista degli impianti e delle strutture, spetta invece il compito di attuare in termini di distribuzione elettrica e affidabilità, il sistema ritenuto più idoneo alle esigenze richieste.

La proposta di variante V2 introduce una condizione più precisa in merito all'affidabilità del sistema di alimentazione dei locali di gruppo 2: "un singolo guasto dell'alimentazione non deve provocare la messa fuori servizio di tutte le utenze dei locali di gruppo 2" (art. 710.512.1.102).

Ciò può essere ottenuto, ad esempio, con due linee di alimentazione indipendenti, oppure con un'alimentazione addizionale locale, oppure con altri sistemi di alimentazione di pari efficacia.

Locali assimilabili

Per locali assimilabili si vuole intendere quei locali non istituzionalmente compresi tra i locali medici, ma in cui, per le attività che vi si svolgono, possono essere presenti rischi simili a quelli presenti nei locali medici.

Si considerano tali ad esempio: gli ambienti residenziali in cui si fanno dialisi o assistenza al parto, oppure, in genere, locali in cui si effettuano terapie fisiche (mediante elettricità, radiazioni,



calore, vibrazioni, ecc.), infermerie aziendali o presso luoghi ove si svolgono di attività sportive, ecc., RSA (Residenza Sanitaria Assistenziale), farmacie in cui si effettuano saltuariamente semplici esami medici di routine.

Problema: se in una struttura ad uso residenziale è utilizzato un apparecchio elettromedicale, bisogna applicare la Sez. 710 della norma CEI 64-8?

In particolare, nelle Residenze sanitarie assistenziali, è piuttosto diffuso l'utilizzo di letti motorizzati. Per tali letti esiste la Norma CEI UNI 60601-2-52, che li classifica apparecchi elettromedicali. In relazione a tale classificazione, una struttura di controllo, ha richiesto l'installazione di un nodo equipotenziale, secondo quanto previsto dalla sez. 710.

In tal modo, l'applicazione della sezione 710 sembra motivata esclusivamente dalla presenza di apparecchi elettromedicali (anche se utilizzati in ambienti residenziali), e non invece dalla presenza di locali medici, come invece si desume dalla lettura del campo di applicazione della norma.

Si può cioè concludere che la presenza di un apparecchio elettromedicale in ambiente di tipo diverso da quello medico non comporta in modo automatico l'applicazione di prescrizioni particolari. Queste possono essere necessarie a seguito di una valutazione dei rischi da parte del responsabile della struttura.

Le verifiche

La Variante V2 prescrive verifiche iniziali da aggiungere a quelle previste per gli impianti elettrici in locali ordinari (CEI 64-8/6). Oltre l'esame a vista le prove previste sono:

- prova funzionale dei dispositivi di controllo dell'isolamento di sistemi IT-M e dei sistemi di allarme ottico e acustico;

- misure per verificare il collegamento equipotenziale supplementare;
- misure delle correnti di dispersione dell'avvolgimento secondario a vuoto e sull'involucro dei trasformatori per uso medicale

Sono poi previste le seguenti verifiche periodiche nei seguenti intervalli di tempo:

- prova funzionale dei dispositivi di controllo dell'isolamento → un anno (invece dei sei mesi previsti dall'attuale edizione 2012);
- controllo, mediante esame a vista, delle tarature dei dispositivi di protezione regolabili → un anno;
- verifica del collegamento equipotenziale supplementare (locali gruppo 1 e 2) → due anni (invece dei tre previsti dall'attuale edizione 2012);
- prova funzionale dell'alimentazione dei servizi di sicurezza con motori a combustione:
 - prova a vuoto → un mese;
 - prova a carico per almeno 30 min → quattro mesi;
- prova funzionale dell'alimentazione dei servizi di sicurezza a batteria secondo le istruzioni del costruttore → sei mesi;
- prova dell'intervento, con I_{dn} , degli interruttori differenziali → un anno

Le procedure per le verifiche periodiche devono essere realizzate in stretta cooperazione con il responsabile medico in modo da ridurre al minimo i rischi per i pazienti.

