

Medium voltage products

Quaderno di Applicazioni Tecniche No. 16

La sicurezza elettrica negli impianti di media tensione



Indice

2	1. Introduzione		
6	2. Norme e leggi nel settore elettrico/elettronico		
8	2.1	Protezioni contro gli shock elettrici per contatti diretti o indiretti	
11	2.2	Protezione contro temperature elevate o innesco di atmosfere potenzialmente esplosive	
12	2.3	Protezioni contro sovratensioni e effetti elettromagnetici	
12	2.4	Protezione contro l'interruzione della fornitura di energia elettrica	
13	2.5	Protezione contro scariche che possono causare abbagliamenti, pressioni eccessive e/o gas tossici	
13	2.6	Protezione contro movimenti meccanici da parte di apparecchiature manovrate elettricamente	
14	3. La sicurezza elettrica negli apparecchi di media tensione		
14	3.1	Introduzione	
15	3.2	Interblocchi	
18	4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione		
18	4.1	Introduzione	
18	4.2	Definizioni	
20	4.3	Interblocchi	
22	4.4	Diaframmi e otturatori	
23	4.5	Categorie LSC (Loss of Service Continuity)	
27	4.6	Quadri elettrici classificati IAC (Internal Arc Classified)	
31	4.6.1	Misure di protezione supplementari	
32	4.6.2	Sistema rilevamento della pressione	
32	4.6.3	Sistema rilevamento della luce	
33	4.6.4	Rilevamento dell'arco tramite IED (Intelligent Electronic Device)	
34	4.6.5	Dispositivi limitatori di corrente	
35	4.6.6	Sistema ultrarapido di messa a terra	
38	4.6.7	Manovra a distanza	
42	5. La Manutenzione		
48	6. Conclusioni		

1. Introduzione

In generale, tutte le fonti di energia sono potenzialmente pericolose ma con l'adozione di opportuni precauzioni e dispositivi che le norme e le leggi ci impongono o che lo sviluppo tecnico ci mette a disposizione, è possibile garantire quel "livello di sicurezza accettabile" che comunque non potrà mai essere assoluto.

L'energia elettrica in questo non fa eccezione; nella progettazione di un impianto elettrico si devono quindi considerare tre criteri in ordine d'importanza:

- la sicurezza degli operatori nell'utilizzo dell'energia elettrica; la vita umana va salvaguardata sempre ed indipendentemente dal costo delle precauzioni e dei dispositivi necessari per la diminuzione del rischio;
- la funzionalità, intesa come la capacità dell'impianto di svolgere i compiti per il quale è stato progettato; nel raggiungere tale obiettivo è importante anche ridurre l'impatto ambientale nell'ottica di contribuire ad uno sviluppo sostenibile;
- l'autoprotezione, che ci porta a proteggere l'impianto elettrico stesso al fine di proteggere gli investimenti, quindi di limitare l'effetto di eventuali guasti e ripristinarne la piena funzionalità nel più breve tempo possibile.

Realizzare impianti elettrici sicuri è di gran lunga il criterio più importante e, al fine di ottenere questo obiettivo, concorrono vari protagonisti ed organismi che sono:

- i Parlamenti nazionale ed europeo che emanano le leggi;
- gli enti che sviluppano le normative nazionali ed internazionali che redigono le Norme tecniche;
- la ricerca che studia sempre nuove e migliori tecniche e sistemi.

Le Direttive Comunitarie e le Leggi nazionali

Tra i suoi ruoli istituzionali, la Comunità Europea ha il compito di promulgare le direttive che devono essere adottate dai vari stati membri e quindi convertite in leggi nazionali. Una volta recepite, queste direttive godono di piena validità giuridica e diventano un riferimento per costruttori, installatori, rivenditori, a cui spetta adempiere agli obblighi previsti dalla legislazione.

Le direttive si fondono sui seguenti principi:

- l'armonizzazione si limita ai requisiti essenziali;
- solo quei prodotti che rispettano i requisiti essenziali possono essere commercializzati e messi in servizio;
- le norme armonizzate, i cui numeri di riferimento sono pubblicati nella Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea e che sono trasposte nelle norme nazionali, sono ritenute conformi ai corrispondenti requisiti essenziali;
- l'applicazione delle norme armonizzate o di altre specifiche tecniche è facoltativa e i costruttori sono liberi di scegliere altre soluzioni tecniche che garantiscono la conformità ai requisiti essenziali;
- i costruttori possono scegliere tra le diverse procedure di valutazione della conformità previste nella direttiva applicabile.

Lo scopo di ogni direttiva è far sì che i costruttori ricorrono ad accorgimenti e misure tali che il prodotto non pregiudichi la sicurezza e la salute delle persone, degli animali e dei beni.



Per quanto riguarda le norme tecniche, queste norme sono l'insieme delle prescrizioni in base alle quali devono essere progettate, costruite e collaudate le macchine, le apparecchiature, i materiali e gli impianti affinché sia garantita l'efficienza e la sicurezza di funzionamento.

Le norme tecniche, emanate da organismi nazionali e internazionali, sono redatte in modo circostanziato e possono assumere rilevanza giuridica quando la stessa viene loro attribuita da una provvedimento legislativo.

I campi di applicazione sono l'Elettrotecnica e la Meccanica, l'Ergonomia, l'Elettronica, le Telecomunicazioni e la Sicurezza. Gli organismi del settore elettrico ed elettronico sono IEC (International Electrotechnical Commission) ed il corrispondente italiano CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e il CENELEC (organismo europeo di normalizzazione).

Il Comitato Elettrotecnico Internazionale (IEC) è stato fondato ufficialmente nel 1906, con l'obiettivo di garantire la collaborazione internazionale per quanto riguarda la normalizzazione e la certificazione nel settore elettrico ed elettronico.

L'associazione è formata dai Comitati Nazionali di oltre 60 nazioni in tutto il mondo (full members). IEC pubblica norme internazionali, guide tecniche e rapporti tecnici che costituiscono la base o comunque un importante riferimento per qualsiasi attività di normalizzazione nazionale ed europea. Le norme IEC vengono normalmente pubblicate in due lingue: inglese e francese.

1. Introduzione

Il CENELEC è stato istituito nel 1973 e attualmente comprende 32 paesi e coopera con altri detti affiliati (che dapprima hanno mantenuto i documenti nazionali in parallelo a quelli CENELEC e poi li hanno sostituiti con i Documenti di Armonizzazione HD).

La differenza tra le Norme EN ed i Documenti di Armonizzazione (HD) sta nel fatto che mentre le prime devono essere recepite dai diversi paesi in maniera identica e senza alcuna aggiunta o modifica, i secondi possono essere emendati per soddisfare particolari requisiti nazionali.



In generale le Norme EN vengono pubblicate in tre lingue: inglese, francese e tedesco. Nel 1991 IEC ha stipulato accordi di collaborazione con CENELEC per la pianificazione comune delle nuove attività normative e per la votazione parallela sui progetti di norma. CENELEC tratta argomenti specifici, per i quali sussiste l'urgenza di una normazione. Quando lo studio di un argomento specifico fosse già stato avviato dall'IEC, l'organismo europeo di normalizzazione (CENELEC) può decidere se accettare o, ove necessario, emendare i lavori già approvati dall'ente internazionale.

In Italia le norme sono emesse dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) che segue le impostazioni del CENELEC.

Infine, dobbiamo considerare le omologazioni navali.

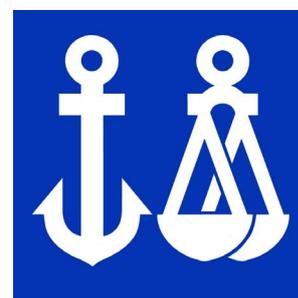
Le condizioni ambientali che caratterizzano l'impiego di interruttori per applicazioni a bordo possono risultare diverse rispetto alle condizioni di servizio in ambienti industriali terrestri; infatti, l'applicazione marina può richiedere l'installazione in particolari condizioni, quali ad esempio:

- ambienti caratterizzati da temperature e umidità elevate, anche in atmosfera salina (ambiente caldo-umido salino);
- ambienti a bordo nave (sala macchine) dove gli apparecchi lavorano in presenza di vibrazioni caratterizzate da ampiezza e durata rilevanti.

Per assicurare il corretto funzionamento in tali ambienti, i registri navali richiedono che gli apparecchi siano sottoposti a specifiche prove di omologazione, tra le quali, le più significative risultano essere quelle relative alla resistenza alle vibrazioni, a sollecitazione dinamiche, all'umidità, al caldo-secco.

Tra i più importanti registri navali citiamo:

- RINA Registro Italiano Navale, registro navale italiano
- DNV Det Norske Veritas, registro navale norvegese
- BV Bureau Veritas, registro navale francese
- GL Germanischer Lloyd, registro navale tedesco
- LRs Lloyd's Register of Shipping, registro navale inglese
- ABS American Bureau of Shipping, registro navale americano



2. Norme e leggi nel settore elettrico/elettronico

La Legge 1° marzo 1968, n. 186 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”, stabilisce due principi fondamentali:

Art. 1. Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte.

Art. 2. I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del comitato elettrotecnico italiano si considerano costruiti a regola d'arte.

Successivamente, con la legge 46/1990, anche le norme UNI hanno avuto il riconoscimento di regola d'arte.

Il legislatore quindi demanda a detti enti l'attività di normazione tecnica.

Inoltre bisogna considerare l'aderenza al D.LGS. 81/08 alla luce della nuova norma CEI 11-27:2014 e della norma CEI 50110-1 EDIZIONE III del 2014.

Per le dotazioni di dispositivi di protezione individuale dei lavoratori esposti al rischio di esposizione all'arco elettrico deve essere considerata anche la norma IEC EN 61482 parte 1 e 2 “Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc”.

In linea generale in base al D.LGS. 81/08 per tutti gli impianti attrezzature e altri mezzi tecnici valgono questi obblighi per il progettista, il fabbricante, il fornitore e l'installatore:

Art. 22. (Obblighi dei progettisti)

1. I progettisti dei luoghi e dei posti di lavoro e degli impianti rispettano i principi generali di prevenzione in materia di salute e sicurezza sul lavoro al momento delle scelte progettuali e tecniche e scelgono attrezzature, componenti e dispositivi di protezione rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari in materia.

Art. 23. (Obblighi dei fabbricanti e dei fornitori)

1. Sono vietati la fabbricazione, la vendita, il noleggio e la concessione in uso di attrezzature di lavoro, dispositivi di protezione individuali e impianti non rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

2. In caso di locazione finanziaria di beni assoggettati a procedure di attestazione alla conformità, gli stessi debbono essere accompagnati, a cura del concedente, dalla relativa documentazione.

Art. 24. (Obblighi degli installatori)

Gli installatori e montatori di impianti, attrezzature di lavoro o altri mezzi tecnici, per la parte di loro competenza, devono attenersi alle norme di salute e sicurezza sul lavoro, nonché alle istruzioni fornite dai rispettivi fabbricanti.

Nello specifico del rischio elettrico, al Capo III del D.LGS. 81/08 “Impianti e apparecchiature elettriche”, articolo 80 “Obblighi del datore di lavoro” vengono ripresi e sviluppati in modo specifico gli obblighi del datore di lavoro connessi alla presenza del rischio elettrico. In particolare è reso esplicito l'obbligo di prendere le misure necessarie affinché i lavoratori siano salvaguardati dai rischi di natura elettrica connessi all'impiego dei materiali, delle apparecchiature e degli impianti elettrici ed, in particolare, quelli derivanti da:

- a) contatti elettrici diretti;
- b) contatti elettrici indiretti;
- c) innesco e propagazione di incendi e di ustioni dovuti a sovratemperature pericolose, archi elettrici e radiazioni;
- d) innesco di esplosioni;
- e) fulminazione diretta ed indiretta;
- f) sovratensioni;
- g) altre condizioni di guasto ragionevolmente prevedibili.



La conseguente valutazione dei rischi deve essere effettuata tenendo in considerazione tre aspetti fondamentali:

- a) le condizioni e le caratteristiche specifiche del lavoro considerando eventuali interferenze;
- b) i rischi presenti nell'ambiente di lavoro;
- c) tutte le condizioni di esercizio prevedibili.

Il datore di lavoro deve quindi adottare le misure tecniche e organizzative necessarie ad eliminare o ridurre i rischi presenti, ad individuare i dispositivi di protezione collettivi e individuali necessari alla conduzione in sicurezza del lavoro ed a predisporre le procedure di uso e manutenzione atte a garantire nel tempo la permanenza del livello di sicurezza raggiunto con l'adozione delle misure prese.

Nell'articolo 81 "Requisiti di sicurezza" viene ribadito che, ferme restando le disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, i materiali, i macchinari, le apparecchiature, le installazioni e gli impianti

di cui al comma precedente, si considerano costruiti a regola d'arte se sono realizzati secondo le pertinenti norme tecniche. Da considerare, inoltre, che in conformità all'articolo 82 "Lavori sotto tensione" è vietato lavorare su apparecchiature in tensione salvo il caso in cui le tensioni siano di sicurezza o quando i lavori siano eseguiti nel rispetto di alcune condizioni tra le quali che le procedure adottate e le attrezzature utilizzate siano conformi ai criteri definiti nelle norme tecniche. In particolare sono ammessi lavori sotto tensione per "i sistemi di categoria 0 e I (<1000V) purché l'esecuzione di lavori su parti in tensione sia affidata a lavoratori riconosciuti dal datore di lavoro come idonei per tale attività secondo le indicazioni della pertinente normativa tecnica."

Per la maggior parte, gli impianti e apparecchi di "media tensione" rientrano nella categoria II: "a tensione nominale oltre 1000 V se in corrente alternata od oltre 1500 V se in corrente continua, fino a 30.000 V compreso"; "I sistemi di Categoria III (terza), chiamati anche ad alta tensione, sono quelli a tensione nominale maggiore di 30.000 V. Qualora la tensione nominale verso terra sia superiore alla tensione nominale tra le fasi, agli effetti della classificazione del sistema si considera la tensione nominale verso terra. Per sistema elettrico si intende la parte di un impianto elettrico costituito da un complesso di componenti elettrici aventi una determinata tensione nominale." (Allegato IX D.lgs.81/2008).

È importante tenere presente che anche per i lavori non sotto tensione ma in vicinanza di parti in tensione occorre valutare la competenza di chi li esegue. Il legislatore si è preoccupato anche di chi deve eseguire dei lavori generici di tipo non elettrico ma con la presenza di rischio elettrico:

Art. 83. (Lavori in prossimità di parti attive)

1. Non possono essere eseguiti lavori non elettrici in vicinanza di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette, o che per circostanze particolari si debbano ritenere non sufficientemente protette, e comunque a distanze inferiori ai limiti di cui alla tabella 1 dell'allegato IX, salvo che vengano adottate disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi.
2. Si considerano idonee ai fini di cui al comma 1 le disposizioni contenute nelle pertinenti norme tecniche.



2. Norme e leggi nel settore elettrico/elettronico

Nella valutazione del rischio elettrico si dovranno quindi considerare soprattutto i rischi non preventivamente mitigati da una progettazione e realizzazione a regola d'arte, e in particolare i rischi elettrici connessi ad una non idonea manutenzione e verifica degli apparecchi e impianti elettrici o ad una insufficiente formazione del personale; dovrà inoltre assegnare precisi ruoli e responsabilità al personale incaricato di eseguire lavori elettrici, con compiti organizzativi e di supervisione, lavori che dovranno svolgersi in conformità alla normativa di riferimento, ovvero alla norma CEI 11-27:2014 "Lavori su impianti elettrici" e CEI EN 50110-1:2014 "Esercizio degli impianti elettrici".

La norma CEI 11-27 prevede che il datore di lavoro attribuisca per iscritto la qualifica ad operare sugli impianti elettrici: tale qualifica può essere di "persona esperta" (PES), "persona avvertita" (PAV) e di persona "idonea ai lavori elettrici sotto tensione" (nel gergo PEI). La norma CEI 11-27 fornisce quindi sia prescrizioni che linee guida al fine di individuare i requisiti minimi di formazione, in termini di conoscenze tecniche, nonché di capacità organizzativa e d'esecuzione pratica di attività nei lavori elettrici.

La suddetta norma non si applica ai lavori sotto tensione su impianti a tensione superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua, trattati nella Norma CEI 11-15. Da un punto di vista normativo, in attuazione del D.lgs. 81/2008, le attività sotto tensione al di sopra dei 1000 V sono regolate dal DM del ministero della salute del 4 febbraio 2011, detto anche "decreto lavori sotto tensione" che tratta dei lavori autorizzati sopra 1000 V dal ministero del lavoro. Per le applicazioni industriali in media tensione è importante tenere presente che in questo decreto si precisa che non costituiscono "lavoro sotto tensione"

- a) la manovra degli apparecchi di sezionamento, di interruzione e di regolazione e dei dispositivi fissi di messa a terra ed in cortocircuito, nelle normali condizioni di esercizio;
- b) la manovra mediante fioretti isolanti degli apparecchi sopraelencati nelle normali condizioni di esercizio;
- c) l'uso di rivelatori e comparatori di tensione costruiti ed impiegati nelle condizioni specificate dal costruttore o dalle stesse norme;
- d) l'uso di rilevatori isolanti di distanze nelle condizioni previste di impiego;
- e) il lavaggio di isolatori effettuato da impianti fissi automatici o telecomandati;
- f) l'utilizzo di dispositivi mobili di messa a terra ed in cortocircuito;

lavori nei quali si opera su componenti che fanno parte di macchine o apparecchi alimentati a tensione non superiore a 1000 V anche se funzionanti a tensione superiore.

2.1 Protezioni contro gli shock elettrici per contatti diretti o indiretti

Sia per i contatti diretti, ovvero quando si entra in contatto con una parte normalmente in tensione, che per i contatti indiretti, ovvero quando si entra in contatto con una parte che va in tensione a causa di un guasto, la protezione in media tensione può essere ottenuta solo prevenendo il contatto e quindi il passaggio della corrente attraverso il corpo umano. A tal fine devono essere previste opportune protezioni meccaniche fisse o mobili ma dotate di opportuni interblocchi. La normativa di riferimento in questo caso è la CEI EN 61140 "Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature"; le prescrizioni riportate devono essere utilizzate solo se incluse nelle norme specifiche di prodotto ma questa norma è comunque interessante per il contenuto informativo. La norma suddivide le protezioni in protezione principale, in condizioni di normale operatività quindi contro i contatti diretti, e protezione in caso di guasto, quindi generalmente contro i contatti indiretti.

Per quanto riguarda la prima, consideriamo che le parti attive, ovvero in tensione nel servizio ordinario e pericolose, non devono essere accessibili e, viceversa, le parti conduttrici accessibili non devono essere attive in modo pericoloso né in condizioni ordinarie né in condizioni di guasto singolo. La protezione principale, quindi, deve consistere in uno o più provvedimenti che, in condizioni ordinarie, impediscano il contatto con parti attive pericolose, tali sono l'isolamento principale, le barriere o involucri, gli ostacoli e la collocazione fuori portata di mano.

