

POLITECNICO DI MILANO
Facoltà di Ingegneria dei Processi Industriali
Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettrica
Dipartimento di Elettrotecnica



**Impianti Elettrici in ambienti con pericolo di esplosione:
Norme Europee e Norme Americane a confronto**

Relatore: Prof. Ing. R. Faranda

Correlatore: Ing. K. Fumagalli, Ph.D.

Tesi di Laurea Specialistica di:
Stefano Centineo
Matr. 755100

Anno Accademico 2012-2013

INDICE

Introduzione	pg. 3
Capitolo 1: Classificazione degli Ambienti	pg. 7
1.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 7
1.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 10
1.3 Commenti	pg. 12
Capitolo 2: Classificazione degli Apparecchi	pg. 13
2.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 13
2.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 14
2.3 Commenti	pg. 16
Capitolo 3: Classi di Temperatura	pg. 17
3.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 17
3.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 19
3.3 Commenti	pg. 21
Capitolo 4: Sistemi di Protezione	pg. 22
4.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 22
4.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 25
4.3 Commenti	pg. 30
Capitolo 5: Metodi di Cablaggio	pg. 31
5.1 Guida NEC 500/Standard UL	pg. 31
5.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 42
5.3 Commenti	pg. 49
Capitolo 6: Sicurezza Elettrica	pg. 52
6.1 Guida NEC 500/Standard UL.	pg. 52
6.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 58
6.3 Commenti	pg. 61
Capitolo 7: Apparecchi di Illuminazione	pg. 63
7.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 63
7.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN.....	pg. 66
7.3 Commenti	pg. 68

Capitolo 8: Impianto di Terra	pg. 69
8.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 69
8.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN.....	pg. 69
8.3 Commenti	pg. 73
Capitolo 9: Marcatatura	pg. 74
9.1 Guida NEC 500/Standard UL.....	pg. 74
9.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN.....	pg. 76
9.3 Commenti	pg. 81
Capitolo 10: Esempio di Progetto	pg. 83
10.1 Ambiente di Classe II, Divisione 1/Zona 20	pg. 83
10.1.1 Guida NEC 500/Standard UL	pg. 84
10.1.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 87
10.1.3 Commenti	pg. 89
10.2 Ambiente di Classe I, Divisione 2, Zona 1 e Zona 2	pg. 92
10.2.1 Guida NEC 500/Standard UL	pg. 93
10.2.1 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN	pg. 95
Conclusioni	pg. 96
Bibliografia	pg. 98

INTRODUZIONE

La presente trattazione, vuole proporre al lettore un confronto tra le norme Europee e le norme Americane riguardanti progettazione, installazione e manutenzione di impianti elettrici in ambienti a rischio di esplosione. Sempre più spesso le esigenze di mercato portano le aziende di ogni settore a guardarsi intorno per proporre i propri prodotti nei territori internazionali. Non sempre però le normative che regolamentano la sicurezza e la protezione degli impianti sono coerenti tra paese e paese; sebbene all'interno del continente Europeo, questa regolamentazione tra i vari stati sia affidata ad un ente specifico (CENELEC), non vi è tuttavia nessuna figura di coordinamento intercontinentale.

Per quanto riguarda gli ambienti con atmosfera potenzialmente esplosiva, ogni paese fa riferimento ad un proprio Standard. Vale la pena spendere qualche parola a proposito degli Standard utilizzati:

- ATEX: Direttiva 94/9/CE per l'Europa;
- NEC: National Electrical Code (500 o 505) nell'America Settentrionale;
- IEC: International Electrotechnical Commission;
- EN: Norma Europea;
- Standard UL per l'America.

Nel 1996, l'IEC e il CENELEC hanno siglato un accordo di coordinazione, chiamato "Accordo di Dresda", per sviluppare nuovi standard. Questo significa che dal settembre 1996 lo stesso documento è presentato simultaneamente all'IEC e al CENELEC e gli standard sono pubblicati nello stesso momento e sono identici. Per questo motivo, dal 1996 in poi, le norme IEC e EN si possono considerare assolutamente equivalenti e nel corso della tesi verranno fatti riferimenti all'una o all'altra indistintamente.

La normativa viene regolamentata in Europa dalla Direttiva 94/9/CE – ATEX, con riferimento alle Norme IEC, IEC-Ex e (per l'Italia) CEI. In America invece, la regolamentazione è affidata alla Guida NEC 500; con riferimento allo Standard UL.

Una prima grande differenza tra Europa e America, è che la direttiva ATEX è per l'appunto una direttiva, e quindi definisce esclusivamente la linea di condotta da seguire

relativamente ad un determinato campo (nel caso specifico gli ambienti a rischio esplosione) ed alle esigenze relative a beni e persone, ma non spiega concretamente e tecnicamente come conformarvisi; ruolo lasciato alle Norme tecniche. In America invece, la guida NEC, oltre a svolgere il ruolo di direttiva, integra anche norme e prescrizioni da seguire per la progettazione di impianti ed apparecchi.

In Italia la Norma principe a proposito dell'installazione degli impianti elettrici in bassa tensione è affidata alla Norma CEI 64-8, la quale resta valida anche per gli ambienti a rischio esplosione, ma in questo caso tale Norma viene integrata dalla IEC/EN 60079-14 (Explosive Atmospheres - Electrical installations design, selection and erection) e della IEC/EN 60079-17 (Explosive Atmospheres - Electrical installations inspection and maintenance).

Le IEC sono delle Norme Armonizzate valide in tutta Europa. Per molti versi, anche lo Standard UL Americano sta effettuando l'armonizzazione con IEC/EN (riscontrabili in NEC 505), seppur mantenendo alcune differenze sostanziali che verranno evidenziate nel corso della tesi. Consultando infatti la guida NEC, a proposito degli ambienti a rischio esplosione, vi sono due sessioni distinte: NEC 500 che, in riferimento allo Standard UL, ha un ruolo autoctono per quanto riguarda lo standard Americano il quale risulta spesso incompatibile con lo standard Europeo; NEC 505 tuttavia, come già accennato, propone un approccio alla progettazione di un impianto armonizzato con lo standard Europeo IEC/EN.

Si vuole ora proporre una rapida panoramica degli argomenti che verranno trattati nel corso dei capitoli successivi:

Capitolo 1: Classificazione degli Ambienti

Il punto di partenza per affrontare l'argomento, sarà capire come i due Standard normativi classificano gli ambienti pericolosi, aspetto basilare per verificare le similitudini, ma soprattutto le differenze che se non comprese, possono portare a gravi errori di valutazione e (di conseguenza) di progettazione.

Capitolo 2: Classificazione degli Apparecchi

Dopo aver imparato a distinguere i vari ambienti, sarà fondamentale capire quali dovranno essere le caratteristiche degli apparecchi da installare per ogni tipo di ambiente. Verranno specificate le particolari condizioni in cui un apparecchio dovrà funzionare ed i limiti pratici che si possono incontrare.

Capitolo 3: Classi di Temperatura

La classe di temperatura è un'informazione importantissima per rendere sicuro un particolare ambiente pericoloso in quanto ci dice la temperatura massima di superficie raggiungibile da un apparecchio; informazione valutata in relazione alla temperatura di innesco di un determinato ambiente.

Capitolo 4: Sistemi di Protezione

In questo capitolo verranno illustrati i vari metodi per mettere in sicurezza un impianto in luogo pericoloso; a partire da un "sovradimensionamento" di apparecchi e componenti in modo da rendere impossibili sovratemperature o scintille pericolose, fino ad arrivare ad un isolamento totale tra componenti attive di un impianto e l'ambiente pericoloso.

Capitolo 5: Metodi di Cablaggio

Dopo aver creato le fondamenta per poter comprendere la progettazione di un impianto in ambiente a rischio esplosione, si passa ad un argomento legato alla progettazione in maniera più stretta. Verranno illustrati i criteri di scelta di conduttori e condutture, i sistemi di connessione tra i vari apparecchi e verrà evidenziata l'importanza della sigillatura di tali connessioni.

Capitolo 6: Sicurezza Elettrica

Dopo aver visto i metodi per collegare tutti gli elementi di un impianto, è il momento di dedicarsi direttamente agli apparecchi tipici utilizzati. Prendendo quindi in considerazione macchine rotanti, trasformatori, condensatori e sistemi di interruzione e sezionamento, si illustreranno le caratteristiche di base che i due sistemi normativi ritengono indispensabili per la messa in sicurezza dell'impianto.

Capitolo 7: Apparecchi di Illuminazione

Un qualsiasi impianto domestico o industriale che sia, avrà indubbiamente bisogno di un'adeguata illuminazione. Per questo motivo risulta importante dedicare un intero capitolo a questo tipo di apparecchi che, per quanto scontati possano sembrare, nascondono nella loro semplicità diverse insidie nella loro installazione in ambienti pericolosi.

Capitolo 8: Impianto di Terra

Parte dell'impianto apparentemente ininfluenza nella progettazione di un, in particolare per gli ambienti con rischio di esplosione, in quanto elemento generalmente "passivo" dell'impianto. Tuttavia si vedrà che IEC riserva qualche specifica particolare in proposito; inoltre anche la norma strettamente Italiana propone delle accortezze in più.

Capitolo 9: Marcatura

La marcatura degli apparecchi è un punto importante tanto quanto la progettazione degli stessi in quanto viene certificata la conformità e l'idoneità di un determinato apparecchio ad essere installato in uno specifico ambiente; inoltre verrà spiegato che la marcatura risulta essere una sorta di carta d'identità di un apparecchio, il che è una forte agevolazione del processo di installazione.

Capitolo 10: Esempio di Progetto

Viene proposto un esempio molto semplice, per illustrare come si applicano nella pratica i concetti esposti nella tesi. Si proporrà il progetto di uno stesso impianto valutato secondo entrambi i sistemi normativi e per diverse categorie di ambiente pericoloso.

CAPITOLO 1

Classificazione degli Ambienti

Il punto di partenza nella gestione degli impianti in ambienti a rischio di esplosione è la classificazione di tali ambienti, andando a definire i fattori causa del rischio.

Sia nell'approccio Americano, che in quello Europeo, il rischio di esplosione viene imputato a due fattori principali (che saranno la base sulla quale verranno classificati gli ambienti) quali i gas o le polveri esplosive. La classificazione viene in generale effettuata sulla base della probabilità di presenza e in quali quantità questi elementi possono essere presenti in un ambiente.

1.1 Guida NEC 500/Standard UL

La guida NEC propone due metodi di classificazione degli ambienti a rischio esplosione, uno proprio esistente sin dalla prima versione della guida (NEC 500); e un altro più recente armonizzato con le IEC/EN (NEC 505).

La prima suddivisione proposta dalla NEC differenzia gli ambienti a rischio esplosione per classi e divisioni, ognuna con le proprie caratteristiche.

1.1.1 Classe I

Ambienti in cui possono essere presenti, in quantità sufficienti da produrre un'esplosione o un innesco, gas infiammabili, liquidi che producono vapori infiammabili, o combustibili liquidi che producono vapori [2.0].

Divisione 1: ambienti di *Classe I* in cui:

- le concentrazioni degli elementi previsti dalla *Classe I* possono essere presenti nelle normali condizioni operative;

- le concentrazioni degli elementi previsti dalla *Classe I* al di sopra del loro punto di innesco possono essere presenti frequentemente a causa di operazioni di riparazione o manutenzione;
- la rottura di un apparecchio o il fallimento di un processo possono rilasciare concentrazioni sufficienti all'innesco degli elementi previsti dalla *Classe I* e può inoltre causare lo sgancio simultaneo delle apparecchiature elettriche che possono causare un innesco.

Divisione 2: ambienti di *Classe I* in cui:

- gli elementi previsti dalla *Classe I* sono utilizzati o processati esclusivamente in condizioni di confinamento in contenitori chiusi con possibilità di fuoriuscita nell'ambiente solo in caso di rottura accidentale del contenitore o condizioni anormali di funzionamento;
- la presenza degli elementi previsti dalla *Classe I* è prevenuta da un sistema di ventilazione dell'ambiente che può essere soggetto a rischio di esplosione solo in caso di rottura, o di anormali condizioni di funzionamento del suddetto sistema di ventilazione;
- possono essere presenti occasionalmente gli elementi previsti dalla *Classe I* in ambienti adiacenti, a causa di una comunicazione tra i due locali; a meno che questa comunicazione non è prevenuta con una pressurizzazione e ventilazione da una sorgente di aria pulita nel qual caso la salvaguardia è assicurata fintanto che il sistema di pressurizzazione-ventilazione è in funzione.

La *Classe I* risulta quindi dedicata agli ambienti pericolosi a causa della presenza di gas o vapori infiammabili e vi è un'ulteriore suddivisione per ambienti in cui si ha presenza di gas in condizioni ordinarie (Divisione 1) e ambienti in cui la presenza di gas può avvenire solo in condizioni particolari e che in ogni caso va prevenuta (Divisione 2) attraverso ventilazione e pressurizzazione degli ambienti o confinamento dei gas all'interno di contenitori dedicati alla funzione di determinati apparecchi previsti per la *Classe I*.

1.1.2 Classe II

Ambienti a rischio di esplosione a causa della presenza di polveri combustibili [2.0].

Divisione 1: ambienti di *Classe II* in cui:

- la polvere combustibile è presente sotto le normali condizioni operative in quantità sufficienti a causare misture esplosive o innescabili;
- la rottura o le anormali condizioni di funzionamento di un macchinario o un apparecchio possono causare misture esplosive o innescabili e può inoltre essere presente una sorgente di innesco;
- le polveri combustibili del Gruppo E¹ possono essere presenti in quantità sufficienti da risultare pericolose.

Divisione 2: ambienti di *Classe II* in cui:

- le polveri combustibili causate da operazioni anormali, possono essere presenti nell'aria in quantità sufficienti da creare una mistura esplosiva o innescabile;
- è presente un accumulo di polveri combustibili, ma generalmente insufficiente per interferire con le normali operazioni degli apparecchi elettrici, ma che potrebbe diventare volatile a causa di un imprevisto malfunzionamento, manomissione del processo.

La *Classe II* si presenta come parente della *Classe I* dedicata però agli ambienti pericolosi a causa della presenza di polveri infiammabili. Anche qui vi è un'ulteriore suddivisione per gli ambienti in cui la presenza di polveri si manifesta in condizioni ordinarie (Divisione 1) oppure in situazioni straordinarie (Divisione 2) specificando comunque che un accumulo di polvere non è pericoloso di per sé, ma dipende dalla quantità di polvere presente e dalla sua volatilità.

¹ Atmosfere contenenti polveri metalliche combustibili, incluso alluminio, magnesio e le loro leghe commerciali, o altre polveri combustibili di particolari dimensioni, abrasività e conduttività che presentano rischio simile negli utilizzi elettrici.

1.1.3 Classe III

Ambienti pericolosi a causa della presenza di fibre facilmente innescabili o dove vengono utilizzati materiali che producono combustibile volatile, ma in cui non è probabile che queste fibre siano presenti in quantità sufficiente a creare una miscela esplosiva [2.0].

Divisione 1: ambienti di *Classe III* in cui vengono maneggiate fibre facilmente innescabili.

Divisione 2: ambienti di *Classe III* in cui vengono conservate fibre facilmente innescabili.

La *Classe III* propone una classificazione apparentemente trascurata nella normativa Europea (in realtà viene compresa negli ambienti a rischio a causa di polveri), dedicata agli ambienti pericolosi per la presenza di fibre innescabili creando anche qui due sotto classi relative ad ambienti di lavoro (Divisione 1) ed ambienti di stoccaggio (Divisione 2) delle suddette fibre.

1.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Le IEC/EN presentano un metodo di classificazione degli ambienti sostanzialmente diverso da quello proposto da NEC; tuttavia vi si possono riscontrare diverse similitudini e va inoltre specificato che la stessa NEC propone una classificazione alternativa a quella appena trattata, la quale è armonizzata con la classificazione IEC/EN.

Zona 0: luogo in cui un'atmosfera esplosiva che consiste in una miscela con aria di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente.

Zona 1: luogo in cui un'atmosfera esplosiva che consiste in una miscela con aria di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia è probabile si presenti occasionalmente durante il funzionamento normale.

Entrambe le zone appena descritte sono racchiuse interamente nella *Classe I*, Divisione 1 proposta da NEC.

Zona 2: luogo in cui un'atmosfera esplosiva che consiste in una miscela con aria di sostanze infiammabili sottoforma di gas, vapore o nebbia non è probabile che si presenti nel funzionamento normale ma, se ciò avviene, è possibile persista solo per brevi periodi.

In maniera un po' meno evidente, la *Classe I*, Divisione 2 comprende la Zona 2 proposta da ATEX [1] dalle IEC/EN [3], ma anche la Zona 1 si può considerare altrettanto equivalente; inoltre NEC [2.5] risulta molto più dettagliata specificando anche sistemi di prevenzione alla presenza di gas nell'ambiente.

Zona 20: luogo in cui un'atmosfera esplosiva sottoforma di una nube di polvere combustibile in aria è presente continuamente, o per lunghi periodi o frequentemente.

Zona 21: luogo in cui un'atmosfera esplosiva sottoforma di una nube di polvere Combustibile in aria è probabile si presenti occasionalmente durante il funzionamento normale.

Zona 22: luogo in cui un'atmosfera esplosiva sottoforma di una nube di polvere combustibile in aria non è probabile che si presenti nel funzionamento normale ma, se ciò avviene, è possibile persista solo per brevi periodi.

Se nella NEC [2.6] la *Classe II* è parente alla Classe I, nelle IEC/EN [3] le zone 20/21/22 sono parenti delle zone 0/1/2 e, come è intuibile, la *Classe II* racchiude tutte e tre queste zone. Da osservare tuttavia che le zone 20/21/22 trattano "nubi di polvere" tralasciando il particolare (esplicitato invece nella NEC) di ambienti in cui si possono avere accumuli di polvere che solo in determinate situazioni possono diventare nubi pericolose.

1.3 Commenti

Dal confronto tra i due modelli di suddivisione degli ambienti, è evidente che l'intera *Classe I* del modello NEC, racchiude Zona 0, Zona 1 e Zona 2 delle IEC/EN, considerando solo i gas combustibili (Tabella 1.1). Di fatto però, laddove le IEC/EN presentano 3 zone distinte, nella NEC, la *Classe I* è suddivisa in due divisioni, ciascuna delle quali presenta tre punti distinti; in totale quindi la normativa Americana presenta un livello di dettaglio maggiore rispetto alla normativa Europea per quanto riguarda questo tipo di classificazione.

Il discorso appena fatto resta egualmente valido per gli ambienti con presenza di polveri combustibile. Le zone 20, 21 e 22, sono completamente racchiuse nella *Classe II* (Tabella 1.2) ed anche qui si può osservare un'ulteriore livello di dettaglio della NEC nelle due suddivisioni della *Classe II*.

Nella normativa Europea infine risulta totalmente assente una classificazione degli ambienti equivalente alla *Classe III*. Tuttavia questa Classe si può considerare implicitamente compresa nella classificazione Zona 20/21/22 in quanto la stessa NEC 506, specifica già nella sua intestazione "Zone 20, 21 and 22 locations for combustibile dusts or ignitable fibers/flyings" racchiudendo quindi il concetto di fibre (separato per la Classe III) insieme alle polveri combustibili.

Tabella 1.1 – Ambienti pericolosi per gas

Zona 0	Zona 1	Zona 2
Classe I, Divisione 1		Classe I, Divisione 2

Tabella 1.2 – Ambienti pericolosi per polveri

Zona 20	Zona 21	Zona 22
Classe II, Divisione 1/Divisione 2		
Classe III, Divisione 1/Divisione 2		

CAPITOLO 2

Classificazione degli Apparecchi

Entrambi i sistemi normativi Europeo ed Americano, propongono una classificazione degli apparecchi valutata in base agli elementi pericolosi, quali tipologie di gas o di polveri, presenti negli ambienti in cui questi verranno installati ed opereranno.

Come per la classificazione degli ambienti, la NEC presenta una classificazione più vecchia ed indipendente e una nuova classificazione armonizzata con IEC/EN, ma che tuttavia, come verrà spiegato di seguito, presenta delle inevitabili incongruenze dovute al differente approccio delle due normative per quanto riguarda alcuni ambienti particolari.

2.1 Guida NEC 500/Standard UL

Facendo riferimento alle Classi di ambienti descritte nel Capitolo 1, NEC 500 [2.0] suddivide gli apparecchi utilizzati a seconda che siano destinati all'utilizzo in ambienti di *Classe I* o ambienti di *Classe II* definendo tre gruppi per ogni classe e specificando, inoltre, i gas o le tipologie di polveri presenti e i loro punti di innesco.

2.1.1 Classe I

- **Gruppo A:** Acetylene
- **Gruppo B:** Gas infiammabili, liquidi/vapori infiammabili, liquidi combustibili i cui vapori prodotti a contatto con l'aria possono bruciare o esplodere che abbiano un

*Maximum Experimental Safe Gap*² *MESG* ≤ 0,45 mm o una *Minimum Igniting Current Ratio*³ *MIC ratio* ≤ 0,40;

- **Gruppo C:** Gas infiammabili, liquidi/vapori infiammabili, liquidi combustibili i cui vapori prodotti a contatto con l'aria possono bruciare o esplodere che abbiano un $0,45 \text{ mm} \leq \text{MESG} \leq 0,75 \text{ mm}$ o una $0,40 \leq \text{MIC ratio} \leq 0,80$;
- **Gruppo D:** Gas infiammabili, liquidi/vapori infiammabili, liquidi combustibili i cui vapori prodotti a contatto con l'aria possono bruciare o esplodere che abbiano un $\text{MESG} \geq 0,75 \text{ mm}$ o una $\text{MIC ratio} \geq 0,80$.

2.1.2 Classe II

- **Gruppo E:** Atmosfere contenenti polveri metalliche combustibili, incluso alluminio, magnesio e le loro leghe commerciali, o altre polveri combustibili di particolari dimensioni, abrasività e conduttività che presentano rischio simile negli utilizzi elettrici;
- **Gruppo F:** Atmosfere contenenti polveri combustibili a base di carbonio volatili per più dell'8% totale, o che sono state sensibilizzate da altri materiali.
- **Gruppo G:** Atmosfere contenenti polveri non comprese nei Gruppi E ed F, incluse polveri di fiori, grano, legno, plastica e chimiche.

2.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Non essendoci la suddivisione in Classi, per la normativa Internazionale [4] esistono tre gruppi principali; uno a sé stante e altri due suddivisi ciascuno in tre sottogruppi. Anche in questo caso c'è una suddivisione delle varie tipologie di gas che possono essere presenti negli ambienti con i relativi punti di innesco; tuttavia per quanto riguarda le polveri la

² **MESG:** La distanza massima tra due superfici metalliche parallele verificata, in condizioni di prova specificate, ad impedire che una esplosione in una camera di prova venga propagata a una camera secondaria contenente lo stesso gas o vapore alla stessa concentrazione.