Salvatore Campobello

Membro CEI/CT 64

Salvatore Siracusa

VicePresidente CEI/CT 64

La progettazione di un impianto di illuminazione di sicurezza

In questo articolo vengono illustrate le modalità per la corretta progettazione, esecuzione ed esercizio degli impianti di illuminazione di sicurezza. La prima parte è dedicata alla progettazione illuminotecnica cui segue la sezione dedicata alla progettazione elettrica effettiva per poi concludere con la sezione dedicata all'esercizio e alla documentazione tecnica.

La progettazione illuminotecnica

Per la progettazione illuminotecnica è necessario riferirsi alla norma UNI EN 1838-2013.

La norma, nella sezione introduttiva, rimarca che "possono essere impiegate altre misure tecniche supplementari per migliorare la visibilità dei percorsi di esodo" ma che questi sistemi alternativi non vengono disciplinati dalla norma stessa. Nella Sezione 4.1.1, per i requisiti di installazione, viene richiesta anche l'adozione delle seguenti norme:

- EN 50172 (CEI 34-111: sistemi di illuminazione di emergenza);
- EN 60598-2-22 (apparecchi di emergenza);
- EN 62034 (sistemi di verifica automatica).

Nella progettazione illuminotecnica, combinando le disposizioni richieste dalla norma UNI EN 1838 e dalla CEI EN 50172, le prestazioni minime che devono essere garantite sono:

- illuminazione dei segnali e localizzazione dei punti di chiamata/attrezzature antincendio lungo la via di fuga;
- visibilità delle uscite o dei relativi segnali direzionali da tutti i punti lungo la via di fuga;
- illuminazione delle aree esterne poste nelle immediate vicinanze delle uscite sulla base della valutazione rischi;
- illuminazione anti-panico, necessaria nelle aree in cui non sono definite le vie di fuga e di dimensioni superiori a 60 mq, o anche di dimensioni inferiori nel caso di presenza di un grande numero di persone;
- illuminazione antipanico all'interno degli ascensori, ottenibile con apparecchi sia ad alimentazione autonoma, sia ad alimentazione dipendente da quella del vano corsa, solo se protetta dall'incendio.



Per quanto riguarda il volume da "illuminare", la norma UNI EN 1838 al punto 4.1.1 "Requisiti d'installazione", prescrive che la visibilità deve essere assicurata in tutto il volume dello spazio da percorrere di altezza non inferiore a 2 m. La norma considera questa condizione soddisfatta montando gli apparecchi per l'illuminazione e la segnaletica di sicurezza delle vie di fuga ad almeno 2 m dal pavimento o piano di riferimento considerato.

Gli elementi e le attrezzature da evidenziare sono di seguito elencate:

- uscite di sicurezza (ogni porta di uscita prevista per l'uso in emergenza);
- l'inizio delle rampe delle scale in modo che ogni rampa riceva luce diretta;
- cambi di livello;
- cambi di direzione;
- intersezione di corridoi;
- segnali di sicurezza (mediante illuminazione interna/esterna);
- uscite finali (e zona esterna l'edificio sino al luogo sicuro);
- cassette di sicurezza/attrezzatura antincendio/pulsanti allarme (con 5 lx);
- attrezzature necessarie per l'evacuazione di disabili (es. pulsanti chiamata nei servizi igienici, eventuali sistemi di comunicazione degli spazi calmi).

Tali elementi, devono essere illuminati mediante apparecchi conformi (EN 60598-2-22) che devono essere posizionati in prossimità, ovvero ad una distanza minore di 2 metri, misurata orizzontalmente. Ai fini del posizionamento della segnaletica, occorre considerare, inoltre, che un segnale illuminato internamente è distinguibile a distanza maggiore rispetto ad uno illuminato esternamente. Infatti la norma prevede, a pari dimensioni del segnale (altezza "h" del pittogramma), una distanza di visibilità "l" doppia:

$$l = s \times h$$

dove "s" è una costante pari a 100 per segnali illuminati esternamente e 200 per segnali illuminati internamente (figura 1).

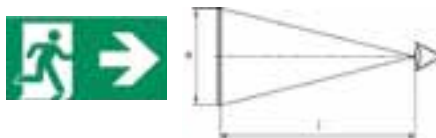


Figura 1 - Distanza di visibilità

Si evidenzia che l'allegato XXV del D.Lgs. 81/08 raccomanda dimensioni generalmente superiori attraverso una formula che prescinde dal tipo d'illuminazione del segnale.

