# RELAZIONE TECNICA

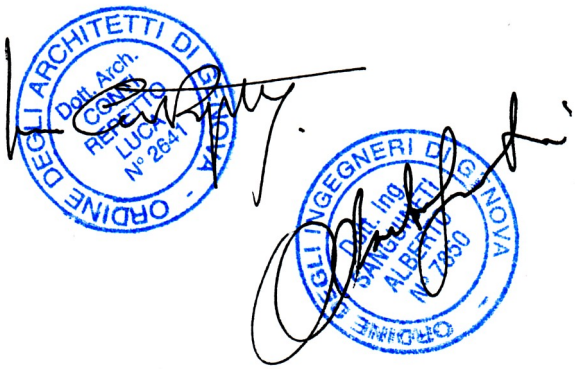
# COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

## (E.M.C)

**LAMES - FABBRICATO EX NOVO AD USO PRODUTTIVO - LOCALITA QUARTAIE - CICAGNA**

RICHIEDENTE: LAMES SPA
VIA S. RUFINO, 29
16043 CHIAVARI (GE)

DOC.N. ILC101K12




I TECNICI
DOTT.ING. ALBERTO SANGUINETI
DOTT.ARCH. LUCA CONTI REPETTO
VIALE MILLO 95 INT.3
TEL. E FAX 0185-371135
EMAIL:
ALBERTO@INARTECH.IT
LUCA@INARTECH.IT

# 1. Definizioni

*Al fine di meglio illustrare la problematica della EMC, si riportano le seguenti definizioni.*

### Ambiente elettromagnetico

*Insieme dei fenomeni elettromagnetici presenti in un determinato ambiente.*

### Compatibilità elettromagnetica (EMC)

*Capacità di un dispositivo o di un'apparecchiatura o di un sistema di funzionare correttamente nel relativo ambiente elettromagnetico, senza introdurre disturbi intollerabili nell'ambiente stesso o provocarli agli altri apparecchi ivi presenti.*

### Disturbi condotti

*I disturbi condotti sono alterazioni dell'ampiezza o della forma d'onda della tensione che, prodotti da una sorgente, si propagano lungo una rete di alimentazione, viaggiando sui conduttori di linea e in alcuni casi anche attraverso i trasformatori, per cui possono anche trasferirsi tra reti a differente livello di tensione.*
*Questi disturbi possono degradare il funzionamento di un dispositivo, apparecchio o sistema e anche provocare danni se i loro livelli sono eccessivi.*
*I disturbi considerati in questa trattazione sono:*

- *variazioni di tensione*
- *fluttuazioni di tensione*
- *buchi di tensione*
- *sovratensioni*
- *squilibri di tensione*
- *armoniche*
- *interarmoniche*

### Disturbo elettromagnetico

*Fenomeno elettromagnetico che può degradare la prestazione di un dispositivo, di un'apparecchiatura o di un sistema.*

**Emissione**

*Processo attraverso il quale viene emesso un determinato disturbo da una sorgente. Sebbene le sorgenti dei disturbi siano sempre singoli dispositivi o apparecchi, l'emissione è sempre riferita al punto di accoppiamento comune, come risultato globale del funzionamento dell'impianto utilizzatore.*

**Immunità**

*Capacità di un dispositivo, apparecchiatura o sistema di funzionare senza degrado delle prestazioni in presenza di un determinato disturbo elettromagnetico.*

**Limite di emissione**

*Livello massimo tollerabile di emissione di un disturbo elettromagnetico da una sorgente.*

**Livello di compatibilità elettromagnetica**

*Valore specificato di un disturbo elettromagnetico, che ha alta probabilità di non essere superato (95%, salvo diversa indicazione) applicato a un dispositivo, apparecchiatura o sistema. Tale livello costituisce un livello di riferimento che consente di determinare sia i requisiti di immunità di dispositivi, apparecchi e sistemi nell'impianto utilizzatore che le loro emissioni.*