³ **MIC ratio:** il rapporto tra la corrente minima necessaria a provocare una scarica induttiva o scintilla che inneschi la miscela di gas o vapori infiammabili, divisa per la corrente minima necessaria a provocare una scarica induttiva o scintilla che inneschi il metano nelle stesse condizioni di prova.

classificazione si limita alle voci “volatile, conduttrice e non conduttrice”, mentre la NEC entra più nel dettaglio sulla loro natura.

2.2.1 Gruppo I

Per apparecchi elettrici del *Gruppo I* si intende per uso in miniere soggette a grisù (o ad altri gas infiammabili); devono essere costruiti e testati in accordo con i vincoli imposti per il *Gruppo I* e appositamente marchiati.

2.2.2 Gruppo II

Per apparecchi elettrici del *Gruppo II*, si intende per uso in luoghi con un’atmosfera di gas esplosiva che non siano miniere soggette a grisù. Gli apparecchi elettrici del *Gruppo II*, sono suddivisi in accordo con la natura del gas esplosivo che compone l’atmosfera:

- **Gruppo IIA:** Propano, metano, acetone, ammonia, alcol etilico [la guida NEC 505 specifica “e gli altri gas che hanno un MESG > 0,90 mm o una MIC ratio > 0,80”];
- **Gruppo IIB:** Etilene [la guida NEC 505 specifica “e gli altri gas che hanno $0,50 < \text{MESG} < 0,90$ mm o $0,45 < \text{MIC ratio} < 0,80$ ”];
- **Gruppo IIC:** Idrogeno, acetylene [la guida NEC 505 specifica “e gli altri gas che hanno $\text{MESG} < 0,50$ mm o $\text{MIC ratio} < 0,45$ ”].

2.2.3 Gruppo III

Per apparecchi elettrici del *Gruppo III* si intende per uso in luoghi con atmosfera in cui è presente polvere esplosiva che non siano miniere soggette a grisù. Gli apparecchi elettrici del *Gruppo III*, sono suddivisi in accordo con la natura della polvere esplosiva che compone l’atmosfera:

- **Gruppo IIIA:** combustibile volatile;
- **Gruppo IIIB:** polvere non conduttrice;
- **Gruppo IIIC:** polvere conduttrice.

2.3 Commenti

Come per la classificazione degli ambienti, anche in questo caso si possono osservare diverse corrispondenze tra i due modelli. Sebbene le due normative prendano valori di riferimento MESG e MIC ratio leggermente diversi, si possono schematizzare le equivalenze come segue:

Tabella 2.1 – Corrispondenze tra gruppi di apparecchi

NEC	IEC
A	IIC
B	IIC
C	IIB
D	IIA

Inoltre la normativa IEC/EN inserisce un gruppo ulteriore di classificazione dedicato esclusivamente agli ambienti minerari; ambienti totalmente trascurati da NEC, ma presi in considerazione solo marginalmente in NEC 505 dove si propone una suddivisione alternativa e armonizzata con la classificazione IEC/EN. Anche questa armonizzazione però risulta solo parziale in quanto nel riferimento al *Gruppo I* viene specificato che gli ambienti minerari vengono regolamentati non da NEC 500, ma da NEC 90; l'intera sessione del *Gruppo II* risulta invece coerente con quella proposta da IEC/EN, mentre viene totalmente omessa la sezione relativa al *Gruppo III* restando evidentemente fedele a NEC 500.

CAPITOLO 3

Classi di Temperatura

La classe di temperatura di un apparecchio, definisce la temperatura di superficie massima che questo può raggiungere in normali condizioni operative. Di conseguenza, questa informazione determina il tipo di ambiente dove potrà o non potrà essere installato un qualsivoglia apparecchio, senza permettere evidentemente la sua installazione in ambienti in cui siano presenti gas o polveri che abbiano temperatura di innesco inferiore alla massima temperatura raggiungibile dell'apparecchio.

Come verrà illustrato tra breve, vi sono grandi similitudini tra l'approccio americano e quello europeo, tuttavia sono riscontrabili alcune sfumature che in determinati casi possono risultare molto importanti.

3.1 Guida NEC 500/Standard UL

La marcatura deve specificare la classe di temperatura o la temperatura operativa alla temperatura ambiente di 40 °C, o la più alta temperatura ambiente se l'apparecchio è destinato a lavorare in luoghi con temperatura ambiente maggiore di 40 °C. La classe di temperatura, se fornita, deve indicare la massima temperatura che l'apparecchio può sopportare (Tabella 3.1). Gli apparecchi di *Classe I* e *Classe II* devono essere marcati con la massima temperatura operativa di sicurezza.

Tabella 3.1 – Classificazione della massima temperatura di superficie [2.0]

Massima Temperatura [°C]	Classe di Temperatura
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T6

Gli apparecchi progettati per lavorare a temperatura ambiente in un range tra -25 °C e +40 °C non richiedono alcuna marcatura; per gli altri tipi di apparecchi è richiesta la marcatura “Ta” e “Tamb”.

Classe I (Gas): La temperatura specifica segnata nella Tabella 3.1, non deve superare la temperatura di innesco del gas o vapore specifico a cui l’apparecchio è destinato.

Classe II (Polveri): La temperatura specifica segnata nella Tabella 3.1, deve essere inferiore alla temperatura di innesco della polvere specifica a cui l’apparecchio è destinato. Per polveri organiche che possono disidratarsi o carbonizzarsi, la temperatura segnata non deve superare la più bassa tra tutte le temperature di innesco, oppure 165°C. La temperatura di innesco per cui un apparecchio viene approvato assumendo soddisfatta questa richiesta, deve essere assunta consultando la Tabella 3.2.

Tabella 3.2 – Classificazione della massima temperatura di superficie per apparecchi di Classe II [2.0]

Gruppo Classe II	Apparecchi non soggetti a sovraccarico [°C]	Apparecchi soggetti a sovraccarico [°C]	
		Operazioni Normali	Operazioni Anormali
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

3.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

L'apparecchiatura elettrica deve essere scelta in modo che la massima temperatura superficiale non raggiunga la temperatura di accensione di alcun gas, vapore o polvere che può essere presente. Se i contrassegni dell'apparecchiatura elettrica non includono un intervallo di temperatura ambiente, l'apparecchiatura è progettata per lavorare all'interno di un intervallo da -20 °C a +40 °C. Se i contrassegni dell'apparecchiatura elettrica comprendono un intervallo della temperatura ambiente, l'apparecchiatura è progettata per essere usata all'interno di tale intervallo. Se la temperatura ambiente è al di fuori dell'intervallo di temperatura indicato, o se esiste un'influenza sulla temperatura da parte di altri fattori, ad esempio la temperatura di processo o l'esposizione alla radiazione solare, si deve considerare l'effetto sull'apparecchiatura e devono essere documentate le misure effettuate.

Massima temperatura di superficie

Gruppo I (Gas): per gli apparecchi elettrici del Gruppo I, la temperatura di superficie non deve superare:

- 150 °C su ogni superficie dove la polvere di carbone può creare uno strato;
- 450 °C dove la polvere di carbone ha poca probabilità di formare uno strato.

Gruppo II (Gas): la massima temperatura di superficie non deve superare:

- la temperatura della classe assegnata (Tabella 3.3);
- la massima temperatura di superficie assegnata;
- se appropriata, la temperatura di innesco del gas specifico a cui è destinato.

Tabella 3.3 – Classificazione della massima temperatura di superficie per apparecchi del Gruppo II ^[3-pg.24]

Classe di temperatura richiesta dalla classificazione dei luoghi	Temperatura Massima di Superficie in °C	Classi di temperatura accettabili per le apparecchiature
T1	450	T1 – T6
T2	300	T2 – T6
T3	200	T3 – T6
T4	135	T4 – T6
T5	100	T5 – T6
T6	85	T6

Gruppo III (Polveri): la massima temperatura di superficie non deve superare

- la massima temperatura di superficie assegnata;
- per lo strato o nube, la temperatura di innesco della specifica polvere combustibile a cui è destinato.

Gli strati di polvere mostrano due caratteristiche quando aumenta lo spessore dello strato: una riduzione della temperatura minima di accensione ed un aumento dell'isolamento termico. Questo significa che un apparecchio sul quale si sia depositato uno strato di polvere considerevole, aumenterà la sua temperatura di esercizio a causa dell'isolamento termico creato dallo stesso; la polvere d'altro canto abbasserà la sua temperatura minima di innesco e il risultato complessivo sarà un rischio due volte maggiore rispetto a una condizione senza strati di polvere. La massima temperatura superficiale ammissibile per le costruzioni è determinata dalla deduzione di un margine di sicurezza per la temperatura minima di accensione per la polvere interessata, quando sottoposta a prove in accordo ai metodi specificati nella IEC/EN 60079-31 per nubi di polvere e strati con spessore fino a 5 mm per il modo di protezione "tD" e per tutti gli altri modi di protezione.

Limitazioni della temperatura a causa della presenza di nubi di polvere:

La massima temperatura superficiale di una costruzione, non deve superare i due terzi della temperatura minima di accensione in °C della miscela di polvere/aria di interesse:

$$T_{\max} = 2/3 T_{CL}$$

Dove T_{CL} è la minima temperatura di accensione della nube di polvere.

Limitazioni della temperatura a causa della presenza di strati di polvere:

- Spessore fino a 5 mm:
la massima temperatura superficiale della costruzione, non deve superare un valore di 75 °C al di sotto della minima temperatura di accensione per lo strato di spessore 5 mm della polvere di interesse:

$$T_{\max} = T_{5\text{mm}} - 75 \text{ °C}$$

Dove $T_{5\text{mm}}$ è la minima temperatura di accensione dello strato di polvere di 5mm.

- spessore superiore a 5 mm fino a 50 mm:
quando c'è la possibilità che strati di polvere superiori a 5 mm di spessore si formino sulle apparecchiature, la massima temperatura superficiale ammissibile deve essere ridotta.

3.3 Commenti

Le differenze in questa sezione sono ovviamente legate alle differenze di classificazione delle apparecchiature; tuttavia anche qui vi sono delle similitudini riscontrabili proprio nelle Classi di Temperatura (T1÷T6) che però la NEC espande con delle sottoclassi (T2A÷T2D; T3A÷T3C; T4A). Una sottile diversità è riscontrabile nella definizione del range di temperatura ambiente che in America è considerato da -25 °C a +40 °C, mentre in Europa questo range va da -20°C a +40 °C. Maggiore differenza è presente nel trattamento delle polveri combustibili dove le IEC/EN risultano più ricche di dettagli, prendendo in considerazione anche situazioni di polvere stratificata sugli apparecchi, la conseguenziale variazione del rischio e il relativo modus operandi.

In Tabella 3.4 sono evidenziate corrispondenze e differenze tra le Classi di Temperatura Americane ed Europee.

Tabella 3.4 – Classi di Temperatura NEC vs. IEC

Temperatura Massima di Superficie [°C]	Classe di Temperatura NEC	Classe di Temperatura IEC
450	T1	T1
300	T2	T2
280	T2A	-
260	T2B	-
230	T2C	-
215	T2D	-
200	T3	T3
180	T3A	-
165	T3B	-
160	T3C	-
135	T4	T4
120	T4A	-
100	T5	T5
85	T6	T6

CAPITOLO 4

Sistemi di Protezione

Dal punto di vista delle apparecchiature, la normativa Europea e quella Americana hanno teso ad unificarsi nel corso degli anni; infatti in NEC 505 vengono proposti dei sistemi di protezione coerenti col sistema Europeo proposto da IEC/EN secondo la classificazione degli ambienti a rischio per zone. In NEC 500 invece si trova una classificazione indipendente della normativa americana, facente riferimento alla classificazione degli ambienti per classi e divisioni.

4.1 Guida NEC 500/Standard UL

4.1.1 Sistema di rilevamento di gas combustibili

Tecnica di protezione che prevede l'utilizzo di un rilevatore di gas combustibili all'interno dello stabilimento. Questa tecnica, è concessa come principale mezzo di protezione in stabilimenti industriali con accesso ristretto del pubblico e dove le condizioni di manutenzione e supervisione assicurano che solo personale qualificato abbia accesso all'impianto.

4.1.2 Apparecchio a prova di innesco di polvere

Apparecchio chiuso in maniera da escludere polveri e da non permettere archi, scintille o sovratemperature all'interno della custodia che possano causare inneschi di accumuli esterni o sospensioni atmosferiche di determinate polveri nelle vicinanze dell'apparecchio. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe II, Divisione 1 e 2*.

4.1.3 Apparecchio a prova di polvere

Custodia costruita in modo da impedire l'accesso di polvere nelle specifiche condizioni di test. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe II, Divisione 2, o Classe III, Divisione 1 e 2.*

4.1.4 Apparecchio a prova di esplosione

Apparecchio racchiuso in una custodia capace di resistere ad un'esplosione di determinati gas o vapori che possono verificarsi al suo interno e di impedire l'innesco di determinati gas o vapori che circondano la custodia da parte di scintille, flash o esplosione del gas al suo interno. Deve inoltre operare in modo che la temperatura esterna alla custodia non superi la temperatura di innesco. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 1 e 2.*

4.1.5 Sigillatura ermetica

Apparecchio sigillato contro l'ingresso di un'atmosfera esplosiva dove la sigillatura è attuata attraverso fusione, saldatura, brasatura o fusione di vetro con il metallo. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 2; Classe II, Divisione 2; Classe III, Divisione 1 e 2.*

4.1.6 Circuito non incendiabile

Circuito in cui nessun effetto termico, sotto determinate condizioni operative, è in grado di innescare i gas, i vapori o le polveri presenti nell'atmosfera. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 2; Classe II, Divisione 2; Classe III, Divisione 1 e 2.*

4.1.7 Componente non incendiabile

Componente provvisto di contatti per chiudere o interrompere il circuito il cui meccanismo di contatto è costruito in modo che il componente sia incapace di innescare i gas, i vapori o le polveri presenti nell'atmosfera. L'alloggiamento del componente non incendiabile non è progettato per escludere atmosfere infiammabili o per contenere le

esplosioni. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 2; Classe II, Divisione 2; Classe III, Divisione 1 e 2.*

4.1.8 Apparecchio non incendiabile

Apparecchio con circuito elettrico o elettronico incapace, in normali condizioni operative, di causare innesco di determinati gas, vapori o polveri. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 2; Classe II, Divisione 2; Classe III, Divisione 1 e 2.*

4.1.9 Cablaggio non incendiabile

Cavi che entrano o escono dalla custodia di un apparecchio e che, in normali condizioni operative, sono incapaci di causare archi o effetti termici che inneschino gas, vapori o polveri presenti nell'atmosfera.

4.1.10 Immersione in olio

Apparecchio elettrico immerso in un liquido protettivo in modo che un'atmosfera esplosiva che dovesse presentarsi sopra il liquido, o fuori dalla custodia, non può essere innescata. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 2.*

4.1.11 Spurgo e pressurizzazione

Lo spurgo di una custodia avviene facendo attraversare quest'ultima da un flusso di gas protettivo a pressione positiva, che riduca la concentrazione di qualsiasi gas o vapore infiammabile presente.

La pressurizzazione si effettua fornendo alla custodia un flusso di gas protettivo (continuo o discontinuo) ad una pressione sufficiente a prevenire l'ingresso di gas o vapori infiammabili, polveri o fibre combustibili. Questo tipo di protezione è concesso in ogni tipo di ambiente pericoloso.

4.1.12 Sicurezza intrinseca

Modo di protezione basato sulla limitazione dell'energia elettrica all'interno delle apparecchiature e dei cavi di connessione esposti all'atmosfera esplosiva ad un livello

inferiore a quello che può causare l'accensione, sia per l'effetto di scintille, sia per l'effetto termico. Questo tipo di protezione è concesso in ambienti di *Classe I, Divisione 1 e 2; Classe II, Divisione 1 e 2; Classe III, Divisione 1 e 2*.

4.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Come accennato nell'introduzione di questo capitolo, la Guida NEC 505 [2.5], risulta armonizzata con le IEC/EN, quindi i metodi di protezione illustrati di seguito saranno validi per entrambi i sistemi normativi.

4.2.1 Custodia a prova di esplosione “d”^[5]

Modo di protezione nel quale le parti suscettibili di innescare un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, sono fornite di una custodia in grado di resistere alla pressione generata dall'esplosione interna di una miscela esplosiva e di prevenire la propagazione dell'esplosione all'atmosfera esplosiva per la presenza di gas che circonda la custodia.

Questo modo di protezione è del tutto equivalente a quello descritto in 4.1.4.

4.2.2 Sicurezza aumentata “e”

Modo di protezione applicato a un'apparecchiatura elettrica nel quale sono applicate misure supplementari in modo da offrire un livello di sicurezza aumentato contro la possibilità di temperature eccessive e il verificarsi di archi elettrici e scintille, in servizio normale o in condizioni anomale specificate. [6]

La sicurezza aumentata è in un certo senso una generalizzazione di 4.1.2 che dedica questa accortezza solo al rischio dovuto a polveri, mentre qui si estende il modo di protezione a qualsiasi ambiente a rischio di esplosione.

4.2.3 Sicurezza intrinseca “i”

Modo di protezione basato sulla limitazione dell'energia elettrica all'interno delle apparecchiature e dei cavi di connessione esposti all'atmosfera esplosiva ad un livello

inferiore a quello che può causare l'accensione, sia per l'effetto di scintille, sia per l'effetto termico. [7]

Modo di protezione del tutto equivalente tra Standard Americano e Standard Europeo; oltre alla relativa norma dedicata, NEC dedica anche un intero capitolo (NEC 504) alle definizioni di apparecchi, circuiti e sistemi considerati intrinsecamente sicuri.

4.2.4 Pressurizzazione “p”

Tecnica per prevenire l'ingresso dell'atmosfera esterna all'interno di una custodia, mantenendovi un gas protettivo a una pressione superiore all'atmosfera esterna. [8]

Protezione simile al modo di protezione "spurgo e pressurizzazione" (par. 4.1.11) citato in NEC, la quale però non ritiene sufficiente la sola pressurizzazione ed inserisce una voce aggiuntiva dedicata allo spurgo; cioè all'eliminazione di eventuali infiltrazioni (di gas o polveri) dall'interno della custodia.

4.2.5 Modo di protezione “n”

Modo di protezione applicato ad un'apparecchiatura elettrica, tale da impedire l'accensione dell'atmosfera esplosiva circostante durante il funzionamento normale ed in alcune condizioni anormali specificate. [9]

Il modo di protezione 'n' è una generalizzazione delle diverse voci circuito/componente/apparecchio/cablaggio non incendiabile proposto da NEC che specifica le varie voci, mentre la Direttiva Europea dedica il modo di protezione alle generiche apparecchiature elettriche.

5.2.6 Immersione in olio “o”

Modo di protezione secondo il quale apparecchiature elettriche o parti di esse sono immerse in un liquido di protezione in maniera tale che un'atmosfera esplosiva, che si trovi al di sopra del liquido o all'esterno della custodia, non possa essere innescata. [10]

Modo di protezione del tutto equivalente alla medesima voce citata in NEC (par. 4.1.10).

4.2.7 Riempimento Pulverulento “q”

Modo di protezione nel quale le parti suscettibili di innescare un'atmosfera esplosiva sono in posizione fissa e sono completamente immerse in un materiale di riempimento in maniera tale da impedire l'innescamento dell'atmosfera esplosiva esterna. [11]

4.2.8 Incapsulamento “m”

Modo di protezione per mezzo del quale le parti che sono in grado di innescare un'atmosfera esplosiva, sia per mezzo di scintille che di temperature elevate, sono chiuse in un composto in modo che l'atmosfera esplosiva non possa essere innescata in condizioni definite di funzionamento o di installazione. [12]

I metodi di protezione q ed m (par. 4.2.7 e 4.2.8) sono modi di protezione finalizzati ad isolare il più possibile l'elemento attivo del sistema elettrico dall'atmosfera esplosiva; metodi di protezioni molto diversi, ma con la stessa finalità sono (per NEC) gli apparecchi a prova di polvere e la sigillatura ermetica (par. 4.1.3 e 4.1.5), specialmente dal punto di vista della sigillatura, lo Standard Americano presta sempre molta attenzione ed infatti viene imposta nella maggior parte delle utilizzazioni elettriche.

4.2.9 Modo di protezione per incapsulamento “mD”

Modo di protezione in cui le parti elettriche che potrebbero causare un innesco della polvere combustibile in aria, sono protette ricoprendole con un composto isolante in modo che l'atmosfera esplosiva non possa essere innescata. [12]

4.2.10 Modo di protezione contro l'innescamento di polvere “tD”

Modo di protezione in cui tutte le costruzioni elettriche sono protette da una custodia per impedire l'innescamento di uno strato o una nube di polvere. [5]

4.2.11 Modo di protezione per sicurezza intrinseca “iD”

Modo di protezione in cui nessuna scintilla o effetto termico possono causare innesco della polvere combustibile. [7]

4.2.13 Modo di protezione per pressurizzazione “pD”

Modo di protezione che protegge dall'ingresso delle polveri combustibili nella custodia degli apparecchi grazie a una pressione interna superiore a quella atmosferica. [8]

Tabella 4.1 – EPL⁴ quando sono identificate solo le zone [3-pg.13]

Zona	Livello di protezione delle apparecchiature (EPL)
0	'Ga'
1	'Ga' o 'Gb'
2	'Ga' o 'Gb' o 'Gc'
20	'Da'
21	'Da' o 'Db'
22	'Da' o 'Db' o 'Dc'

⁴ EPL: Equipment Protection Level (livello di protezione delle apparecchiature). Il livello di protezione assegnato al materiale in base al suo rischio di diventare una fonte di innesco.