I livelli d'illuminazione richiesti dalla norma sono indicati per le diverse funzioni svolte dall'impianto: illuminazione delle vie di esodo, illuminazione antipanico per aree estese ed illuminazione delle aree ad alto rischio.

L'illuminamento al suolo per vie di esodo di larghezza fino a 2 metri prevede un valore di progetto non inferiore ad 1 lux sulla linea centrale, mentre sulla banda centrale di larghezza pari ad almeno la metà di quella della via di esodo è richiesto un illuminamento non inferiore al 50%

del precedente valore (figura 2).

L'autonomia di funzionamento deve essere almeno di 1 h con un rapporto di illuminamento massimo/minimo sulla linea centrale non superiore al

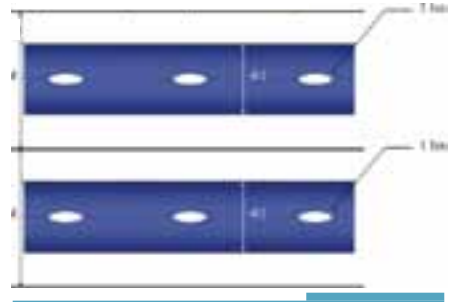


Figura 2 - Requisiti di illuminamento per le vie di esodo

valore di 40:1.

Per l'illuminazione antipanico di aree estese (figura 3), invece, l'illuminamento orizzontale al suolo richiesto deve essere non inferiore a 0,5 lux sull'intera area, con esclusione di una fascia di 0,5 m sul perimetro esterno dell'area stessa.



Figura 3 - Esempio di aree ove è richiesta l'illuminazione antipanico

La norma specifica, ancora, le condizioni per la resa cromatica delle sorgenti, per l'uniformità di illuminamento e le condizioni per evitare fenomeni di abbagliamento. Anche in questo caso l'autonomia minima richiesta è pari a 1 h. Al punto 4.3.8 dell'UNI EN 1838, è previsto che l'illuminazione di sicurezza sia estesa anche all'interno dei servizi igienici per disabili.

Per le aree ad alto rischio si richiede un illuminamento sul piano di riferimento non inferiore al 10% dell'illuminamento ordinario e comunque superiore ai 15 lux, con un rapporto massimo/minimo illuminamento $\leq 10:1$ ed una autonomia minima pari al tempo in cui esiste rischio per le persone. In termini di tempo di risposta, l'illuminazione delle vie di esodo e delle aree estese prevede che il 50% dell'illuminamento richiesto venga raggiunto entro 5 s mentre l'illuminamento completo entro 60 s. Le aree ad alto rischio, invece, devono possedere una illuminazione di tipo permanente da raggiungere entro 0,5 s.

Fra le novità introdotte dalla edizione 2013 della norma UNI EN 1838, si evidenzia quella relativa alla segnaletica di sicurezza: i segnali devono essere conformi alle norme ISO 3864-1, ISO 3864-4 per le caratteristiche fotometriche ed alla norma EN ISO 7010 per le caratteristiche geometriche. Per la visibilità dei segnali in caso di emergenza è ammesso il ricorso ad apparecchi esterni purché in grado di rispettare anche i requisiti cromatici dei segnali, ovvero l'impiego di apparecchi retro illuminati.

L'Allegato B riporta gli scostamenti che regolamenti nazionali hanno rispetto a quanto indicato nella norma stessa. In particolare, si evidenzia che nel nuovo codice di prevenzione incendi si rimanda alla osservazione completa della UNI EN 1838, ma viene richiesto che l'illuminazione di sicurezza risulti pienamente disponibile entro 0,5 s. Questa indicazione restrittiva, comporta la scelta di apparecchi CEI EN 60598-2-22 idonei per aree ad alto rischio, ovvero che raggiungono il 100% delle prestazioni entro 0,5 sec anziché entro 60 sec. Altre deviazioni legate alle norme italiane ma non riportate nell'allegato B della UNI EN 1838, sono contenute nella norma CEI 64-8, parte 7 che prevede:

- tempi di commutazione non superiori a 0,5 s ed autonomia almeno 3 h per gli apparecchi di illuminazione dei tavoli operatori (art. 710.562.1);
- tempi di commutazione non superiori a 15 s (0,5 s secondo il DM 18/9/2002) ed autonomia almeno 24 h per l'illuminazione di sicurezza dei locali destinati a servizio elettrico, per l'illuminazione antipanico dei locali di gruppo 0 e 1 e per almeno il 50% degli apparecchi di illuminazione dei locali di gruppo 2 (art. 710.564.1).