**Livello di pianificazione**

*Valore specificato di un disturbo elettromagnetico usato a fini della pianificazione dell'impatto sul sistema elettrico di tutti i disturbi, originati da installazioni o da carichi di grande potenza. I livelli di pianificazione, definiti dal fornitore di energia elettrica, sono valori indicativi generalmente uguali od inferiori a quelli di compatibilità, usati normalmente per il coordinamento delle emissioni nella determinazione delle quote concesse agli utenti.*

**Livello di immunità**

*Valore specificato di un disturbo elettromagnetico per il quale un dispositivo, apparecchiatura o sistema è capace di operare, con alta probabilità, al grado di prestazione richiesta. Il livello di immunità rappresenta il valore di prova al disturbo per ogni tipo di apparecchiatura.*

**Livello di disturbo**

*Valore di un disturbo elettromagnetico misurato in modo specificato.*

**Livello di emissione**

*Livello di un determinato disturbo elettromagnetico emesso da una sorgente, misurato in modo specificato.*

**Punto di accoppiamento comune (PAC - PAI)**

*La descrizione dell'ambiente elettromagnetico comporta la definizione dei "punti di comune accoppiamento" nei quali è necessario rispettare i livelli di compatibilità:*

*• punto di accoppiamento comune con la rete pubblica (PAC) di un'utenza, definito come il punto della rete di alimentazione pubblica elettricamente più prossimo all'utenza, in cui sono o potranno essere collegati altri utenti.*

*• punto di accoppiamento in impianto (PAI), definito come il punto di una rete di distribuzione interna ad un impianto utilizzatore, elettricamente più vicino ad un carico particolare, al quale possono o potrebbero essere collegati altri carichi.*

**Sorgente**

*Singolo dispositivo o apparecchiatura o sistema nel suo complesso.*

**Suscettibilità**

*Degrado delle prestazioni di un dispositivo, apparecchiatura o sistema causata da un determinato disturbo elettromagnetico.*

**Valutazione statistica delle grandezze elettriche di riferimento**

*Salvo diversa indicazione, i valori delle grandezze elettriche sono da intendersi come valori che hanno una probabilità del 95% di non essere superati. La valutazione di tale probabilità è effettuata in base a criteri ben definiti che possono variare in relazione al disturbo considerato.*

# 2. Concetti fondamentali

*Gli aspetti che vengono studiati in ambito EMC riguardano:*

*• l'emissione dei disturbi*

*• la propagazione dei disturbi*

*• la suscettibilità ai disturbi di dispositivi, apparecchiature e sistemi.*

*Per quanto riguarda l'emissione, generalmente gli apparecchi definiti "disturbanti" (utilizzatori o componenti del sistema di distribuzione dell'energia elettrica), sono caratterizzati da un livello di disturbo iniettato nel sistema di alimentazione, variabile nel tempo.*

*Per quanto riguarda la propagazione, ogni singola emissione, in relazione alla sua natura, può propagarsi verso le apparecchiature sensibili per via condotta o irradiata. In particolare sono di tipo:*

*• condotto, i disturbi che arrivano alle apparecchiature attraverso le linee di alimentazione elettrica e i collegamenti di controllo/segnalazione;*

*• irradiato, i disturbi che interessano direttamente le apparecchiature attraverso la propagazione di campi elettromagnetici.*