- Isolamento principale: quando si utilizza un isolamento solido, esso deve impedire il contatto con parti attive pericolose. Se l'isolamento principale è assicurato da aria, l'accesso a parti attive pericolose o l'ingresso in una zona pericolosa deve essere impedito da ostacoli, barriere o involucri o con la collocazione fuori portata di mano.
- Barriere o involucri: le barriere o gli involucri devono impedire nel caso di impianti e componenti elettrici a bassa tensione, l'accesso a parti attive pericolose assicurando un grado di protezione contro i contatti elettrici di almeno IPXXB (soddisfatto anche con IP2X) della Norma CEI EN 60529. Nel caso di impianti e componenti elettrici ad alta tensione, le barriere o gli involucri devono impedire l'ingresso in una zona pericolosa assicurando un grado di protezione di almeno IPXXB (soddisfatto anche con IP2X) della Norma CEI EN 60529. Le barriere e gli involucri devono avere una resistenza meccanica, una stabilità e



una durata nel tempo sufficienti per conservare il grado di protezione richiesto, tenendo conto di tutte le condizioni di influenze nelle quali barriere ed involucri si prevede possano venire a trovarsi all'esterno e all'interno degli stessi. Essi devono essere saldamente fissati in sito e se il progetto o la costruzione permette la rimozione delle barriere questa deve essere possibile solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo.

- Ostacoli: gli ostacoli sono destinati a proteggere le persone esperte o avvertite, ma non sono destinati a proteggere le persone comuni. Durante il funzionamento dell'impianto, del sistema o dei componenti elettrici in condizioni particolari di funzionamento (per esempio: lavori sotto tensione, lavori fuori tensione, lavori in prossimità di parti attive), gli ostacoli devono impedire, nel caso di impianti e di componenti elettrici ad alta tensione, l'ingresso non intenzionale in una zona pericolosa. Gli ostacoli possono essere rimossi senza l'uso di una chiave o di un attrezzo, ma devono essere fissati in modo da rendere improbabile una loro rimozione non intenzionale.

- Collocazione fuori portata di mano: quando i precedenti provvedimenti non possono essere applicati, la collocazione fuori portata di mano può essere appropriata per impedire nel caso di impianti e componenti elettrici ad alta tensione, l'ingresso non intenzionale in una zona pericolosa.

Per quanto riguarda la protezione in caso di guasto, la norma prevede che deve comprendere uno o più provvedimenti indipendenti da, e supplementari a, quelli previsti per la protezione principale. Essi sono: isolamento supplementare, collegamento equipotenziale di protezione, schermatura di protezione, indicazione ed interruzione negli impianti e nei sistemi ad alta tensione, interruzione automatica dell'alimentazione, separazione semplice (tra circuiti).

- Isolamento supplementare: non c'è molto da aggiungere salvo che deve essere dimensionato per resistere alle stesse sollecitazioni specificate per l'isolamento principale.

2. Norme e leggi nel settore elettrico/elettronico

- Collegamento equipotenziale di protezione: in un impianto o sistema ad alta tensione deve essere collegato a terra a causa dei rischi particolari che possono essere presenti, per es. il pericolo dovuto a tensioni di contatto e di passo elevate e di masse che possano diventare attive in seguito ad una scarica elettrica. L'impedenza a terra dell'impianto di messa a terra deve essere prevista in modo che nessuna tensione di contatto pericolosa si possa verificare. Le masse, che possono diventare attive in condizioni di guasto, devono essere collegate all'impianto di messa a terra. Le parti conduttrici accessibili che potrebbero presentare una tensione di contatto pericolosa in caso di guasto della protezione principale, cioè le masse e qualsiasi schermo di protezione, devono essere collegate al sistema di collegamento equipotenziale di protezione.
 - Schermatura di protezione: la schermatura di protezione deve comprendere uno schermo conduttore interposto tra le parti attive pericolose di un impianto, di un sistema o di un componente elettrico e la parte da proteggere. Lo schermo di protezione deve essere collegato al sistema di collegamento equipotenziale di protezione dell'impianto del sistema o del componente elettrico.
 - Indicazione e interruzione negli impianti e nei sistemi ad alta tensione: deve essere previsto un dispositivo che segnali i guasti. La corrente di guasto deve essere interrotta manualmente o automaticamente in funzione del metodo di messa a terra del neutro.
 - Interruzione automatica dell'alimentazione: per realizzare l'interruzione automatica dell'alimentazione deve essere previsto un sistema di collegamento equipotenziale di protezione, e un dispositivo di protezione azionato dalla corrente di guasto deve interrompere, in caso di guasto dell'isolamento principale, uno o più conduttori di linea che alimentano il componente elettrico, il sistema o l'impianto. Il dispositivo di protezione può essere previsto in qualsiasi parte adatta dell'impianto, del sistema o del componente elettrico e deve essere scelto tenendo conto delle caratteristiche dell'anello di guasto.
- Separazione semplice: la separazione semplice tra un circuito e gli altri circuiti o la terra deve essere realizzata mediante isolamento principale, che deve essere previsto per la tensione più elevata presente, su tutto il circuito.

Normativa di riferimento:

CEI EN 61140, Classificazione CEI 0-13: Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

CEI EN 60529, Classificazione CEI 70-1: Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)

CEI 11-15;EC: Esecuzione di lavori sotto tensione su impianti elettrici di Categoria II e III in corrente alternata

CEI EN 50110-1, Classificazione CEI 11-48: Esercizio degli impianti elettrici, Parte 1: Prescrizioni generali

CEI 11-27: Lavori su impianti elettrici

CEI 11-81: Rapporto tecnico: Guida alle novità dei contenuti della Norma CEI 11-27, IV edizione, rispetto alla III edizione

2.2 Protezione contro temperature elevate o innesco di atmosfere potenzialmente esplosive

L'impianto elettrico deve essere progettato in modo che, durante il normale funzionamento, non ci siano rischi di ustioni per le persone; a tal fine le norme prescrivono le temperature massime raggiungibili dalle parti accessibili. Inoltre devono essere ridotti al minimo i rischi di innescare esplosioni o incendi a causa di elevate temperature o scariche elettriche; le norme di riferimento sono molteplici a seconda del tipo di materiale esplosivo e di soluzioni previste.

Normativa di riferimento:

CEI EN 62271-1, Classificazione CEI 17-112: Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione, Parte 1: Prescrizioni comuni

CEI 31-35: Atmosfere esplosive - Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)

CEI 31-35/A: Atmosfere esplosive - Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87): esempi di applicazione

CEI 31-56; V1: Atmosfere esplosive - Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)

CEI EN 50495, Classificazione CEI 31-94: Dispositivi di sicurezza richiesti per il funzionamento sicuro degli apparecchi in relazione al rischio di esplosione

CEI 31-25; Ab: Luoghi con pericolo di esplosione - Guida per la costruzione e l'uso di locali o edifici pressurizzati in luoghi di Classe 1

CEI 31-26; Ab: Guida per la manutenzione delle costruzioni elettriche utilizzate nei luoghi con pericolo di esplosione di Classe 1 e 3 (diversi dalle miniere)

CEI EN 60079-1, Classificazione CEI 31-58: Atmosfere esplosive Parte 1: Apparecchiature protette mediante custodie a prova d'esplosione "d"

CEI 31-56: Atmosfere esplosive, Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)

CEI 64-2: Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione, Prescrizioni specifiche per la presenza di polveri infiammabili e sostanze esplosive

CEI EN 60695-1-10, Classificazione CEI 89-30: Prove relative ai rischi di incendio, Parte 1-10: Guida per la valutazione dei rischi di incendio dei prodotti elettrotecnici - Guida generale

CEI EN 60695-1-11, Classificazione CEI 89-31: Prove relative ai rischi di incendio, Parte 1-11: Guida per la valutazione dei rischi di incendio dei prodotti elettrotecnici - Valutazione del rischio di incendio

2. Norme e leggi nel settore elettrico/elettronico

2.3 Protezioni contro sovratensioni e effetti elettromagnetici

Le persone devono essere protette contro le sovratensioni sia di origine atmosferica sia dovute a manovre di apparecchi. Devono essere inoltre protette anche da cadute di tensione e successivi ripristini della stessa. L'impianto, inoltre deve essere immune da fenomeni di tipo elettromagnetico e deve altresì garantire che le proprie emissioni siano compatibili con il funzionamento dei dispositivi installati o comunque collegati ad esso.

Normativa di riferimento:

CEI EN 62561-1, Classificazione CEI 81-24: Componenti dei sistemi di protezione contro i fulmini, Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione

CEI EN 60099-5, Classificazione CEI 37-3: Scaricatori, Parte 5: Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione

IEC 61000-5-1: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 1: General considerations - Basic EMC publication

IEC 61000-5-2: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 2: Earthing and cabling

CEI EN 61000-6-4, Classificazione CEI 210-66: Compatibilità elettromagnetica (EMC), Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali

2.4 Protezione contro l'interruzione della fornitura di energia elettrica

Nel caso ci si aspetti situazioni di pericolo connesse all'interruzione della fornitura di energia elettrica, devono essere previsti opportuni accorgimenti nell'impianto o nei dispositivi installati.

Normativa di riferimento:

CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria



2.5 Protezione contro scariche che possono causare abbagliamenti, pressioni eccessive e/o gas tossici

In questo caso sono stati sviluppati quadri elettrici di media tensione concepiti a prova di tenuta all'arco interno che sono in grado di proteggere le persone scaricando pressione e gas in modo non pericoloso. Altri sistemi più sofisticati sono stati sviluppati nell'ottica di ridurre l'entità e la durata dell'arco interno limitandone così l'effetto.

Normativa di riferimento:

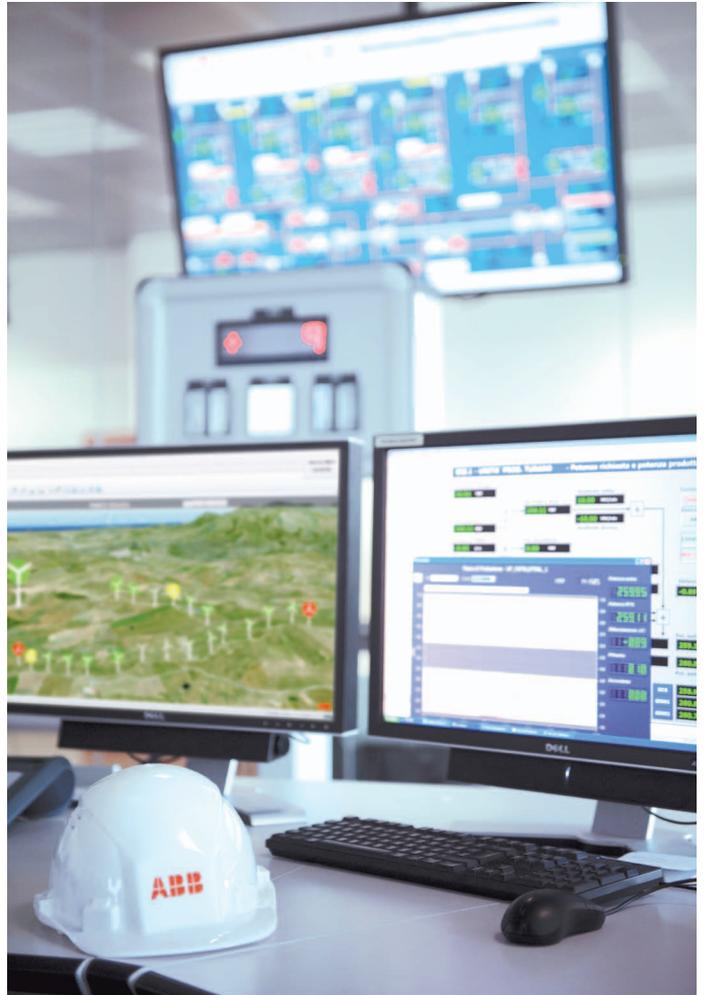
CEI EN 62271-200, Classificazione CEI 17-6:
Apparecchiatura ad alta tensione, Parte 200:
Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico
per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso

2.6 Protezione contro movimenti meccanici da parte di apparecchiature manovrate elettricamente

Nel caso ci si aspetti situazioni di pericolo da movimenti di apparecchiature elettriche, le persone devono essere protette interponendo opportune barriere o utilizzando interblocchi di sicurezza.

Normativa di riferimento:

UNI EN 292: Sicurezza del macchinario - Concetti fondamentali principi generali di progettazione – specifiche e principi tecnici



Come già evidenziato, è comunque necessaria una corretta manutenzione per mantenere efficiente l'impianto elettrico e mantenere elevato il livello di sicurezza. La responsabilità spetta all'utilizzatore ma opportuni sistemi di monitoraggio e controllo a distanza possono facilitare notevolmente questo compito. Per le Cabine Elettriche MT/BT si deve fare riferimento alla norma CEI 0-15.

Normativa di riferimento:

CEI 0-15: Manutenzione delle cabine elettriche MT/BT dei clienti/utenti finali

3. La sicurezza elettrica negli apparecchi di media tensione

3.1 Introduzione



La Norma di prodotto per gli interruttori di media tensione è la CEI EN 62271-100 2010-09, "Apparecchiatura ad alta tensione, Parte 100: Interruttori a corrente alternata". Questa norma viene utilizzata congiuntamente alla Norma CEI EN 62271-1:2010-02, "Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione, Parte 1: Prescrizioni comuni".

La norma si applica agli interruttori a corrente alternata, progettati per installazione all'interno o all'esterno e per funzionamento a frequenza di 50 Hz e 60 Hz in sistemi a tensione superiore a 1000 V.

In particolare, si applica a interruttori tripolari per l'esercizio in sistemi trifase, ad interruttori unipolari per l'esercizio in sistemi monofase e anche ai dispositivi di comando degli interruttori e ai loro dispositivi ausiliari.

Relativamente alla sicurezza, la norma prescrive di indicare eventuali sostanze chimiche potenzialmente dannose per l'ambiente e di progettare e provare i contenitori in pressione in accordo alla normativa stessa. Inoltre gli apparecchi devono essere provvisti di adeguati dispositivi di interblocco (indicato come il sistema più ragionevole per evitare errori umani) e di indicare chiaramente nel manuale d'istruzione le manovre critiche per la sicurezza per evitare le conseguenze di operazioni inopportune.

Nel caso di interruttori e sezionatori di manovra in gas SF₆ (esafluoruro di zolfo), ABB indica nel manuale operativo la presenza di tale gas, l'impatto sull'ambiente in caso di dispersione accidentale e indica che qualunque azione diretta sul gas debba essere eseguita da ABB o da personale debitamente istruito e competente.



3.2 Interblocchi

Anche se non rientra propriamente nella categoria degli interblocchi, tuttavia il sistema anti-pompaggio è comunque un dispositivo di sicurezza che impedisce all'operatore di effettuare manovre critiche. La norma lo definisce come il dispositivo che previene una richiusura dopo una operazione di chiusura-apertura fintantoché il comando di chiusura è mantenuto attivo. Ciò impedisce che per errore venga impartita una sequenza continua di comandi di apertura e chiusura.

Nel caso di interruttori ABB in vuoto o in SF6 gli interblocchi sono più che altro conseguenza della relazione tra le apparecchiature dell'unità del quadro elettrico o della relazione tra unità funzionali diverse.

Tuttavia gli apparecchi devono dare la possibilità di realizzare questi interblocchi con opportune predisposizioni.



Ad esempio:



Protezione dei pulsanti di apertura e chiusura: viene consentito di operare sui pulsanti di apertura e chiusura solo tramite un apposito attrezzo.



Porta lucchetti per pulsanti di apertura e chiusura: il dispositivo permette di porre uno o più lucchetti (fino ad un massimo di tre) per bloccare i pulsanti di apertura e chiusura.



Blocco a chiave in posizione di aperto: sono disponibili più opzioni come chiavi diverse per bloccare lo stesso interruttore o la stessa chiave per interruttori diversi. Con il blocco attivato il pulsante di apertura rimane premuto prevenendo la chiusura locale e remota dell'interruttore.



Magnete di blocco sul comando di chiusura: se disalimentato impedisce meccanicamente la chiusura dell'interruttore.



Magnete di blocco sul carrello: questo accessorio impedisce l'inserimento dell'interruttore nel quadro con la presa dei circuiti ausiliari disinserita. Essendo la presa dotata di un blocco all'inserimento per correnti nominali diverse, il magnete di blocco indirettamente impedisce di inserire interruttori con correnti nominali inferiori a quelle previste nell'unità funzionale.

Il suddetto elenco non è esaustivo ed inoltre altri interblocchi sono intrinseci nell'interruttore, come nel caso già visto del dispositivo di anti-pompaggio; è questo il caso dell'interblocco che impedisce ad un interruttore estraibile di essere inserito o sezionato quando chiuso e ne impedisce la chiusura nelle posizioni intermedie.

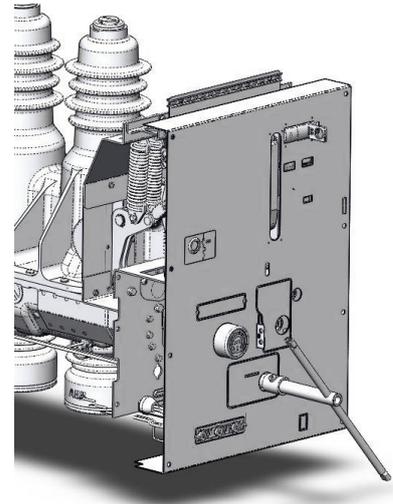
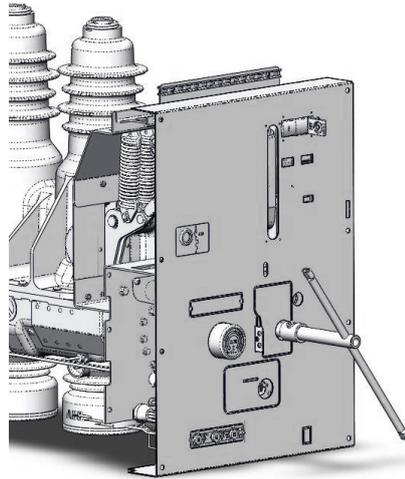
Diversa è la situazione per gli apparecchi multifunzione che combinano la funzione di interruttore, interruttore di manovra-sezionatore e sezionatore di terra in quanto gli interblocchi diventano più complessi. Questo è il caso dell'apparecchio ABB HySec, definito apparecchio multifunzione compatto.