Tabella 4.2 – Relazioni tra EPL e modi di protezione [3-pg.22]

EPL	Modo di protezione	Sigla	In accordo a
'Ga'	Sicurezza Intrinseca	'ia'	IEC 60079-11
	Incapsulamento	'ma'	IEC 60079-18
	Due modi indipendenti di protezione, ognuno dei quali ha un EPL 'Gb'		IEC 60079-26
	Protezione di apparecchiature e sistemi di trasmissione che usano la radiazione ottica		IEC 60079-28
'Gb'	Custodie a prova di esplosione	'd'	IEC 60079-1
	Sicurezza aumentata	'e'	IEC 60079-7
	Sicurezza intrinseca	'ib'	IEC 60079-11
	Incapsulamento	'm' 'mb'	IEC 60079-18
	Immersione in olio	'o'	IEC 60079-6
	Custodie a pressurizzazione	'p', 'px' o 'py'	IEC 60079-2
	Riempimento pulverulento	'q'	IEC 60079-5
	Concetto di bus di campo a sicurezza intrinseca (FISCO)		IEC 60079-27
	Protezione di apparecchiature e sistemi di trasmissione che usano la radiazione ottica		IEC 60079-28
'Gc'	Sicurezza intrinseca	'ic'	IEC 60079-11
	Incapsulamento	'mc'	IEC 60079-18
	Non-scintillante	'n' o 'nA'	IEC 60079-15
	Respirazione Limitata	'nR'	IEC 60079-15
	Limitazione di energia	'nL'	IEC 60079-15
	Apparecchiatura scintillante	'nC'	IEC 60079-15
	Custodie a pressurizzazione	'pz'	IEC 60079-2
	Concetto di bus di campo non innescante (FNICO)		IEC 60079-27
	Protezione di apparecchiature e sistemi di trasmissione che usano la radiazione ottica		IEC 60079-28
'Da'	Sicurezza intrinseca	'iD'	IEC 60079-11
	Incapsulamento	'mD'	IEC 60079-18
	Protezione mediante custodie	'tD'	IEC 60079-31
'Db'	Sicurezza intrinseca	'iD'	IEC 60079-11
	Incapsulamento	'mD'	IEC 60079-18
	Protezione mediante custodie	'tD'	IEC 60079-31
	Custodie a pressurizzazione	'pD'	IEC 60079-4
'Dc'	Sicurezza intrinseca	'iD'	IEC 60079-11
	Incapsulamento	'mD'	IEC 60079-18
	Protezione mediante custodie	'tD'	IEC 60079-31
	Custodie a pressurizzazione	'pD'	IEC 60079-4

4.3 Commenti

Come anticipato, in questo capitolo si evidenzia una sezione della direttiva NEC in cui si ha un'armonizzazione delle norme Americane con quelle Europee; infatti quanto detto nel paragrafo relativo alla normativa Europea, è riportato anche in NEC 505. Oltre alla suddetta armonizzazione, il sistema Americano rimane comunque fedele alla normativa "autoctona" proposta da NEC 500, presentando dei sistemi di protezione a tratti simili e a tratti differenti da quelli armonizzati.

I principali punti su cui entrambi gli Standard si focalizzano sono:

- impedire che un'esplosione all'interno di un apparecchio si propaghi all'atmosfera esterna;
- impedire che gli elementi esplosivi presenti nell'atmosfera entrino in contatto con le parti attive dell'impianto a causa di una loro infiltrazione nelle custodie degli apparecchi;
- impedire che scintille, archi o sovratemperature si manifestino al di fuori della custodia degli apparecchi;
- mantenere le condizioni di temperatura operative al di sotto delle temperature di innesco.

Queste sono le linee guida comuni su cui si basano i sistemi di protezione sia per lo Standard Americano che per lo Standard Europeo. Come è stato già visto nel corso del capitolo i metodi per mettere in atto queste finalità sono a tratti simili e a tratti molto diversi, ma mantengono sempre la loro coerenza; non è da dimenticare infatti che sebbene vi sia uno Standard Americano a sé stante, NEC 505 mostra come i modi di protezione presentati per lo Standard Europeo, possono ad oggi essere ritenuti validi anche per i prodotti e gli impianti destinati al mercato Americano grazie all'armonizzazione normativa che sta avendo luogo.

CAPITOLO 5

Metodi di Cablaggio

Con questo capitolo ci si inizia ad addentrare nel reale aspetto impiantistico relativo agli ambienti a rischio di esplosione. I punti cruciali che verranno toccati saranno:

- tipi di conduttori, condotte ed isolamento da utilizzare;
- connessioni tra apparecchi;
- connessioni tra ambienti differenti;
- giunzioni e loro sigillatura.

Come si vedrà, lo scopo di questa regolamentazione sarà sì quello di mettere l'impianto in condizioni di sicurezza in caso di esplosione, ma anche (e soprattutto) quello di mantenere separate ed isolate il più possibile le parti attive dell'impianto dall'ambiente circostante, prestando particolare attenzione ai punti di giunzione che sono i reali punti critici dove vi è maggior possibilità che si infiltrino gas o polveri innescabili.

5.1 Guida NEC 500/Standard UL

La guida NEC propone diverse soluzioni impiantistiche dedicando un capitolo a ciascuna classe di ambienti. In generale viene espressa la preferenza per l'utilizzo di condutture rigide, ma viene lasciata comunque una certa libertà nel caso in cui le esigenze di impianto richiedano connessioni flessibili presentando una vasta gamma di cavi e condutture utilizzabili. Vengono inoltre proposte le indicazioni su guarnizioni e sigillature da utilizzare nei punti di connessione di cavi, condutture, scatole di derivazione e apparecchi.

5.1.1 Classe I, Divisione 1

5.1.1.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) condotto di metallo rigido filettato o condotto di acciaio medio filettato;
- b) cavo tipo MI⁵ con connettore catalogato per il tipo di ambiente. Il cavo deve essere installato in modo da evitare tensioni di stress nei punti di connessione;
- c) in stabilimento industriale, con restrizioni di accesso al pubblico, cavo di tipo MC-HL⁶ (catalogato in uso per ambienti di *Classe I, Divisione 1*) con guaina metallica corrugata, una guaina esterna di idoneo materiale polimerico e un separato circuito di terra;
- d) in stabilimento industriale, con restrizioni di accesso al pubblico, cavo di tipo ITC-HL⁷ (catalogato in uso per ambienti di *Classe I, Divisione 1*) con guaina metallica corrugata e una guaina esterna di idoneo materiale polimerico.

5.1.1.2 Connessioni Flessibili

Dove necessario avere flessibilità delle connessioni, sono permessi connettori flessibili stabiliti a seconda dell'ambiente, o fascio di cavi flessibili terminanti con dei connettori adeguati a seconda dell'ambiente di impiego.

5.1.1.3 Scatole e Connessioni

Ogni tipo di scatola e connessione deve essere approvata per la *Classe I, Divisione I*.

5.1.1.4 Sigillatura di Conduiture Rigide

In ogni condotto che entra in un involucro a prova di esplosione contenente apparecchi come interruttori, circuiti di interruzione, fusibili, relè o resistori che possono produrre archi, scintille o sovratemperature considerabili come sorgente di innesco in condizioni ordinarie; oppure dove l'ingresso è uguale o maggiore di 53 mm e la sezione contiene

⁵ MI: Mineral Insulated (Isolamento Minerale)

⁶ MC-HL: Metal-Clad (rivestito in metallo)

⁷ ITC: Instrumentation Tray Cable

terminali o giunzioni, le alte temperature devono essere considerate in modo che non superino l'80 % della temperatura di autoinnesco del gas o vapore considerato.

Se un involucro è dotato di sigillatura di fabbrica; tale sigillatura non va considerata tale anche per un involucro adiacente che andrà quindi sigillato a sua volta. Per ogni condotto che entra in un involucro a prova di esplosione pressurizzato, dove però la conduttura non è pressurizzata come parte del sistema di protezione. La sigillatura del condotto deve essere effettuata entro 450 mm dall'involucro pressurizzato. Laddove due o più scatole a prova di esplosione, per cui sono richieste guarnizioni, sono connesse da nippi⁸ o da tratti di condotte non più lunghe di 900 mm, una singola guarnizione per ogni nippo, va considerata sufficiente se posizionata a non più di 450 mm da ogni scatola. Per ogni condotto che lascia un ambiente di *Classe I, Divisione 1*, la sigillatura di raccordo è permessa in uno qualsiasi dei due lati entro 3,05 m dal confine e devono essere progettati e installati in modo da minimizzare la quantità di passaggio di gas o vapore dalla porzione di condotto appartenente alla Divisione 1 alla porzione di condotto a valle della giunzione.

5.1.1.5 Sigillatura di Cavi

I cavi vanno sigillati ad ogni estremità. I cavi multi conduttore di tipo MC-HL, con guaina in metallo corrugato a prova di gas/vapore e ricoperta in materiale polimerico, devono essere sigillati con un adeguato raccordo dopo la rimozione del rivestimento in modo che la sigillatura possa essere effettuata su ogni singolo conduttore isolato minimizzando così il passaggio di gas/vapore.

Cavi in condotte, provvisti di guaina a prova di gas/vapore, capaci di trasmettere i gas o i vapori attraverso il cavo, devono essere sigillati nella *Divisione 1* dopo la rimozione del rivestimento in modo che il composto sigillante ricopra ogni singolo conduttore isolato e il rivestimento esterno.

Ogni cavo multi conduttore in condotto, va considerato come singolo conduttore se non c'è possibilità che questo trasmetta gas o vapori attraverso il suo nucleo. Questi cavi seguono le stesse prescrizioni già viste per le condotte rigide.

⁸ Nippo: elemento tubolare filettato usato come raccordo fra due tubi.

5.1.1.6 Drenaggio

Laddove esista la possibilità che liquidi o vapori condensati si formino e restino rinchiusi in un involucro di apparecchi di controllo, in una condotta o in altro punto dell'impianto, va previsto un metodo adeguato che prevenga l'accumulo o che permetta un drenaggio periodico di liquidi e condense.

Laddove esista la possibilità che liquidi o vapori condensati si formino e restino rinchiusi in motori o generatori, condotte e sistemi di giunzione devono essere strutturati in modo da minimizzare l'ingresso di liquidi. Se sono considerati necessari sistemi di prevenzione di accumulo o drenaggi periodici, vanno fatte valutazioni nella fase di produzione e integrati sistemi adeguati direttamente sulla macchina.

5.1.2 Classe I, Divisione 2

5.1.2.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) tutti i metodi di cablaggio consentiti nella *Classe I*, Divisione 1;
- b) blindosbarre e canaline chiuse e ispezionabili;
- c) cavo del tipo PLTC⁹ e PLTC-ER (incluse installazioni su passerella);
- d) cavo del tipo ITC e ITC-ER;
- e) cavo del tipo MC, MV¹⁰ o TC¹¹ (incluse installazioni su passerella);
- f) in stabilimento industriale, con restrizioni di accesso al pubblico, condotto in resina termoindurente (RTRC).

dove è richiesto un sigillatura dei confini, i metodi di cablaggio della Divisione 1 possono essere estesi alla *Divisione 2*.

5.1.2.2 Connessioni Flessibili

Dove è necessario prevedere una limitata flessibilità, sono permesse le seguenti soluzioni:

- a) raccordi di metallo flessibile;

⁹ PLTC: Power-Limited Tray Cable

¹⁰ MV: Medium Voltage (cavo per media tensione)

¹¹ TC: Tray Cable

- b) condotte di metallo flessibile;
- c) condotte di metallo a tenuta stagna;
- d) condotte non metalliche a tenuta stagna;
- e) fascio di cavi flessibili per utilizzo extra sforzo (che includa anche cavo di terra).

5.1.2.3 Scatole e Conessioni

Non è richiesto che scatole e connessioni siano a prova di esplosione, tranne per cassette contenenti interruttori, sezionatori, relè o allarmi.

5.1.2.4 Sigillatura di Conduiture Rigide

Valgono le stesse prescrizioni della *Classe I, Divisione 1* per quanto riguarda l'ingresso di condotte in involucri a prova di esplosione; anche per quanto riguarda condotte che lasciano ambienti di *Classe I, Divisione 2*, le prescrizioni sono le medesime della sezione precedente con l'aggiunta della specifica che vanno utilizzate condotte di metallo rigido o di acciaio medio filettato tra il punto di giunzione e il punto in cui la condotta lascia l'ambiente in questione.

5.1.2.5 Sigillatura di Cavi

Le entrate di cavo in un involucro a prova di esplosione, devono essere sigillati nel punto di ingresso. Cavi multi conduttore provvisti di guaina a prova di gas/vapore capaci di trasmettere gas o vapori, devono essere sigillati dopo la rimozione del rivestimento in modo che il composto sigillante ricopra ogni singolo conduttore minimizzando così il passaggio di gas e vapori. I cavi multi conduttore in condotte rigide vanno trattati come in *Classe I, Divisione 1*.

I cavi provvisti di guaina a prova di gas/vapore incapaci di trasmettere gas o vapori oltre al limite permesso dal raccordo, non hanno bisogno di sigillatura tranne che nei punti di connessione. La lunghezza minima di ciascuno di questi cavi, non deve essere inferiore alla lunghezza che limita il flusso di gas o vapore attraverso il cavo ai valori permessi dal raccordo.

I cavi provvisti di guaina a prova di gas/vapore capaci di trasmettere gas o vapori, non hanno bisogno di sigillatura tranne che nei punti di connessione, a meno che il cavo non

sia collegato ad apparecchi che possano causare pressioni superiori ai 1.500 Pa. I cavi sprovvisti di guaina a prova di gas/vapore, devono essere sigillati ai confini della Divisione 2 in modo da minimizzare il passaggio di gaso o vapori all'esterno.

5.1.2.6 Drenaggio

Valgono le stesse prescrizioni imposte per *Classe I, Divisione 1*.

5.1.3 Classe II, Divisione 1

Non è richiesto che apparecchi e condotte siano a prova di esplosione e non vengono accettati per questa classe a meno che non siano classificati per questo tipo di ambiente.

5.1.3.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) condotto di metallo rigido filettato, o condotto di acciaio medio filettato;
- b) cavo tipo MI terminante con connettore catalogato per il tipo di ambiente. Il cavo deve essere installato in modo da evitare tensioni di stress nei punti di connessione;
- c) in stabilimento industriale, con restrizioni di accesso al pubblico, cavo di tipo MC-HL (catalogato in uso per ambienti di *Classe I, Divisione 1*) con guaina metallica corrugata, una guaina esterna di idoneo materiale polimerico e un separato circuito di terra;
- d) giunzioni e scatole devono essere provviste di filettatura per la connessione di condutture o cavi e devono essere a prova di polvere. Giunzioni e scatole destinate ad apparecchi del Gruppo E, devono essere identificate per ambienti di Classe II.

5.1.3.2 Connessioni Flessibili

Dove è necessario utilizzare connessioni flessibili, sono permessi:

- a) connettori flessibili a prova di polvere;
- b) condutture metalliche flessibili a tenuta di liquidi;
- c) condutture non metalliche flessibili a tenuta di liquidi;

- d) cavi in armatura tipo MC con rivestimento in materiale polimerico adeguato e provvisti di connessioni catalogate per ambienti di Classe II, Divisione 1;
- e) fascio di cavi flessibile per utilizzi estremi con connettori a prova di polvere.

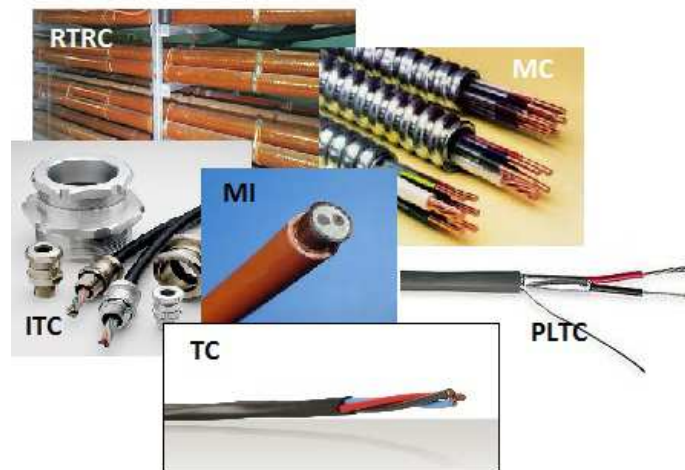


Figura 5.1 – Tipologie di Cavo

5.1.3.3 Sigillatura

Dove si ha un percorso che mette in comunicazione una sezione a prova di innesco di polvere ed una che non lo è, va scelto un modo tra i seguenti per impedire l'ingresso di polvere nel passaggio:

- a) sigillatura permanente o guarnizione;
- b) percorso orizzontale non meno di 3,05 m;
- c) percorso verticale non meno di 1,5 m che si estenda dalla zona a prova di polvere verso il basso.

Laddove si abbia un percorso comunicante tra una zona a prova di polvere e una non classificata, non è richiesta sigillatura.

I raccordi delle sigillature devono essere accessibili.

Non è richiesto che la sigillatura sia a prova di esplosione.

5.1.4 Classe II, Divisione 2

5.1.4.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) tutti i metodi permessi nella *Classe II, Divisione 1*;

-
- b) conduttore metalliche rigide, condutture metalliche medie, tubi metallici, cavidotti a prova di polvere;
 - c) cavi tipo MC o MI;
 - d) cavi tipo PLTC e PLTC-ER (incluse installazioni su passerella);
 - e) cavo del tipo ITC e ITC-ER;
 - f) cavi tipo MC, MI o TC per installazioni su scale, ambienti ventilati o passerelle ventilate a singolo strato, con almeno spazio pari al diametro del cavo più grande tra due adiacenti;
 - g) in stabilimenti industriali, con restrizioni di accesso al pubblico e dove le operazioni di manutenzione e supervisione sono effettuate esclusivamente da personale qualificato, sono permesse condutture rinforzate in resina termoindurente (RTRC) e connettori associati (tutti quelli marcati con suffisso – XW).

5.1.4.2 Connessioni Flessibili

Dove è necessario utilizzare connessioni flessibili, è valido quanto detto per gli ambienti di *Classe II, Divisione 1*.

5.1.4.3 Scatole e Connessioni

Tutte le scatole e le connessioni devono essere a prova di polvere.

5.1.4.4 Sigillatura

Valgono le stesse prescrizioni della *Classe II, Divisione 1*.

5.1.5 Classe III, Divisione 1

5.1.5.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) conduttura metallica rigida, conduttura in PVC, conduttura RTRC, conduttura metallica media, tubo metallico, cavidotti a prova di polvere, cavi tipo MC o MI;
- b) cavi tipo PLTC e PLTC-ER;
- c) cavi tipo ITC e ITC-ER;

-
- d) cavi tipo MC, MI o TC per installazioni su scale, ambienti ventilati o passerelle ventilate a singolo strato, con almeno spazio pari al diametro del cavo più grande tra due adiacenti;

5.1.5.2 Connessioni Flessibili

Dove è necessario utilizzare connessioni flessibili, sono permessi:

- a) connettori flessibili a prova di polvere
- b) condutture metalliche flessibili a tenuta di liquidi;
- c) condutture non metalliche flessibili a tenuta di liquidi;
- d) cavi in armatura tipo MC con rivestimento in materiale polimerico adeguato e provvisti di connessioni catalogate per ambienti di *Classe III, Divisione 1*;
- e) fascio di cavi flessibile per utilizzi estremi con connettori a prova di polvere.

5.1.5.3 Scatole e Connessioni

Tutte le scatole e le connessioni devono essere a prova di polvere.

5.1.6 Classe III, Divisione 2

Per gli ambienti di *Classe III, Divisione 2*, resta valido quanto detto per gli ambienti di *Classe III, Divisione 1*.

Oltre alla classificazione propria del sistema Americano (NEC 500), NEC propone anche una versione armonizzata dei metodi di cablaggio (NEC 505 [2.5]) relativa alla *Classe I, Zona 0; Zona 1 e Zona 2* che comunque presentano notevoli differenze con l'approccio Europeo.

5.1.7 Classe I, Zona 0

Sono permessi solo i metodi di cablaggio relativi ai sistemi intrinsecamente sicuri, un sistema tale può essere considerato all'atto pratico come non a rischio; questo significa che è permesso qualsiasi metodo di cablaggio adatto agli ambienti non classificati come a rischio di esplosione.

5.1.8 Classe I, Zona 1

5.1.8.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) tutti i metodi di cablaggio permessi nella *Zona 0*;
- b) in stabilimenti industriali, con restrizioni di accesso al pubblico, dove le operazioni di manutenzione e supervisione sono effettuate esclusivamente da personale qualificato e dove il cavo non è soggetto a danni fisici, cavi tipo MC-HL catalogati per *Classe I, Zona 1/Divisione 1*, con guaina metallica corrugata, una guaina esterna di idoneo materiale polimerico e un separato circuito di terra (terminanti con connettore);
- c) in stabilimenti industriali, con restrizioni di accesso al pubblico, dove le operazioni di manutenzione e supervisione sono effettuate esclusivamente da personale qualificato e dove il cavo non è soggetto a danni fisici, cavi tipo ITC-HL catalogati per *Classe I, Zona 1/Divisione 1*, con guaina metallica corrugata, una guaina esterna di idoneo materiale polimerico e un separato circuito di terra (terminanti con connettore);
- d) cavi tipo MI catalogati, terminanti con connettore, catalogati per *Classe I, Zona 1/Divisione 1*. I cavi devono essere installati per evitare tensioni di stress al connettore;
- e) condutture in metallo rigido filettato o acciaio medio filettato;
- f) condutture in PVC e RTRC possono essere utilizzate racchiuse in uno strato di calcestruzzo di spessore minimo di 50 mm ed almeno 600 mm di copertura. Condotture in metallo rigido filettato o acciaio medio filettato possono essere utilizzate per gli ultimi 600 mm del passaggio sotterraneo al punto di emersione o al punto di connessione di una canalina esterna. Un sistema di conduttori di terra deve essere incluso per avere la continuità elettrica del sistema di condutture e per mettere a terra le parti metalliche che non trasportano corrente in condizioni normali di esercizio.

5.1.8.2 Conessioni Flessibili

Dove è necessario avere connessioni flessibili, sono permesse connessioni flessibili catalogate per *Classe I, Zona 1/Divisione 1*, o fascio di conduttori flessibile terminante con un connettore che mantenga il tipo di protezione della morsettiera.

5.1.8.3 Scatole e Conessioni

Non vi sono particolari restrizioni a proposito di scatole e connessioni.

5.1.9 Classe I, Zona 2

5.1.9.1 Generale

Per questa Classe di ambienti, sono permessi i seguenti metodi di cablaggio:

- a) tutti i metodi di cablaggio permessi nella Zona 1;
- b) cavi tipo MC, MV o TC, incluse le installazioni su passerella. Cavi terminanti con connettore. Il conduttore singolo tipo MV deve essere con schermatura o armatura metallica;
- c) cavi tipo ITC e ITC-ER terminanti con connettore;
- d) cavi tipo PLTC e PLTC-ER, incluse le installazioni su passerella e terminanti con connettore;
- e) canalina chiusa con guarnizione;
- f) in stabilimenti industriali, con restrizioni di accesso al pubblico e dove le operazioni di manutenzione e supervisione sono effettuate esclusivamente da personale qualificato, sono permesse condutture rinforzate in resina termoindurente (RTRC) e connettori associati (tutti quelli marcati con suffisso – XW)
- g) in ambienti intrinsecamente sicuri si può utilizzare qualsiasi metodo permesso per ambienti non classificati.

Un sistema separato di protezione di sicurezza intrinseca può essere installato:

- in cavi separati
- in cavi multiconduttore dove i conduttori di ogni circuito sono provvisti di schermatura

- in cavi multiconduttore dove i conduttori di ogni circuito ha un isolamento con uno spessore minimo di 0,25 mm.

5.1.9.2 Connessioni Flessibili

Dove è necessario avere connessioni flessibili è possibile utilizzare: connettori metallici flessibili, condutture metalliche flessibili con connettori, condutture metalliche flessibili a tenuta di liquidi con connettori, condutture non metalliche flessibili a tenuta di liquidi con connettori, fasci di conduttori flessibili.