*Per quanto riguarda la suscettibilità, ogni apparecchio definito sensibile è caratterizzato da un rischio di mal funzionamento o danneggiamento in funzione del livello di disturbo.*
*Va tenuto tuttavia presente che alcune apparecchiature possono essere contemporaneamente sia disturbanti che sensibili.*
*Tenendo presente le numerose sorgenti di emissioni esistenti in una rete di distribuzione (più apparecchi disturbanti per singolo impianto utilizzatore, presenza di diverse utenze disturbanti, più componenti disturbanti facenti parte della rete) e che la rete di distribuzione costituisce il mezzo di composizione dei disturbi, l'insieme dei contributi può dar luogo a un livello totale di disturbo in rete troppo elevato e non compatibile con il buon funzionamento delle apparecchiature sensibili a essa allacciate.*
*Al fine di assicurare la compatibilità tra carichi disturbanti e carichi sensibili della rete elettrica di alimentazione, è allora necessario introdurre:*
*• per la rete, dei livelli "massimi" di disturbo, detti livelli di compatibilità per le singole apparecchiature o sistemi, dei livelli di disturbo che un apparecchio o sistema deve poter sopportare senza degrado delle sue prestazioni, detti livelli di immunità.*
*Al fine di ridurre il rischio di mal funzionamento dell'apparecchiatura o del sistema, è necessario assicurare un margine opportuno tra i livelli di compatibilità e di immunità scegliendo un livello di immunità maggiore del livello di compatibilità.*
*Il rispetto dei livelli di compatibilità sulla rete pubblica è ottenuto fissando dei limiti di emissione per le singole apparecchiature e/o per gli impianti utilizzatori, sulla base di opportuni criteri, definiti dalla normativa e dalle specifiche di allacciamento adottate dal Distributore.*

# 3. Classificazione degli ambienti elettromagnetici

L'ambiente elettromagnetico è determinato attraverso la definizione dei livelli di compatibilità in riferimento ai vari disturbi.
La Normativa individua due principali ambienti elettromagnetici:
• ambiente elettromagnetico pubblico, relativo alla distribuzione pubblica dell'energia elettrica
• ambiente elettromagnetico industriale e di altre reti di distribuzione non pubblica.
L'ambiente elettromagnetico pubblico rappresenta il riferimento principale, in quanto costituisce contemporaneamente il punto di partenza e quello di arrivo del coordinamento EMC e per esso la Normativa prevede una **classe unica**.
Per l'ambiente elettromagnetico "industriale e altre reti" sono previste invece **tre classi** articolate come segue:
• **Classe 1:**
Si applica ad alimentazioni protette e quindi i livelli di compatibilità di questa classe sono più bassi di quelli previsti sulle reti pubbliche di alimentazione.

Questa classe è indicata per l'utilizzo di apparecchiature molto sensibili ai disturbi (per es.: strumentazione di laboratorio, alcuni elaboratori, sistemi di automazione...) e richiede interventi particolari quali, per esempio, il ricorso a gruppi di continuità assoluta o l'adozione di filtri adeguati.

- **Classe 2:**

Si applica in genere ai PAC ed ai PAI negli ambienti industriali e di altre reti non pubbliche. I livelli di compatibilità di questa classe sono gli stessi della rete pubblica: in questa classe si intende considerare l'impiego di quelle apparecchiature che sono utilizzate anche nella rete pubblica.

- **Classe 3:**

Si applica solo ai PAI all'interno della rete industriale. Questa classe ha, in genere, livelli più alti di quelli della Classe 2. Essa è tipica delle seguenti situazioni:

· una gran parte del carico rappresentato da convertitori
· presenza di sistemi di saldatura.
· presenza di motori con frequenti avviamenti.
· presenza di carichi rapidamente variabili.

# 4. Elenco dei carichi disturbanti presenti nell'intervento in oggetto.

1. Sistemi per il condizionamento degli ambienti dotati di regolazione ad inverter sia sui compressori che sui i ventilatori
2. Regolazione ad inverter sulle pompe di sollevamento acque reflue.

# 5. Diffusione dei disturbi condotti

I disturbi trasferiti sono quelli classificati come "condotti".
In relazione alla propagazione dei disturbi condotti tra i vari livelli di tensione dei sistemi di trasmissione/distribuzione, è importante sottolineare che i livelli di compatibilità indicati per le reti di Alta e Media Tensione sono il risultato finale del processo di coordinamento.
Per la Bassa Tensione essi hanno sempre un riferimento preciso all'immunità richiesta per gli apparecchi elettrici ed elettronici e quindi si riflettono nelle norme costruttive di tali apparecchi.