La progettazione elettrica

Per definire i principi della progettazione elettrica di un impianto di illuminazione di sicurezza è necessario richiamare le diverse tipologie di apparecchi. Gli apparecchi di illuminazione per l'emergenza devono rispondere alla norma generale CEI EN 60598-1 (classificazione CEI 34-21) e naturalmente alla norma CEI EN 60598-2-22 (CEI 34-22) riferita allo specifico uso, ovvero alle CEI EN 60079 in presenza di atmosfere esplosive.

Gli apparecchi per l'illuminazione di emergenza sono suddivisi in:

- apparecchi di emergenza autonomi, in cui la fonte di alimentazione di emergenza sussidiaria è interna all'apparecchio o almeno nelle strette vicinanze;
- apparecchi di emergenza ad alimentazione centralizzata, in cui la fonte di alimentazione sussidiaria non risiede nell'apparecchio, ma proviene da una sorgente indipendente dall'alimentazione ordinaria (in genere UPS o gruppo elettrogeno oppure una combinazione delle due soluzioni).

Gli apparecchi di emergenza, sia autonomi che centralizzati, possono essere del tipo:

- ad illuminazione permanente (le lampade sono sempre accese, sia in condizioni di presenza di rete che in condizioni di emergenza);
- ad illuminazione non permanente (la lampada è spenta in presenza della rete di alimentazione e si accende solo quando viene a mancare l'alimentazione ordinaria);
- ad illuminazione combinata (l'apparecchio comprende due o più lampade, una dedicata all'emergenza, di tipo permanente o no, e le altre dedicate all'illuminazione normale).

Esistono anche apparecchi autonomi (permanenti o no) che forniscono "illuminazione composta":



si tratta di apparecchi la cui batteria fornisce l'alimentazione oltre che a se stessi anche ad altri apparecchi di illuminazione detti satellite. La norma UNI EN 1838:2013 offre la possibilità di realizzare tre tipologie di impianti:

- con apparecchi di emergenza ad alimentazione autonoma;
- con sorgente di alimentazione centralizzata;
- in esecuzione mista.

In aggiunta, alcune norme tecniche suggeriscono, per specifiche tipologie di attività, le seguenti indicazioni per la progettazione elettrica:

- Sez. 752 CEI 64-8/7 - Locali di pubblico spettacolo con capienza superiore a 1000: impianto in esecuzione mista;
- CEI 64-15 - Edifici pregevoli per arte e storia: circuiti ridondanti;
- Guida CEI 64-51 - (Centri commerciali) e CEI 64-55 (Alberghi): minimo due circuiti per ogni locale frequentato dal pubblico;
- Guida CEI 64-56 - (Locali ad uso medico): in funzione della destinazione d'uso.

I requisiti generali per una corretta progettazione elettrica sono dettati dalla norma CEI EN 50172 che, al punto 4.1, stabilisce che l'illuminazione di sicurezza deve essere attivata non solo in caso di guasto completo dell'alimentazione dell'illuminazione normale, ma anche in caso di guasto localizzato, come ad esempio in caso di guasto del circuito finale e richiede inoltre - punto 5.3 - che l'illuminazione dei percorsi di esodo e antipanico sia garantita da almeno due apparecchi indipendenti. Considerata la funzione di sicurezza cui l'impianto è chiamato a svolgere, non è opportuno prevedere l'interruzione dell'illuminazione normale al

verificarsi di un guasto su un singolo apparecchio; pertanto è necessario adottare metodi per eliminare ogni probabile pericolo che potrebbe insorgere a seguito del guasto di una singola lampada, ricorrendo, ad esempio, alla distribuzione dell'illuminazione ordinaria su almeno 2 circuiti. Fra i requisiti generali devono essere considerati anche quelli previsti dalla norma CEI 64-8:2012 - capitolo 564.2:

- gli apparecchi di illuminazione lungo le vie di esodo più lunghe di 20 m devono essere installati alternativamente e su almeno due circuiti separati;
- la perdita dell'alimentazione ordinaria in una zona deve attivare automaticamente l'illuminazione di sicurezza almeno in quella zona (come stabilito anche dalla EN 50172).