3. La sicurezza elettrica negli apparecchi di media tensione

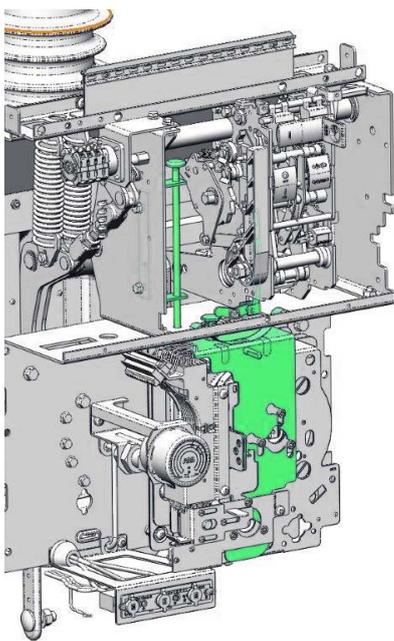
Nell'HySec sono forniti e testati in fabbrica tutti gli interblocchi tra le diverse funzioni, quali:



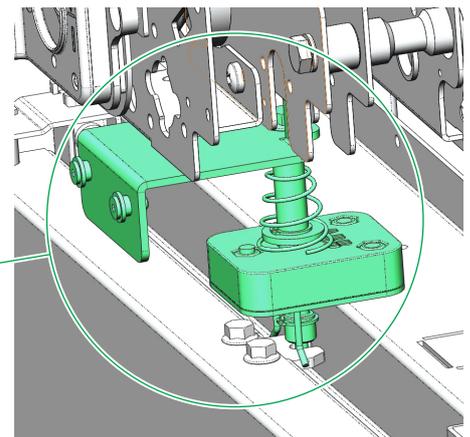
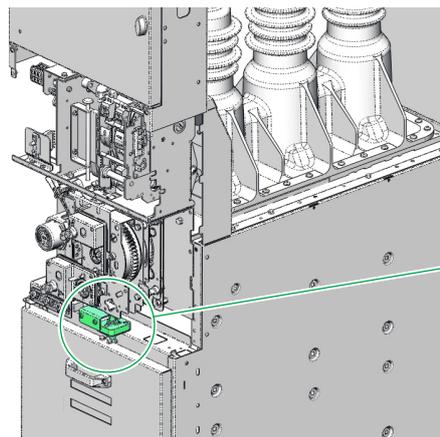
- Interblocco tra il sezionatore di linea e il sezionatore di terra realizzato tramite due sedi di inserzione diverse ed interbloccate



- Interblocchi meccanici tra la funzione interruttore, la funzione sezionatore di linea e il sezionatore di terra



- Predisposizione per l'interblocco tra il sezionatore di terra e la porta del compartimento connessioni dell'unità funzionale del quadro (sempre montato in caso di unità UniSec HBC)



- Blocco per evitare la dimenticanza della leva di manovra nelle sedi di comando grazie alla sua forma particolare



- Blocchi a chiave per bloccare il sezionatore di linea e il sezionatore di terra in posizione di aperto o chiuso (opzionale se richiesto da eventuali procedure).



Sia il GSec che l'HySec devono rispondere anche alla norma sui sezionatori CEI EN 62271-102, Classificazione CEI:17-83, "Apparecchiatura ad alta tensione, Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata" e a quella sugli interruttori di manovra-sezionatori CEI EN 62271-103, Classificazione CEI:17-130, "Apparecchiatura ad alta tensione, Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso".

Per quanto riguarda la classificazione prevista dalla norma per diaframmi e otturatori, si evidenzia che l'HySec così come l'interruttore di manovra-sezionatore GSec hanno come caratteristica qualificante ed esclusiva il semiguscio inferiore in metallo, quindi in classe PM. Ciò consente a questi due apparecchi di realizzare facilmente pannelli classificati come LSC2 o LSC2A (come definito nel capitolo seguente) con la massima flessibilità nella manutenzione.

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

4.1 Introduzione

La Norma di prodotto per i quadri di Media Tensione è la CEI EN 62271-200:2013-07, "Apparecchiature ad alta tensione. Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso". Questa norma viene utilizzata congiuntamente alla Norma CEI EN 62271-1:2010-02, "Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione, Parte 1: Prescrizioni comuni". Gli involucri citati possono comprendere componenti fissi e asportabili contenuti in compartimenti che possono anche essere riempiti di fluido (liquido o gas) per fornire l'isolamento. La norma definisce parecchie categorie di apparecchiature con involucro metallico che differiscono per:

- le conseguenze sulla continuità di servizio nella rete in caso di manutenzione sull'apparecchiatura;
- la necessità e la comodità di manutenzione delle apparecchiature.



4.2 Definizioni

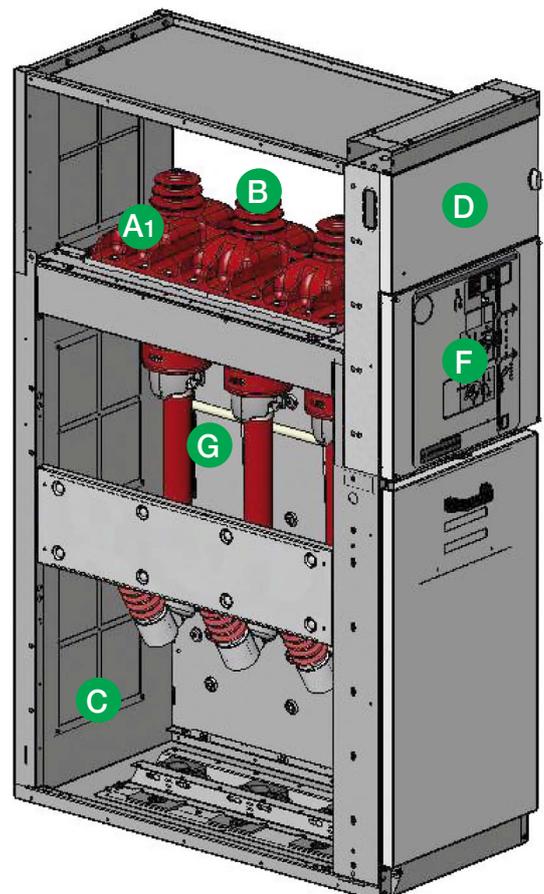
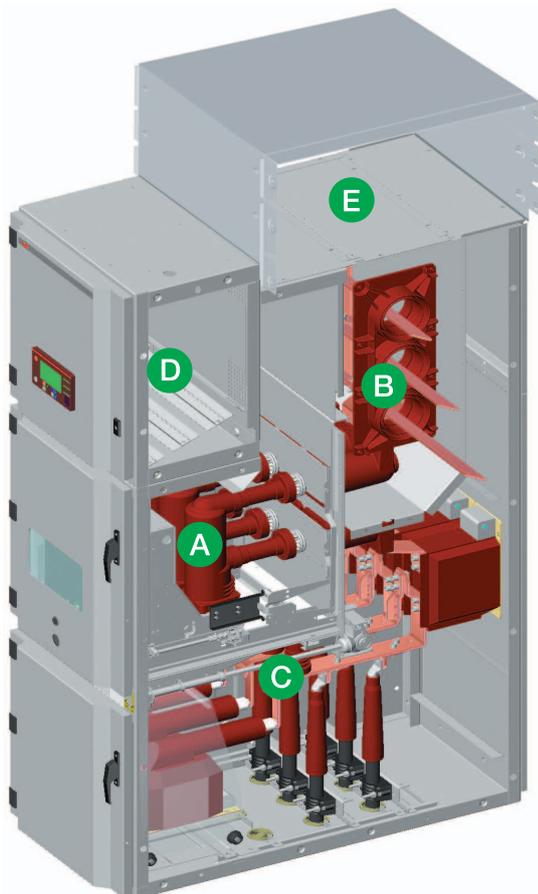
Cominciamo con riportare alcune definizioni presenti nella norma:

- **apparecchiatura con involucro metallico**
assieme di apparecchiature, completo a eccezione dei collegamenti esterni, racchiuso in un involucro metallico esterno destinato a essere collegato a terra
- **unità funzionale**
parte di un'apparecchiatura con involucro metallico comprendente tutti i componenti dei circuiti principali e dei circuiti ausiliari che concorrono all'espletamento di una specifica funzione. Le unità funzionali possono essere distinte secondo la funzione alla quale esse sono preposte, per esempio: unità di arrivo, unità di partenza, ecc.
- **involucro**
parte di un'apparecchiatura che assicura agli apparecchi uno specificato grado di protezione dagli effetti esterni e uno specificato grado di protezione dall'avvicinamento alle parti in tensione o dal contatto con esse e dal contatto con parti in movimento
- **compartimento ad alta tensione**
compartimento di un'apparecchiatura con involucro metallico contenente parti conduttrici ad alta tensione, racchiusa in un involucro ad eccezione delle aperture necessarie per l'interconnessione, il comando, o la ventilazione. Si distinguono quattro tipi di compartimenti, tre che possono essere aperti, chiamati accessibili, ed uno che non può essere aperto, chiamato non accessibile
- **compartimento accessibile controllato da un dispositivo di interblocco**
compartimento ad alta tensione, destinato ad essere aperto per l'utilizzo normale e/o la manutenzione normale come indicato dal costruttore, nel quale il controllo d'accesso è parte integrante del progetto dell'apparecchiatura
- **compartimento accessibile secondo procedura**
compartimento ad alta tensione, destinato ad essere aperto per l'utilizzo normale e/o la manutenzione normale come indicato dal costruttore, nel quale l'accesso è controllato da una procedura combinata con il blocco
- **compartimento accessibile mediante attrezzo**
compartimento ad alta tensione, che può essere aperto solo con l'uso di attrezzi, ma non destinato ad essere aperto durante l'utilizzo e la manutenzione normali
- **compartimento non accessibile**
compartimento ad alta tensione che non deve essere aperto
- **compartimento connessioni**
compartimento ad alta tensione nel quale le connessioni elettriche sono realizzate tra il circuito principale dell'assieme di apparecchiature ed i conduttori esterni (cavi o sbarre) verso la rete o l'apparecchiatura ad alta tensione dell'installazione

I primi due tipi di compartimenti ad alta tensione accessibili sono disponibili per l'utilizzatore e sono destinati al funzionamento normale e alla manutenzione. I pannelli e/o le porte corrispondenti di questi due tipi di compartimenti ad alta tensione accessibili non richiedono attrezzi per l'apertura. Se, invece, un compartimento ad alta tensione richiede attrezzi per l'apertura, allora ciò costituisce una chiara indicazione che l'utilizzatore dovrebbe prendere altre misure per garantire la sicurezza e, possibilmente, assicurare l'integrità delle prestazioni, per es. le condizioni di isolamento. Infine, nel caso di compartimento ad alta tensione non accessibile, non essendo previsto alcun accesso per l'utilizzatore e compromettendo quindi l'integrità del

compartimento con la sua apertura, ciò deve essere indicato da una chiara indicazione di "non aprire" sul compartimento. In alcuni casi la non accessibilità è chiaramente determinata dalle caratteristiche costruttive, per es. un involucro completamente saldato di un'apparecchiatura GIS (Gas Insulated Switchgear).

Di seguito vengono presentati due esempi di unità funzionali, la prima è l'unità funzionale partenza con interruttore del quadro UniGear 550 per la distribuzione primaria e la seconda è l'unità funzionale partenza con sezionatore di manovra e fusibili del quadro UniSec per la distribuzione secondaria. Nei due esempi sono distinguibili i diversi compartimenti.



- A Compartimento interruttore
- A1 Compartimento interruttore di manovra sezionatore
- B Compartimento sbarre
- C Compartimento cavi

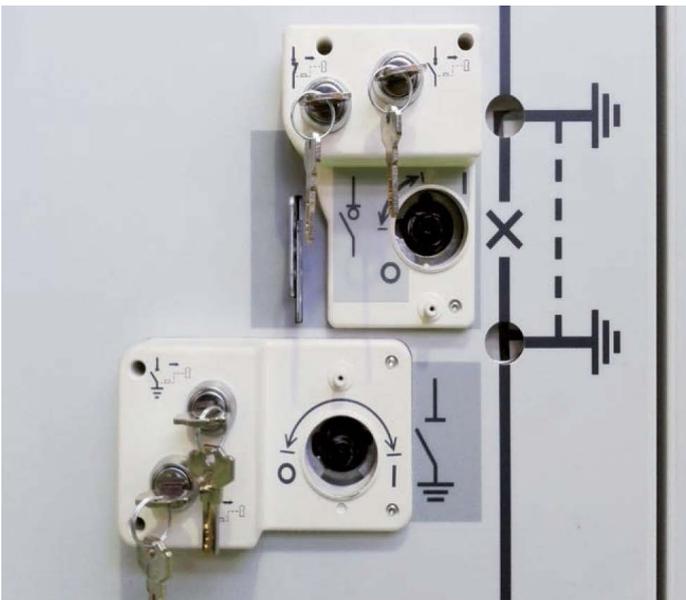
- D Compartimento di bassa tensione
- E Compartimento sfogo gas
- F Compartimento comando
- G Compartimento fusibili

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

4.3 Interblocchi

Consentire l'accessibilità all'utilizzatore in funzionamento normale è una enorme responsabilità che, nel caso di dispositivi di interblocco, ricade sui costruttori delle apparecchiature.

Il fine, d'altronde, è garantire un elevato livello di sicurezza per l'operatore chiamato ad operare durante il normale funzionamento dell'impianto. La norma CEI EN 62271-200 in particolare definisce che si devono prevedere interblocchi ogniqualvolta vi siano operazioni che mettano a rischio la sicurezza o anche semplicemente per facilitare l'utilizzo dell'apparecchiatura. Tali dispositivi, inoltre, devono essere robusti a sufficienza per non essere danneggiati da tentativi di manovre errate.



Nel caso dei circuiti principali l'estrazione o l'inserimento di un interruttore, di un interruttore di manovra o di un contattore deve essere possibile solo se questi si trovano in posizione di aperto. Deve essere possibile manovrarli solo quando sono in posizione di inserito, sezionato, estratto, di prova o di messa a terra ma mai in posizioni intermedie. L'interblocco deve infine impedirne la chiusura in posizione di servizio se questi apparecchi non sono collegati ai circuiti ausiliari associati all'apertura automatica di questi apparecchi. Viceversa, esso deve impedire la sconnessione dei circuiti ausiliari con l'interruttore chiuso nella posizione di servizio.

In presenza di sezionatori, bisogna assicurarsi che questi si trovino a lavorare nelle condizioni per le quali sono stati progettati; conseguentemente, il sezionatore potrà lavorare solo se l'interruttore o il contattore associato è aperto. I sezionatori di terra aventi un potere di stabilimento in cortocircuito inferiore al valore della corrente di picco nominale ammissibile del circuito dovrebbero essere interbloccati con i sezionatori associati.

Nella foto a fianco è illustrato l'interblocco dell'unità funzionale SBC del quadro UniSec tra il sezionatore di manovra con messa a terra e il sezionatore di terra. La porta del compartimento interruttore è meccanicamente interbloccata con la posizione dei sezionatori di terra per garantire la massima sicurezza degli operatori che avessero necessità di accedere all'interno.

Gli apparecchi installati nei circuiti principali la cui manovra errata può causare danni, o che sono usati per assicurare distanze di sezionamento durante i lavori di manutenzione, devono essere provvisti di possibilità di blocco ad es., attacchi per lucchetti (in figura attacco per lucchetto di quadro UniSec).

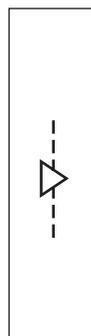
Nel caso di messa a terra di un circuito da parte dell'apparecchio di manovra principale (interruttore, interruttore di manovra o contattore) in serie con un sezionatore di terra, il sezionatore di terra deve essere interbloccato con l'apparecchio di manovra principale.

Se sono forniti interblocchi non meccanici, il progetto deve essere tale che non possano verificarsi situazioni inadeguate in caso di assenza dell'alimentazione ausiliaria.

Di seguito troviamo l'elenco degli interblocchi previsti nel quadro UniGear ZS1, alcuni previsti dalla norma e quindi obbligatori, altri, come gli interblocchi a chiave su unità funzionali diverse, dipendono dai requisiti dell'impianto.



Tipi di interblocchi



Interblocchi di sicurezza di serie (obbligatori)

Tipo	Descrizione	Condizione da rispettare
1	A Inserzione/estrazione degli apparecchi	Apparecchi in posizione "aperto"
	B Chiusura degli apparecchi	Carrello in posizione definita
2	A Inserzione degli apparecchi	Spina multicontatto degli apparecchi inserita
	B Rimozione della spina multicontatto degli apparecchi	Carrello in posizione di prova
3	A Chiusura del sezionatore di terra	Carrello in posizione di prova
	B Inserzione degli apparecchi	Sezionatore di terra in posizione "aperto"
4	A Apertura della porta dello scomparto apparecchi	Carrello in posizione di prova
	B Inserzione degli apparecchi	Porta dello scomparto apparecchi chiusa
5	A Apertura della porta dello scomparto linea	Sezionatore di terra in posizione "ON"
	B Apertura del sezionatore di terra	Porta dello scomparto linea chiusa

Nota: Gli apparecchi sono interruttori e contattori.



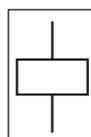
Chiavi (a richiesta)

6	Blocco all'inserzione degli apparecchi	La chiave può essere rimossa solo se il carrello è in posizione "estratto"
7	Blocco alla chiusura del sezionatore di terra	La chiave può essere rimossa solo se il sezionatore di terra è aperto
8	Blocco all'apertura del sezionatore di terra	La chiave può essere rimossa solo se il sezionatore di terra è chiuso
9	Inserimento della leva di inserzione/estrazione degli apparecchi	La chiave può sempre essere rimossa
10	Inserimento della leva di manovra del sezionatore di terra	La chiave può sempre essere rimossa



Lucchetti

11	Apertura della porta dello scomparto apparecchi	
12	Apertura della porta dello scomparto linea	
13	Inserimento della leva di inserzione/estrazione degli apparecchi	
14	Inserimento della leva di manovra del sezionatore di terra	
15	Apertura o chiusura degli otturatori	



Magneti di blocco (a richiesta)

16	Inserzione/estrazione degli apparecchi	Magnete in tensione
17	Apertura/chiusura del sezionatore di terra	Magnete in tensione

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

Il costruttore, infine, deve dare tutte le informazioni necessarie sullo scopo e sul modo di funzionamento dei dispositivi di interblocco.

I test che la norma prevede siano eseguiti sugli interblocchi, per evidenziare eventuali difetti di progettazione e quindi verificare se sono neutralizzabili, sono impegnativi:

- 25 tentativi di apertura di qualsiasi porta o pannello interbloccato;
- 50 tentativi di accesso o impiego dell'interfaccia di manovra, quando l'accesso o l'impiego è impedito da un dispositivo di interblocco (otturatore, leva selettiva, ecc.);
- 50 tentativi di manovra manuale degli apparecchi di manovra, quando l'interfaccia di manovra è accessibile;
- 10 tentativi di manovra manuale dell'apparecchio di manovra nella direzione errata devono essere effettuati in aggiunta ed in qualsiasi punto della sequenza di 50 tentativi di cui sopra;
- 25 tentativi di inserimento e 25 tentativi di estrazione delle parti asportabili.

Per effettuare queste prove si deve utilizzare la maniglia di manovra manuale normale.

Durante le prove, le forze normali utilizzate devono essere raddoppiate.

Vista la criticità insita nella progettazione, test e funzionamento dei dispositivi di interblocco, è importante affidarsi a costruttori qualificati e per quanto possibile ad apparecchiature collaudate in fabbrica.

4.4 Diaframmi e otturatori

La norma distingue tra diaframmi (parte che separa un compartimento da quelli adiacenti) e otturatori (parte che può essere spostata da una posizione nella quale permette ai contatti, ad es. di un interruttore, di impegnarsi nei contatti fissi, a una posizione in cui essa diventa parte dell'involucro o del diaframma proteggendo i contatti fissi stessi). Definisce quindi due classi a seconda che l'apparecchiatura sia dotata di diaframmi e/o otturatori metallici destinati ad essere messi a terra, classe PM, o sia dotata di diaframmi e/o otturatori isolanti, classe PI.





La classe PM è la scelta ottimale per la sicurezza del personale che si trovi ad operare nel compartimento garantendo in modo omogeneo la messa a terra della struttura; nella fotografia la soluzione PowerCube dove si notano gli otturatori metallici chiusi ad interruttore estratto e collegati alla struttura del compartimento interruttore.