Nell'ambito di intervento si prevedono esclusivamente carichi alimentati in BT, e si prescrive l'utilizzo di apparecchiature marchiate CE. Tale marchio costituisce una certificazione del produttore del rispetto dei limiti di emissione.
La concentrazione dei carichi disturbanti non sembra tale da rendersi necessari provvedimenti di compensazione da parte dell'utente.

# 6. Caratteristiche della tensione nelle reti di distribuzione pubblica

## *Normativa tecnica vigente*

Il problema dei disturbi e della compatibilità elettromagnetica è affrontato a livello nazionale ed internazionale da vari organismi tecnici e normativi, tra cui:

- CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)
- CENELEC (Comitato Europeo per la Normalizzazione Elettrotecnica)
- CIGRE (Conference International del Grand Réseaux Electriques)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- UIE (International Union for Electroheat)
- UNIPEDE (Union des Producteurs et des Distributeurs d'Energie Electricque)

La Norma CEI EN 50160 "Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica".

*Tale norma infatti, nata e sviluppata a livello europeo, prende in considerazione il tema della qualità dell'alimentazione elettrica per fornire condizioni di alimentazione soddisfacenti al funzionamento delle apparecchiature dell'utente e, allo stesso tempo, di evitare aumenti di costo non necessari nella fornitura di energia elettrica.*
*La norma limita il suo campo alla sola "fornitura" di energia elettrica, escludendo la definizione di livelli di compatibilità, di emissione, o di immunità, per le apparecchiature.*
*Occorre, comunque, notare che le caratteristiche della tensione all'interno dell'impianto dell'utente possono essere diverse da quelle ai terminali di fornitura per fattori dipendenti dalle modalità realizzative degli impianti utente stessi. È responsabilità dell'utente valutare opportunamente, sulla base di criteri di convenienza tecnico-economica, le azioni da mettere in atto per desensibilizzare il proprio processo produttivo da disturbi dell'alimentazione elettrica normalmente presenti sulle reti di distribuzione.*
*La norma è applicabile solo in condizioni di esercizio normali escludendo ogni condizione al di fuori del controllo del fornitore, quali:*

- *condizioni climatiche eccezionali ed altri disastri naturali;*
- *interferenze da parte di terzi;*
- *azioni industriali (soggette a obblighi legali);*
- *forza maggiore;*

*• deficit di potenza dovuti ad eventi esterni;*
*• atti delle autorità pubbliche.*

Esempio di temporanea sospensione dell'applicabilità della norma è quello relativo al caso di indisponibilità all'utenza di parte del sistema di alimentazione a seguito di guasti o per la necessità di eseguire lavori di manutenzione o costruzione (casi in cui è preferibile alimentare il maggior numero possibile di utenti, a costo di un peggioramento delle caratteristiche della tensione, piuttosto che avere una completa interruzione dell'alimentazione).
Un sistema elettrico è in **esercizio normale** quando è in grado di soddisfare l'alimentazione del carico, eliminare i guasti e riprendere il servizio con mezzi e procedimenti ordinari, in assenza di condizioni eccezionali dovute ad influenze esterne o a situazioni critiche rilevanti.
Saranno esclusi quei casi in cui le apparecchiature o gli impianti non siano conformi alle norme ed alle regolamentazioni.