Per gli impianti con alimentazione centralizzata è necessario tener conto del Capitolo 56 della norma CEI 64-8 parte 5 dove vengono trattate le "Alimentazioni dei servizi di sicurezza", in particolare l' Art. 561.1.2 recita: "Per i servizi di sicurezza che devono funzionare in caso di incendio, tutti i componenti elettrici devono presentare, sia per costruzione sia per installazione, una resistenza al fuoco di durata adeguata".

Questa prestazione, in caso di incendio di un ambiente servito, comporta che il guasto elettrico generato dal degrado termico non deve provocare:

1. il fuori servizio della porzione di impianto esterna all'ambiente;
2. per i grandi ambienti, il fuori servizio di tutti i circuiti di illuminazione di emergenza presenti.

Inoltre, la sorgente (art. 562.1 della CEI 64-8/5) deve essere installata in modo tale che non possa

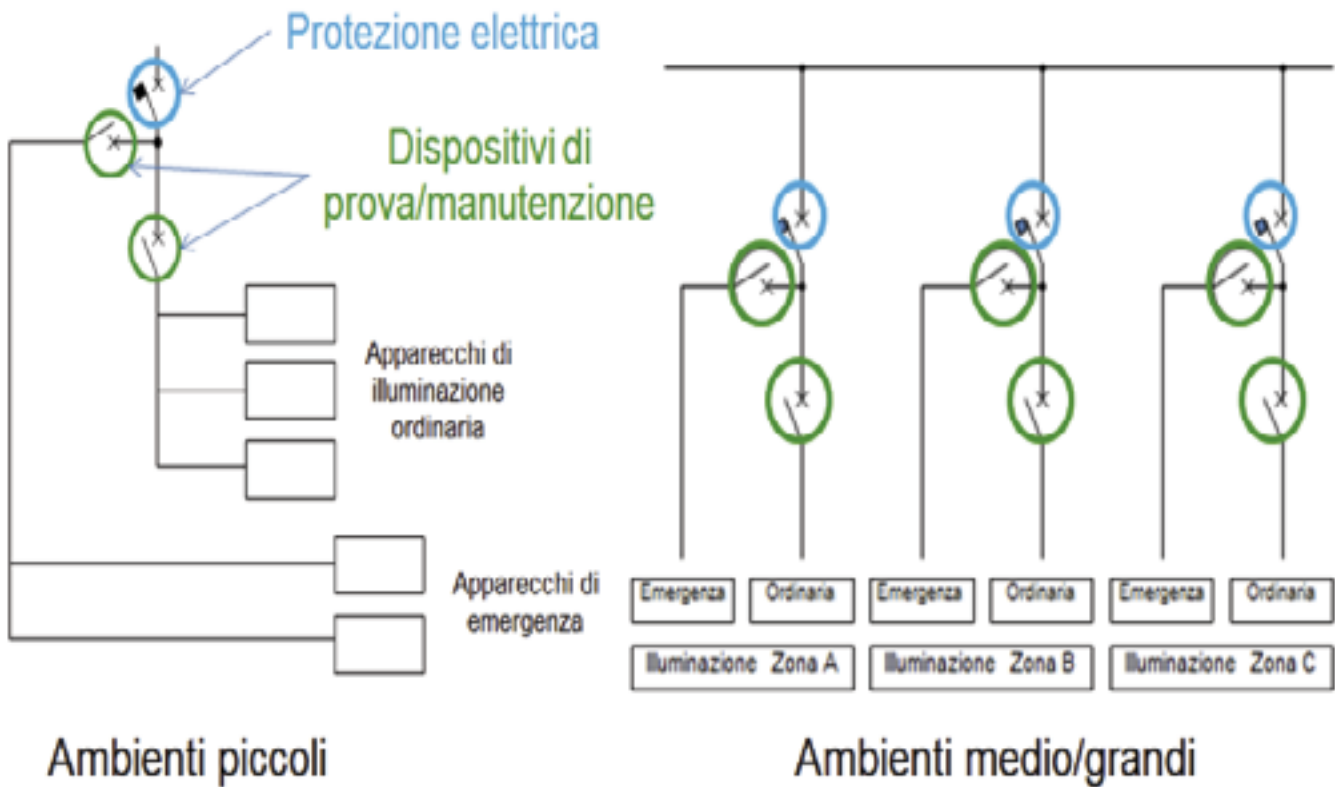


Figura 4 - Esempi di impianti di illuminazione di emergenza con apparecchi autoalimentati