4.5 Categorie LSC

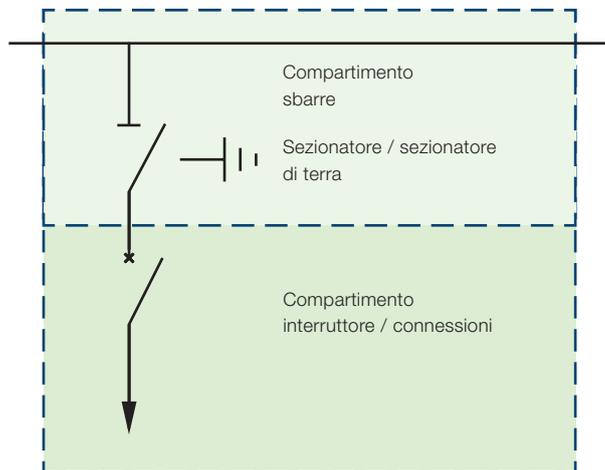
La norma definisce, inoltre, le prestazioni che le unità funzionali devono fornire introducendo il concetto di perdita di continuità di servizio o LSC (Loss of Service Continuity). Vengono definite quattro categorie principali che definiscono la possibilità di mantenere sotto tensione altri compartimenti e/o unità funzionali quando si apre un compartimento ad alta tensione accessibile.

In generale il progettista può adottare categorie LSC diverse per carichi, e quindi unità funzionali, diverse. Per questi motivi la Norma impone la classificazione LSC come dato di targa obbligatorio per la singola unità funzionale.



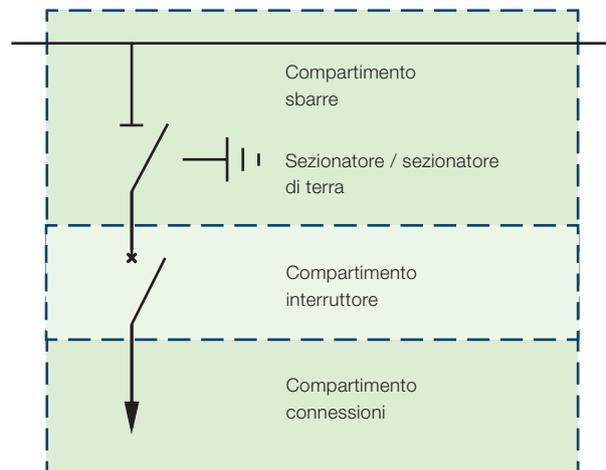
4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

Analizziamo in dettaglio le quattro categorie LSC previste dalla norma: LSC2, LSC2A, LSC2B e LSC1.



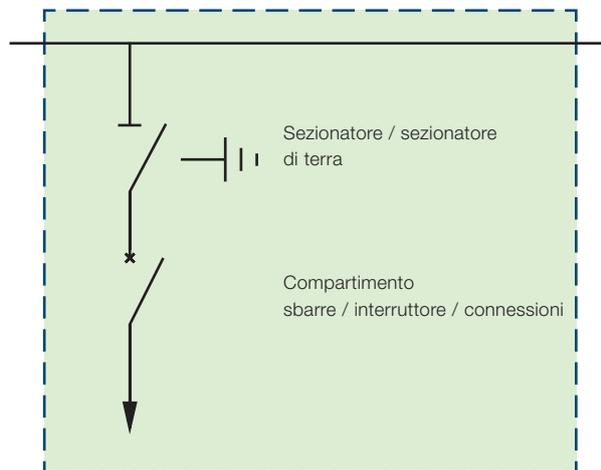
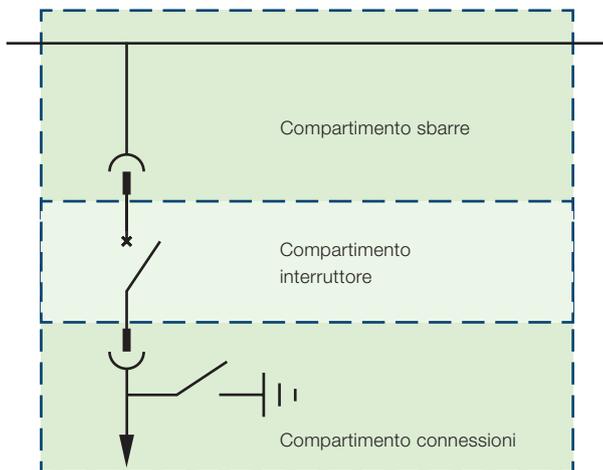
- Unità funzionale di categoria LSC2

Questa soluzione è destinata a permettere la massima continuità di servizio della rete durante l'accesso ai compartimenti ad alta tensione all'interno dell'apparecchiatura. Ciò significa che l'apertura dei compartimenti ad alta tensione accessibili in una unità funzionale è possibile mentre si mantengono sotto tensione le altre unità funzionali della stessa sezione. Ciò implica che almeno una sbarra può essere mantenuta sotto tensione. L'inserimento di un diaframma asportabile può essere utilizzato per ottenere questa categoria. Come minimo, la categoria LSC2 richiede la possibilità di aprire il compartimento di connessione mantenendo la(e) sbarra(e) in tensione. Quando le unità funzionali LSC2 hanno compartimenti (o apparecchi) accessibili diversi dal compartimento connessioni, la norma definisce ulteriori due categorie, la LSC2A e LSC2B.



- Unità funzionale di categoria LSC2A

L'unità funzionale di categoria LSC2A tale che, quando un compartimento accessibile (diverso dal compartimento sbarre di un'apparecchiatura a singola sbarra) è aperto, almeno una sbarra può restare sotto tensione e tutte le altre unità funzionali dell'apparecchiatura possono essere manovrate normalmente. Nell'esempio sopra, il sezionatore è posizionato nel compartimento sbarre e vi è una segregazione completa tra il compartimento sbarre ed il compartimento interruttore. Sia il compartimento interruttore che il compartimento connessioni possono essere aperti in modo sicuro con la sbarra attiva dopo l'apertura del sezionatore e la chiusura del sezionatore di terra. L'accesso al compartimento interruttore richiede che i cavi siano fuori tensione e messi a terra.



- Unità funzionale di categoria LSC2B

Anche questa unità funzionale corrisponde a quella di categoria LSC2 con l'aggiunta di altri compartimenti (o apparecchi) accessibili. In più, rispetto alla categoria LSC2A, le connessioni ad alta tensione (quindi anche le connessioni dei cavi) verso l'unità funzionale possono restare sotto tensione quando qualsiasi altro compartimento ad alta tensione accessibile dell'unità funzionale corrispondente è aperto.

L'esempio sopra prevede apparecchi di manovra estraibili. Se l'apparecchio di manovra principale di ciascuna unità funzionale LSC2B è munito del suo compartimento accessibile, la manutenzione può essere effettuata su questo apparecchio di manovra principale senza mettere fuori tensione il compartimento connessioni corrispondente. Come conseguenza, è necessario un minimo di tre compartimenti per ciascuna unità funzionale LSC2B in questo esempio:

- per l'apparecchio di manovra principale;
- per il compartimento connessioni;
- per il compartimento sbarre. Per l'apparecchiatura con doppia sbarra, ciascuna sbarra deve essere nel proprio compartimento separato.

- Unità funzionale di categoria LSC1

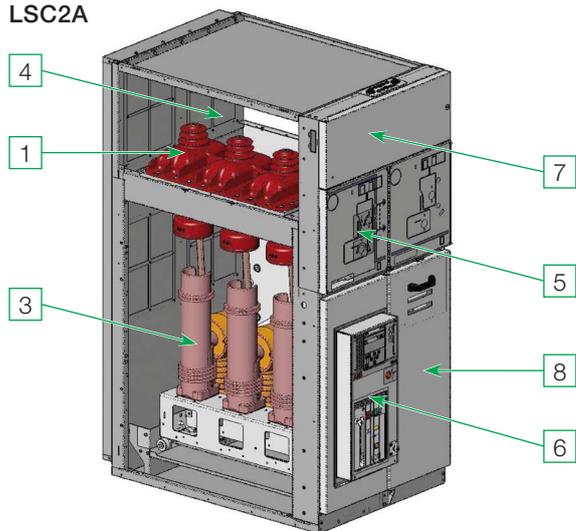
L'unità funzionale avente uno o più compartimenti ad alta tensione accessibili, tali che, quando uno qualsiasi di questi compartimenti ad alta tensione accessibili è aperto, almeno un'altra unità funzionale non può restare sotto tensione. Nell'esempio sopra abbiamo un'unità funzionale di un interruttore con connessioni dei cavi nello stesso compartimento dell'interruttore e della sbarra che quindi sarà classificata come LSC1.

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

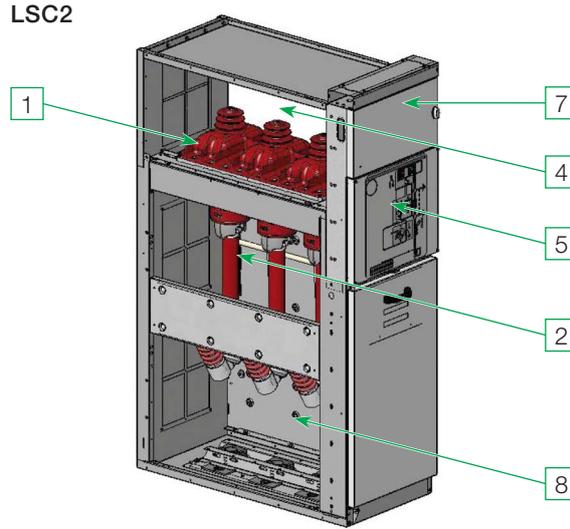
Le figure successive illustrano 3 unità funzionali del quadro UniSec, tutte con elevate categorie LSC2, LSC2A e LSC2B in grado quindi di garantire la massima continuità di servizio pur con l'accessibilità richiesta dalle attività di manutenzione

e service: SBC (unità interruttore con interruttore di manovra-sezionatore), SFC (unità interruttore di manovra-sezionatore con fusibili) e WBC (unità con interruttore estraibile).

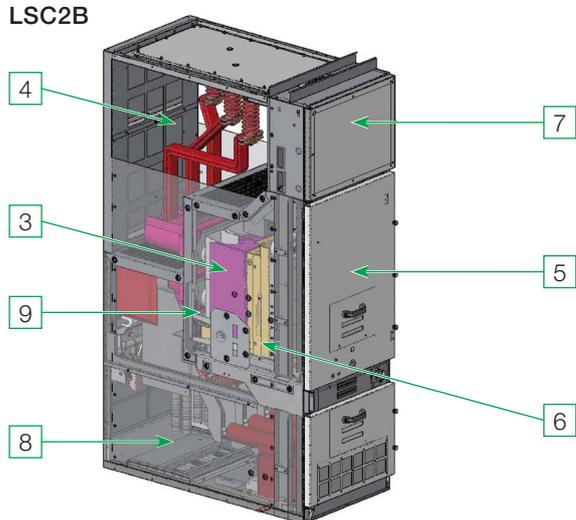
LSC2A



LSC2



LSC2B

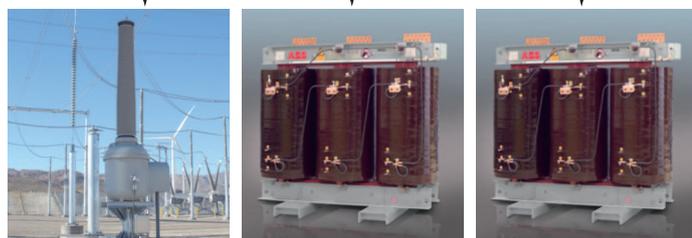
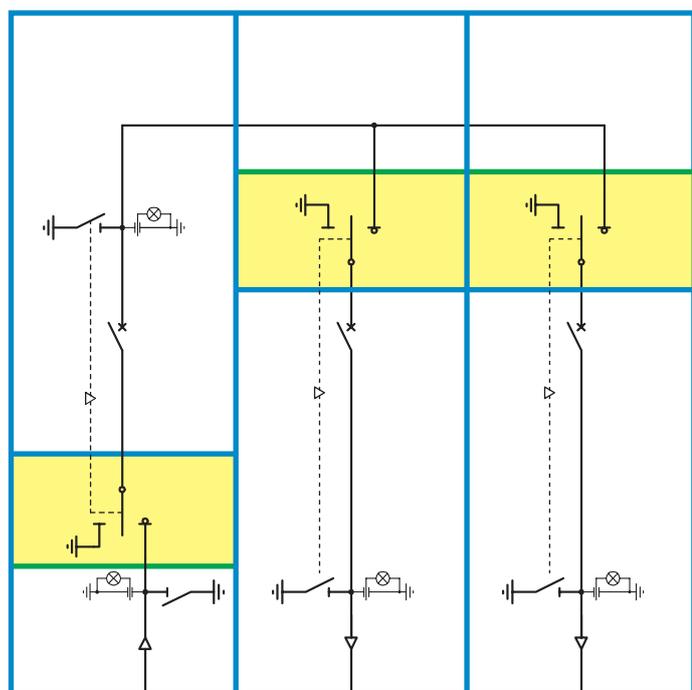


- 1 - Interruttore di manovra-sezionatore
- 2 - Fusibili
- 3 - Interruttore
- 4 - Cella sbarre
- 5 - Cella comandi
- 6 - Comando dell'interruttore
- 7 - Cella BT per circuiti ausiliari
- 8 - Cella cavi
- 9 - Serrande metalliche per pannelli fino a 17,5 kV e serrande isolanti a 24 kV

Tutte le unità del quadro UniSec sono equipaggiate con partizionamenti metallici e quindi in classe PM (eccetto l'unità WBC 24 kV che è in classe PI).

Anche i quadri UniGear ZS1 sono classificati con categoria LSC2B in quanto i compartimenti sbarre, interruttore e connessioni sono fisicamente ed elettricamente segregati con partizionamenti metallici, quindi con classe PM.

Nell'esempio sotto è possibile fare manutenzione a ciascuno dei due trasformatori tenendo in esercizio il resto del quadro. Le segregazioni metalliche sono indicate in blu, quelle in materiale isolante in verde. Le parti isolate in gas sono indicate in giallo, quelle in aria con colore neutro.



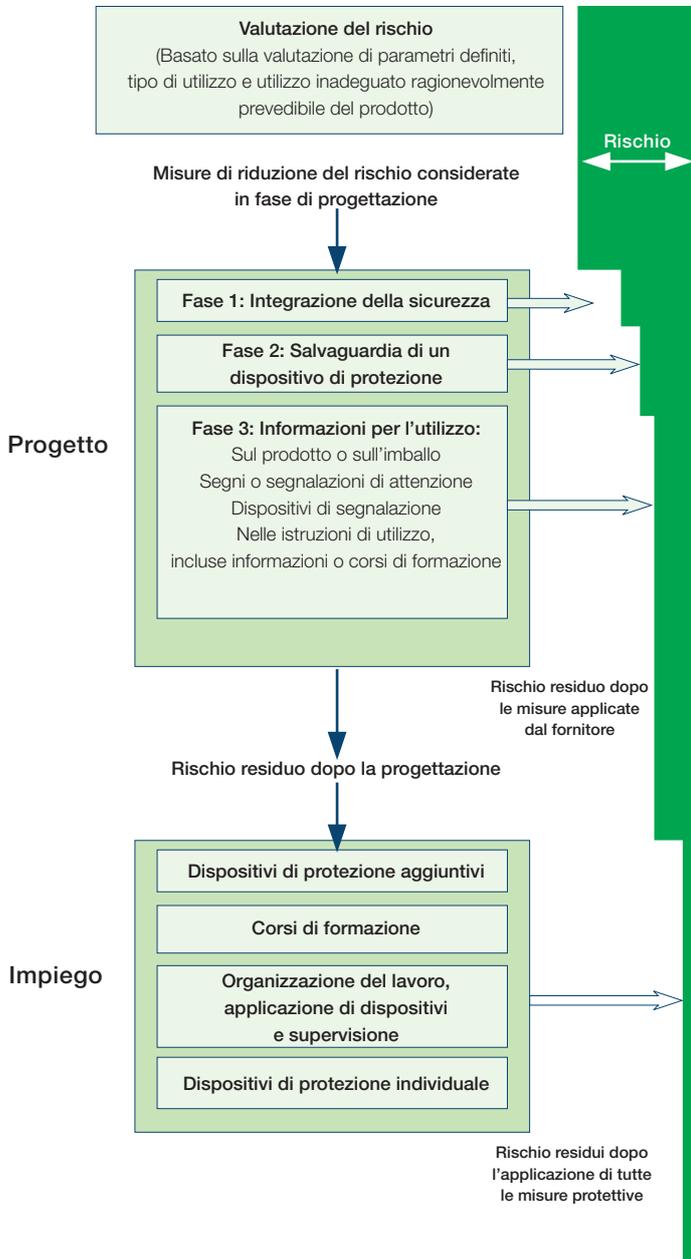
4.6 Quadri elettrici classificati IAC (Internal Arc Classified)

Con riferimento al capitolo 8 “Guida per la scelta dell’apparecchiatura” della norma CEI EN 62271-200 si chiarisce che, se il quadro è installato, utilizzato e mantenuto secondo le istruzioni indicate dal costruttore, la probabilità che occorra un arco interno è piccola, ma non può ovviamente essere ignorata.

Quando si progetta un impianto elettrico di media tensione e si sceglie un’apparecchiatura con involucro metallico, si deve tener conto della possibilità che si verifichino guasti per arco interno conseguente allo specifico contesto nel quale il quadro è installato e alle modalità/istruzioni operative impartite al personale, al fine di fornire un livello di protezione accettabile. Ricordiamo che anche le persone che transitano nelle vicinanze di una cabina elettrica rientrano nella definizione di personale.

Secondo la ISO/IEC Guide 51:2014 “Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards”, il rischio è la

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione



combinazione della probabilità che si verifichi un danno e della sua severità. Pertanto, per la riduzione del rischio, in relazione all'arco interno ma non solo, dovrebbe essere seguito un processo strutturato, descritto nell'art. 6 della Guida ISO/IEC 51, al fine ottenere un livello di rischio tollerabile nel raggiungere il quale anche l'utilizzatore ha un ruolo attivo. Nel processo di riduzione del rischio bisogna tener conto, quindi:

- di un progetto intrinsecamente sicuro;
- di dispositivi di protezione e sorveglianza;
- di informazioni opportune per l'utilizzatore.

Un progetto intrinsecamente sicuro è il primo e più importante passo nel processo di riduzione del rischio. Questo perché l'esperienza insegna che le misure protettive intrinseche al prodotto o al sistema rimangono efficaci nel tempo mentre gli altri passi, protezioni e informazioni, possono essere rimosse o non seguite.

Ecco perché è così importante scegliere prodotti intrinsecamente sicuri, progettati e costruiti da costruttori all'avanguardia nello sviluppo tecnologico e nell'applicazione di criteri di sicurezza alle apparecchiature prodotte. Ciò vale per tutte le problematiche già viste relative ad apparecchi e quadri elettrici come i dispositivi di interblocco, livelli di accessibilità, ecc. ma soprattutto vale nella scelta di un quadro a prova d'arco interno.

Tale soluzione tende anche a preservare l'integrità delle cose, degli edifici e delle attività attraverso la riduzione del rischio di incendio diminuendo l'efficacia di una delle fonti di innesco. Da considerare infine che gli sforzi di quei costruttori hanno anche consentito di ridurre le dimensioni e i pesi dei quadri di attuale costruzione rispetto ai precedenti; ciò consente di utilizzare minori quantità di materie prime e ottenere la riduzione dell'impatto sull'ambiente.