### La normativa EMC

L'obiettivo fondamentale del coordinamento EMC è di assicurare che l'emissione di ciascuna sorgente individuale di disturbo sia tale che la combinazione di tutte le emissioni originate da differenti sorgenti non comporti un superamento del livello convenzionalmente accettato di disturbo per l'ambiente elettromagnetico (livello di compatibilità) e che l'immunità dell'apparecchiatura consenta un livello appropriato di prestazione della stessa, in presenza del livello di disturbo convenzionalmente previsto.
Tale aspetto viene affrontato dalla normativa EMC con le "norme di prodotto", che specificano i limiti di emissione per famiglie di apparecchiature, nell'ipotesi generale che, avendo stabilito tali limiti, l'apparecchiatura possa essere utilizzata senza bisogno di ulteriori verifiche di congruenza tra emissione e compatibilità.

## *Regole di connessione con il distributore*

La connessione degli impianti alla rete di distribuzione è un elemento essenziale che influenza, a livello strutturale, la stessa qualità del servizio dell'impianto allacciato. Per questo, unitamente alla normativa tecnica, le problematiche della qualità del servizio, ed in particolare quelle relative all'allacciamento dei carichi industriali, vengono trattate dalle regole di connessione alla rete del Distributore.
Il rispetto delle regole di connessione è condizione necessaria per poter garantire un livello di qualità del servizio commisurato alle esigenze del processo industriale alimentato.

Tali regole sono:

• DK 5600 - CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI CLIENTI ALLA RETE MT DELLA DISTRIBUZIONE

• DK 5740 - CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ALLA RETE MT DI ENEL DISTRIBUZIONE

Le prescrizioni riportate nei documenti, oltre a definire i criteri di allacciamento degli impianti, forniscono, tra l'altro, una metodologia di verifica della compatibilità delle installazioni sul sistema elettrico ed indicazioni tecniche al fine di ridurre l'entità dei disturbi provocati dalle installazioni.

# 7. Tipi di apparecchi

Una classificazione degli apparecchi disturbanti può essere fatta in modi diversi (tipologia dell'applicazione, potenza, livello di tensione della rete di alimentazione) e, dal punto di vista dei disturbi, dovrebbe considerare che uno stesso tipo di apparecchio può dare luogo contemporaneamente a più tipi di disturbi. Allo stesso modo uno stesso provvedimento presso la rete dell'utente può servire a contenere i livelli di emissione di più disturbi.
Con riferimento a disturbi quali le armoniche, le fluttuazioni di tensione/flicker e lo squilibrio, nella tabella è riportata una classificazione generale delle principali tipologie di apparecchi disturbanti.

| **Tipologia apparecchio disturbante** | **Disturbo** |
|---|---|
| Armoniche | Apparecchiature con convertitori statici ed in generale con componenti elettronici di potenza. Carichi con comportamento non lineare (saldatrici, forni, trasformatori durante l'energizzazione, ecc.) |
| Variazioni rapide di tensione - Flicker | Apparecchiature con variazioni delle potenze attive e reattive scambiate con la rete (saldatrici, forni, motori, ecc.) |
| Squilibrio | Tutti i carichi monofase.<br>Carichi con funzionamento non equilibrato sulle tre fasi |

L'entità del disturbo in rete è funzione sia dello scambio di potenza attiva e reattiva dell'apparecchiatura con la rete, sia della potenza di corto circuito della rete stessa al PAC.

# 8. Criteri per la valutazione dei livelli di emissione

I livelli di emissione per i vari disturbi si determinano nel modo seguente:

• si calcola il livello di emissione dei singoli apparecchi
• si valuta il livello di emissione (totale) dell'utente, come composizione dei livelli di emissione dei singoli apparecchi
• si confronta il livello di emissione totale dell'utente con il limite di emissione consentito; questo limite di emissione è generalmente definito dal Distributore sulla base di criteri atti ad assicurare il controllo dei livelli di compatibilità.
La valutazione dei livelli di emissione è generalmente effettuata nei "punti di comune accoppiamento" ritenuti di particolare interesse: punto di comune accoppiamento con la rete pubblica (PAC) e punti di comune accoppiamento interni alla rete di distribuzione dell'utenza (PAI).