essere influenzata negativamente da guasti dell'alimentazione ordinaria, requisito che si ottiene normalmente, attraverso l'installazione in un locale diverso da quello destinato al punto di consegna un'alimentazione ordinaria e, generalmente, in un compartimento antincendio dedicato. Infine, per garantire l'incolumità delle squadre di soccorso, l'impianto di illuminazione di emergenza deve poter essere escluso, ad eccezione degli apparecchi d'illuminazione autonoma, solo tramite comando a mano dal posto di guardia dei Vigili del Fuoco o da altro luogo raggiungibile dal personale addetto. Nel caso in cui il sistema di alimentazione sia SELV (a 25 V AC ovvero a 60 V DC). Il sezionamento non è necessario, ma deve essere installata idonea segnaletica di sicurezza. Gli impianti con apparecchi autoalimentati,

presentano vantaggi legati all'intrinseca resistenza al fuoco selettiva del sistema, alla semplicità delle misure per l'ottemperanza delle prescrizioni sui circuiti terminali e non richiedono l'applicazione del Capitolo 56 della 64-8 per l'alimentazione degli apparecchi. Inoltre, non comportano il rischio di elettrocuzione per le squadre dei Vigili del Fuoco in quanto la tensione della batteria interna è compresa fra i 6 ed i 12 volt. Per contro, in caso di ambienti molto estesi, il costo degli apparecchi autoalimentati è molto elevato. La figura 4 riporta alcuni esempi circuitali relativi ad impianti di emergenza con apparecchi autoalimentati. In accordo a quanto previsto dalla norma EN 60598-2-22, gli apparecchi autoalimentati possono presentare diverse modalità di

funzionamento. Il primo, denominato *modo di riposo*, si ottiene quando l'apparecchio viene posto intenzionalmente in posizione di spento quando manca l'alimentazione normale, mentre al ripristino di quest'ultima, torna automaticamente in modo normale di funzionamento. Il *modo di riposo*, pertanto, risulta utile nelle attività che presentano lunghi periodi chiusura. Il secondo modo di funzionamento, detto *di inibizione a distanza*, prevede che lo stato di un apparecchio autonomo venga inibito mediante un dispositivo a distanza in presenza dell'alimentazione normale: in caso di guasto all'alimentazione, l'apparecchio non commuta al modo di emergenza. Questo tipo di funzionamento può essere molto pericoloso se non accompagnato da procedure di gestione dell'emergenza che prevedano il ripristino al funzionamento normale degli apparecchi durante lo svolgimento delle attività.

Esercizio e verifiche

Gli aspetti legati all'esercizio e la verifica degli impianti di illuminazione di emergenza, nel caso di luoghi di lavoro, sono disciplinati dal D.Lgs. 81/08. In particolare, trattandosi di un impianto elettrico, trova piena applicazione l'art. 86 comma 1 - "fermo restando obblighi DPR 462/01...il datore di lavoro provvede affinché gli impianti elettrici...siano periodicamente sottoposti a controllo secondo le indicazioni delle norme di buona tecnica e la normativa vigente per verificarne lo stato di conservazione/efficienza ai fini della sicurezza". Inoltre, svolgendo l'impianto anche la duplice funzione di sistema di sicurezza, deve essere considerato applicabile anche l'art. 64 comma 1: "gli impianti e i dispositivi di sicurezza, destinati alla prevenzione o all'eliminazione dei pericoli, vengono sottoposti a regolare manutenzione e al controllo del loro funzionamento".