Come guida per la scelta dell'apparecchiatura adeguata rispetto agli archi interni si può ritenere che, dove il rischio è considerato rilevante, si dovrebbe usare solo l'apparecchiatura con involucro metallico classificata IAC. In generale bisogna considerare che un arco interno può essere causato da diversi fattori, quali: progetto inadeguato, errata installazione, cedimento dell'isolamento solido o liquido (difettoso o mancante), errata manovra, corrosione, errato assemblaggio, sovratemperature dovute a serraggio insufficiente delle connessioni, durante l'inserimento o l'estrazione delle parti estraibili, risonanza, manutenzione insufficiente, invecchiamento elettrico, sovratensioni, intrusione di piccoli animali attraverso l'ingresso cavi, ecc. L'energia prodotta da un arco interno causa fenomeni violenti quali brusco incremento della pressione e della temperatura

interna, effetti acustici e visivi, stress meccanici alla struttura del quadro, fusioni ed evaporazione di materiali vari. Questi fenomeni possono avere conseguenze serie sul personale presente nel momento del guasto quali ferite dovute all'espulsione di parti solide e ustioni dovute all'emissione di gas ad alta temperatura e particelle incandescenti.

Ne consegue che, anche se l'apparecchiatura con involucro metallico che soddisfa le prescrizioni della norma CEI EN 62271-200 è progettata e costruita, in linea di principio, per impedire che si verifichino guasti d'arco interno, la norma stessa si preoccupa comunque di definire una classificazione d'arco interno ovvero fornire un livello definito di protezione delle persone quando l'apparecchiatura è in condizione normale di servizio.

La classificazione deve essere indicata come segue:

- Classificazione: IAC (Internal Arc Classified)
- Tipo di accessibilità: A, B, C
- Lati classificati degli involucri: F, L, R
- Valori nominali di guasto d'arco trifase: corrente [kA] e durata [s]
- Valori nominali di guasto d'arco monofase (quando applicabile): corrente [kA] e durata [s]

E questa designazione deve essere inclusa nella targa.

Per quanto riguarda l'accessibilità, la norma definisce tre tipi di accessibilità all'involucro dell'apparecchiatura nel sito di installazione:

- Tipo di accessibilità A: accessibilità limitata solo al personale autorizzato.
- Tipo di accessibilità B: accessibilità non limitata, compresa quella del pubblico.
- Tipo di accessibilità C: accessibilità limitata dall'installazione fuori portata e oltre la zona accessibile al pubblico.

Per il tipo C, la distanza minima di approccio deve essere indicata dal costruttore.

Per i tipi di accessibilità A e B, i lati dell'involucro che soddisfano i criteri della prova d'arco interno sono designati come segue:

- F per il lato anteriore
- L per il lato laterale
- R per il lato posteriore

Il lato anteriore deve essere chiaramente indicato dal costruttore. I lati classificati non si applicano all'apparecchiatura di tipo di accessibilità C.

Infine devono essere definite le correnti di guasto d'arco nominali (I_A , I_{AE}) per:

- corrente di guasto d'arco trifase (I_A);
- corrente di guasto d'arco monofase a terra (I_{AE}), quando applicabile.

Quando è specificata solo una caratteristica nominale trifase, la caratteristica nominale monofase predefinita è l'87% della caratteristica nominale trifase e non è necessario specificarla e la durata di guasto d'arco nominale (t_A , t_{AE}). I valori normali raccomandati per la durata di guasto d'arco trifase (t_A) sono 0,1 s, 0,5 s e 1 s.

La classificazione IAC è dimostrata se i seguenti criteri sono soddisfatti (vedere la norma per ulteriori dettagli):

– **Criterio N. 1**

Le porte e i pannelli correttamente bloccati non si aprono. Le deformazioni sono accettabili a condizione che nessuna parte si avvicini alla posizione degli indicatori o delle pareti su ogni lato.

– **Criterio N. 2**

Non si verifica alcuna frammentazione dell'involucro, né si verifica alcuna espulsione di frammenti o di altre parti dell'apparecchiatura aventi una massa individuale di 60 g o maggiore.

– **Criterio N. 3**

L'arco non causa fori perforando i lati classificati fino ad un'altezza di 2000 mm.

– **Criterio N. 4**

Gli indicatori non si incendiano a causa dell'effetto dei gas caldi o liquidi incandescenti. Gli indicatori sono pezzi di tessuto di cotone nero posti, su qualsiasi lato classificato, su un supporto di montaggio a distanze che dipendono dal tipo di accessibilità (vedi figura).

– **Criterio N. 5**

L'involucro resta collegato al suo punto di messa a terra.



4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

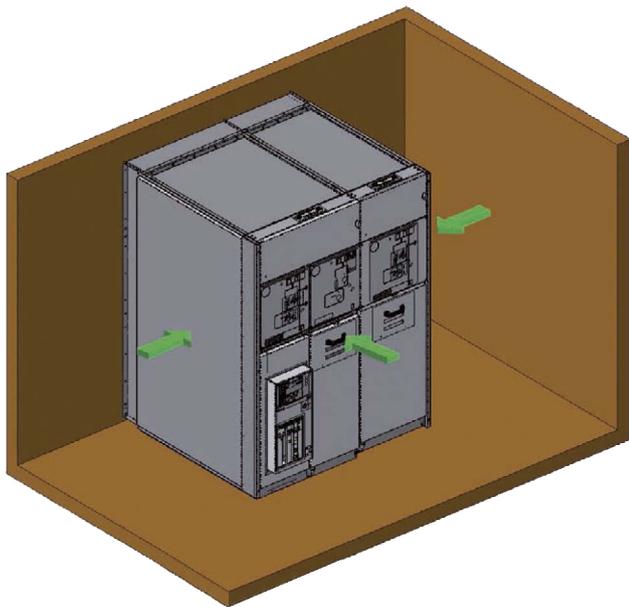
Alcuni esempi:

Quadro UniSec IAC AFL 12.5 kA 1s;

Il quadro è garantito sui tre lati frontale e laterali, per una corrente di guasto d'arco di 12,5 kA e una durata di guasto d'arco di 1s.

Sono disponibili due versioni:

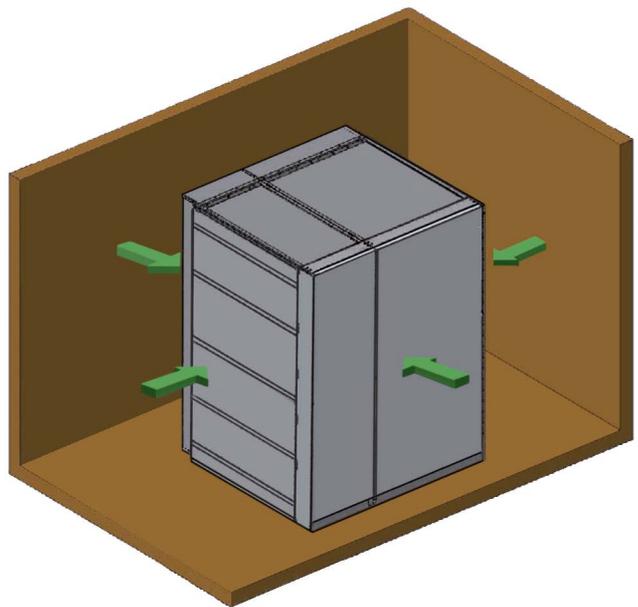
1. Con il quadro addossato al muro; in questo caso la parte posteriore del quadro e il muro formano un condotto per il passaggio dei gas.
2. Con il quadro non completamente addossato al muro; in questo caso opportuni filtri installati nella parte posteriore delle unità raffreddano ed abbassano la pressione dei gas prima di rilasciarli nell'ambiente. Chiaramente è proibito accedere alla parte posteriore del quadro in servizio in quanto non protetto.



Quadro UniSec e UniGear IAC AFLR 25 kA 1s;

Il quadro è garantito sui quattro lati frontale, laterali e posteriore, per una corrente di guasto d'arco di 25 kA e una durata di guasto d'arco di 1s.

Opportuni filtri installati in ogni unità raffreddano ed abbassano la pressione dei gas prima di rilasciarli nell'ambiente.



4.6.1 Misure di protezione supplementari

La norma CEI EN 62271-200 (par. 8.104.3) prevede che si possano adottare altri provvedimenti, aggiuntivi rispetto alla prova sul quadro, per fornire il livello più elevato possibile di protezione alle persone in caso di arco interno. Questi provvedimenti mirano a limitare le conseguenze esterne di un tale evento. Ad esempio:

- tempi rapidi di interruzione del guasto ottenuti mediante dispositivi sensibili alla luce, alla pressione o al calore oppure mediante una protezione differenziale sulle sbarre;
- utilizzo di fusibili appropriati, in combinazione con apparecchi di manovra, al fine di limitare la corrente passante e la durata del guasto;
- eliminazione rapida dell'arco commutandolo in cortocircuito metallico mediante sensori veloci e dispositivi a chiusura rapida;
- manovra a distanza al posto della manovra di fronte all'apparecchiatura.

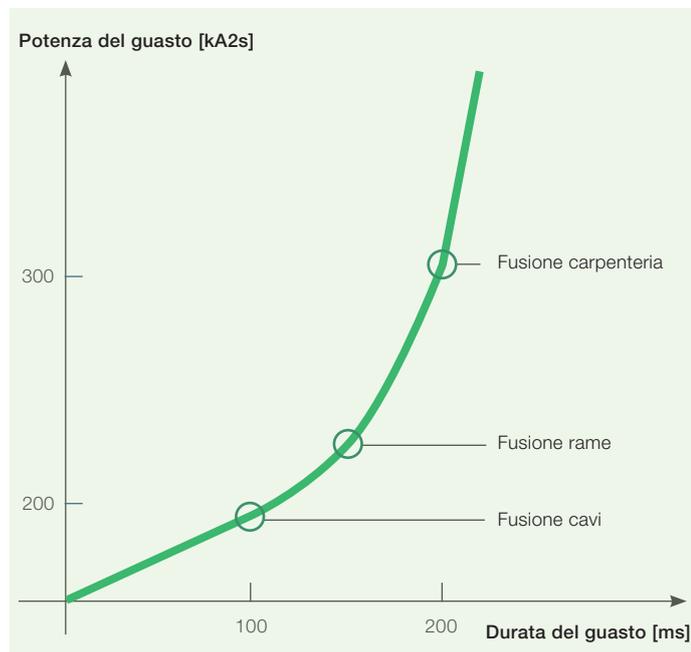


ABB ha delle soluzioni tecnologicamente avanzate che vanno a coprire tutti gli aspetti citati dalla norma.

Queste soluzioni sono ad esempio in grado di rilevare ed estinguere l'arco, facendo aprire l'interruttore di alimentazione del guasto in modo selettivo. Il tempo, infatti, è un parametro critico per la riduzione degli effetti dell'arco in quanto l'energia emessa aumenta rapidamente all'aumentare del tempo. Ad esempio, un guasto della durata di 500 ms può causare notevoli danni all'impianto. Se l'arco dura circa 100 ms il danno è spesso limitato, se dovesse durare meno di 4 ms gli effetti sarebbero trascurabili.

Bisogna considerare che la parte più importante del tempo di estinzione del guasto è dovuta al tempo di interruzione dell'interruttore, mentre i sistemi di rilevamento agiscono in tempi inferiori ai 15 ms. E' quindi possibile rimanere complessivamente al di sotto dei 100 ms a patto di far aprire istantaneamente l'interruttore e che questo interruttore sia sufficientemente veloce.

In questo modo è possibile diminuire gli effetti termo-dinamici del guasto limitando così i danni all'impianto e diminuendo la pericolosità dell'evento.

Questi sistemi utilizzano normalmente vari tipi di sensori, pressione o luce, per rilevare in tempi brevissimi gli effetti dell'arco interno ed impartire il comando di apertura all'interruttore interessato.

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

4.6.2 Sistema rilevamento della pressione

Questo sistema consiste nell'utilizzo di sensori di pressione posizionati nella parte alta del quadro vicino ai flap di uscita dei gas caldi generati dall'arco interno. L'onda d'urto di pressione generata dall'arco si propaga infatti in tempi brevissimi all'interno del quadro elettrico facendo intervenire i sensori che inviano il comando di apertura all'interruttore di alimentazione del quadro.

In questo campo ABB propone il sistema ITH: il sensore di pressione utilizzato è sensibile a variazioni minime e repentine ed è caratterizzato da tempi di risposta estremamente rapidi. È costituito da contatti montati sull'estremità superiore di ogni unità funzionale con caratteristiche tali da poter essere inserito direttamente nel circuito di comando degli interruttori di protezione. I contatti generano immediatamente un segnale di guasto non appena i flap di sovrappressione dell'unità si aprono a causa di un arco interno. Essendo i contatti dei sensori del tipo a posizione mantenuta, realizzano il blocco della chiusura degli interruttori dei quali hanno comandato l'apertura.

Il tempo tipico di intervento dei sensori di pressione è di 15 ms al quale va aggiunto il tempo di interruzione dell'interruttore.



- A) Ith limiter
- B) flap di sfogo della pressione in acciaio

4.6.3 Sistema rilevamento della luce

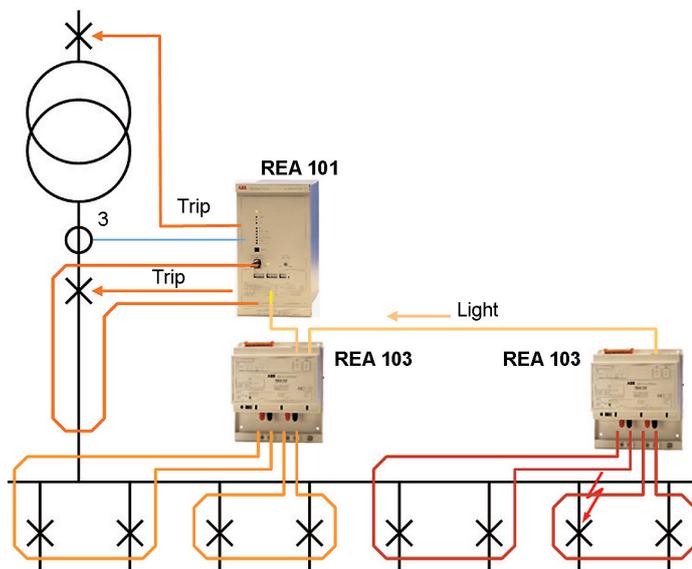
I primi sistemi per il rilevamento della luce prodotta dall'arco elettrico risalgono agli inizi degli anni '90; questi sistemi utilizzano sensori di luce localizzati denominati "sensori a lente" che vengono dislocati in più punti del compartimento di media tensione da proteggere contro l'arco interno. Successivamente, più di dieci anni dopo, sono apparsi sul mercato sistemi di seconda generazione che utilizzano sensori di luce a fibra ottica in grado di assorbire la luce lungo tutta la lunghezza della fibra stessa. In questo campo ABB propone il sistema REA che utilizza infatti questi nuovi sensori in quanto comportano indubbi vantaggi: innanzi tutto



riduce il costo di installazione dato che ogni anello di fibra può essere lungo fino a 60 metri e fatta opportunamente scorrere nei compartimenti da proteggere. In secondo luogo essendo l'assorbimento della luce distribuito non sussiste il rischio che, a causa della struttura del quadro, il sensore a lente venga coperto e non "veda" l'arco. Infine, utilizzando la configurazione ad anello, è molto semplice realizzare un'autodiagnosi del sensore stesso. In termini di sicurezza contro falsi interventi, innanzi tutto il sistema legge solo la parte bassa dello spettro visibile incluso l'ultravioletto. In secondo luogo il sistema è collegato normalmente a dei sensori di corrente posti nelle unità di alimentazione principale del quadro elettrico che sono utilizzati per leggere istantaneamente le correnti di guasto di fase e di terra.

In questo modo è possibile controllare la correttezza della lettura dei sensori di luce in quanto, durante un guasto per arco interno, sono presenti sia la luce dell'arco che la corrente di guasto. Il sistema agisce indipendentemente dal sistema di protezione tradizionale esistente e quindi non vi è necessità di coordinamento con le altre protezioni. La selettività nel caso di impianti elettrici complessi con più alimentazioni può essere ottenuta con più unità di sistema e differenziando il percorso dei sensori.

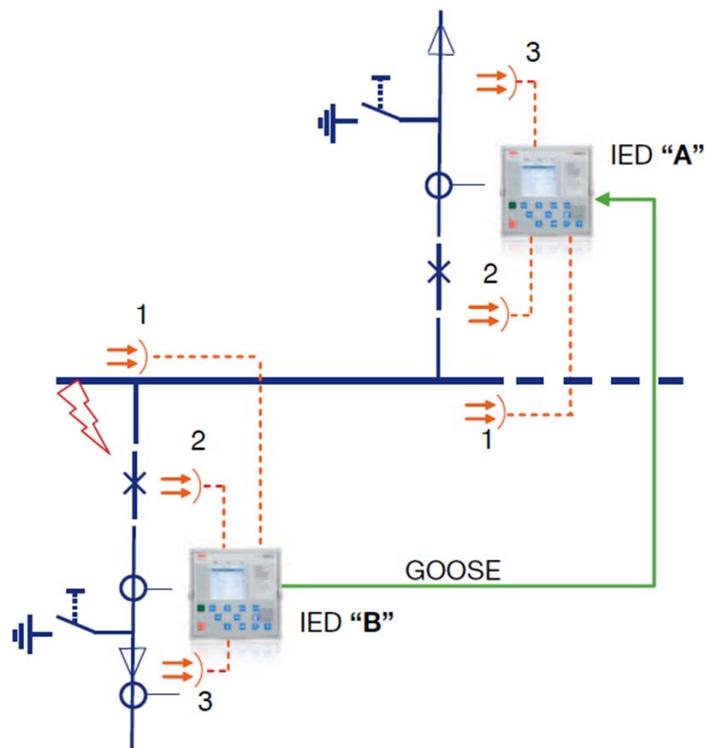
Il tempo tipico di intervento è di 2,5 ms al quale va aggiunto il tempo di interruzione dell'interruttore.



4.6.4 Rilevamento dell'arco tramite IED (Intelligent Electronic Device)

Nei moderni sistemi di protezione alcuni dispositivi intelligenti detti IED possono essere equipaggiati con la protezione contro l'arco elettrico. ABB propone i relè REF615, RET615, REM615 e REF610 che possono utilizzare sensori puntuali di luce e realizzare una protezione contro l'arco rapida e selettiva. Tradizionalmente, i sistemi di protezione che si basano su interblocchi cablati tra le varie unità funzionali non sono in grado di assicurare l'estinzione dell'arco interno in tempi tali da limitare i danni conseguenti. I moderni sistemi che utilizzano lo standard IEC 61850 "Communication

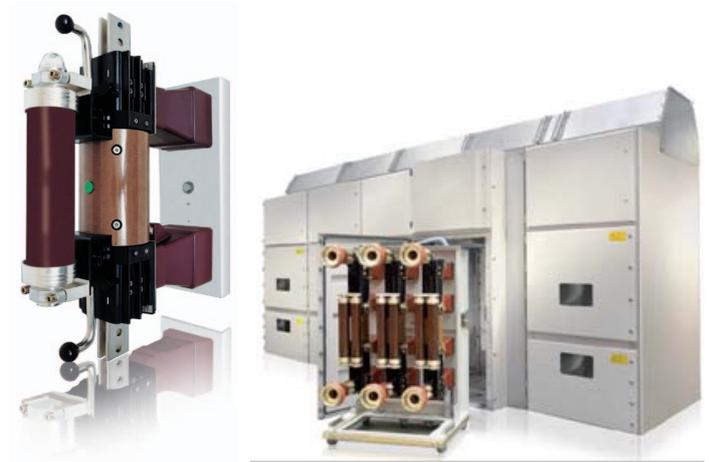
networks and systems for power utility automation" ed in particolare la comunicazione rapida di eventi tramite GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), sono in grado di migliorare notevolmente la realizzazione e l'installazione degli interblocchi necessari. A tal fine viene utilizzata una LAN Ethernet (Local Area Network) che copre l'intera sottostazione e su questo supporto transita la comunicazione GOOSE; si può valutare con questo sistema un miglioramento complessivo del 30% della velocità operativa rispetto ad un sistema tradizionale di interblocco tra relè di un quadro elettrico. Gli interblocchi sono realizzati semplicemente configurando gli IED, mentre il sistema di autodiagnostica rileva eventuali malfunzionamenti che possono essere così individuati immediatamente e successivamente corretti. Nessun altro cablaggio tra unità è richiesto oltre alla stesura della LAN Ethernet. Tornando alla protezione contro l'arco interno, ognuna delle sopracitate unità può essere equipaggiata con tre sensori di luce, uno per ogni compartimento. L'IED che rileva la luce dell'arco trasmette un messaggio GOOSE e l'IED dell'unità di alimentazione che lo riceve apre rapidamente il relativo interruttore. Il tempo di intervento tipico è di 10 ms al quale va aggiunto il tempo di interruzione dell'interruttore.



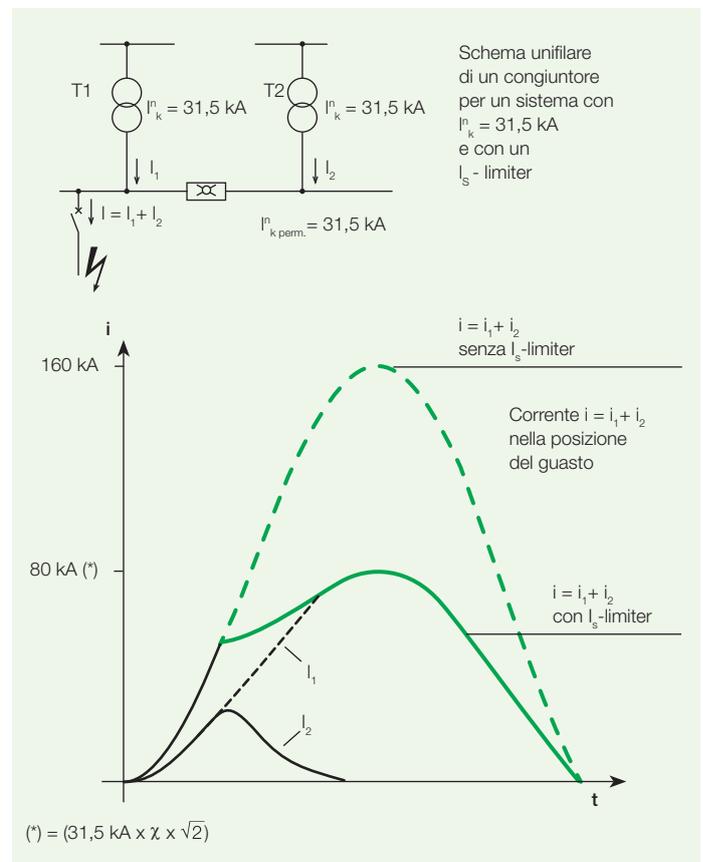
4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

4.6.5 Dispositivi limitatori di corrente

I dispositivi di interruzione rapida sono stati sviluppati nella seconda metà degli anni 50 e sono in grado di limitare drasticamente le correnti di corto circuito, limitandone gli effetti sui componenti dell'impianto elettrico. Questi dispositivi, infatti sono in grado di rilevare ed interrompere la corrente di corto-circuito durante il primo fronte di salita intervenendo in qualche millisecondo. Sostanzialmente questo dispositivo consiste di una parte con funzione di sostegno dell'inserto limitatore stesso, del trasformatore di corrente di protezione e del dispositivo elettronico di misura e intervento. In caso di guasto, il dispositivo elettronico invia un impulso tramite un trasformatore, che trova posto nell'isolatore di sostegno, alla carica esplosiva contenuta nell'inserto. A seguito della piccola esplosione controllata, il conduttore principale si interrompe e la corrente fluisce attraverso il fusibile ad alto potere di interruzione collegato in parallelo la cui fusione limita prima e infine interrompe la corrente al primo passaggio per lo zero. La corrente viene costantemente controllata dal sistema elettronico esterno che misura la derivata della corrente ed è quindi in grado di decidere rapidamente se sia necessario o meno far intervenire il limitatore di corrente. La combinazione del conduttore e del fusibile in parallelo consente di contenere, in condizioni di normale funzionamento, le perdite al minimo. In definitiva, rispetto ad altri dispositivi di limitazione, questa soluzione consente basse perdite in esercizio e di limitare efficacemente la corrente di corto circuito a valle. ABB ha sviluppato un dispositivo di questo tipo denominato Is-Limiter. Il dispositivo, che può anche essere fornito in un proprio pannello su un carrello estraibile, copre un'ampia gamma di tensioni da 750 V a 36 kV e di correnti da 1250 a 5000 A. L'IS-Limiter può trovare utilizzo in un'ampia tipologia di situazioni impiantistiche; la più interessante è quando viene installato con la funzione di congiuntore tra due sistemi di sbarre alimentati da due fonti diverse. Nel caso di guasto che interessi una delle due alimentazioni, l'Is-Limiter interviene al primo fronte di corrente prima che la corrente stessa raggiunga livelli elevati. La tensione nella porzione di sistema non interessata dal guasto ha una brevissima caduta di frazioni di millisecondo e conseguentemente tutti i carichi rimangono alimentati. Inoltre, come si può vedere dall'esempio, il dispositivo interviene così rapidamente da poter considerare nullo il contributo della seconda sorgente di alimentazione e, quindi, consentendo di dimensionare il quadro per una corrente di corto circuito inferiore.



Limitando drasticamente la corrente di guasto passante e la durata del guasto stesso, l'Is-Limiter rientra tra le misure di protezione supplementare citate dalla norma per limitare gli effetti di un arco interno.

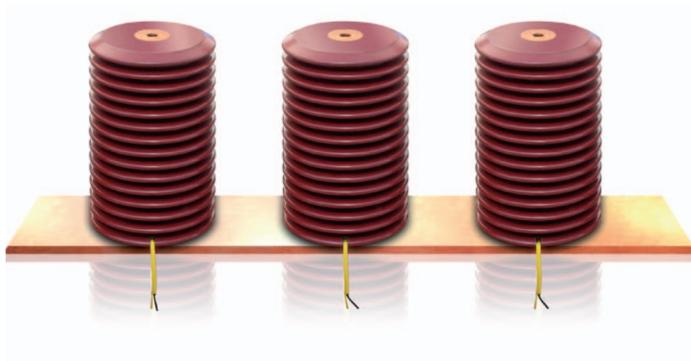


4.6.6 Sistema ultrarapido di messa a terra

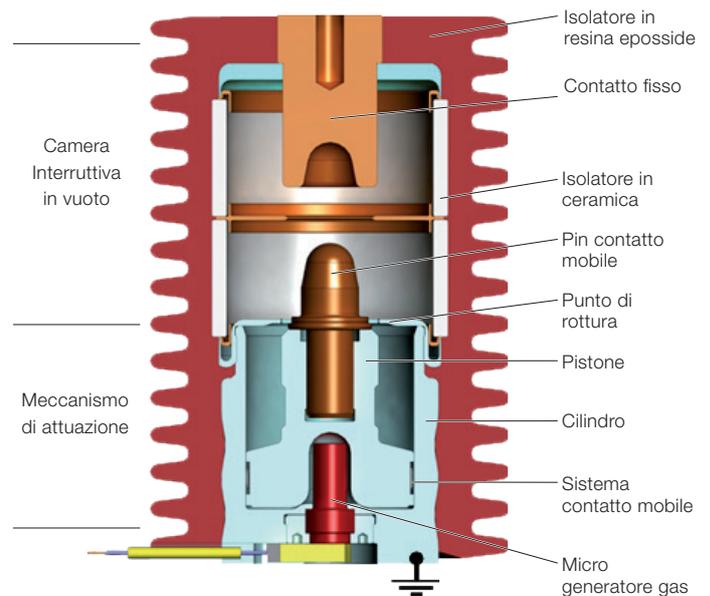
Un sistema ultrarapido di messa a terra è, tra le misure di protezione supplementare, quella più rapida ed efficace nel ridurre gli effetti di un arco interno al quadro elettrico. Questo sistema fonde le caratteristiche positive dei sistemi visti precedentemente ma è in grado di limitare fortemente l'impatto dell'energia scaturita dall'arco in modo semplice quindi con un elevato rapporto costo/beneficio. I tempi di estinzione dell'arco sono infatti di pochi millisecondi e con questi tempi si possono prevenire gran parte dei danni dovuti agli effetti termici e meccanici del guasto. I vantaggi di un sistema di questo tipo sono evidenti:

- una drastica riduzione dei costi di riparazione; normalmente non deve essere sostituita l'unità interessata dal guasto
- un aumento della disponibilità dell'impianto in quanto è sufficiente rimuovere la causa del guasto per riprendere il servizio
- un decisivo aumento del livello di sicurezza per il personale durante il normale utilizzo.

ABB propone in questo caso il sistema UFES (Ultra Fast Earthing Switch). UFES è costituito da un dispositivo di manovra primario e da un'unità di controllo elettronica.



Il dispositivo di manovra è costituito da un involucro in resina epossidica al cui interno troviamo un contatto mobile mosso ad alta velocità da un effetto di repulsione magnetica generato da una bobina di Thompson.



Questi dispositivi monofasi sono tipicamente installati nell'unità di arrivo di ogni semi-sbarra, nel caso di doppia alimentazione con impianto gestito con congiuntore normalmente aperto, o in un compartimento vuoto o in un apposito kit da collocare sopra l'unità di arrivo, montabile quindi anche su quadri esistenti con piccole modifiche effettuate dal Service.

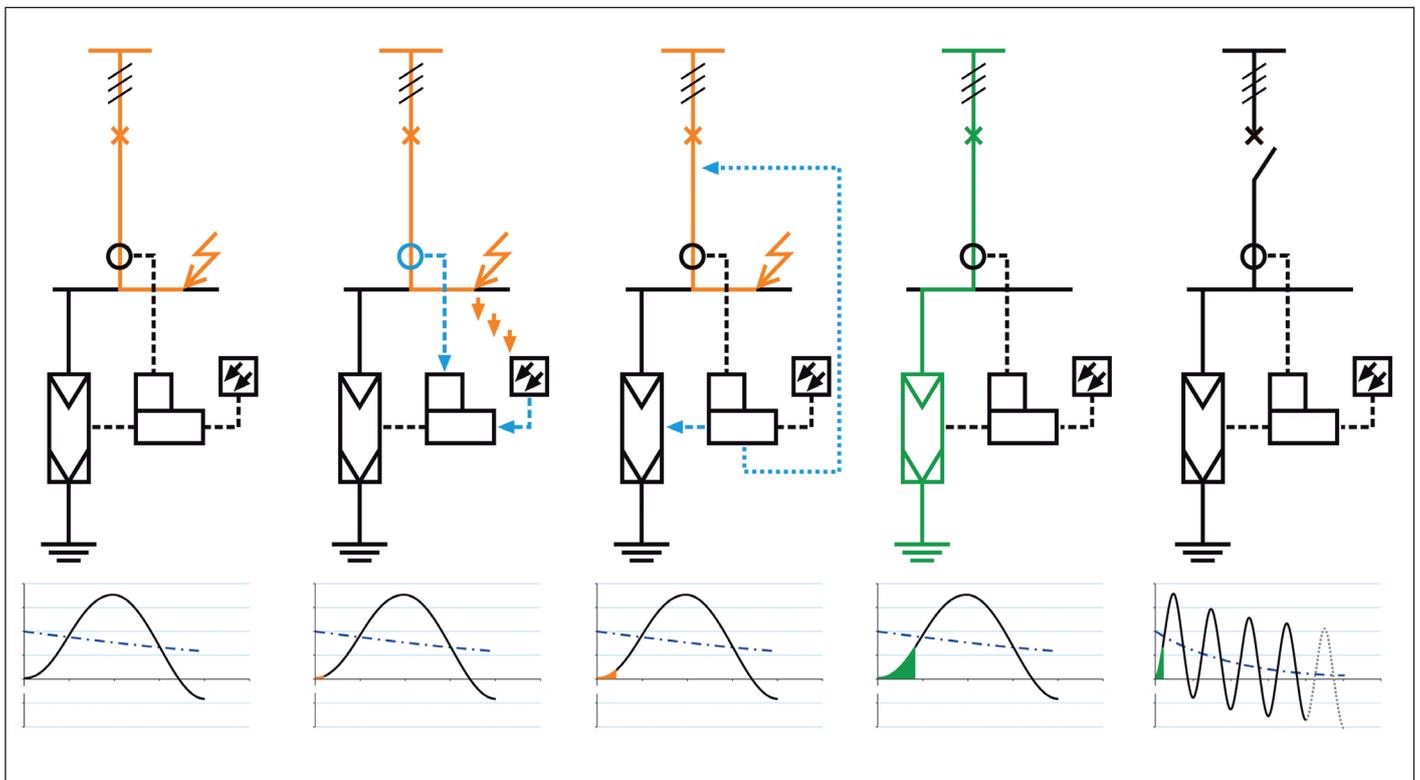


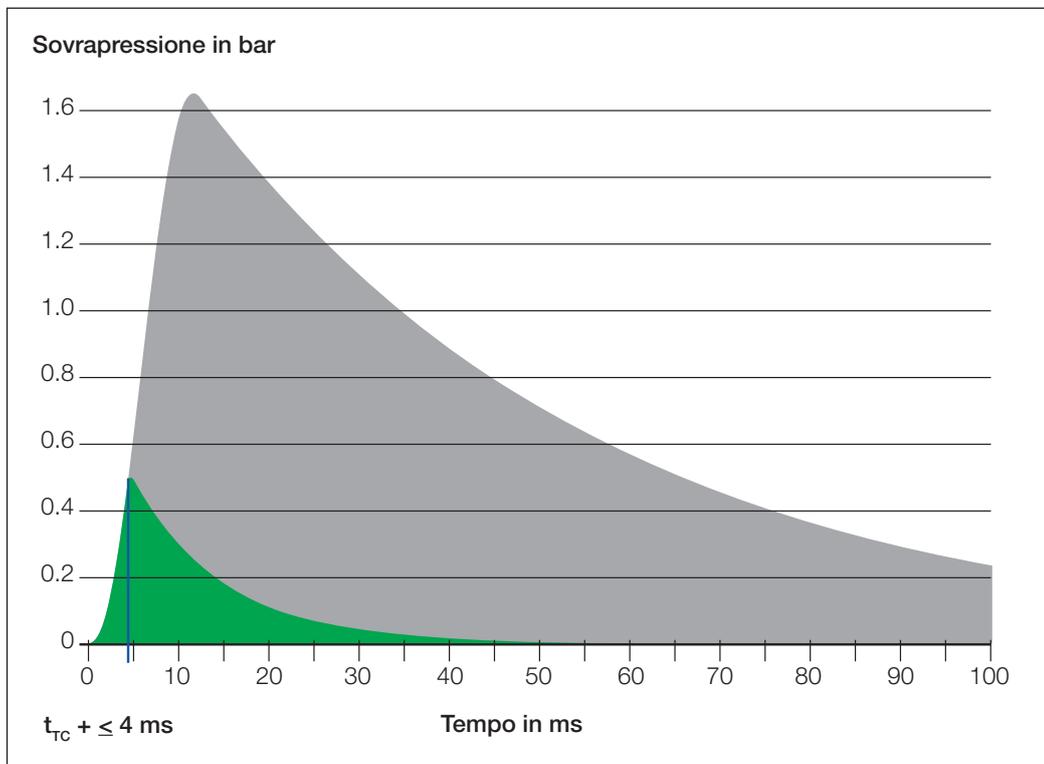
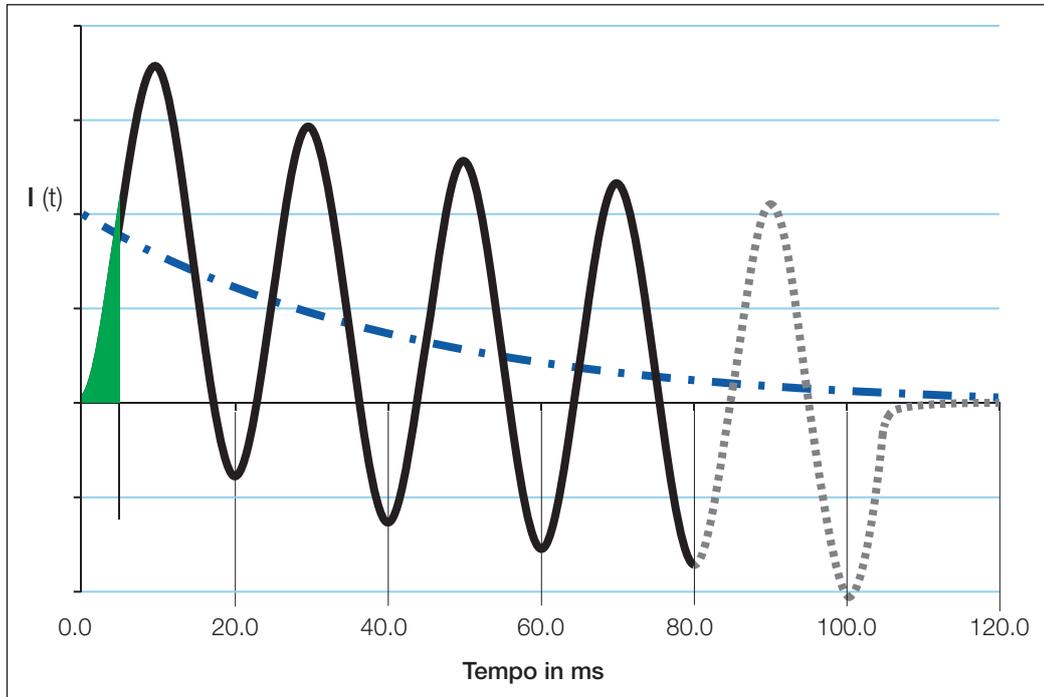
4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

Il funzionamento è il seguente: dei sensori di luce, posti nei compartimenti da proteggere, inviano il segnale di presenza dell'arco all'unità di controllo. L'unità di controllo invia un comando di chiusura ai tre dispositivi rapidi di manovra che stabiliscono un cortocircuito trifase franco a terra. L'impedenza del guasto franco è talmente bassa che la corrente commuta interamente sul nuovo guasto, causando

l'immediata estinzione dell'arco interno. Successivamente la corrente di guasto è interrotta dall'interruttore dell'unità di arrivo. Il tempo tipico di estinzione dell'arco è di 4 ms.