## Armoniche

La distorsione armonica della tensione in un punto della rete elettrica è principalmente la conseguenza delle cadute di tensione prodotte dalle armoniche di corrente nel percorrere le impedenze della rete.
Le armoniche di corrente sono prodotte soprattutto da carichi non lineari e in misura molto ridotta da elementi non lineari della rete stessa.
Lo spettro delle armoniche di corrente di un carico distorcente presenta frequenze e ampiezze che dipendono dalle caratteristiche del carico; in particolare l'ampiezza delle armoniche è all'incirca inversamente proporzionale al rango armonico.
I meccanismi di diffusione delle armoniche di corrente, nell'ambito di un medesimo livello di tensione e fra livelli diversi, dipendono dalle caratteristiche elettriche e strutturali del sistema in esame.
Occorre ricordare il problema delle risonanze, che possono amplificare la distorsione relativa a un'armonica, di un fattore normalmente pari a circa 3-5 volte per le reti pubbliche e che può raggiungere valori di circa 8-10 volte per le reti industriali, specie nel caso di reti con basso carico o carico prevalentemente motore (carico induttivo).
L'ordine dell'armonica per la quale si può avere la risonanza, dipende molto dalla presenza e relativa potenza di batterie di condensatori; inoltre il fattore di amplificazione viene notevolmente attenuato dalla presenza del carico, per cui il tasso di distorsione può essere sensibilmente variabile nel tempo.
Un aspetto importante è la modalità di composizione dei contributi provenienti dalle diverse sorgenti di disturbo esistenti in una rete, considerando anche che, allo sfasamento intrinseco delle correnti armoniche all'atto della loro generazione, si aggiunge quello dovuto alle impedenze delle linee.

La valutazione della distorsione armonica della tensione effettuata anche in modo approssimato risulta alquanto complessa e generalmente richiede il ricorso a programmi di calcolo.

# 9. Provvedimenti per limitare le emissioni

L'obiettivo del contenimento dei disturbi sugli impianti utilizzatori è essenzialmente quello di adottare tutti i possibili provvedimenti per limitare al massimo gli effetti negativi delle perturbazioni per l'utenza.
Si osserva innanzitutto come uno stesso provvedimento presso la rete dell'utente può servire a contenere l'effetto di più disturbi, valutando anche la convenienza tecnico-economica di adottarlo a livello globale o di singola apparecchiatura.
I principali provvedimenti che possono essere adottati per contenere l'emissione dei disturbi sono sintetizzati in tabella.

| **Tipi di interventi possibili sull'impianto dell'utente, per contenere l'emissione dei disturbi** |
|---|
| **Tutti i disturbi condotti** |
| scelta del punto di allacciamento con maggiore potenza di cortocircuito e/o passaggio a un livello di tensione superiore |
| **Squilibri** |
| • ripartizione carico monofase in modo equilibrato tra fasi |
| • equilibratura carico monofase con reattanze |
| • adozione apparecchi trifase per potenze elevate |
| **Interruzioni** |
| • coordinamento protezioni della rete elettrica dell'utente con quelle della rete del Distributore |
| • manutenzione programmata impianto |
| **Buchi di tensione e interruzioni brevi** |
| • tecniche per il contenimento delle correnti di inserzione: |
| > avviamento motori a tensione ridotta: con commutazione stella/ triangolo, con resistenze/induttanze statoriche, con autotrasformatore |
| > energizzazione alimentatori, condensatori, trasformatori |
| • chiusura programmata dei teleruttori |
| • commutazione dei carichi (rapida, lenta) |

| |
|---|
| **Armoniche** |
| • raddrizzatori: adozione di sistemi con alto numero di impulsi, scelta appropriata degli schemi di connessione dei trasformatori (es. dodecafase al posto di esafase) |
| • eliminazione di condizione di risonanza (assetti di alimentazione opportuni, variazioni della potenza dei condensatori di rifasamento) |
| • filtri passivi |
| **Variazioni di tensione e flicker** |
| • compensatori statici di reattivo (SVC): reattori parzializzati a tiristori, reattori a saturazione naturale, condensatori controllati a tiristori |
| • avviamento motori a tensione ridotta: con commutazione stella/triangolo, con resistenze/induttanze statoriche, con autotrasformatore/trasformatore incorporato |