5.1.9.3 Scatole e Connessioni

Non vi sono particolari restrizioni a proposito di scatole e connessioni.

5.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

A differenza della NEC, Le Norme IEC/EN 60079-14 [3] e IEC/EN 60079-17 [13] non suddividono i diversi metodi di cablaggio a seconda dell'ambiente, ma descrive i vari utilizzi possibili e non, per tipologia di connessione.

5.2.1 Conduttori in alluminio

Ad eccezione dei sistemi a sicurezza intrinseca e a limitazione di energia, i cavi con conduttori in alluminio possono essere utilizzati solo con connessioni adatte e con conduttori di sezione non inferiore ai 16 mm².

Le connessioni devono assicurare che le distanze in aria e le distanze superficiali non siano ridotte dai mezzi addizionali che sono richiesti per la connessione di conduttori di alluminio.

5.2.2 Cavi

I cavi con guaine con bassa resistenza alla trazione, non devono essere utilizzati in luoghi pericolosi a meno che siano installati in tubo protettivo.

5.2.3 Cavi per condutture fisse

I cavi usati per le condutture fisse in luoghi pericolosi, devono essere appropriati alle condizioni ambientali di funzionamento. I cavi devono essere:

- a) con guaina in materiale termoplastico, termoidurente e elastomerico. Essi devono essere circolari, compatti, avere l'isolante estruso e l'eventuale riempitivo deve essere non igroscopico;
- b) a isolamento minerale (MI) sotto guaina metallica;
- c) speciale (ad es. cavi provvisti di pressacavi adeguati).

5.2.4 Cavi per l'alimentazione di apparecchiature mobili o trasportabili

Le apparecchiature elettriche mobili o trasportabili, devono essere dotate di cavi con una guaina pesante in policloroprene o altro elastomero sintetico equivalente, i cavi con guaina pesante in gomma, o cavi di analoga e robusta costruzione. I conduttori devono essere bloccati ed avere una sezione minima di 1,0 mm². quando risulta necessario un conduttore di protezione di messa a terra, esso deve essere isolato separatamente in modo simile agli altri conduttori, ed essere incorporato all'interno della guaina del cavo di alimentazione.

Quando, per apparecchiature elettriche mobili o trasportabili, il cavo è dotato di un'armatura o di uno schermo metallico flessibile, questo non deve essere usato come un unico conduttore di protezione. Il cavo deve essere idoneo per la configurazione di protezione del circuito. Quando l'apparecchiatura deve essere messa a terra, il cavo può comprendere uno schermo metallico flessibile messo a terra oltre al conduttore PE.

Apparecchiature mobili o trasportabili con tensione nominale non superiori a 250 V verso terra e con corrente nominale non superiore a 6 A, possono essere dotati di cavi con:

- guaina in policloroprene ordinario o altro elastomero sintetico equivalente;
- guaina in gomma ordinaria;
- cavi di simile robusta costruzione.

Questi cavi non sono permessi per apparecchi elettrici esposti a forti sollecitazioni meccaniche.

5.2.5 Connessioni flessibili per polvere

Per i collegamenti terminali ad apparecchiature fisse che possono necessitare di essere mosse saltuariamente a una breve distanza, i cavi devono essere sistemati in modo da permettere il movimento necessario senza danneggiarsi. In alternativa, può essere utilizzato un tipo di cavo adeguato per l'uso con apparecchi mobili.

Devono essere previste scatole di derivazione opportunamente protette per la giunzione tra la conduttura fissa e la conduttura dell'apparecchiatura, quando la conduttura fissa non è di per sé di tipo adeguato a consentire il movimento necessario. Se si utilizza una guaina metallica flessibile, questa ed i suoi accessori devono essere costruiti in modo tale che si eviti il danneggiamento dei cavi conseguente al loro utilizzo. Deve essere mantenuta un'adeguata messa a terra o collegamento al sistema di equipotenzialità; la guaina metallica flessibile non dovrebbe essere l'unico mezzo per la messa a terra. La guaina metallica flessibile deve essere impermeabile alla polvere ed il suo utilizzo non deve alterare l'integrità della custodia dell'apparecchiatura a cui è connessa.

5.2.6 Cavi flessibili

I cavi flessibili installati in zone pericolose devono essere scelti tra i seguenti:

- con guaina in gomma ordinaria;
- con guaina in policloroprene ordinario;
- con guaina pesante in gomma;
- con guaina pesante in policloroprene;
- con isolamento termoplastico e di robusta costruzione equivalente a quella dei cavi flessibili con guaina pesante in gomma.

5.2.7 Cavi unipolari senza guaina

Cavi unipolari senza guaina non devono essere usati come conduttori attivi, a meno che essi siano installati all'interno di quadri, custodie o tubi protettivi.

5.2.8 Linee aeree

Quando una linea aerea con conduttori non isolati fornisce alimentazione o servizi di telecomunicazione ad apparecchiature elettriche in una zona pericolosa, essa dovrebbe essere terminata in una zona non pericolosa, e l'alimentazione nella zona pericolosa dovrebbe proseguire mediante un cavo o un tubo protettivo.

5.2.9 Collegamenti di cavi alle apparecchiature

Il collegamento dei cavi all'apparecchiatura elettrica deve mantenere l'integrità della protezione contro l'esplosione del modo di protezione relativo.

Quando il certificato per il pressacavo è contrassegnato da una 'X', tale pressacavo deve essere utilizzato solo per installazioni fisse. Per apparecchiature portatili si devono utilizzare solo dispositivi di ingresso senza il contrassegno 'X'.

I pressacavi e/o i cavi devono essere scelti per ridurre gli effetti della "caratteristica di plasticità a freddo" del cavo.

Pressacavi con filettature coniche non devono essere usati in custodie con piastre di ingresso con entrate non filettate.

5.2.10 Sistemi in tubo protettivo

Per i sistemi in tubo protettivo, ci si deve riferire a Norme nazionali o ad altre Norme specifiche.

I tubi protettivi devono essere dotati di un dispositivo di tenuta del tubo protettivo quando entra o esce da un luogo pericoloso per prevenire il passaggio di gas o liquidi dal luogo pericoloso al luogo non pericoloso. Non ci deve essere unione, accoppiamento o altri accessori tra il dispositivo di tenuta ed i limiti della zona pericolosa.

I dispositivi di tenuta dei tubi protettivi devono fare tenuta attorno alla guaina esterna del cavo dove il cavo è effettivamente compatto o attorno ai singoli conduttori all'interno del tubo protettivo. Il meccanismo di tenuta deve essere tale che non deve ritirarsi nella messa in opera e i meccanismi di tenuta devono essere impermeabili e non alterabili dai composti chimici presenti nel luogo pericoloso. Il tubo protettivo deve essere provvisto di un dispositivo di tenuta adiacente alla custodia, se necessario per mantenere il grado di protezione appropriato per l'ingresso della custodia.

Il tubo protettivo deve essere serrato a fondo a tutte le connessioni filettate.

Quando un sistema di tubi protettivi è utilizzato come conduttore di protezione per la messa a terra, la giunzione filettata deve essere idonea a trasportare la corrente di guasto che potrebbe circolare quando il circuito è adeguatamente protetto con fusibili o interruttori.

Nel caso in cui il tubo protettivo sia installato in un luogo con pericolo di corrosione, esso deve essere di materiale resistente alla corrosione, o deve essere adeguatamente protetto contro di essa.

Devono essere evitate combinazioni di metalli che possono causare la corrosione galvanica.

Nei tubi possono essere usati cavi unipolari o multipolari, senza guaina di protezione.

Comunque, quando il tubo protettivo contiene tre o più cavi, la sezione totale dei cavi, compreso il materiale isolante, non deve essere maggiore del 40 % della sezione del tubo.

Allo scopo di soddisfare il grado di protezione degli involucri, oltre all'uso di dispositivi di tenuta, può essere necessario sigillare la sezione tra il tubo e la custodia.

I tubi protettivi usati solo per protezione meccanica non necessitano di rispondere alle prescrizioni del presente articolo. Comunque si devono applicare le misure precauzionali per prevenire il trasferimento della atmosfera potenzialmente esplosiva attraverso il tubo protettivo mediante un adeguato dispositivo di tenuta quando il tubo protettivo entra o esce dalla zona pericolosa.

5.2.11 Circuiti che attraversano una zona pericolosa

Quando i circuiti attraversano una zona pericolosa nel passaggio da un luogo non pericoloso ad un altro, la conduttura nella zona pericolosa deve essere adeguata alle prescrizioni dell'EPL per il percorso.

5.2.13 Protezione delle estremità cordate

Se vengono usati conduttori cordati, e in particolare conduttori flessibili a fili sottili, si deve evitare la separazione dei fili in corrispondenza delle estremità del conduttore, per esempio mediante un capocorda, un manicotto o un morsetto di tipo adatto; non si deve comunque ricorrere alla sola saldatura dolce. Il metodo di connessione non deve

comunque ridurre le distanze d'isolamento superficiali e le distanze d'isolamento in aria, richieste dal modo di protezione dell'apparecchiatura.

5.2.14 Anime inutilizzate

Le estremità di ciascun'anima inutilizzata dei cavi con estremità cordate poste in zone pericolose, devono essere collegate a terra, oppure adeguatamente isolate mediante morsetti idonei per il modo di protezione. Non è permesso l'isolamento mediante il solo nastro isolante.

5.2.15 Aperture inutilizzate

Le aperture inutilizzate per i pressatavi o gli ingressi di tubi protettivi in apparecchiature elettriche, devono essere chiuse con elementi di chiusura adeguati per il modo di protezione considerato. Gli elementi di chiusura devono essere conformi alla IEC/EN 60079-0 [4], ed essere del tipo che può essere rimosso solo mediante utensili.

5.2.16 Contatti accidentali

Ad eccezione del caso di cavi scaldanti, deve essere evitato il contatto accidentale fra le armature o le guaine metalliche dei cavi e le tubazioni o le apparecchiature contenenti gas, vapori o liquidi infiammabili. L'isolamento fornito da una guaina esterna non metallica sul cavo è generalmente sufficiente per impedire tale contatto.

5.2.17 Giunzioni

Quando sia praticamente possibile, si raccomanda che i cavi installati in luoghi pericolosi siano in unica pezzatura. Nel caso che non sia possibile evitare discontinuità, le giunzioni, oltre ad essere idonee alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e ambientali, devono essere:

- realizzate in custodie con modo di protezione adatto alle prescrizioni dell'EPL per la zona, oppure
- a condizione che non siano soggette a sollecitazioni meccaniche, riempite con resina epossidica, o con materiale sigillante analogo, o rivestite con guaina termo-restringente, secondo le indicazioni del costruttore.

Le connessioni dei conduttori, ad eccezione di quelle in tubi protettivi collegati a costruzioni a prova di esplosione o a circuiti di sicurezza intrinseca e ad energia limitata, devono essere realizzate esclusivamente con connettori a compressione, connettori fissati con viti, saldatura o brasatura. La saldatura dolce è permessa se i conduttori da collegare sono tenuti permanentemente insieme da mezzi meccanici e quindi saldati, così da evitare sollecitazioni alla connessione.

5.2.18 Aperture nelle pareti

Le aperture nelle pareti per il passaggio di cavi e di condutture fra luoghi pericolosi diversi, e tra luoghi pericolosi e luoghi non pericolosi, devono essere opportunamente sigillate, per esempio con sabbia o malta, per mantenere la classificazione della zona ove ciò sia rilevante.

5.2.19 Passaggio e accumulo di infiammabili

Quando sistemi di giunzione, condotti, tubazioni o trincee sono usati per sistemare i cavi, si devono prendere precauzioni per prevenire il passaggio di gas, vapori o liquidi infiammabili nelle trincee.

Tali precauzioni possono comprendere la tenuta dei sistemi di giunzione, condotti o tubazioni. Per le trincee, possono essere utilizzati un'adeguata ventilazione o il riempimento con sabbia. I tubi protettivi e, in casi speciali, i cavi devono essere a tenuta, se necessario, per prevenire il passaggio di liquidi o gas.

5.2.20 Accumulo di elettricità statica per polvere

Il percorso dei cavi dovrebbe essere eseguito in modo che i cavi non siano esposti a effetti dovuti alla frizione e all'accumulo di elettricità statica dovuto al passaggio di polvere. Si devono prendere precauzioni per prevenire l'accumulo di elettricità statica sulla superficie dei cavi.

5.2.21 Accumulo di polvere combustibile

Il percorso dei cavi dovrebbe essere eseguito in modo tale che i cavi accumulino la quantità minima di polvere in strato pur rimanendo accessibili per la pulizia. Quando i

sistemi di giunzione, condotti o tubazioni o trincee sono usate per alloggiare i cavi, si devono prendere precauzioni per prevenire il passaggio o l'accumulo di polvere combustibile in tali posti. Quando la formazione di strati di polvere sui cavi è tale da impedire la libera circolazione di aria, si deve prendere in considerazione la diminuzione della capacità nominale di trasporto di corrente dei cavi, in special modo se sono presenti polveri con bassa temperatura minima di accensione.

5.3 Commenti

In questa sezione risulta particolarmente difficoltoso effettuare un confronto coerente tra i due sistemi normativi a causa di una sostanziale differenza tra i due approcci al problema. NEC ([2.1]; [2.2]; [2.3]) infatti propone metodi diversi (seppur simili tra loro) a seconda della classe di ambiente considerata; le IEC/EN ([3]; [13]) invece forniscono delle informazioni generali senza specificare il tipo di ambiente, ma rimandando alla valutazione dell'EPL nei punti più importanti.

Le differenze sostanziali riguardano:

- l'utilizzo di conduttori rigidi (preferiti da NEC) o cavi con guaina (preferiti da IEC/EN).

A proposito delle condutture fisse, Si può notare una sostanziale differenza per quanto riguarda la scelta dei conduttori; infatti mentre NEC propone principalmente conduttori rigidi laddove si hanno condutture fisse, IEC/EN parla esclusivamente di cavi dedicando particolare attenzione al tipo di isolamento utilizzato.

Tuttavia si evidenzia un punto comune tra i due approcci in quanto tra le alternative proposte, in entrambi i sistemi normativi viene permesso l'utilizzo di cavi di tipo a isolamento minerale.

Per quanto riguarda le connessioni flessibili, NEC mantiene la preferenza di utilizzo di condotte metalliche o al più cavi in armatura, mentre le IEC/EN permettono l'utilizzo di cavi con guaina proponendo diverse opzioni di scelta. Una differenza sostanziale, anche se lasciata in secondo piano, riguarda la connessione del cavo di terra; infatti NEC permette il passaggio del cavo di terra nella stessa armatura dei cavi di alimentazione, mentre IEC/EN (oltre a dedicare maggior spazio a

quest'argomento) specifica chiaramente che la guaina dei cavi va collegata a terra, ma che non può essere utilizzata come unico collegamento e che in ogni caso va mantenuta un'adeguata messa a terra o al sistema di equipotenzialità.

- la messa a terra per cui il relativo conduttore può andare insieme ai cavi di potenza per NEC, mentre IEC/EN collega a terra la guaina del cavo, ma non permette di affidarsi alla stessa come unico collegamento equipotenziale;
- i sistemi di connessione e sigillatura di condotte e apparecchi e collegamento tra diversi tipi di ambiente per cui NEC presta particolare attenzione a sigillatura (prescrivendola sempre per le estremità di ogni collegamento), guarnizioni e distanze di sicurezza, seppur lasciando una certa libertà sulla scelta dei metodi di sigillatura e giunzione.

Le IEC/EN specificano chiaramente che, nei limiti del possibile, i cavi devono essere in unica pezzatura, andando a limitare i punti di giunzione. La cosa è praticamente impossibile da prescrivere nelle NEC in quanto, essendo prediletto l'utilizzo di condutture rigide, queste avranno necessariamente bisogno di giunzioni nei punti di curvatura. Facendo un confronto invece sulle prescrizioni relative ai cavi, IEC/EN risulta più dettagliato a proposito del tipo di giunzione da utilizzare (pressa cavi, saldatura, ecc.), mentre NEC rimane più sul vago definendo una generica sigillatura prescrivendola a prescindere dal tipo di giunzione utilizzata. Tuttavia NEC presta più attenzione alle situazioni in cui i punti di giunzione vanno direttamente sui punti di connessione o a determinate distanze (ad esempio nel passaggio da una zona a rischio ad una non a rischio).

A proposito della connessione tra un luogo a rischio e un luogo non a rischio di esplosione, NEC specifica le distanze di sicurezza a cui inserire le giunzioni, mentre le IEC/EN rimandano alle prescrizioni imposte dall'EPL dell'ambiente in questione e prescrivono la sigillatura totale delle aperture che mettono in connessione i due ambienti.

- Un altro punto in cui i due sistemi si discostano l'uno dall'altro è il problema del drenaggio di liquidi e condense di vapore. Questo punto viene trattato da NEC per apparecchiature di controllo e macchine rotanti, ma viene tralasciato dalle IEC/EN

in quanto l'utilizzo esclusivo di cavi, elimina di per sé la possibilità di formazione di condensa; fattore invece da tenere in considerazione nelle condutture rigide.

- Negli ultimi tre paragrafi le IEC/EN mostrano un occhio di riguardo in più verso il problema di passaggio o accumulo di gas, polveri o elettricità statica, ricordando all'installatore i problemi che questi possono causare portandolo ad un'adeguata prevenzione. Questo aspetto viene trattato da NEC in maniera più accorta per quanto riguarda il passaggio di gas, in quanto si fa riferimento a diverse situazioni di cavi a conduttore singolo o multi conduttore, con o senza guaina, capaci o meno di trasmettere gas/vapori; tuttavia se da questo punto di vista la normativa americana è più ricca di dettagli, questa trascura totalmente l'accumulo di elettricità statica e di polvere.

Generalizzando, sebbene le IEC/EN non suddividano direttamente le diverse soluzioni in base al tipo di ambiente, comprendono una casistica di situazioni molto ampia, indirizzando l'installatore a seconda dell'applicazione presa in considerazione, lasciando una relativa generalità a proposito degli ambienti e specificando solo i casi in cui si fa esplicito riferimento a EPL o polveri o gas. NEC invece nella sua suddivisione permette di partire da un elenco di soluzioni permesse a seconda dell'ambiente, di scegliere la più adatta in base all'applicazione richiesta. In sostanza i due approcci si possono ritenere in un certo senso complementari.

CAPITOLO 6

Sicurezza Elettrica

Dopo aver esaminato i diversi metodi di connessione tra gli apparecchi e tra i diversi ambienti, risulta estremamente importante valutare le caratteristiche dei principali elementi di un impianto quali macchine rotanti, macchine statiche e sistemi di interruzione e sezionamento. Come per il sistema di connessione, anche qui è fondamentale la separazione totale delle parti attive con l'ambiente circostante; inoltre qui viene dato un certo peso anche alle temperature di esercizio. Essendo questo tipo di macchine particolarmente soggetto a sovraccarichi e surriscaldamenti, sarà molto importante tenere d'occhio le temperature superficiali in modo da tenerle sempre al di sotto della temperatura di innesco. Bisognerà prestare attenzione alle macchine con contatti striscianti i quali possono essere sorgente di scintille pericolose e anche l'interruzione e il sezionamento del circuito saranno da valutare con criterio in quanto questi sistemi possono essere causa di archi elettrici.

6.1 Guida NEC 500/Standard UL

6.1.1 Classe I, Divisione 1

6.1.1.1 Macchine elettriche rotanti

Motori, generatori e altre macchine rotanti devono essere:

- a) catalogate per ambienti di *Classe I, Divisione 1*, o
- b) ermeticamente chiuso provvisto di una sorgente di ventilazione di aria pulita a pressione positiva, o
- c) ermeticamente chiuso riempita di gas inerte provvista di dispositivo che assicuri una pressione positiva, o

- d) progettato per essere immerso in un liquido che risulti infiammabile solo se vaporizzato e mischiato con aria, o in un gas o vapore a una pressione maggiore di quella atmosferica infiammabile solo a contatto con l'aria.

I motori ermeticamente chiusi devono avere una temperatura superficiale di esercizio non superiore all'80 % della temperatura di innesco in gradi Celsius dei gas o vapori presenti.

Devono essere previsti degli apparecchi appositi per individuare le macchine che presentano sovratemperature e ridurre automaticamente il loro carico, o attivare un allarme.

6.1.1.2 Trasformatori e condensatori

- *Contenenti liquidi infiammabili*
 - a) non devono esserci porte o altre vie di comunicazione aperte tra l'alloggio della macchina e l'ambiente;
 - b) deve essere presente un sistema di ventilazione continuo che rimuova eventuali gas o vapori infiammabili;
 - c) aperture di sfogo o condotti devono portare ad un ambiente sicuro fuori dal fabbricato;
 - d) le aperture di sfogo e i condotti devono avere un'area sufficiente allo sfogo della pressione di esplosione all'interno dell'alloggio della macchina.

- *Non contenenti liquidi infiammabili*

Trasformatori e condensatori non contenenti liquido infiammabile devono essere installati in alloggi adeguati per ambienti di *Classe I*.

6.1.1.3 Interruzione e Sezionamento

Interruttori, sezionatori, fusibili, relè, ecc. devono essere forniti con relativo involucro.

L'involucro stesso, insieme al relativo apparecchio, devono essere identificati come componenti idonei all'installazione in ambienti di *Classe I, Divisione 1*.

6.1.2 Classe I, Divisione 2

6.1.2.1 Macchine elettriche rotanti

Le macchine rotanti che presentano contatti striscianti o altri tipi di meccanismo di commutazione, vanno classificati in Classe I, Divisione 1; a meno che non siano forniti con contenitore catalogato per Classe I, Divisione 2. La superficie esposta allo spazio riscaldato per prevenire condensazione durante i periodi di arresto, non deve superare l'80% della temperatura di innesco dei gas o dei vapori presenti e la massima temperatura di superficie deve essere visibile sul marchio della macchina.

6.1.2.2 Trasformatori e condensatori

Per l'installazione in ambienti di *Classe I, Divisione 2*, i trasformatori fanno riferimento alla NEC (450.21÷450.27), mentre i Condensatori fanno riferimento alle NEC (460.2÷460.28).

Trasformatori a secco per installazioni interne si suddividono in:

- Trasformatori di taglia inferiore a 112,5 kVA devono essere distanziati di almeno 30 cm dal materiale *combustibile*.
- Trasformatori di taglia superiore a 112,5 kVA devono essere installati in una stanza dedicata a prova di fuoco.

Trasformatori a secco per installazioni esterne devono avere un rivestimento a prova di intemperie. Trasformatori superiori a 112,5 kVA devono essere installati ad almeno 30 cm dal materiale combustibile a meno che la macchina abbia classe di isolamento 155 o superiore e sia completamente chiusa ad eccezione delle aperture per ventilazione.

Trasformatori isolati con liquido non infiammabile possono essere installati sia all'interno che all'esterno. I trasformatori installati all'interno e superiori a 35 kV devono essere installati in vani dedicati. Questi trasformatori devono essere forniti con un'area di confinamento del liquido e uno sfiato di decompressione.

Trasformatori a installazione interna isolati con Askarel¹² superiori ai 25 kVA, devono essere forniti con sfiato di decompressione. Se installati in un ambiente poco ventilato, devono essere provvisti di un sistema che assorba ogni cas generato da archi all'interno

¹² Askarel: termine generico usato per indicare oli isolanti ignifughi usati nei trasformatori e nei condensatori. Tali oli sono costituiti principalmente da miscele di PCB, spesso è anche presente il policlorobenzene.

del case, o lo sfiato di decompressione deve essere connesso con un condotto che porti questi gas all'esterno.

Trasformatori isolati in olio per installazioni interne devono essere installati in vani dedicati.

Trasformatori isolati in olio per installazioni esterne. Materiale combustibile, edifici e parti di edifici, scale antincendio, porte e finestre devono essere salvaguardate dalle fiamme originate da trasformatori isolati in olio installati sui tetti o in zone adiacenti all'edificio o al materiale combustibile.

6.1.2.3 Interruzione e sezionamento

Interruttori e sezionatori che devono interrompere la corrente durante il funzionamento ordinario, devono essere forniti con relativo involucro, come per la Divisione 1; a meno che non vengano forniti contenitori per uso generico, nel qual caso si applica una delle seguenti soluzioni:

- a) l'interruzione della corrente deve avvenire all'interno di una camera ermetica tarata contro l'ingresso di gas o vapori;
- b) i contatti di apertura e chiusura sono immersi in olio con un'immersione minima di 50 mm per i contatti di potenza e di 25 mm per i contatti di controllo;
- c) l'interruzione della corrente avviene in una camera sigillata a prova di esplosione;
- d) la temperatura superficiale dell'apparecchio non supera l'80 % della temperatura di innesco in gradi Celsius del gas o del vapore considerato.

Gli interruttori di isolamento per trasformatori e banchi di condensatori che non devono interrompere la corrente in condizioni di funzionamento ordinarie, possono essere installati in contenitori per uso generico.

Per la protezione di motori, apparecchi e lampade, è possibile utilizzare fusibili, assunto che vengano installati in contenitori adatti all'ambiente considerato; oppure fusibili del tipo operanti immersi in olio o in altro liquido se gli elementi operativi sono installati in contenitori ad uso generico, o se sono chiusi in una camera ermetica tarata contro l'ingresso di gas o vapori.

6.1.3 Classe II, Divisione 1

6.1.3.1 Macchine elettriche rotanti

Le macchine rotanti installate in ambienti di Classe II, Divisione 1 devono essere conformi ai seguenti dettagli:

- a) catalogate per il tipo di ambiente
- b) ermeticamente chiuse con condotta di ventilazione.

6.1.3.2 Trasformatori e condensatori

Contenenti liquidi infiammabili

Possono essere installati in vani che soddisfino i vincoli NEC (450.41÷450.48) riassunti come segue:

- i vani devono essere installati in luoghi dove può esserci una ventilazione con l'aria esterna senza l'utilizzo di condotte di ventilazione;
- le pareti e il tetto dei vani devono essere costruite in materiali che abbiano una struttura adeguata che abbia una resistenza alle fiamme di almeno tre ore;
- le aperture dei vani devono essere protette con porte tagliafuoco con resistenza alle fiamme di almeno 3 ore;
- i vani devono essere provvisti di aperture di ventilazione, tali aperture devono essere coperte con grate, schermi o feritoie;
- la parte interna di ogni apertura di ventilazione deve essere provvista di uno smorzatore di fiamma a chiusura automatica;
- dove praticabile, i vani contenenti trasformatori superiori ai 100 kVA, devono essere provvisti di un sistema di drenaggio.

A queste prescrizioni, vanno aggiunti i seguenti vincoli:

- porte e aperture di comunicazione con l'ambiente esterno devono avere porte tagliafuoco con chiusura automatica ad entrambi i lati e le porte devono essere provviste di guarnizioni sigillanti in modo da ridurre al minimo l'accesso di polveri al vano macchina;
- aperture di sfogo e condotti devono comunicare esclusivamente con l'aria esterna;
- devono essere presenti idonee aperture di decompressione comunicanti.

Non contenenti liquidi infiammabili

Possono essere installati in vani che soddisfino i vincoli NEC (450.41÷450.48).

Gruppo E

Né trasformatori né condensatori possono essere installati in ambienti di Classe II, Divisione 1, Gruppo E.

6.1.3.3 Interruzione e sezionamento

Interruttori, sezionatori, fusibili, relè, ecc. devono essere racchiusi in un contenitore considerato idoneo per il tipo di ambiente.

6.1.4 Classe II, Divisione 2

6.1.4.1 Macchine elettriche rotanti

Le macchine elettriche rotanti possono essere ermeticamente chiuse e non ventilate; ermeticamente chiuse e ventilate; ermeticamente chiuse raffreddate ad aria o ad acqua; ermeticamente chiuse raffreddate ad aria forzata o a prova di innesco di polvere.

6.1.4.2 Trasformatori e condensatori

Contenenti liquidi infiammabili

Possono essere installati in vani che soddisfino i vincoli NEC (450.41÷450.48)

Contenenti Askarel (olio isolante ignifugo)

Trasformatori contenenti askarel e di potenza superiore a 25 kVA, devono essere:

- a) provvisti di sfoghi per decompressione;
- b) con possibilità di assorbire qualunque gas generato da archi all'interno del case, o sfoghi di decompressione connessi a un comignolo che porti i gas all'esterno del fabbricato;
- c) avere uno spazio d'aria di non meno di 150 mm tra il case del trasformatore e qualunque materiale combustibile adiacente.

Trasformatori a secco

Devono essere installati in vano dedicato, o devono avere avvolgimenti e connessioni racchiusi in un contenitore metallico senza ventilazione o altre aperture e devono operare a tensioni non superiori di 600 V.

6.1.4.3 Interruzione e sezionamento

Interruttori, sezionatori, fusibili, relè, ecc. devono essere a tenuta di polvere.

6.1.5 Classe III, Divisione 1 e 2

6.1.5.1 Macchine elettriche rotanti

Le macchine elettriche rotanti in *Classe III, Divisioni 1 e 2*, devono essere totalmente chiuse e non ventilate, totalmente chiuse a ventilazione naturale, o totalmente chiuse a ventilazione forzata.

6.1.5.2 Trasformatori e condensatori

Valgono gli stessi vincoli imposti per gli ambienti di *Classe II, Divisione 2*.

6.1.5.3 Interruzione e sezionamento

Interruttori, sezionatori, fusibili, relè, ecc. devono essere installati in contenitore a tenuta di polvere.

6.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

6.2.1 Generalità

Le condutture devono essere protette contro i sovraccarichi e contro gli effetti dannosi dei cortocircuiti e dei guasti di terra.

Tutte le apparecchiature elettriche devono essere protette contro gli effetti dannosi dei cortocircuiti e dei guasti di terra.

I dispositivi per la protezione dai cortocircuiti e dai guasti di terra devono essere tali da non potersi richiudere automaticamente fino a che permangono le condizioni di guasto.

È necessario prendere le dovute precauzioni per impedire il funzionamento di apparecchiature elettriche multifase quando la perdita di una o più fasi può provocare un

surriscaldamento. In circostanze in cui il sezionamento automatico dell'apparecchiatura elettrica può creare un rischio per la sicurezza che è più grave solamente rispetto a quello che deriva dall'accensione, possono essere utilizzati uno o più dispositivi di allarme come alternativa al sezionamento automatico, sempre che il funzionamento di tale dispositivo sia immediatamente segnalato in modo da consentire il tempestivo intervento correttivo.

6.2.2 Macchine elettriche rotanti

Le macchine elettriche rotanti devono inoltre essere protette contro i sovraccarichi, a meno che esse siano previste per resistere in modo continuo alla corrente di avviamento a tensione e frequenza nominali o, nel caso di generatori, alla corrente di cortocircuito senza riscaldamenti inammissibili. Il dispositivo di protezione dai sovraccarichi deve essere:

- a) un dispositivo di protezione su tutte e tre le fasi temporizzato, a tempo inverso, regolato ad un valore non maggiore della corrente nominale della macchina, che interviene entro 2 h a 1,20 volte la corrente di erogazione e non interviene entro 2h a 1,05 volte la corrente di erogazione; oppure
- b) un dispositivo per il controllo diretto della temperatura con i sensori di temperatura integrati nella macchina; oppure
- c) un altro dispositivo equivalente.

6.2.3 Trasformatori

I trasformatori devono inoltre essere protetti contro i sovraccarichi, a meno che gli stessi possano resistere in modo continuo alla corrente di cortocircuito sul secondario con tensione a frequenza nominali sul primario, senza riscaldamenti inammissibili, o non sia prevista la possibilità di sovraccarico dovuto ai carichi collegati.

6.2.4 Dispositivi di riscaldamento a resistenza

Oltre alla protezione per sovracorrente, ed allo scopo di limitare l'effetto di riscaldamento dovuto alle correnti anormali dovute a guasti a terra e perdite verso terra, si devono installare le seguenti precauzioni addizionali:

- a) in un sistema di tipo TT o TN, si deve utilizzare un dispositivo a corrente differenziale (RCD) con una corrente differenziale di funzionamento nominale che non superi i 100 mA. Si dovrebbe preferire un RCD con una corrente differenziale nominale di funzionamento di 30 mA;
- b) in un sistema di tipo IT, si deve utilizzare un dispositivo di controllo dell'isolamento per sezionare l'alimentazione ogni volta in cui la resistenza di isolamento non è superiore a 50 Ω per volt di tensione nominale.

I dispositivi di riscaldamento a resistenza devono essere protetti contro una temperatura superficiale eccessiva, quando richiesto. Quando specificato, si devono prendere misure di protezione in accordo con le prescrizioni del costruttore e con la documentazione a riguardo.

Quando la protezione è ottenuta mediante sistemi di rilevamento, essa deve essere in alternativa:

- la temperatura del dispositivo di riscaldamento a resistenza oppure, se appropriato, delle sue immediate vicinanze; o
- la temperatura circostante e uno o più parametri diversi; o
- due o più parametri diversi dalla temperatura.

Ogni dispositivo di protezione contro la temperatura, se necessario, deve essere indipendente da ogni dispositivo di controllo della temperatura per il funzionamento e interrompere l'alimentazione elettrica del dispositivo di riscaldamento a resistenza direttamente o indirettamente. I dispositivi di protezione devono poter essere riarmati solo manualmente.

6.2.5 Interruzione di emergenza

Per motivi di emergenza, in un punto idoneo o in più punti al di fuori del luogo pericoloso, devono essere previsti dispositivi atti ad interrompere le alimentazioni elettriche del luogo pericoloso.

L'apparecchiatura elettrica che deve continuare a funzionare per prevenire pericoli aggiuntivi, non deve essere compresa nel circuito di arresto di emergenza ed essa deve costituire un circuito separato.

6.2.6 Sezionamento

Per consentire di lavorare in sicurezza, devono essere previsti idonei dispositivi di sezionamento onnipolare, compreso il conduttore di neutro (per esempio sezionatori, fusibili e mezzi di unione quali le barrette), per ogni circuito o gruppo di circuiti.

Deve essere previsto un sistema di identificazione nelle immediate vicinanze di ciascun mezzo di sezionamento per consentire la rapida identificazione del circuito o gruppo di circuiti da esso controllati.

6.3 Commenti

Come per le altre sezioni, lo Standard NEC ([2.1]; [2.2]; [2.3]) classifica diverse soluzioni a seconda dell'ambiente considerato e si concentra principalmente sulle specifiche dell'involucro o contenitore che va a contenere il sistema di interruzione/sezionamento o la macchina elettrica. Il punto principale focalizzato dalla NEC è la totale separazione delle macchine con l'ambiente esplosivo circostante attraverso involucri ermetici, pressurizzati o ventilati.

Nella IEC/EN [3-cap.7] invece, non c'è una distinzione tra i diversi ambienti, né si parla di particolari vincoli su involucri o contenitori dei sistemi di interruzione, ma si ha un altro tipo di approccio al problema, ovvero si presta una particolare attenzione al controllo della temperatura, di corrente e sovraccarico delle apparecchiature in funzione; lasciando alla discrezione dell'installatore la scelta della soluzione impiantistica più appropriata. Sebbene NEC non aggiunga dettagli ulteriori al sistema di interruzione previsto per l'impianto, sottolinea più volte la possibilità di utilizzo di condotte di ventilazione per raffreddamento naturale o forzato; dunque NEC prescrive un sistema di raffreddamento più rigido rispetto a IEC/EN. Questo significa che il processo di produzione in un impianto costruito secondo direttiva NEC, avrà meno probabilità di interruzioni rispetto ad un impianto a norma IEC/EN perché, mentre quest'ultimo protegge i sovraccarichi esclusivamente attraverso l'interruzione, NEC aggiunge un sistema di ventilazione che permette alla macchina di sopportare sovraccarichi maggiori a parità di sovratemperatura.

Per quanto riguarda i Trasformatori, NEC dedica la sua attenzione alla separazione tra la macchina e l'ambiente a rischio esplosione definendo il percorso operativo da seguire in

caso di ambienti a rischio per presenza di gas o di polvere. Viene determinata inoltre la soglia e i tempi di intervento delle protezioni in caso di sovraccarico. Le IEC/EN si limitano a prescrivere un sistema di protezione della macchina in caso di surriscaldamento o prevedono il dimensionamento del trasformatore in modo che possa far fronte a sovraccarichi senza subire surriscaldamenti inammissibili.

Affrontando successivamente il discorso di interruzione e sezionamento, NEC si dedica ai dettagli relativi agli involucri contenenti i sistemi di interruzione o sezionamento definendo le loro specifiche e prevedendo anche l'installazione in locale dedicato nel caso si avessero involucri ad uso generico e consentendo invece l'installazione di questi sistemi all'interno del locale a rischio esplosione se dotati di involucro idoneo, specificando chiaramente le caratteristiche che quest'ultimo deve avere per consentire l'installazione. Le IEC/EN trattano il problema interruzione e sezionamento in maniera separata, preferendo l'installazione a priori dei sistemi di interruzione al di fuori dell'ambiente a rischio (seppur permettendo l'installazione all'interno) e specificando il mantenimento della continuità elettrica dei circuiti che devono mantenersi in funzione anche in caso di emergenza imponendo la separazione dal circuito che può permettere interruzione. A proposito del sezionamento inoltre si prescrive la necessità di sezionamento onnipolare, dettaglio trascurato da NEC. Un ultimo appunto va espresso a proposito delle IEC/EN che dedicano un paragrafo ai dispositivi di riscaldamento a resistenza (non considerato da NEC) in cui vengono descritte le prescrizioni da considerare per evitare sovratemperature indesiderate.

CAPITOLO 7

Apparecchi di illuminazione

Un qualsiasi ambiente lavorativo avrà sempre bisogno di un'adeguata illuminazione, risulta quindi inevitabile dedicare spazio a questo sistema anche negli ambienti a rischio di esplosione. Come per gli altri sistemi visti precedentemente, anche qui è importante isolare il più possibile le parti attive dall'ambiente; inoltre si dedica particolare attenzione alla protezione degli apparecchi di illuminazione contro i danni fisici (dato che per loro natura questi saranno più delicati rispetto ad un motore o un trasformatore) attraverso involucri ed allocazioni adeguate. Risulta chiaro quindi che per questo tipo di apparecchi, il grado di protezione utilizzato gioca un ruolo fondamentale.

7.1 Guida NEC 500/Standard UL

7.1.1 Classe I, Divisione 1

Gli apparecchi di illuminazione devono essere catalogati e completamente assemblati per gli ambienti di *Classe I, Divisione 1* [2.1] e deve essere indicata chiaramente sul marchio la massima potenza delle lampade. Gli apparecchi destinati all'utilizzo portatile, devono essere specificatamente catalogati ed assemblati per l'uso a cui sono destinati.

Ogni apparecchio di illuminazione deve essere protetto contro i danni fisici con un'apposita custodia o allocazione adeguata.

Gli apparecchi di illuminazione in sospensione, devono essere sospesi attraverso appositi gambi filettati in metallo rigido o acciaio medio e le giunzioni filettate devono essere provviste di viti o altri sistemi efficaci per evitare l'allentamento.

7.1.2 Classe I, Divisione 2

Dove le lampade possono, in condizioni ordinarie di funzionamento, raggiungere temperature di superficie oltre l'80 % della temperatura di innesco dei gas o vapori presenti, gli apparecchi di illuminazione devono soddisfare i requisiti richiesti per gli ambienti di *Classe I, Divisione 1*; oppure devono essere testati per determinare la temperatura operativa o la classe di temperatura.

Gli apparecchi di illuminazione devono essere protetti dai danni fisici con un'apposita custodia o allocazione adeguata. Laddove ci fosse pericolo di scintille o metallo surriscaldato dalle lampade o gli apparecchi potrebbero causare innesco di concentrazioni di gas o vapori localizzati, vanno previste apposite custodie.

Gli apparecchi di illuminazione in sospensione, devono essere sospesi attraverso appositi gambi filettati in metallo rigido o acciaio medio.

Gli apparecchi di illuminazione di tipo portatile devono rispettare i requisiti richiesti per gli apparecchi di *Classe I, Divisione 1*.

Gli interruttori che sono parte integrante di un apparecchio o di un portalampada, devono soddisfare i requisiti richiesti per gli interruttori (Capitolo 6).

7.1.3 Classe II, Divisione 1

gli apparecchi di illuminazione devono essere catalogati e completamente assemblati per gli ambienti di *Classe II, Divisione 1 [2.2]* e deve essere indicata chiaramente sul marchio la massima potenza delle lampade. Gli apparecchi destinati all'utilizzo portatile, devono essere specificatamente catalogati ed assemblati per l'uso a cui sono destinati.

Ogni apparecchio di illuminazione deve essere protetto contro i danni fisici con un'apposita custodia o allocazione adeguata.

Gli apparecchi di illuminazione in sospensione, devono essere sospesi attraverso appositi gambi filettati in metallo rigido o acciaio medio, con catene o con altri mezzi appropriati.

Le giunzioni filettate devono essere provviste di viti o altri sistemi efficaci per evitare l'allentamento.

7.1.4 Classe II, Divisione 2

Gli apparecchi di illuminazione portatili, devono essere identificati per l'ambiente a cui sono destinati. Questi devono avere espressamente indicato sulla marcatura, la massima potenza delle lampade per cui sono progettati.

Gli apparecchi di illuminazione di tipo fisso, devono essere provvisti di un involucro a tenuta di polvere. Ogni apparecchio deve avere espressamente indicato sulla marcatura la massima potenza delle lampade che, in condizioni operative ordinarie, rispettano i limiti imposti dalla relativa classe di temperatura, ovvero che non permetta alla temperatura della superficie di superare tali limiti.

Ogni apparecchio di illuminazione deve essere protetto contro i danni fisici con un'apposita custodia o allocazione adeguata.

Gli apparecchi di illuminazione in sospensione, devono essere sospesi attraverso appositi gambi filettati in metallo rigido o acciaio medio, con catene o con altri mezzi appropriati.

Laddove il cablaggio tra una scatola di derivazione e un apparecchio a sospensione non è rinchiuso in una conduttura, è permesso l'utilizzo di un cavo flessibile catalogato per uso estremo se termina con un connettore tale che mantenga la tecnica di protezione. In ogni caso il cavo flessibile non va considerato come il principale sostegno dell'apparecchio.

7.1.5 Classe III, Divisione 1 e 2

Gli apparecchi di illuminazione di tipo fisso, devono essere provvisti di involucro per lampada e portalampada progettato per minimizzare l'ingresso di fibre e per prevenire la fuoriuscita di scintille, materiale infiammabile, o metallo rovente. Ogni apparecchio deve avere una marcatura su cui è riportata la massima potenza delle lampade permessa senza che la superficie superi la temperatura di 165 °C nelle normali condizioni di funzionamento.

Ogni apparecchio di illuminazione deve essere protetto contro i danni fisici con un'apposita custodia.

Gli apparecchi di tipo portatile devono essere provvisti di maniglia e protetti da apposito involucro. I portalampada devono essere di tipo non commutabile e senza alcuna predisposizione per il collegamento di spine.

Non devono essere esposte parti metalliche che portano corrente, mentre tutte le parti metalliche che non portano corrente esposte devono essere provviste di messa a terra. Per tutti gli altri aspetti si può far riferimento agli apparecchi di tipo fisso. Gli apparecchi in sospensione, devono essere sospesi attraverso appositi gambi filettati in metallo rigido o acciaio medio o tubi di spessore equivalente, o catene con connessioni adeguate. [2.3]

7.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

La scelta degli apparecchi di illuminazione deve tenere in considerazione gli EPL, il gruppo dell'apparecchiatura e le possibilità di cambiamenti della classe di temperatura, se possono essere utilizzate lampade di diversa potenza.

7.2.1 Custodie per apparecchi con EPL Gb o EPL Db

Le custodie che danno accesso al portalampada o ad altre parti interne dell'apparecchio, devono essere:

- a) interbloccate con un dispositivo che scolleghi automaticamente tutti i poli del portalampada non appena la custodia viene aperta; o
- b) contrassegnate con apposita marcatura di apertura.

Nel caso a), alcune parti, oltre al portalampada, rimangono alimentate anche dopo l'operazione di sconnessione dal dispositivo. Per minimizzare il rischio di esplosione, queste parti devono essere protette:

- 1) attraverso un sistema di protezione adeguato;
- 2) attraverso l'insieme delle seguenti protezioni:
 - il dispositivo di sezionamento deve essere installato in modo che non possa essere azionato manualmente per evitare di alimentare inavvertitamente parti non protette; e
 - distanze adeguate tra fasi e terra in conformità con le indicazioni della Norma IEC/EN 60079-7; e
 - un involucro supplementare interno che possa fungere da riflettore per la sorgente di luce e che contenga le parti alimentate provviste di un grado di protezione almeno pari a IP20, in conformità con la Norma IEC/EN 60529; e

- marcatura dell'involucro interno supplementare.

7.2.2 Custodie per apparecchi con EPL Gc o EPL Dc

Le custodie che danno accesso al portalamпада o ad altre parti interne dell'apparecchio, devono essere:

- a) interbloccate con un dispositivo che scolleghi automaticamente tutti i poli del portalamпада non appena la custodia viene aperta; o
- b) contrassegnate con apposita marcatura di apertura.

Nel caso a), alcune parti, oltre al portalamпада, rimangono alimentate anche dopo l'operazione di sconnessione dal dispositivo. Per minimizzare il rischio di esplosione, queste parti devono essere protette:

- distanze adeguate tra fasi e terra in conformità con le indicazioni della Norma IEC/EN 60644-1 con sovratensioni di categoria II e grado di inquinamento 3¹³;
- un involucro supplementare interno che possa fungere da riflettore per la sorgente di luce e che contenga le parti alimentate provviste di un grado di protezione pari ad almeno IP20, in conformità con la Norma IEC/EN 60529;
- marcatura dell'involucro interno supplementare.

7.2.3 Lampade speciali

Sono vietate lampade contenenti sodio metallico libero (lampade al sodio a bassa pressione); sono invece permesse le lampade al sodio ad alta pressione.

7.2.4 Lampade portatili

Le indicazioni per le lampade portatili in miniera (*Gruppo I*) sono regolamentate dalla Norma IEC/EN 62013-1; per quanto riguarda le lampade portatili del *Gruppo II e Gruppo III*, la IEC/EN 60079-0 prescrive che la fuoriuscita dell'elettrolita deve essere impedita in qualsiasi punto dell'apparecchio. Laddove la sorgente di luce e la sorgente di alimentazione siano alloggiare in involucri separati non connessi meccanicamente ad

¹³ Si produce un inquinamento conduttore o un inquinamento secco non conduttore, che diventa conduttore a seguito della condensazione che può prodursi.

eccezione dei cavi elettrici, i pressacavi e i cavi connessi devono essere verificati come appropriati. Il test deve essere effettuato utilizzando il cavo che connette entrambe le parti. Il tipo, la dimensione e altre informazioni rilevanti a proposito del cavo, devono essere specificate nella documentazione del produttore.

7.3 Commenti

Sebbene NEC ([2.1]; [2.2]; [2.3]) continui a proporre una suddivisione in base agli ambienti, nella sezione riguardante gli apparecchi di illuminazione è evidente una particolare coerenza tra i diversi casi, delineando dei tratti comuni tra tutti i tipi di luoghi considerati (custodie protettive, limiti di temperatura, ecc.) e specificando solo qualche dettaglio ulteriore relativo all'elemento di innesco di ogni ambiente.

La IEC/EN 60079-0 [4-cap.21] affronta l'argomento non suddividendo direttamente in base agli ambienti, ma considerando il grado di protezione EPL; quindi in realtà si considera comunque il tipo di ambiente anche se in maniera meno diretta rispetto a NEC. Tuttavia questa suddivisione è di natura lievemente diversa; infatti le IEC/EN propongono un approccio comune tra ambienti a rischio a causa di gas e a causa di polveri, ma differenzia il livello di rischio che può presentarsi in un determinato ambiente. Entrambi gli approcci si concentrano principalmente su involucri e custodie da utilizzare per lampade e portalampade; è da dire però che la trattazione IEC/EN risulta più esaustiva da questo punto di vista in quanto fornisce specifiche più dettagliate a proposito delle custodie da utilizzare inserendo anche sistemi di interbloccaggio delle parti attive e specificando gradi di protezione degli involucri e distanze tra parti attive e zone inerti. NEC d'altro canto si limita sì a specificare le prescrizioni generali da seguire, ma estende l'argomento dedicando voci specifiche a seconda dell'ambiente considerato e dell'elemento causa di rischio (gas, polveri o fibre); inoltre NEC ha una sezione dedicata esclusivamente agli apparecchi in sospensione, sezione totalmente trascurata dalle IEC/EN.

CAPITOLO 8

Impianto di Terra

L'impianto di terra nei luoghi con pericolo di esplosione assume una doppia importanza, rispetto a quello che è il suo ruolo tradizionale. Qui, non è "solamente" un'installazione atta alla protezione delle persone contro i contatti indiretti, ma diventa un mezzo fondamentale per prevenire la formazione di scintille pericolose che potrebbero innescare un'atmosfera esplosiva.

8.1 Guida NEC 500/Standard UL

Per quanto riguarda la guida NEC, vi è tutto un paragrafo dedicato alla messa a terra^[2.7]; tuttavia l'argomento viene trattato solo in forma generale e non vi è nessuna specifica particolare per quanto riguarda gli impianti realizzati in ambienti a rischio di esplosione. L'unico riferimento agli impianti di terra nel capitolo relativo a questo tipo di ambienti è nel paragrafo dedicato alla Sicurezza Intrinseca (NEC 504: Intrinsically Safe Systems) in cui comunque si fa riferimento esclusivamente alla NEC 250 reputando tali prescrizioni sufficienti anche per questo tipo di ambienti.

8.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Oltre alle solite disposizioni da seguire in materia di impianti di messa a terra - CEI 64-8 [16], CEI 11-1 [18], CEI 81-1 [19] - vanno applicate altre precauzioni per fare in modo che la sicurezza dell'impianto antideflagrante non venga invalidata.

La IEC/EN 60079-14 (CEI 31-33) per i gas e la IEC/EN 50281-1-2 (CEI 31-36), accennano soltanto l'argomento, mentre ulteriori informazioni sono recuperabili dalla vecchia CEI 64-2 [17], che morta come norma (sostituita da IEC/EN 60079-10), rinasce come guida.

8.2.1 Protezione delle persone dai contatti indiretti

Come già prescritto nella 64-8; cioè, a seconda del tipo di sistema utilizzato (TT, TN-C, TN-S, IT):

- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- alimentazione a bassissima tensione;

8.2.2 Protezione contro l'innesco di esplosioni per guasto a terra

Al fine di evitare la formazione di scintille capaci di provocare l'accensione dell'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, si deve impedire ogni contatto con parti nude attive (a meno che non siano a sicurezza intrinseca). Un sistema TT utilizzato in zona 1 deve essere protetto da un dispositivo differenziale. Viene specificato il divieto di utilizzo del sistema TN-C in un luogo pericoloso in quanto è richiesto l'utilizzo di un conduttore di terra separato dal resto del circuito. Un sistema IT deve essere dotato di un dispositivo di controllo dell'isolamento per segnalare il primo guasto verso terra. Nei luoghi pericolosi viene richiesta la creazione di un sistema di equipotenzialità a cui connettere tutte le masse e le masse estranee e che può comprendere conduttori di protezione, tubi metallici, guaine metalliche dei cavi, armature in filo d'acciaio e parti metalliche di strutture, ma non può comprendere conduttori di neutro. Altre parti metalliche che non sono masse estranee come porte e finestre non richiedono il collegamento.

L'equipotenzialità viene in genere realizzata attraverso una rete equipotenziale comprendente anche le tubazioni degli impianti. I collegamenti devono essere effettuati in modo da evitare il loro allentamento col tempo, il quale provocherebbe un pericoloso aumento della resistenza di contatto. Gli impianti di protezione catodica non devono essere collegati al sistema di equipotenzialità.

8.2.3 Protezione contro le scariche elettrostatiche.

L'articolo 6.4 della IEC/EN 60079-14 dice: "Nella progettazione di impianti elettrici, devono essere presi provvedimenti per ridurre ad un livello sicuro gli effetti dell'elettricità statica".

E' possibile intanto dire che le scariche elettrostatiche sono causate dal trasferimento di elettroni da un oggetto ad un altro, nel momento in cui l'intensità del campo elettrico fra i due corpi supera la rigidità dielettrica dell'aria. La carica elettrica si può formare per sfregamento e separazione tra due corpi differenti, come ad esempio per calpestio su pavimenti sintetici, per sfregamento di indumenti sintetici, per srotolamento di nastri di plastica, per movimento di nastri trasportatori, per flusso di liquidi o di polveri, per l'azione di pulitura a vapore, per l'uso di verniciatura a spruzzo, per l'uso di cinghie di trasmissione (in cui c'è la continua separazione delle superfici di contatto), ecc. La prima precauzione da prendere è quella di evitare tutte queste situazioni e comunque in ogni caso non si può considerare l'ambiente totalmente sicuro. Poiché una persona elettrostaticamente carica, toccando un materiale conduttore può generare una scintilla in grado di innescare un'atmosfera esplosiva, è bene che i pavimenti nelle zone pericolose siano di tipo conduttivo, come conduttive devono essere le calzature indossate dagli operatori.

Le precauzioni, in qualche modo attive che si possono mettere in atto per prevenire i rischi di accumulo di cariche elettrostatiche sono fondamentalmente tre:

- *aumentare il livello di umidità del locale* - infatti in ambienti molto secchi la resistività dei materiali isolanti tende ad aumentare notevolmente, impedendo così a volte che la loro resistenza verso terra sia inferiore ad $1\text{ M}\Omega$, limite al di sotto del quale si considera che ci sia una sufficiente dispersione delle cariche. Si raccomanda comunque un tasso di umidità non inferiore al 20%.
- *aumentare il livello di ionizzazione dell'aria* - il sistema consiste nell'inondare l'aria con ioni positivi e negativi, così che quando l'aria ionizzata viene a contatto con una superficie carica, la superficie attrae gli ioni di polarità opposta. Il risultato è che l'elettricità statica che si era formata sugli oggetti viene neutralizzata. Ovviamente questo sistema non si limita ad eliminare le cariche esistenti, ma tende a prevenirne la formazione.
- *collegare a terra tutte le parti metalliche sedi di accumulo di cariche* - questa è la precauzione di carattere impiantistico e consiste nel rendere equipotenziali le zone pericolose attraverso il collegamento a terra ed equipotenziale di tutte le masse, le masse estranee e tutte le parti metalliche degli impianti di lavorazione

che potrebbero essere causa di accumulo di cariche elettrostatiche. Una citazione a parte merita il caso del carico e scarico di liquidi infiammabili trasportati con autobotti. In questo caso le autobotti devono essere rese equipotenziali con l'impianto fisso, perchè altrimenti potrebbero essere provocate scintille nel contatto fra un corpo carico (autobotte o cisterna caricata dal movimento del fluido) con uno generalmente con carica inferiore (l'impianto locale). La connessione fra i due sistemi avviene per mezzo di una pinza di messa a terra costruita in modo tale che non vengano prodotte scintille al momento del collegamento, in quanto il contatto vero e proprio viene fatto avvenire in una camera a prova di esplosione Ex-d.

8.2.4 Protezione contro le scariche atmosferiche

I luoghi in cui si lavorano o immagazzinano sostanze esplosive devono in ogni caso essere protetti contro le scariche atmosferiche. Per i luoghi, invece, con pericolo di esplosione per presenza di gas o polveri, occorre valutare la situazione attraverso le norme CEI 81-1 e CEI 81-4, e se è il caso installare LPS¹⁴ esterni, LPS interni o limitatori di sovratensione (SPD).

8.2.5 Protezione contro le sovratensioni prodotte da parti metalliche protette catodicamente

La protezione catodica (in genere a corrente impressa) è un sistema utilizzato per prevenire e proteggere dalla corrosione delle parti metalliche interrate di un impianto, in genere condutture o serbatoi. La norma IEC/EN 60079-14 proibisce espressamente questo metodo di protezione nelle zone 0 e 20. Nelle aree con un unico impianto di terra, le condutture protette catodicamente, che escono dal terreno in una zona pericolosa, devono essere collegate con le masse e le masse estranee non protette catodicamente poste fuori terra. Quando le parti metalliche protette catodicamente entrano od escono dall'area di influenza dell'impianto di terra, devono essere provviste di giunti isolanti posti all'esterno dell'area stessa.

¹⁴ LPS: Lightning Protection System

8.3 Commenti

Per quanto riguarda le direttive sull'impianto di terra, risulta evidente come le IEC/EN, dedichino uno sguardo in più all'argomento rispetto alla NEC. Entrambe le Normative si appoggiano alle relative norme generiche sugli impianti di terra (CEI 64-8 e NEC 250) come riferimento ai tratti generali dell'impianto; tuttavia la vecchia CEI 64-2 (ora IEC/EN 60079-10), non più valida come Norma ufficiale, viene ripresa come guida di riferimento per l'installazione degli impianti di terra in ambienti a rischio di esplosione. La direttiva Americana invece non rimanda a nessuna altra guida o norma che approfondisca l'argomento per gli ambienti a rischio esplosione, ritenendo sufficienti le prescrizioni imposte per ambienti generici.

CAPITOLO 9

Marcatura

Sia la Normativa Americana che quella Europea impongono per ciascun apparecchio installato in un ambiente a rischio di esplosione, una certificazione e una marcatura adeguata. La prima che attesti che l'apparecchio sia idoneo al tipo di installazione a cui è destinato; la seconda che racchiuda le specifiche di base dell'apparecchio (ambiente a cui è destinato, classe di temperatura, sistema di protezione, ecc.).

9.1 Guida NEC 500/Standard UL

La NEC 500.8 (C), impone che gli apparecchi debbano riportare un marcatura (Figura 9.1) che mostri l'ambiente per cui sono stati valutati. Tale marcatura deve riportare:

- la Classe a cui l'apparecchio è destinato;
- la Divisione a cui l'apparecchio è destinato;
- gruppo di appartenenza dell'apparecchio;
- la classe di temperatura o la temperatura operativa a temperatura ambiente;
- il range di temperatura ambiente in cui l'apparecchio può operare (per apparecchi il cui range è tra i -25 °C e i +40 °C, non è richiesta nessuna marcatura di range)

Esempio: *Class I* *Division 1* *A* *T3C* *-15÷+110 °C*

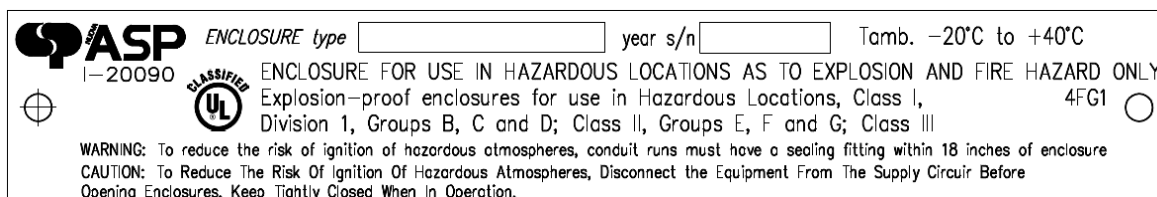


Figura 9.1 – Marcatura UL

La NEC 505.9 (C) propone inoltre un'integrazione a quanto appena detto. Essendo NEC 505 una versione della NEC 500 armonizzata con le IEC/EN, questa presenta un altro metodo di marcatura che può essere utilizzato scegliendo una delle seguenti indicazioni, mantenendo la marcatura valida anche per il mercato Europeo:

9.1.1 Division Equipment

Apparecchi classificati per Classe I, Divisione 1 o Classe II, Divisione 2, possono avere (in accordo con NEC 500.8) una marcatura contenente le seguenti voci:

- a) "Classe I, Zona 1" o "Classe II, Zona 2"
- b) gruppo di appartenenza dell'apparecchio;
- c) classe di temperatura.

Esempio: *Class I* *Zone 1* *A* *T2A*

9.1.2 Zone Equipment

Apparecchi che utilizzano uno o più sistemi di protezione tra quelli descritti nel Capitolo 4, possono avere una marcatura che riporti:

- a) classe dell'ambiente;
- b) zona dell'ambiente;
- c) simbolo "AEx";
- d) sistema di protezione (in accordo con la Tabella 9.1);
- e) gruppo di appartenenza dell'apparecchio;
- f) classe di temperatura.

Apparecchi elettrici con sistema di protezione *e, m, ma, mb, px, py, pz, q* devono essere marcati come Gruppo II.

Apparecchi elettrici con sistema di protezione *d, ia, ib, ic, [ia], [ib], [ic]*, devono essere marcati come *Gruppo IIA, IIB o IIC*.

Apparecchi elettrici con sistema di protezione *n*, devono essere marcati come *Gruppo II* a meno che non contengano dispositivi di interruzione, componenti non infiammabili o circuiti di potenza limitata nei quali casi va marcato come *Gruppo IIA, IIB o IIC*.

Apparecchi elettrici con altri sistemi di protezione, devono essere marcati come *Gruppo II* a meno che il tipo di protezione utilizzato dall'apparecchio richieda di essere marcato come *Gruppo IIA, IIB o IIC*.

Esempio: *Class I* *Zone 0* *AEx ia* *IIC* *T6*

9.1.2 Marcatura UL

Oltre alla marcatura appena citata imposta da NEC; lo Standard UL, impone l'aggiunta del relativo simbolo come certificazione di qualità dell'apparecchio. La presenza di questo marchio su un prodotto indica che i campioni rappresentativi controllati da UL sono risultati conformi ai requisiti del marchio UL. Esistono diversi tipi di marcatura UL; quelli che interessano in questa sede sono due; uno relativo alla classificazione per l'America (Figura 9.2 - a con riferimento a NEC 500) e uno relativo alla marcatura UL per l'Europa (Figura 9.2 - b con riferimento a NEC 505).



Figura 9.2 – Marcatura UL

9.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Gli apparecchi elettrici devono avere una marcatura leggibile al suo esterno e deve essere visibile prima dell'installazione.

La marcatura deve includere:

- a) il nome del produttore o il suo marchio registrato;
- b) identificazione del tipo di produttore;
- c) numero seriale ad eccezione di
 - accessori di connessione (pressacavi, elementi di chiusura, adattatori filettati);
 - apparecchi elettrici molto piccoli che hanno spazio limitato;

-
- d) il nome o il marchio dell'emittente e del riferimento del certificato nella seguente forma: le ultime due cifre dell'anno del certificato seguite da "." Seguito da un unico riferimento di quattro caratteri per il certificato in quell'anno;
 - e) se necessario, indicare le specifiche condizioni d'uso, il simbolo "X" deve essere posto dopo il riferimento del certificato;
 - f) il marchio specifico "Ex" per atmosfere esplosive a causa della presenza di gas o di polvere. I marchi "Ex" per atmosfere esplosive causa gas e atmosfere esplosive causa polvere devono essere separati;
 - g) qualsiasi marchi addizionale prescritto dallo standard specifico per il sistema di protezione considerato.

9.2.1 Marchio Ex per atmosfere esplosive a causa di gas

Il Marchio Ex deve includere:

- a) il simbolo Ex che indica che un apparecchio elettrico corrisponde ad uno o più tipi di protezione soggetti ad uno standard specifico;
- b) il simbolo del tipo di protezione in uso (vedi Tabella 9.2);
- c) il simbolo del gruppo:
 - I per apparecchi elettrici per miniere suscettibili a grisù;
 - IIA, IIB, IIC per apparecchi elettrici per atmosfere esplosive causa gas diverse dalle miniere.

Quando l'apparecchio elettrico viene utilizzato in presenza esclusiva di un particolare gas, la formula chimica o il nome del gas va inserito tra parentesi;

- d) per gli apparecchi elettrici appartenenti al Gruppo II, il simbolo relativo alla classe di temperatura. Dove il produttore può specificare la massima superficie di temperatura.

Gli apparecchi elettrici appartenenti al Gruppo II, aventi una temperatura massima di superficie maggiore di 450 °C, devono essere marcati solo con la massima superficie di temperatura in gradi Celsius.

Gli apparecchi elettrici appartenenti al Gruppo II, marcati per uso in un particolare gas, non hanno bisogno della classe di temperatura né della massima temperatura di superficie.

Pressacavi , elementi di chiusura e adattatori filettati, non hanno bisogno di marcatura con classe di temperatura né di massima temperatura di superficie;

e) l'EPL (Ga,Gb, Gc, Ma, Mb);

Esempio: *Ex d ia IIC T4 Gb*

9.2.2 Marchio Ex per atmosfere esplosive a causa di polvere

Il marchio Ex (Figura 9.4) deve includere:

- a) il simbolo Ex che indica che un apparecchio elettrico corrisponde ad uno o più tipi di protezione soggetti ad uno standard specifico;
- b) il simbolo del tipo di protezione in uso (vedi Tabella 5);
- c) il simbolo del gruppo:
 - IIIA, IIIB o IIC per apparecchi elettrici per atmosfere esplosive causa polvere;
- d) la massima temperatura di superficie in gradi Celsius e l'unità di misura °C preceduti dalla lettera T (es. T 90 °C).
Pressacavi , elementi di chiusura e adattatori filettati, non hanno bisogno di marcatura con classe di temperatura né di massima temperatura di superficie.
- e) l'EPL (Da, Db o Dc);
- f) il grado di protezione (es. IP54).

Esempio: *Ex t ia IIC T 100 °C Db IP54*

9.2.3 Marcatura ATEX

La Direttiva ATEX impone, oltre alla marcatura specifica (Figura 9.5), la marcatura CE che attesti la conformità del prodotto, il quale verrà messo in commercio completo della relativa dichiarazione di conformità.

Nella marcatura CE va inserito:

- il simbolo CE (Figura 9.3 – a);
- il simbolo EX (Figura 9.3 – b);
- gruppo;

- categoria (livello di protezione – Tabella 9.1);
- ambiente (G per gas, D per polvere)

Tabella 9.1 – Categorie e livelli di protezione^[1]

Livello di Protezione	Categoria		Prestazioni di Protezione	Condizioni di Funzionamento
	Gruppo I	Gruppo II		
Molto Elevato	M1		Due mezzi di protezione indipendente o sicurezza garantita anche qualora si manifestino due guasti indipendenti l'uno dall'altro	Gli apparecchi restano alimentati e in funzione anche in presenza di atmosfera esplosiva
Molto Elevato		1	Due mezzi di protezione indipendenti o sicurezza garantita anche qualora si manifestino due guasti indipendenti l'uno dall'altro.	Gli apparecchi restano alimentati e in funzione nelle zone 0,1,2 (G) e/o 20,21,22 (D)
Elevato	M2		Protezione adatta al funzionamento normale e a condizioni di funzionamento gravose	Agli apparecchi viene interrotta l'alimentazione di energia in presenza di atmosfera esplosiva
Elevato		2	Protezione adatta al funzionamento normale e a disturbi frequenti o apparecchi in cui si tenga normalmente conto dei guasti	Gli apparecchi restano alimentati e in funzione nelle zone 1,2 (G) e/o 21,22 (D)
Normale		3	Protezione adatta al funzionamento normale.	Gli apparecchi restano alimentati e in funzione nelle zone 2 (G) e/o 22 (D)

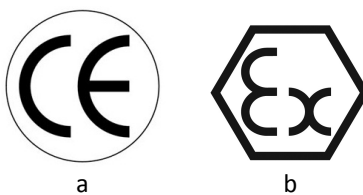


Figura 9.3 – Simboli CE ed EX

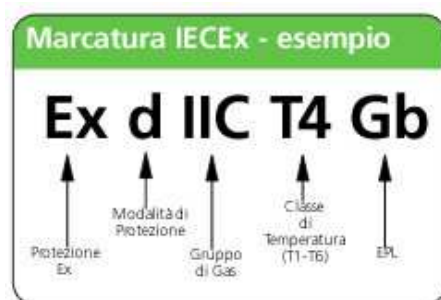


Figura 9.4 – Marcatura IEC-Ex

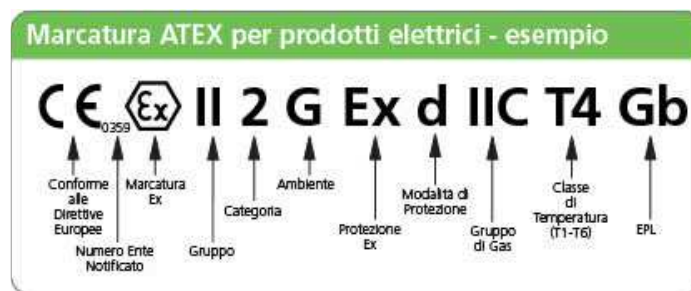


Figura 9.5 – Marcatura ATEX

Tabella 9.2 – Sistemi di Protezione

Designazione	Sistema di Protezione	Zona
d	Involucro a prova di fiamma	1
db	Involucro a prova di fiamma	1
e	Sicurezza aumentata	1
eb	Sicurezza aumentata	1
ia	Sicurezza intrinseca	0
ib	Sicurezza intrinseca	1
ic	Sicurezza intrinseca	2
[ia]	Apparecchiatura associata	Non classificato
[ib]	Apparecchiatura associata	Non classificato
[ic]	Apparecchiatura associata	Non classificato
m	incapsulamento	1
ma	incapsulamento	0
mb	incapsulamento	1
nA	Apparecchio anti-scintilla	2
nAc	Apparecchio anti-scintilla	2
nC	Apparecchio anti-scintilla	2
nCc	Apparecchio anti-scintilla	2
nR	Involucro a ingresso d'aria limitato	2
nRc	Involucro a ingresso d'aria limitato	2
o	Immersione in olio	1
ob	Immersione in olio	1
px	Pressurizzazione	1
pxb	Pressurizzazione	1
py	Pressurizzazione	1
pyb	Pressurizzazione	1
pz	Pressurizzazione	2
pzc	Pressurizzazione	2
q	Riempimento pulverulento	1
qb	Riempimento pulverulento	1

9.3 Commenti

Sebbene si possono notare delle differenze tra i due sistemi di marcatura, dal punto di vista grafico, le analogie di nomenclatura e le valutazioni sulle differenze affrontate nei primi tre capitoli di questa trattazione, permettono di interpretare agevolmente e indistintamente l'una o l'altra tipologia di marcatura. Da prestare particolare attenzione al fatto che mentre NEC [2.5-(c)(1);(c)(2)] specifica nella marcatura classe e zona di appartenenza dell'apparecchio, nella marcatura IEC/EN [4-cap. 29] quest'informazione risulta implicita essendo espresso l'EPL. Per le altre voci della marcatura (tipo di protezione, gruppo dell'apparecchio e classe di temperatura), i due sistemi risultano equivalenti a meno della posizione all'interno del marchio delle relative voci; cosa che, data la lampante differenza di nomenclatura tra le suddette, risultano facilmente distinguibili e inequivocabili.

In Tabella 9.3, si possono confrontare direttamente i diversi tipi di marcatura UL utilizzabili. L'esempio riportato è relativo ad un ambiente di *Classe I* (o Classe II), Divisione 1 (o Divisione 2) per NEC, corrispondenti per IEC/EN a Zona 1 (o Zona 21) deducibili dal gruppo dell'apparecchio IIC-Gb (o IIIA).

Tabella 9.3 – Marcatura UL











NEC 500			Class I (o Class II)	Division 1 (o Division 2)	A	T3C	-15/+110 °C	-
Division Equipment (NEC 500)			Class I (o Class II)	Division 1 (o Division 2)	A	T3C	-	-
Zone Equipment (NEC 505)			Class I (o Class II)	Zone 1 (o Zone 21)	AEx	ib	IIC	T3C

Tabella 9.4 – Marcatura IEC-EX/ATEX

IEC-Ex Gas (ATEX)			II	2	G	Ex	ib	IIC	T3	Gb
IEC-Ex Polvere (ATEX)			III	2	D	Ex	ib	IIIA	T110 °C	IP54

In Tabella 9.4 sono riassunti i tipi di marcatura IEC-EX/ATEX.

Un'ulteriore nota da evidenziare è che in Europa, oltre alla marcatura tecnica imposta dalle norme, vi è un'ulteriore marcatura imposta dalla Direttiva ATEX [1] che va a completare le specifiche del tipo di ambiente e del livello di protezione dell'apparecchio. Inoltre la marcatura ATEX va a inserire il marchio di certificazione CE che è una garanzia ulteriore della qualità del prodotto. La marcatura UL esclude tutte queste informazioni aggiuntive che possono effettivamente risultare una ridondanza per quanto riguarda l'ambiente considerato, ma un'informazione utile per quanto riguarda il livello di protezione.

La marcatura UL propone inoltre un proprio marchio di certificazione equivalente al marchio CE, creando diversi simboli a seconda che il prodotto su cui verrà applicata la marcatura sarà destinato ad un mercato Americano piuttosto che ad un mercato Europeo.

Ultima differenza a proposito di quest'argomento è che a differenza di NEC, la Direttiva ATEX dedica un breve paragrafo ai prodotti di piccole dimensioni considerando ragionevole apporre la marcatura sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento, qualora non sia possibile apporla sul prodotto a causa delle sue dimensioni o della sua natura. Questo dettaglio risulta trascurato da NEC e nella pratica potrebbe effettivamente risultare difficoltoso applicare una marcatura adeguata su un apparecchio.

CAPITOLO 10

Esempio di Progetto

10.1 Ambiente di Classe II, Divisione 1/Zona 21

Si vuole ora proporre un esempio di progetto di un impianto per un ambiente campione classificato da NEC come Classe II, Divisione 1 e da IEC/EN come Zona 21; ovvero ambiente in cui sia presente polvere combustibile in condizioni ordinarie. Per questo tipo di impianto si fa riferimento rispettivamente alle Norme UL (e alla Guida NEC 500) e alle Norme IEC/EN (e alla Direttiva ATEX). Viene ipotizzata una semplice situazione in cui sono presenti lampade a soffitto, motori elettrici e un quadro elettrico. Data una planimetria verranno illustrate le differenze di approccio all'impianto per quanto riguarda apparecchiature, cavi, condutture e connessioni. Verranno trascurate le specifiche relative all'impianto come dimensionamento dei conduttori, degli interruttori di protezione, ecc. dato che tali dettagli sono regolamentati dalle norme generiche sugli impianti BT e non interessano in questo particolare contesto di confronto.

Per prima cosa, la Figura 10.1 propone una prospettiva del locale e dell'impianto che risulta la medesima per entrambi i tipi di approccio e il cui scopo è esclusivamente quello di illustrare la disposizione spaziale degli apparecchi e delle condotte.

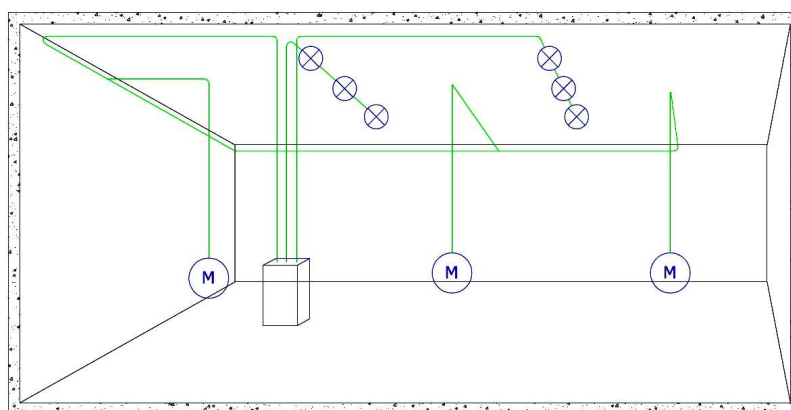


Figura 10.1 – Prospettiva Classe II/Zona 21

Si vuole considerare l'ambiente a rischio a causa della presenza di polveri combustibili volatili a base di carbonio.

Nei prossimi paragrafi verranno illustrati, attraverso la planimetria del locale, le principali differenze impiantistiche di fronte alle quali si troverebbe un progettista nei casi in cui dovesse far riferimento alle Normative Americane UL o alle Normative IEC/EN.

Come accennato precedentemente, la disposizione di apparecchi e condotte sarà la stessa per i due impianti per agevolare l'immediatezza d'ispezione. Le differenze saranno riscontrabili sulle planimetrie per quanto riguarda condutture, cavi, giunzioni, ecc., mentre gli apparecchi, seppur manterranno identica veste grafica, verranno differenziati nella relativa tabella descrittiva.

10.1.1 Guida NEC 500/Standard UL

Dato il tipo di ambiente considerato, tutti gli apparecchi installati dovranno essere classificati almeno come Gruppo F.

La Figura 10.2 riporta la planimetria del locale e del relativo impianto in cui si mettono in evidenza alcuni particolari.

Per quanto riguarda le connessioni tra i vari apparecchi, si fa riferimento al paragrafo 5.1.3, dunque sono state utilizzate condutture in metallo rigido (Figura 10.3) per le connessioni delle lampade e della condotta principale che fa da dorsale per i tre motori; mentre sono stati utilizzati cavi flessibili per le connessioni tra le scatole di derivazione e i motori per ridurre le eventuali sollecitazioni meccaniche dovute alle vibrazioni delle macchine, le quali si ripercuoterebbero maggiormente sull'impianto se si utilizzasse una condotta rigida. Inoltre i cavi flessibili sono stati utilizzati anche nella connessione tra quadro elettrico e apparecchi di illuminazione per ridurre il numero di raccordi rigidi e quindi il numero di giunzioni (che per quanto sicure, restano comunque un punto "critico" dell'impianto). La Tabella 10.1 illustra i dettagli dell'impianto.

Non è richiesto che giunzioni, scatole di derivazione, raccordi e condutture siano a prova di esplosione, ma è necessario che queste siano a tenuta di polvere onde evitare che polveri innescabili entrino in contatto con parti attive dell'impianto che potrebbero essere sorgente di surriscaldamento o scintille. Per migliorare questa tenuta, tutte le connessioni devono essere filettate e provviste di adeguata sigillatura. Le lampade e i relativi

portalampana devono anch'essi essere rinchiusi in una custodia ermetica e robusta che preservi dai danni fisici; in questo caso va scelto almeno un grado di protezione IP54 a prova di polvere e contro gli schizzi d'acqua.

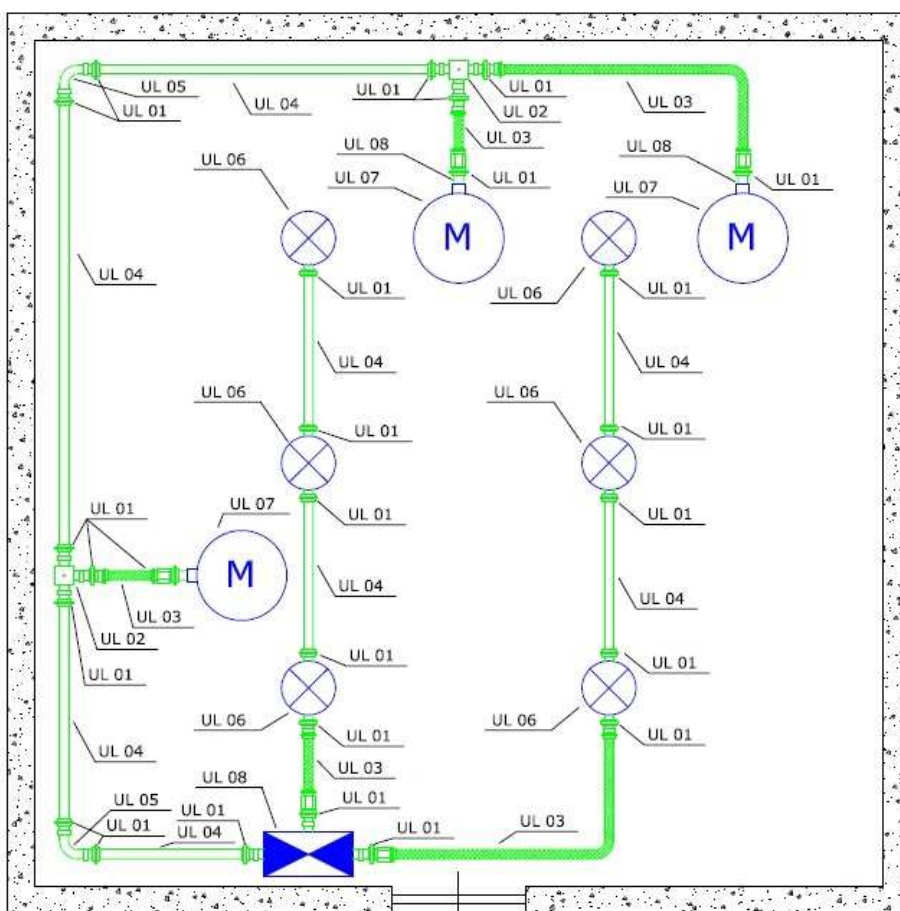


Figura 10.2 – Planimetria NEC

Tabella 10.1 – Classificazione apparecchi impianto UL

Codice	Descrizione	Quantità
UL 01	giunzione in acciaio zincato filettata a prova di polvere provvista di guarnizione e sigillata	26
UL 02	Scatola di derivazione ermetica a prova di polvere con connessioni filettate	02
UL 03	cavi in armatura tipo MC con rivestimento in materiale polimerico con connessioni filettate	05
UL 04	conduttura elettrica in metallo rigido con connessioni filettate	08
UL 05	raccordo curvo in metallo rigido con connessioni filettate	02
UL 06	lampada + portalampana + custodia protettiva IP54	06
UL 07	MAT ¹⁵ con involucro protettivo ermetico IP66 e condotta di ventilazione	03
UL 08	quadro elettrico bt + involucro protettivo ermetico IP66 e connessioni filettate	01

¹⁵ Motore Asincrono Trifase

Una particolarità di questo impianto riguarda le macchine rotanti (in questo caso specifico MAT) le quali, oltre a richiedere un involucro protettivo ermetico, necessitano anche di una condotta di ventilazione (cosa che come vedremo non risulta nella Normativa Europea). Il quadro elettrico può essere installato all'interno del locale, ma anche questo deve essere dotato di involucro protettivo a tenuta di polvere.



Immagine 10.3 – Condotta rigida

Una parola in più va spesa per i gradi di protezione scelti per motori e quadro elettrico; ci si potrebbe chiedere infatti il motivo di un grado di protezione IP66 (che presenta una protezione forte contro la polvere e contro i potenti getti d'acqua) maggiore dell'involucro protettivo relativo alle lampade (IP54). La spiegazione si trova nell'allocazione degli apparecchi; infatti motori e quadro elettrico sono a circa 1,5 m da terra, quindi in piena zona operativa dove c'è una maggior presenza di polveri volatili rispetto all'allocazione degli apparecchi di illuminazione. Per questo tipo di apparecchi, la norma specifica che vanno installati in allocazione appropriata; dunque sono stati utilizzati apparecchi a soffitto (piuttosto che in sospensione) situati ad un'altezza di circa 5 m, altezza a cui la presenza di polveri è meno probabile.

Un'ulteriore dettaglio di questi impianti, è che non è richiesto che apparecchi e condutture siano a prova di esplosione. Questo perché la probabilità che polvere e parti attive dell'impianto entrino in contatto provocando un innesco, è estremamente ridotta imponendo a tutti i componenti di essere a tenuta di polvere, isolando totalmente le parti attive dell'impianto dall'ambiente.

10.1.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Dato l'ambiente considerato con combustibile volatile a base di carbonio, tutti gli apparecchi saranno classificati come *Gruppo IIIA*.

La planimetria nella Figura 10.4 e la Tabella 10.2, illustrano le caratteristiche base di un impianto elettrico in ambiente Zona 20.

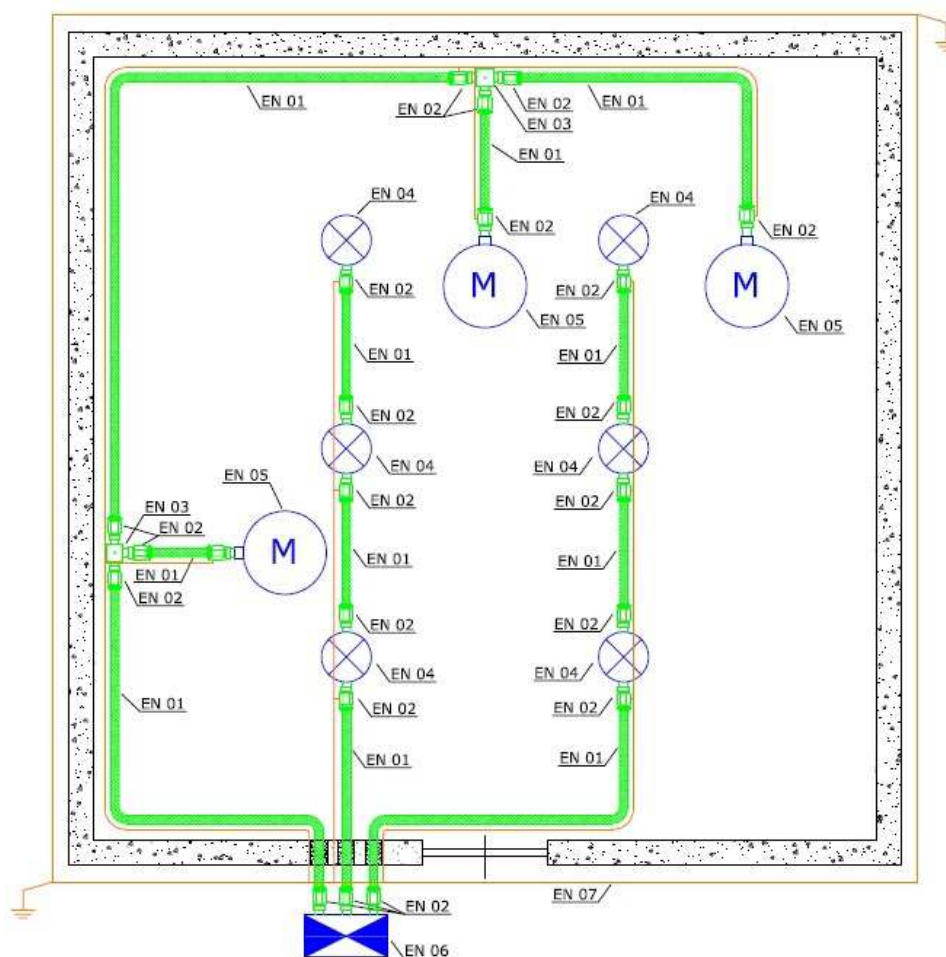


Figura 10.4 – Planimetria IEC

Tabella 10.2 – Classificazione apparecchi impianto EN

Codice	Descrizione	Quantità
EN 01	cavo multipolare tipo MI con guaina metallica su passerella coperta con IP54	11
EN 02	pressacavo	22
EN 03	scatola di derivazione a prova di polvere IP54	02
EN 04	lampada + portalamпада + custodia protettiva IP 54 + sistema di interbloccaggio	06
EN 05	MAT con dispositivo di protezione e controllo temperatura integrati	03
EN 06	quadro bt	01
EN 07	Impianto equipotenziale di terra	-

I conduttori utilizzati sono tutti del tipo in cavo flessibile (Figura 10.5) con posa in passerella con adeguato grado di protezione per evitare l'accesso a polveri pericolose. Le connessioni con i relativi apparecchi sono effettuate attraverso l'utilizzo di pressacavi. I cavi utilizzati sono provvisti di guaina metallica, la quale viene collegata (insieme al conduttore di protezione) all'impianto equipotenziale di terra.

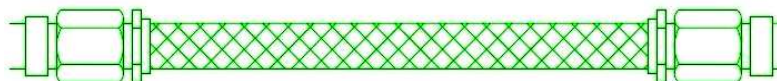


Figura 10.5 – Cavo flessibile

Gli apparecchi di illuminazione sono costituiti da lampada, portalampada, custodia con adeguato grado di protezione contro l'accesso di polveri pericolose e sono inoltre dotati di sistema di interbloccaggio atto a scollegare tutti i poli del portalampada in caso di apertura della custodia in modo da impedire il contatto tra polveri e parti attive (potenziali fonti di surriscaldamenti, archi o scintille) nel momento in cui, a valle dell'apertura della custodia, aumenti la probabilità di contatto.

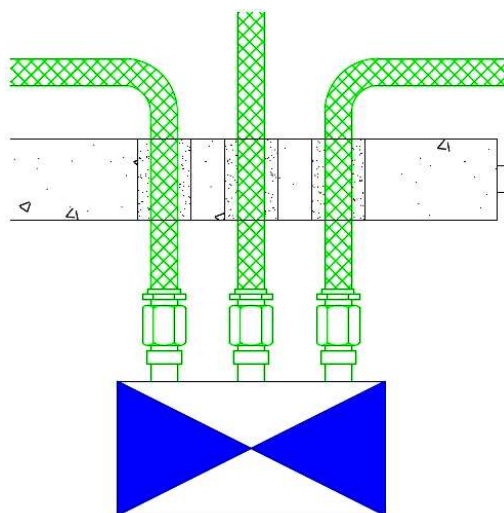


Figura 10.6 – Quadro BT

I MAT presenti sono dotati di dispositivo di controllo di temperatura creando una sicurezza intrinseca dell'apparecchio che eviti l'eventuale innesco di polveri pericolose in caso di contatto con le parti attive della macchina e di dispositivo di protezione in caso di sovraccarico del motore (e quindi sovratemperatura). Per quanto riguarda il quadro elettrico, le norme prescrivono (par. 6.2.5) che per motivi di emergenza, in un punto idoneo o in più punti al di fuori del luogo pericoloso (Figura 10.6), devono essere previsti dispositivi atti ad interrompere le alimentazioni elettriche del luogo pericoloso.

Sebbene la norma non vieti l'installazione di questi sistemi all'interno del locale, si predilige l'installazione esterna. Nulla viene specificato da questo punto di vista a proposito dei sistemi di sezionamento, i quali possono essere installati all'interno dell'ambiente pericoloso o anche sugli stessi apparecchi.

In questo caso particolare, considerate le ridotte dimensioni dell'impianto, i sistemi di interruzione sono stati racchiusi tutti in un unico quadro installato all'esterno del locale, in prossimità del suo ingresso. Ciò implica che le condutture devono attraversare la parete del locale attraverso un'apertura nella stessa, la quale va opportunamente sigillata con sabbia o malta per evitare il passaggio di polveri.

10.1.3 Commenti

Dal confronto tra i due impianti si possono chiaramente evidenziare alcune sostanziali differenze già solo osservando la planimetria. Queste differenze sono riscontrabili principalmente nei conduttori e le giunzioni, gli apparecchi, il quadro elettrico e l'impianto di terra. Di seguito verranno illustrate seguendo proprio questa suddivisione.

10.1.3.1 Conduttori e giunzioni

La Normativa Americana impone l'utilizzo di condutture rigide a meno che le condutture flessibili non siano necessarie per le specifiche dell'impianto; la Normativa Europea d'altro canto, prevede l'utilizzo di cavi flessibili specificando che questi devono avere una posa adeguata in base al tipo di ambiente.