Come si può notare dai grafici nella pagina seguente, l'energia (area verde) e la pressione (area azzurra) sono notevolmente inferiori alla situazione senza UFES.





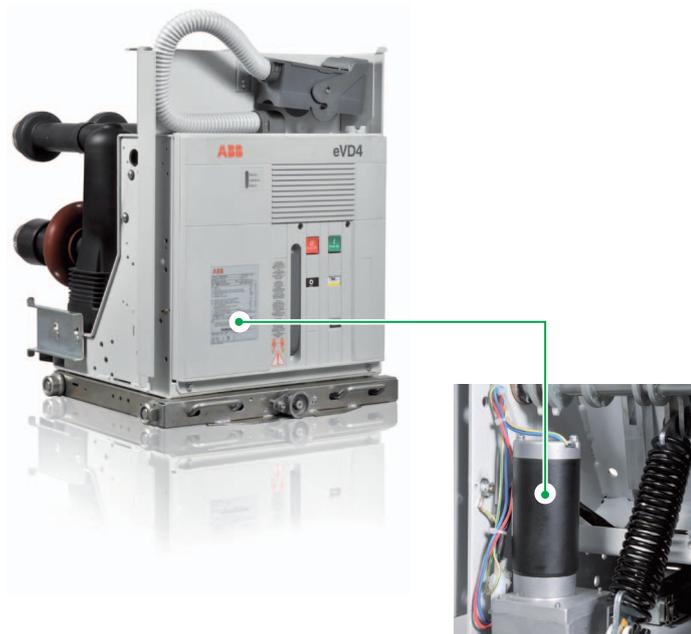
Si può stimare che l'energia rilasciata sia meno dell'1% dell'energia rilasciata dall'arco durante una prova di tenuta all'arco interno di 1 secondo. In queste condizioni a volte non si aprono neppure il flap di sfogo della pressione e dei gas caldi. Questa soluzione si presta quindi anche per incrementare la sicurezza in quadri esistenti non classificati IAC.

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

4.6.7 Manovra a distanza

A questo proposito la norma suggerisce genericamente la manovra a distanza al posto della manovra di fronte all'apparecchiatura. Si apre quindi un ventaglio di soluzioni che vanno dall'inserzione/estrazione degli interruttori a distanza ai sistemi di supervisione e controllo remoto.

Inserzione/estrazione degli interruttori a distanza



Questa funzione permette di mettere una certa distanza tra l'operatore e l'energia generata dall'arco interno nel caso di un eventuale guasto nel quadro elettrico. Ciò consente di effettuare le operazioni degli interruttori di potenza in condizioni di maggior sicurezza. In particolare l'operazione di inserzione/estrazione di un interruttore rispetto alla posizione di connesso presenta un rischio elevato. Gli interruttori in vuoto ABB possono essere equipaggiati con un sistema integrato di inserzione/estrazione motorizzato. I nuovi quadri possono essere equipaggiati direttamente con questo dispositivo o essere installato successivamente con intervento del Service.

Nei quadri di vecchia concezione l'operazione di inserzione/estrazione viene eseguita accedendo direttamente all'interruttore con la porta del compartimento aperta; in queste condizioni un malfunzionamento o una manovra errata durante l'operazione di inserzione/estrazione può avere conseguenze drammatiche per il personale. Ricondersi, quindi, ad una situazione controllata di manovra con la porta del compartimento interruttore chiusa è importante per la sicurezza in particolare per i vecchi interruttori, maggiormente soggetti a guasti meccanici.



Il Service ABB propone una soluzione motorizzata di inserzione/estrazione a porta chiusa per il retrofit di vecchi interruttori con comando a distanza. Ulteriore condizione di sicurezza è quella di operare con la certezza che la tensione sia assente, a prescindere da errori di comunicazione con altri operatori o da eventuali malfunzionamenti. Ciò può essere realizzato con una visualizzazione locale di presenza tensione; in questo ambito ABB ha sviluppato un prodotto basato sull'utilizzo di display a cristalli liquidi (LCD) sensibile al campo elettrico in corrente alternata che non necessita di alcuna alimentazione ausiliaria. Questo prodotto denominato VisiVolt può essere installato anche su impianti esistenti dove non siano stati previsti in fase di progetto indicatori di presenza tensione.



Sistemi di supervisione e controllo



Questi sistemi consentono di aumentare la sicurezza in molti modi: innanzi tutto la manovra degli apparecchi, interruttori, sezionatori motorizzati, contattori, può essere eseguita a distanza dalla sala controllo, il che minimizza la possibilità di incidenti per l'operatore. Inoltre, è possibile programmare una serie di interblocchi considerando tutte le possibili situazioni impiantistiche, cosa molto complicata da realizzare con metodi tradizionali. Per esempio, considerare le varie situazioni di manutenzione evitando manovre non corrette in presenza di operatori sull'impianto, informando tutto il personale interessato, inviando localmente ai tecnici

informazioni utili alla manutenzione stessa, ecc. Ovviamente gli interblocchi di sicurezza sui quadri e sulle unità funzionali non vengono sostituiti ma piuttosto integrati grazie ad una visione generale della funzionalità dell'intero impianto elettrico. Possono inoltre essere definiti livelli di autorizzazione diversi per le varie azioni in relazione alla criticità e al tipo di impatto sull'impianto; ad esempio, l'avviamento di un motore può essere effettuato da un semplice operatore ma il cambio di configurazione dell'impianto necessiterà di un livello di competenza ed autorizzazione superiore.

4. La sicurezza elettrica nei quadri elettrici di media tensione

ABB offre soluzioni collaudate in questo campo, come i sistemi MicroSCADA, che garantiscono la perfetta integrazione con i vari dispositivi IED posti a protezione e controllo dell'impianto.

Control center



MicroSCADA Pro system server and workstation



Interbay bus IEC 61850 (ring configuration)



Remote communication IEC 101/IEC 104/DNP 3.0

MicroSCADA Pro communication gateway

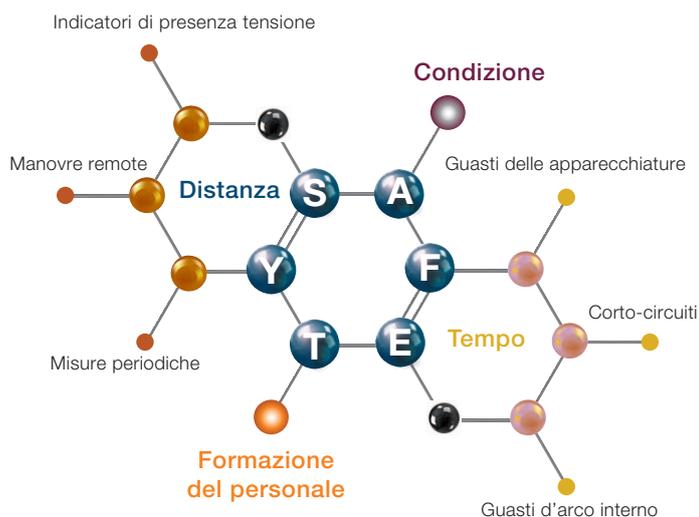




5. La manutenzione

Abbiamo visto nel capitolo dedicato alle leggi e norme, che nel D.LGS. 81/08 “Impianti e apparecchiature elettriche”, articolo 80 “Obblighi del datore di lavoro” si stabilisce che il datore di lavoro deve, tra l’altro, predisporre le procedure di uso e manutenzione atte a garantire nel tempo la permanenza del livello di sicurezza raggiunto con l’adozione delle misure prese. Una cattiva manutenzione, infatti, genera con il tempo quelle condizioni di rischio che le norme tecniche e i costruttori cercano di limitare introducendo regole e innovazioni in fase di progettazione e costruzione. Il tema della manutenzione è estremamente vasto e può andare dalla valutazione delle condizioni e probabilità di rischio delle apparecchiature, all’installazione di sistemi di monitoraggio all’avanguardia per la manutenzione secondo condizione. Possono essere inclusi, tuttavia, anche altri servizi quali la formazione del personale in impianto, pronto intervento in emergenza, ecc. Il fine è sempre e comunque di garantire la massima affidabilità nel tempo dell’impianto elettrico.

Con riferimento alla figura seguente, abbiamo già visto come la riduzione della durata del guasto e quindi degli effetti dell’arco interno e la distanza dell’operatore dal quadro stesso, possano diminuire considerevolmente il rischio di infortunio. Gli altri due aspetti da considerare sono la conoscenza della condizione reale dell’impianto e la formazione del personale.



Conoscere la condizione reale del proprio impianto vuol dire valutare lo stato delle apparecchiature, per stabilirne il profilo di rischio sulla base delle condizioni e dell’importanza all’interno della rete elettrica. Sulla base di questa analisi si possono definire le priorità d’intervento per mitigare i rischi esistenti ed evitare effettive situazioni di pericolo. Possibili interventi sono:

- programmi di monitoraggio e riduzione dei rischi per aumentare al massimo l’affidabilità e ridurre al minimo l’esposizione degli operatori;
- aggiornamento e retrofitting delle apparecchiature per aumentarne la sicurezza intrinseca: attività di manutenzione adeguate alle attuali tecnologie, cicli di apertura-chiusura più rapidi e tempi di eliminazione dei guasti più veloci;
- test diagnostici mirati alla verifica della qualità delle connessioni e degli effetti di agenti inquinanti, guasti meccanici e apparecchi difettosi.

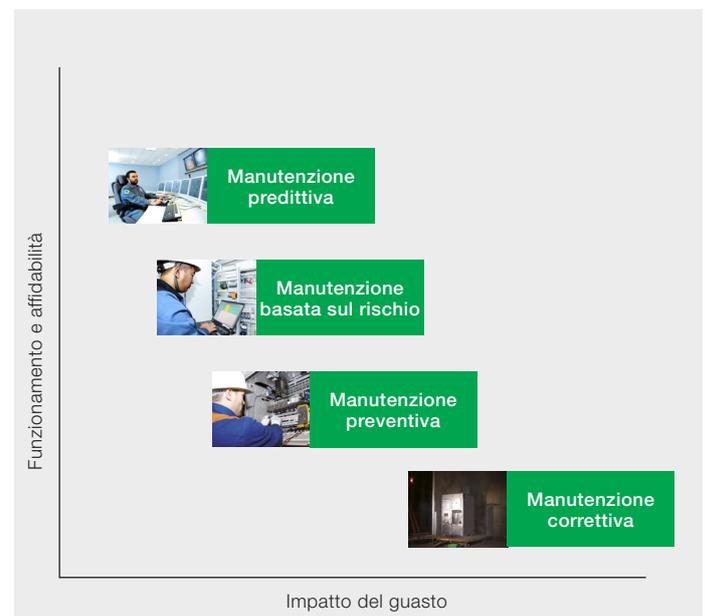
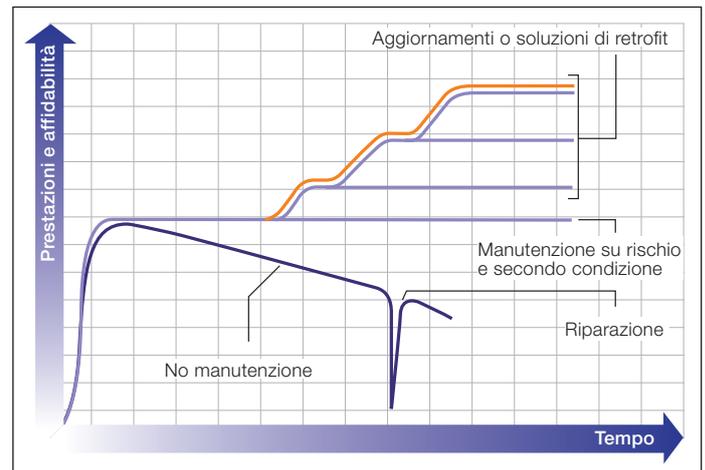
Per quanto riguarda la formazione del personale, data l’elevata incidenza dell’errore umano nella cause di guasto, è evidente che la disponibilità di personale adeguatamente formato è fondamentale per garantire la correttezza delle manovre e quindi la sicurezza del personale stesso. In tale ambito possiamo comprendere la formazione vera e propria, lo sviluppo di procedure e gli studi tecnici di consulenza; infatti:

- i servizi di formazione tecnica e ingegneristica offrono al personale una migliore comprensione delle loro apparecchiature e dei loro sistemi, assicurando che siano operati appropriatamente;
- gli studi di valutazione dei rischi connessi agli archi interni contribuiscono a stabilire il necessario livello dei dispositivi di protezione individuale (DPI) che gli operatori sono tenuti ad indossare in vicinanza di aree potenzialmente a rischio. Guidano inoltre nella definizione delle apparecchiature più adeguate a limitare ed estinguere i guasti d’arco interno;
- gli studi tecnici di consulenza offrono una documentazione organica circa eventuali sovratensioni o sovracorrenti dovute a transitori associati alla manovra degli apparecchi, le tarature e il coordinamento delle protezioni, integrando efficacemente relè e apparecchi di protezione associati e quindi garantendo che il sistema operi opportunamente quando sollecitato dai guasti.

Il Service di ABB offre tutti questi servizi con il pacchetto Power Care, personalizzabile dal cliente stesso sulla base delle reali esigenze. ABB Power Care è basato su una matrice di servizi, in particolare di cinque aree (1- Servizi per lo sviluppo delle competenze, 2- Servizi di manutenzione in emergenza, 3- Servizi di diagnosi e valutazione delle condizioni, 4- Assistenza al personale di impianto, 5- Servizi di manutenzione in impianto) per quattro livelli di servizio (livello base, livello 1, livello 2, livello 3). Il cliente può quindi scegliere i servizi più consoni alle proprie esigenze. Tornando al problema della manutenzione vera e propria dell'impianto elettrico, sono possibili diverse strategie, di cui quella di non predisporla è da scartare in partenza in quanto con il tempo può diventare causa di incidenti per gli operatori e danni all'impianto. Le altre possibili strategie sono la manutenzione programmata, la manutenzione preventiva basata sulla valutazione del rischio ed infine la manutenzione basata sul monitoraggio continuo dello stato effettivo dell'impianto. Da considerare anche come soluzione ottimale l'aggiornamento continuo dell'impianto sulla base degli sviluppi tecnici del settore.

La manutenzione programmata viene effettuata a intervalli di tempo predeterminati o comunque secondo determinati criteri nell'ottica di ridurre il rischio di guasti e il progressivo degrado dell'impianto. I cicli di manutenzione vengono scelti in genere sulla base della possibilità di mettere fuori servizio l'impianto. La manutenzione preventiva si basa su analisi, misure e test periodici per ottenere informazioni sullo stato dell'impianto tenendo conto delle condizioni ambientali, operative e di processo delle apparecchiature. Il fine, in sostanza, è quello di avere una fotografia dello stato dell'impianto e una valutazione aggiornata del rischio in modo da definire il programma di manutenzione più appropriato. Tutti gli apparecchi che mostrano valori anormali vengono ricondizionati o sostituiti allungando in questo modo la vita utile dell'impianto e garantendo allo stesso tempo un livello elevato di sicurezza, disponibilità ed efficienza.

La manutenzione basata sul monitoraggio continuo dell'impianto è sicuramente la più avanzata in quanto non solo considera le reali condizioni delle apparecchiature ma consente di verificare anche l'efficacia delle azioni correttive prese. A tal fine è necessario definire i parametri di lavoro dei principali componenti dell'impianto, monitorarli continuamente e confrontarli con i valori di riferimento. La manutenzione viene conseguentemente effettuata fornendo la segnalazione del superamento della soglia che indica che la probabilità di guasto sta aumentando. Questa strategia nel lungo termine riduce drasticamente i costi di manutenzione e parallelamente riduce il rischio di guasti ottimizzando la gestione delle risorse disponibili.

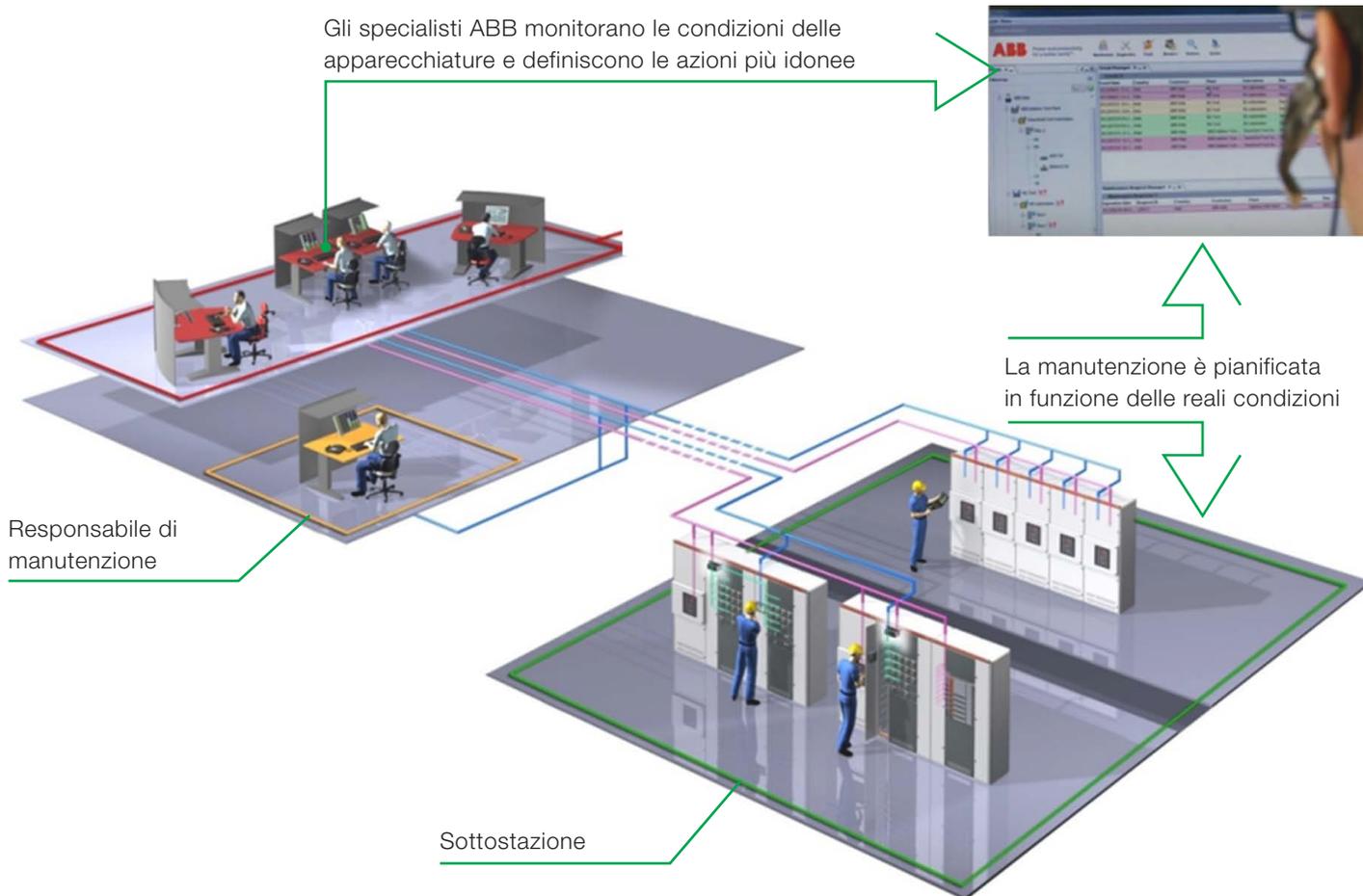


5. La manutenzione

In quest'ultima applicazione ABB propone i prodotti MyRemoteCare e MySiteCare. MyRemoteCare offre la possibilità di memorizzare le informazioni di diagnostica relative ai singoli dispositivi e di utilizzarli per generare rapporti e segnalazioni di allarme. Inoltre, l'analisi dei dati storici e dei trend consente di determinare le deviazioni nel tempo dai comportamenti standard. In questo modo i tecnici del Service di ABB possono analizzare da remoto i dati diagnostici degli interruttori, ma anche di dispositivi di bassa media e alta tensione e di trasformatori, segnalando eventuali problemi, verificando le cause e intraprendendo se del caso le manutenzioni necessarie a breve o a lungo termine.

I responsabili della manutenzione possono verificare le attività pianificate ed effettuate dagli esperti ABB consultando il portale MyRemoteCare.

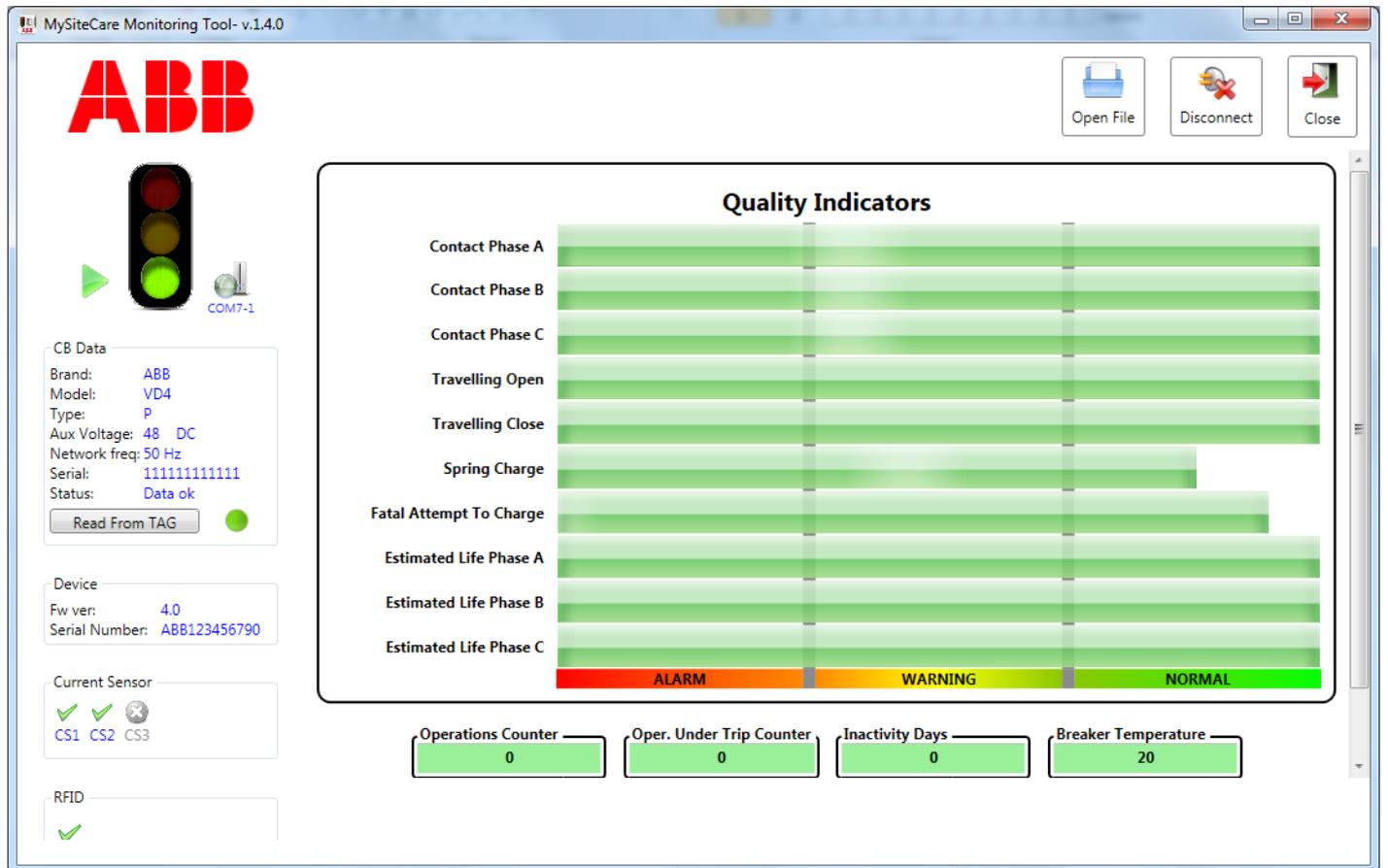
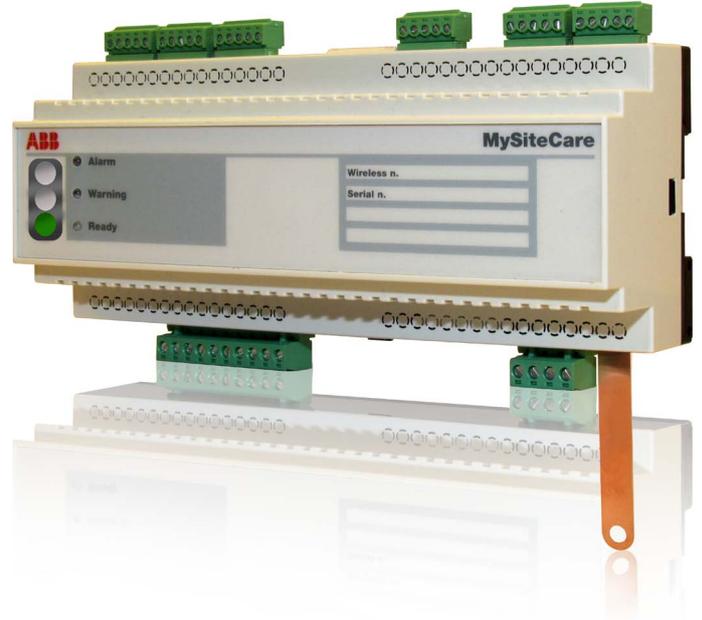
Il sistema raccoglie le informazioni di diagnostica tramite varie fonti: IED, Interruttori dotati di elettronica, sensori e sistemi integrati di diagnostica. In assenza di questi dispositivi ABB può fornire MySiteCare ovvero un dispositivo universale di diagnostica per interruttori.



Il dispositivo di monitoraggio e diagnostica MySiteCare acquisisce i dati tipici degli interruttori e li elabora in dati diagnostici così da determinare le condizioni di funzionamento e consentire di pianificare la manutenzione. Il dispositivo può raccogliere le seguenti informazioni:

- dati meccanici: tempi di aperture e chiusura, tempo di carica delle molle del comando, tentativi falliti di carica delle molle, numero di manovre, tempi morti;
- dati ambientali, quali le temperature nei compartimenti dell'unità funzionale;
- dati diagnostici veri e propri quali la stima della vita residua e l'usura dei contatti.

Sulla base di questi dati il dispositivo elabora algoritmi di diagnostica predittiva fornendo indicazioni sulle condizioni meccaniche, elettriche e funzionali dell'interruttore.



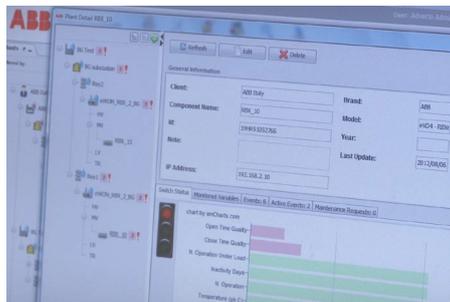
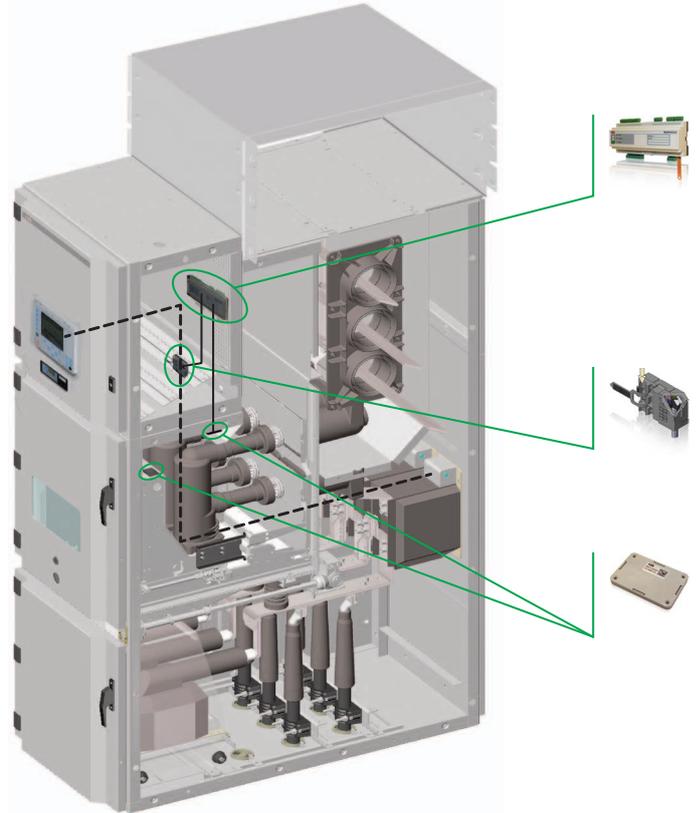
5. La manutenzione

MySiteCare è dotato di un'interfaccia user-friendly che visualizza lo stato dell'interruttore tramite un semaforo il cui colore indica quanto serio è il problema e quindi che probabilità vi sono di guasto o di impatto negativo sulla disponibilità o peggio sulla sicurezza.

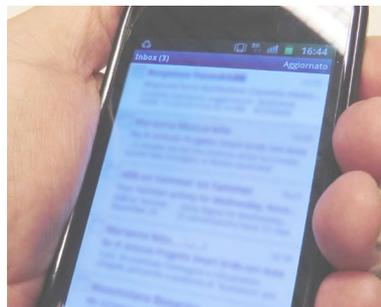
Nessuna modifica è necessaria al quadro, all'interruttore o al relè di protezione. I componenti da installare sono l'unità centrale, il sensore di corrente e il dispositivo di identificazione wireless (RDIF) che memorizza in modo univoco i dati dell'interruttore e li trasmette all'unità centrale. Gli algoritmi predittivi sono configurati dai tecnici ABB al momento dell'installazione.

Le informazioni elaborate da ciascun MySiteCare sono trasmesse in RS485 ad un concentratore che contiene una SIM card per comunicare, tramite rete telefonica mobile (2G/3G ..) e canale privato dedicato di sicurezza, al Centro Dati ABB.

In assenza di eventi significativi che vengono comunicati immediatamente, lo stato dell'impianto viene aggiornato ogni 24 ore mentre lo stato della connessione con l'impianto viene analizzato opportunamente per verificare la disponibilità e la qualità dei dati. I tecnici specializzati di ABB possono accedere al portale via Internet per consultare i dati diagnostici e fornire il supporto necessario.



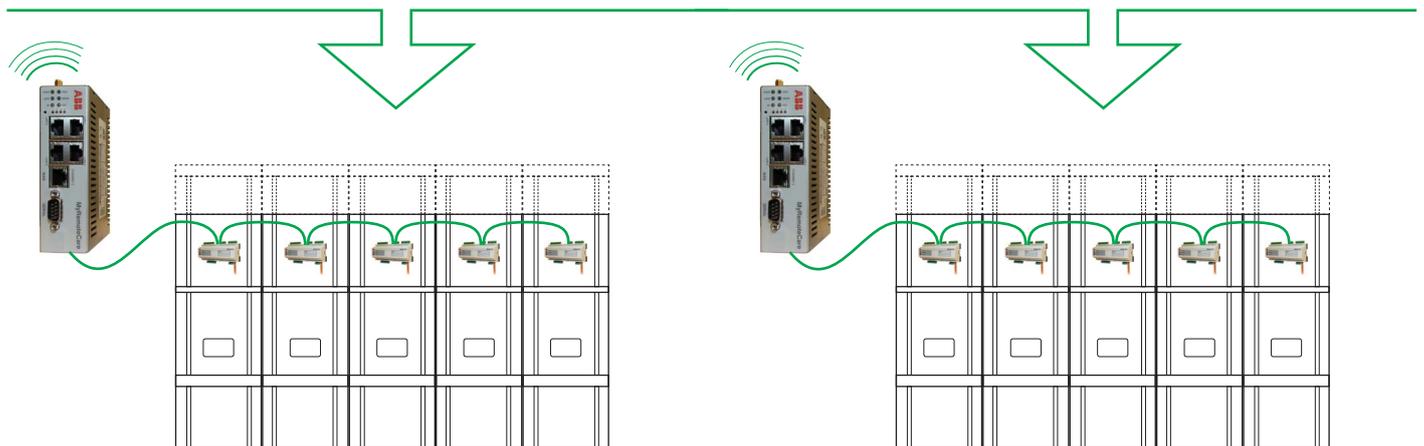
Accesso alle informazioni via internet



Alert via mail



Report sintetici periodici



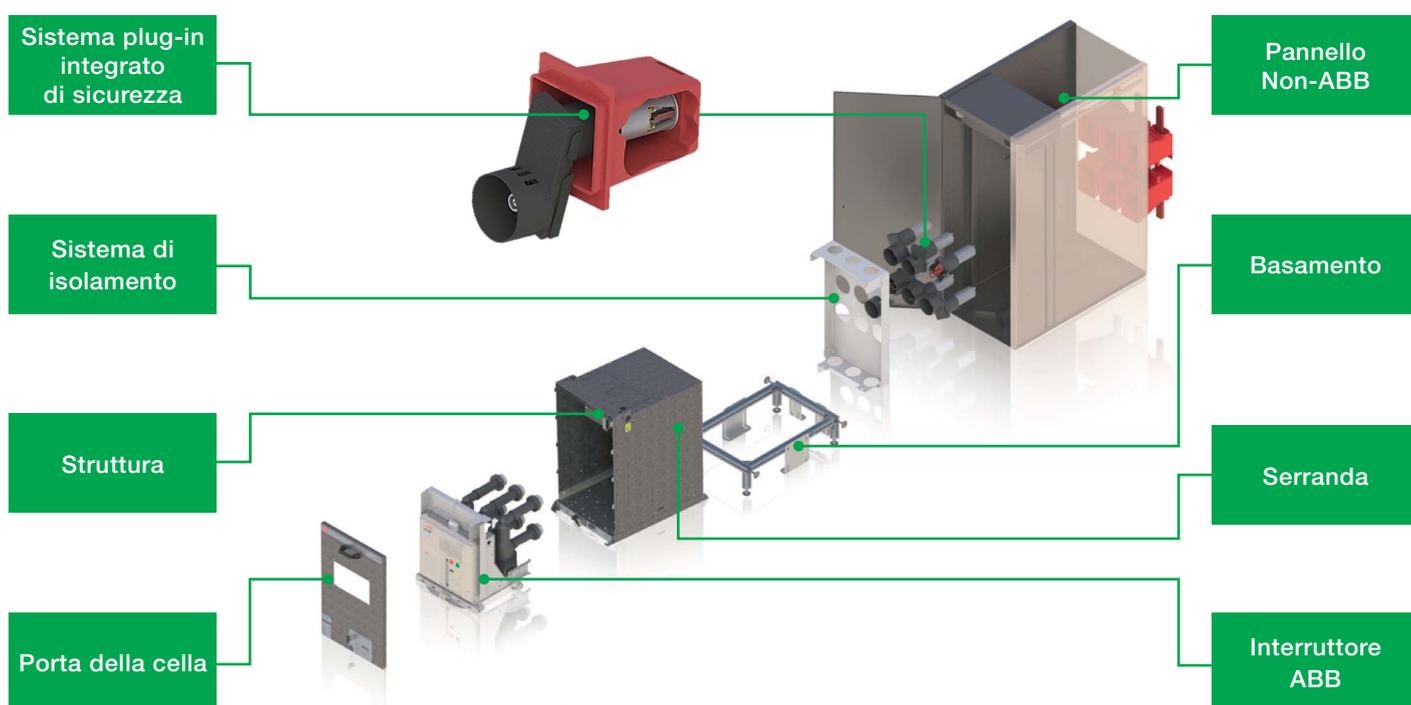
Modalità di trasmissione delle informazioni di diagnostica dall'impianto a MyRemoteCare

Da ultimo, come ulteriore soluzione al problema della manutenzione, consideriamo anche l'aggiornamento e il retrofit delle apparecchiature in modo da adeguarle allo stato dell'arte in termini di tecnologia e sicurezza.

Dopo un'opportuna analisi dello stato delle apparecchiature, infatti, può risultare conveniente la loro completa sostituzione anziché ricorrere alla consueta manutenzione ordinaria.

Ad esempio, è possibile aggiornare vecchi interruttori ormai obsoleti dal punto di vista tecnologico, ad esempio interruttori in aria o in olio ridotto, con moderni interruttori in SF6 o in vuoto dove siano implementate tutte le soluzioni atte ad aumentare la sicurezza del personale.

La soluzione proposta da ABB in questo caso si chiama OneFit:



Il nuovo interruttore viene adattato meccanicamente ed elettricamente tramite una verifica effettuata in sito sul quadro esistente da personale esperto e qualificato. Il risultato è un miglioramento non solo delle prestazioni tipiche di un nuovo apparecchio, ma anche e soprattutto della sicurezza grazie a soluzioni quali interblocchi tra interruttore e portella, comando remoto, inserzione/estrazione a portella chiusa e quant'altro messo a disposizione dalla moderna tecnologia in termini di protezione e monitoraggio.

6. Conclusioni

La Legge 1° marzo 1968, n. 186 stabilisce che i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d'arte. Chiarire e richiedere sin dal progetto iniziale i requisiti minimi previsti dalla normativa in termini di sicurezza da applicare al proprio impianto vuol dire iniziare nel migliore dei modi riducendo il rischio di infortuni. Successivamente, affidarsi a costruttori con comprovate capacità non solo di seguire la normativa ma di progettare, testare e installare prodotti innovativi e in grado di proporre ulteriori soluzioni per ridurre ulteriormente il grado di rischio. Infine, eseguire come richiesto dalla legge, la manutenzione dell'impianto affrontando il tema a 360 gradi con un partner serio e propositivo.



Contatti

ABB S.p.A.
ABB SACE Division
Medium Voltage Products
Via Friuli, 4
I-24044 Dalmine
Tel.: +39 035 6952 111
Fax: +39 035 6952 874
e-mail: info.mv@it.abb.com

www.abb.com

Dati e immagini non sono impegnativi. In funzione dello sviluppo tecnico e dei prodotti, ci riserviamo il diritto di modificare il contenuto di questo documento senza alcuna notifica.

© Copyright 2017 ABB. All rights reserved.