TABELLA 1 - PERIODICITÀ DELLE VERIFICHE

PERIODICITÀ SECONDO CEI EN 50172: 2006

- 7.2.2 Ispezioni indicatori alimentazione centralizzata (giornaliera)
- 7.2.3 Registrazione risultati dispositivi automatici di prova (mensile)
- 7.2.4 Prove di autonomia (richiama ISO 8528-12 per i Gruppi Elettrogeni) (annuale)

PERIODICITÀ SECONDO UNI CEI 11222: 2013

- 4.2 Verifica generale (annuale)
- 4.3 Verifica di funzionamento (semestrale)
- 4.4 Verifica dell'autonomia (annuale)
- 5.4 Manutenzione periodica: secondo costruttore, progettista, installatore

PERIODICITÀ SECONDO CEI EN 62034 (SISTEMI DI VERIFICA AUTOMATICA)

- 5.1 Prova di funzionamento (mensile – durata < 10% autonomia)
- 5.2 Prova di autonomia (annuale)

PERIODICITÀ ISO 8528-12 (GRUPPI ELETTROGENI)

- Prova di funzionamento apparecchiature (mensile)
- Prova di funzionamento sotto carico su 50% Pn e per 60 minuti (mensile)
- Confronto se Pn è ancora compatibile con carico impianti sicurezza (annuale)

In questo ambito, le attività di maggior interesse per gli aspetti legati alla sicurezza antincendio delle attività soggette alle visite ed ai controlli del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco sono:

- verifiche delle prestazioni illuminotecniche e del funzionamento secondo UNI EN 1838:2013 ed effettuate mediante misurazioni e confronto con dati autentici forniti dal costruttore;
- verifiche elettriche, alcune delle quali non presenti nella versione attuale della Guida CEI 64-14;
- mantenimento delle misure di sicurezza contro l'esplosione, riferita in particolare ai "Locali batterie" nei quali trovano applicazione le norme CEI EN 60079-17 e CEI EN 60079-19;
- mantenimento delle misure di sicurezza relative alla continuità di esercizio e incendio (Circuiti: capitoli 422, 527, 56, 751 della CEI 64-8 e 5.7.3 della CEI 11-17);
- mantenimento dell'efficienza della sorgente di alimentazione di sicurezza (UPS e Gruppi

elettrogeni);

- gestione della documentazione (DM 37/08, CEI UNI 11222 e CEI EN 50172).

Per quanto concerne la frequenza richiesta per le verifiche sugli impianti di emergenza, la Tabella 1 riporta le attività richieste e la periodicità in accordo alle norme tecniche applicabili.

A favore di sicurezza, in un panorama normativo articolato, il progettista dovrebbe orientarsi verso l'adozione delle indicazioni più restrittive.

Nel caso di apparecchi alimentati con sistemi a batteria, la norma CEI EN 50172, richiede che le verifiche che prevedono la scarica completa devono svolgersi, quando possibile, in prossimità di un periodo considerato di "basso rischio", al fine di consentire la ricarica delle batterie, tenendo conto che i tempi di ricarica sono generalmente di 24 h per gli apparecchi autonomi (punto 22.16 CEI EN 60598-2-22) e 12 h per le unità di alimentazione centralizzata (punto 6.2.5 CEI EN 50171 e p.to 4.4 UNI CEI 11222:2013).



Documentazione

La documentazione a corredo di un impianto di illuminazione di sicurezza è disciplinata innanzitutto dal DM 37/2008, il quale prescrive che, per ogni nuova realizzazione o modifica dell'impianto, sia presente il progetto, il documento relativo alla verifica iniziale e, naturalmente, la dichiarazione di conformità. La norma EN 50172 "Sistemi di illuminazione di sicurezza" dispone, inoltre, i seguenti obblighi documentali:

- schemi dell'impianto conformi all'art. 514.5.1 della norma CEI 64-8/5 con identificazione di tutti gli apparecchi e i componenti principali;
- certificati delle prove effettuate dal tecnico incaricato al termine delle ispezioni periodiche;
- registro dei controlli.

Il registro dei controlli viene richiesto anche dalla norma CEI UNI 11222:2013, e potrebbe essere anche non ad uso esclusivo dell'impianto di illuminazione di sicurezza, potendosi innestare negli aspetti documentali richiesti sia dal D.Lgs. 81/08 sia dal DPR 151/2011.

Michele Mazzaro
Calogero Turturici
Gianfranco Tripi
Piergiacomo Cancelliere
Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco