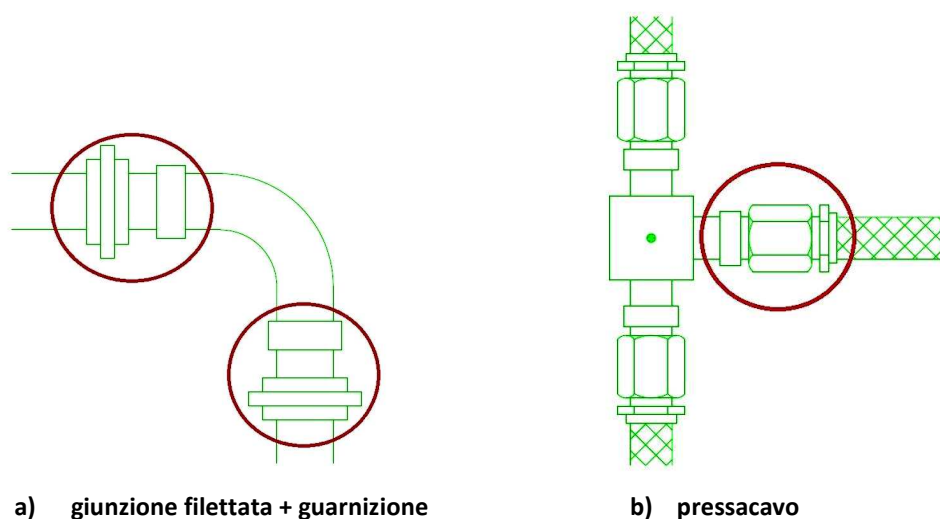


Figura 10.7 - Connessioni

Osservando i due impianti si può riscontrare proprio questa differenza e con uno sguardo in più alle giunzioni, UL impone l'utilizzo di giunzioni filettate, guarnizioni e sigillatura sia per la connessione di condutture rigide che di cavi flessibili (Figura 10.7-a); IEC/EN invece connette i cavi ai relativi apparecchi attraverso pressacavi (Figura 10.7-b). Sempre a proposito delle giunzioni, è evidente che il loro numero si riduce drasticamente utilizzando cavi flessibili. Infatti nel caso di condutture rigide, queste andranno raccordate nei punti di curvatura, e per ognuno di questi si avranno due giunzioni. Tutto ciò ha l'effetto di aumentare il quantitativo di materiale necessario per la costruzione dell'impianto e di creare dei "punti deboli", nel senso che i punti di giunzione, per quanto ermetici possano essere, saranno comunque più deboli relativamente a una condotta in unica pezzatura ed inoltre saranno soggetti ad invecchiamento e obsolescenza; avranno quindi bisogno di maggior manutenzione. C'è tuttavia da specificare che le UL prescrivono la sigillatura di tutte le estremità dei cavi (quindi anche in caso di utilizzo di pressacavi); infatti, considerato il fatto che non siano richieste custodie a prova di esplosione, è estremamente importante evitare l'ingresso di polveri pericolose provenienti dall'ambiente esterno. Da qui la necessità di sigillare ogni componente dell'impianto. Da questo punto di vista le IEC/EN ritengono invece sufficiente una guarnizione. Da qui si intuisce che se è vero che i punti di giunzione sono dei punti deboli dell'impianto, è altrettanto vero che la sigillatura imposta a priori, rende i punti di connessione di un impianto Americano sì più numerose, ma con un grado di sicurezza superiore a quelle presenti in un impianto Europeo.

10.1.3.2 Apparecchi di illuminazione

Questo aspetto dell'impianto viene affrontato da NEC specificando che gli apparecchi devono essere allocati in una posizione adeguata e che gli involucri contenenti lampade e portalampade devono essere dimensionati per prevenire i danni fisici. Le Norme IEC/EN trattano questo dettaglio imponendo che i portalampada abbiano un grado di protezione minimo IP20, ma non dicono nulla a proposito dei danni fisici; tuttavia esprimono la necessità di installare gli apparecchi ad una distanza adeguata dal suolo, quindi questa specifica risulta intrinsecamente soddisfatta. Inoltre le IEC/EN aggiungono (a differenza di NEC/UL) che gli apparecchi devono essere provvisti di sistema di interbloccaggio che

scollegli tutti i poli del portalampada in caso di apertura della custodia. Questa risulta una misura di sicurezza ulteriore considerato che, anche se le operazioni di manutenzione andrebbero sempre eseguite con impianto non alimentato, l'apertura degli apparecchi di illuminazione potrebbe avvenire con impianto in esercizio, ad esempio per la sostituzione di una lampada.

10.1.3.3 Macchine rotanti

In questo impianto vengono utilizzati dei MAT. Per questo tipo di ambiente, NEC prevede una custodia ermetica a prova di polvere e una condotta di ventilazione che prevenga l'ingresso di polveri pericolose e il loro contatto con parti attive della macchina.

Le IEC/EN da questo punto di vista, non prescrivono custodie particolari per isolare la macchina dall'ambiente, in quanto il grado di protezione adeguato all'ambiente viene specificato nella CEI 64-8 che, come già detto resta valida come linea guida generale per gli impianti BT; tuttavia propongono un sistema di protezione del motore che lo ponga in sicurezza intrinseca attraverso il controllo di temperatura. Questo significa che sebbene ci sia di fatto una probabilità maggiore (rispetto al caso americano) che parti attive della macchina entrino in contatto con polveri pericolose, la temperatura raggiunta dalla macchina in condizioni di servizio ordinario non saranno mai sufficienti ad innescare l'esplosione e se dovessero presentarsi sovratemperature dovute ad eventuali sovraccarichi, il sistema di protezione è pronto ad intervenire.

10.1.3.4 Quadro elettrico

Questo è un punto di differenza significativo in quanto NEC permette l'installazione del quadro all'interno dell'ambiente pericoloso, prevedendo una custodia ermetica ed un adeguato grado di protezione. Le IEC/EN invece, seppur non escludendo l'installazione di interruttori di emergenza all'interno dei luoghi a rischio, prediligono la scelta di installare tali sistemi in uno o più punti dell'impianto al di fuori del locale. Questo implica una misura di sicurezza maggiore in quanto si evita a monte l'eventualità di archi o scintille all'interno dell'ambiente pericoloso, ma anche una complessità impiantistica maggiore dovuta al passaggio delle condutture principali dell'impianto attraverso il muro. Questo

aspetto è anch'esso regolamentato dalle norme ed impone la sigillatura dei passaggi nel muro con sabbia o malta.

10.1.3.5 Impianto di terra

Per questa voce viene rappresentata in planimetria solo la principale differenza tra i due approcci in quanto la regolamentazione dell'impianto di terra è affidata sia in America che in Europa alla norma dedicata agli impianti BT. Tuttavia in Europa, oltre ad avere la vecchia norma CEI 64-2 che è tutt'oggi utilizzata come guida e che indica alcune accortezze di cui tener conto nella progettazione, nelle norme dedicate agli ambienti a rischio esplosione, viene specificato che insieme all'impianto di terra tradizionale, vanno collegate al medesimo impianto anche le guaine dei cavi creando un sistema equipotenziale in ogni punto dell'impianto. Questo dettaglio viene omesso dalla Normativa Americana.

Oltre a queste differenze, i due impianti presentano anche dei tratti comuni, a partire dalla posa dei cavi che, sebbene sia diversa per quanto riguarda conduttori e condutture, non esiste nessuna prescrizione particolare per quanto riguarda i loro punti di passaggio all'interno del locale a rischio esplosione.

In questo particolare caso, è stato scelto per entrambi i progetti di far passare i conduttori sugli angoli del soffitto; questo in modo da installare le passerelle e le condotte (anche se queste sono a prova di polvere) nel punto del locale più lontano e più in alto possibile rispetto alla zona di lavoro in modo da ridurre la probabilità di deposito di polveri.

Per lo stesso motivo si è deciso di fornire dall'alto l'alimentazione ai MAT.

10.2 Ambiente di Classe I, Divisione 2/Zona 1 e Zona 2

Nei paragrafi precedenti è stato presentato un progetto di un impianto elettrico in ambiente a rischio di esplosione per la presenza di polveri combustibili. Questo è un caso abbastanza particolare; si vuole ora proporre una rivisitazione dello stesso impianto considerandolo però in un ambiente a rischio di esplosione a causa della presenza di gas, che risulta essere un caso più comune rispetto a quello appena visto.

Viene dunque preso in considerazione un ambiente a rischio per la presenza di Etilene, il quale presenta $MESG=0,6\text{mm}$ e $MIC_ratio=0,7$.

10.2.1 Guida NEC 500/Standard UL

Con i valori di MESG e MIC_ratio considerati, gli apparecchi installati in questo ambiente saranno tutti classificati come del *Gruppo C*.

Dal punto di vista morfologico, l'impianto risulta identico a quello utilizzato per l'ambiente di *Classe II* (a parte qualche dettaglio che verrà specificato in seguito), quindi per la planimetria dell'impianto si rimanda alla Figura 10.2. Focalizzando l'attenzione sui materiali utilizzati, dall'analisi dei capitoli precedenti, si può dedurre che l'impianto può restare invariato dal punto di vista delle condutture continuando a prediligere le condutture rigide e scegliendo quelle flessibili solo per la connessione con le macchine rotanti o per quei tratti dell'impianto che presentano molti punti di curvatura.

NEC presta particolare attenzione alla voce sigillatura prescrivendo che ogni connessione e ogni tipo di connessione devono essere sempre sigillate.

Per quanto riguarda gli altri componenti, NEC specifica che "Non è richiesto che scatole e connessioni siano a prova di esplosione, tranne per interruttori, sezionatori, relè, allarmi." È chiaro quindi, che il quadro elettrico e tutti i sistemi di sezionamento di lampade o macchine, devono necessariamente essere a prova di esplosione. Considerando poi che il gas ha carattere più volatile rispetto alla polvere, si valuta più opportuno portare il grado di protezione degli apparecchi di illuminazione da IP54 a IP66 (come motori e quadro elettrico).

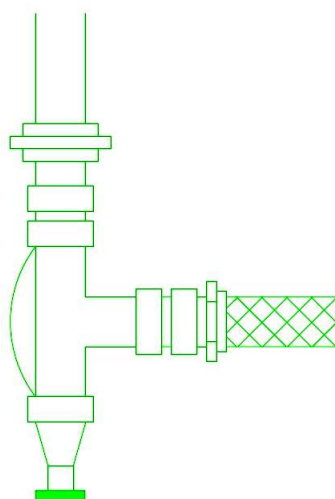


Figura 10.8 –Drenaggio

La vera grande differenza tra il progetto in ambiente di *Classe II* e quello in ambiente di *Classe I*, è che i gas che rendono l'ambiente pericoloso, possono essere soggetti alla

formazione di condensa; questo va considerato come un ulteriore elemento di pericolo, quindi laddove esista la possibilità che liquidi o vapori condensati si formino e restino rinchiusi in un involucro di apparecchi di controllo, in una condotta o in altro punto dell'impianto, va previsto un metodo adeguato che prevenga l'accumulo o che permetta un drenaggio periodico di liquidi e condense (Figura 10.8). Stessa cosa vale per macchine e motori.

Questa prescrizione riguardante i drenaggi, porta ad una modifica del progetto nel percorso delle condotte e nei materiali utilizzati per la connessione dei MAT. Tale modifica è riscontrabile nella prospettiva dell'impianto proposta nella Figura 10.9 nella quale risulta evidente come la morfologia dell'impianto sia leggermente diversa. L'esigenza del drenaggio ha imposto una modifica nel passaggio delle condotte che ora percorrono un tragitto speculare a quello utilizzato nel caso precedente, in quanto per drenare correttamente l'eventuale condensa, sarà necessario che questa sia libera di scorrere per un tratto verticale della condotta. I MAT hanno ora solo un piccolo tratto in cavo flessibile che ha il solo scopo di ridurre le ripercussioni delle vibrazioni delle macchine sull'impianto. Questo cavo flessibile è connesso al sistema di drenaggio, il quale è a sua volta collegato (il tutto sempre completo di apposita sigillatura) ad una condotta rigida che unisce questo sistema al resto dell'impianto.

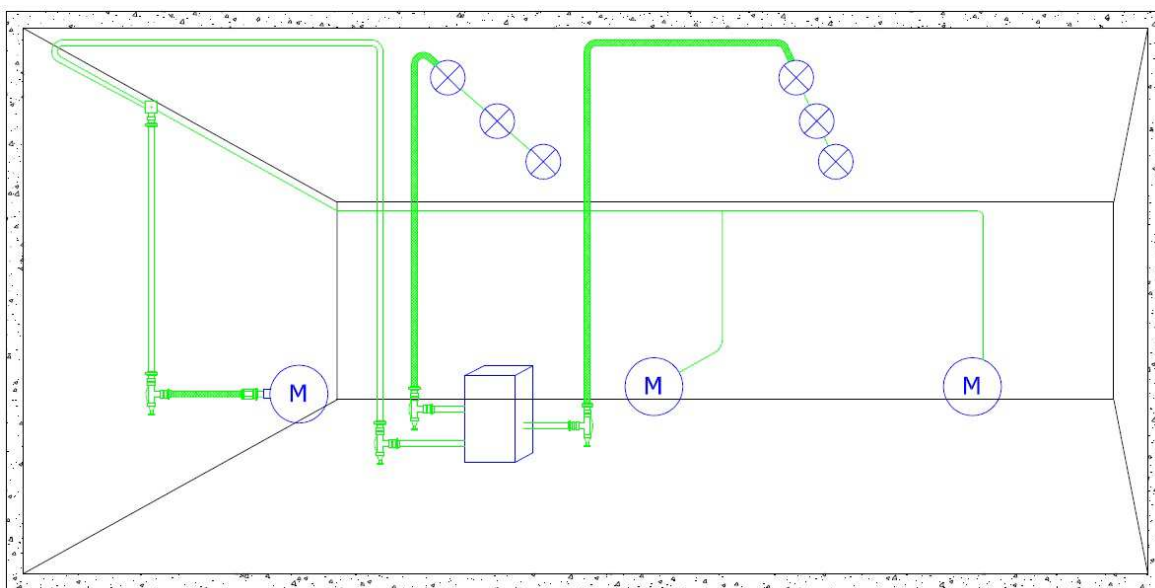


Figura 10.9 – Prospettiva Classe I

Per quanto riguarda le macchine, NEC impone che “la superficie esposta allo spazio riscaldato, per prevenire condensazione durante i periodi di arresto, non deve superare l’80% della temperatura di innesco dei gas o dei vapori presenti e la massima temperatura di superficie deve essere visibile sul marchio della macchina”. Per i sistemi di interruzione viene richiesto che questi vengano installati provvisti di relativo involucro classificato per Classe I, o in alternativa con involucro per uso generico seguendo determinate accortezze specificate nel paragrafo 6.1.2.3.

In merito agli apparecchi di illuminazione infine, valgono le stesse prescrizioni della Classe II, con un dettaglio in più il quale afferma che le lampade che possono, in condizioni ordinarie di funzionamento, raggiungere temperature di superficie oltre l’80 % della temperatura di innesco dei gas o vapori presenti, devono essere assemblate e classificate per ambienti di Classe I, Divisione 1.

10.2.2 Direttiva ATEX/Standard IEC-EN

Come visto nel Capitolo 2, l’equivalente nel sistema IEC/EN, del *Gruppo C* del sistema NEC, è il *Gruppo IIB*.

Come è stato già detto più volte, l’approccio IEC/EN alla progettazione di questo tipo di impianti è formalmente molto diverso rispetto a quello NEC, in quanto IEC/EN non fa suddivisioni in base alla tipologia del locale (Zona 0,1,2 o Zona 20,21,22), ma si fanno delle valutazioni più generali lasciando alla discrezione del progettista la scelta più adeguata in base all’ambiente in questione; molte delle quali possono essere egualmente valide sia per ambienti a rischio a causa polvere che per ambienti a rischio a causa gas.

In questo caso particolare, avendo preso come esempio un caso molto generale e altrettanto semplice, il progetto fatto per l’ambiente di Zona 21, può essere riportato tal quale come progetto per ambiente di Zona 1 (o Zona 2) prendendo come riferimento la planimetria in Figura 10.4 e la Tabella 10.2. Da specificare che (così come per l’approccio NEC) può essere opportuno portare i gradi di protezione dei vari apparecchi presenti nell’impianto da IP54 a IP66. È evidente inoltre che cambieranno tutte le marcature degli apparecchi differenziandosi per il Gruppo di appartenenza dell’apparecchio e per la Classe di temperatura imposta dalla temperatura di innesco del gas in questione.

CONCLUSIONI

Si è visto come un differente approccio ad una stessa problematica possa portare a soluzioni impiantistiche molto diverse tra loro.

Pur avendo un punto di partenza molto differente, a partire dalla classificazione degli ambienti, alle classi di temperatura, fino alla marcatura degli apparecchi; le direttive (e le relative norme di riferimento) Americana ed Europea, stanno tendendo con gli anni ad unificarsi. Ad oggi si possono già riscontrare diversi tratti comuni, laddove la compatibilità di progettazione e installazione di un impianto permetta un'armonizzazione normativa. Per diversi fattori tuttavia, alcuni elementi non possono essere armonizzati allo stato attuale a causa di impianti antecedenti all'inizio del processo di armonizzazione che andrebbero ammodernati per permettere la nuova messa a norma, o per voluta differenziazione tecnica. Per questo motivo risulta importante avere una panoramica delle principali differenze tra i due sistemi normativi in quanto non è detto che un impianto o un apparecchio a norma secondo lo Standard Europeo, lo sia anche secondo lo Standard Americano e viceversa. Questa tesi ha avuto lo scopo di fornire la suddetta panoramica attraverso un confronto diretto tra i due approcci a proposito dei principali elementi di un impianto, proponendolo in una veste più immediata rispetto al confronto diretto delle norme che per loro natura hanno forma e contenuto differenti. Dal suo sviluppo infatti emerge che nella trattazione di ogni argomento, NEC parte sempre dalla classificazione degli ambienti valutando le diverse soluzioni caso per caso; mentre IEC/EN affronta gli argomenti con un approccio diverso, senza specificare le tipologie di ambiente a cui le soluzioni sono destinate, ma senza togliere dettaglio alla trattazione.

Entrando più nello specifico, sono state esposte le principali differenze tra i due sistemi normativi, prestando particolare attenzione a quegli elementi che, seppur diversi tra un sistema e l'altro, mostrano tratti somatici comuni o equivalenti. Questo punto risulta particolarmente importante per la progettazione e soprattutto per la marcatura degli apparecchi in quanto è fondamentale conoscere le differenze e le equivalenze ad esempio tra tipologia di ambiente, classi di temperatura, gruppi di apparecchi, ecc. per

poter progettare adeguatamente e applicare una marcatura coerente col sistema normativo a cui l'apparecchio è destinato.

Nell'ultimo capitolo è stato proposto l'esempio di un progetto relativo a un piccolo impianto per avere un immediato riscontro pratico di quanto trattato durante l'intero svolgimento della tesi. Con questo progetto risultano ancora più evidenti (attraverso planimetrie e tabelle dei materiali utilizzati) le differenze e le analogie tra una progettazione con approccio Europeo (con riferimento a Direttiva ATEX e Norme IEC/EN) o con approccio Americano (con riferimento a Guida NEC e Standard UL). Il suddetto impianto è stato valutato sia per un ambiente pericoloso a causa polveri, sia per un ambiente pericoloso a causa gas, evidenziando le principali differenze ed analogie che influenzano la progettazione.

In conclusione si può dire che il processo di armonizzazione delle norme avvenuto fino ad oggi, è stato possibile grazie alle analogie e le similitudini tra i due tipi di struttura che, attraverso qualche accortezza, sono riconducibili ad un unico sistema; tuttavia tale armonizzazione risulta ad oggi limitata in quanto, se nell'analisi dei due sistemi normativi sono riscontrabili molte similitudini, altrettante differenze sostanziali tra l'approccio Americano e quello Europeo, sono inconciliabili. Negli anni a venire sarà probabile che, grazie alla globalizzazione, la tendenza verso il raggiungimento di un'armonizzazione tecnico-normativa il più possibile completa; nondimeno rimarrà sempre la necessità di mantenere un occhio vigile verso le differenze che andranno assottigliandosi sempre di più. D'altro canto, interessi di tipo economico possono limitare questo processo apparentemente naturale. Di fatto le aziende di settore potrebbero non essere interessate a questo tipo di armonizzazione normativa in quanto un mercato allargato di tipo intercontinentale, significa automaticamente una concorrenza maggiore; cosa scomoda per qualsiasi tipo di azienda. Dunque ci si trova davanti a due aspetti contrapposti che potrebbero da un lato agevolare e dall'altro rallentare questo processo. Si vedrà nel corso degli anni a venire, quale di questi due aspetti avrà maggior peso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Direttiva 94/9/CE – ATEX*
- [2] *National Electrical Code:*
 - [2.0] *NEC 500 (Hazardous Locations, Classes I, II, III, Division 1 and 2)*
 - [2.1] *NEC 501 (Class I Locations)*
 - [2.2] *NEC 502 (Class II Locations)*
 - [2.3] *NEC 503 (Class III Locations)*
 - [2.4] *NEC 504 (Intrinsically Safe Systems)*
 - [2.5] *NEC 505 (Zone 0, 1 and 2 Locations)*
 - [2.6] *NEC 506 (Zone 20, 21 and 22 Locations for Combustible Dusts or Ignitable Fibers/Flyings)*
 - [2.7] *NEC 250 (Grounding and Bonding)*
 - [2.8] *NEC 450 (Transformers and Transformer Vaults)*
- [3] *IEC/EN 60079-14 (Explosive Atmospheres - Electrical installations design, selection and erection)*
- [4] *IEC/EN 60079-0 (Explosive Atmospheres – Equipment – General requirements)*
- [5] *IEC/EN 60079-1 (Custodia a Prova di Esplosione)*
- [6] *IEC/EN 60079-7 (Sicurezza Aumentata ‘e’)*
- [7] *IEC/EN 60079-11 (Sicurezza Intrinseca ‘i’)*
- [8] *IEC/EN 60079-2 (Pressurizzazione)*
- [9] *IEC/EN 60079-15 (Modo di Protezione ‘n’)*
- [10] *IEC/EN 60079-6 (Immersione in Olio)*
- [11] *IEC/EN 60079-5 (Riempimento Pulverulento)*
- [12] *IEC/EN 60079-18 (Incapsulamento ‘m’)*
- [13] *IEC/EN 60079-17 (Explosive Atmospheres - Inspection and maintenance of electrical installation in hazardous areas)*
- [14] *UL 2225*
- [15] *ANSI/UL 1203*
- [16] *CEI 64-8 - Norme generali sugli impianti elettrici in BT*
- [17] *CEI 64-2 - Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione (abrogata)*

[18] CEI 11-1 - *Impianti di terra*

[19] CEI 81-1 - *Protezioni contro i fulmini*