## Limitazione delle variazioni rapide di tensione di origine interna all'impianto utilizzatore

Per quanto riguarda le variazioni di tensione, esse sono generalmente provocate da avviamenti di motori e quindi risolvibili con metodi di limitazione delle correnti di spunto e con una accurata ripartizione dei circuiti di alimentazione dei carichi, all'interno dell'impianto.

**I motori che saranno installati nell'ambito di intervento saranno dotati di dispositivi atti a ridurre le correnti di spunto ed in particolare:**
**Condizionatori d'aria: gli apparecchi attuali sono dotati di schede elettroniche a microprocessore in grado di regolare la corrente all'avvio.**
**Le stazioni di pompaggio antincendio non sono da considerare come carichi disturbanti in quanto hanno un funzionamento solo occasionale durante l'emergenza.**
**Le isole di produzione sono dotate di motori in corrente continua alimentati da raddrizzatori ad alto numero di fasi, pertanto il contenuto di armoniche è limitato**

I metodi più usati per ridurre le correnti di spunto dei motori asincroni (a gabbia e a rotore avvolto) mediante elementi ausiliari esterni sono i seguenti:
• avviamento stella-triangolo: è il più semplice metodo di avviamento ad assorbimento ridotto, consente una diminuzione della corrente di spunto di un fattore di circa 3 volte ed è applicabile a motori con potenza fino a 500 kW; la coppia di avviamento è un terzo di quella in connessione a triangolo e la commutazione a questo schema di funzionamento avviene

quando lo scorrimento è inferiore al 20%;
• avviamento con resistenze statoriche singole, a gradini o a variazione continua (elettrolitiche): le resistenze limitano la tensione di alimentazione del motore nella fase di avviamento e la coppia di spunto è anch'essa ridotta in proporzione al quadrato della tensione; questo metodo è essenzialmente utilizzato per motori BT;
• avviamento stella-triangolo con resistenze statoriche: rappresenta l'associazione dei due metodi precedenti e procede in tre fasi:
· avviamento a stella
· commutazione su triangolo con resistenze
· commutazione su triangolo;
• avviamento con induttanze statoriche: è analogo a quello con resistenze salvo l'impiego delle induttanze al posto di queste; trova impiego nei motori MT;
• avviamento con autotrasformatore: il motore è avviato alimentandolo da un autotrasformatore che gli fornisce una tensione ridotta, si apre quindi il neutro dell'autotrasformatore e successivamente lo si cortocircuita, in modo da evitare transitori di commutazione nel passaggio da tensione ridotta a tensione piena.
Per i motori asincroni a rotore avvolto, oltre a quanto sopra detto, i resistori esterni inseriti sul circuito rotorico per il controllo della coppia in avviamento determinano una drastica riduzione della corrente di avviamento.

I motori sincroni a velocità fissa sono ormai sempre avviati come asincroni e la corrente di spunto può essere ridotta con induttanze statoriche, trasformatore o autotrasformatore, come per gli asincroni.

### Compensazione del flicker

Come visto in precedenza, il flicker è originato da fluttuazioni di tensione, causate essenzialmente da assorbimenti variabili di potenza reattiva.
Un compensatore deve inoltre assicurare il mantenimento di un cosfi medio corrispondente all'ottimo funzionale del carico anche con riferimento alle clausole di fornitura.
La tecnica dei compensatori, è attualmente basata sui seguenti tipi di soluzione:
• reattori saturabili con controllo in corrente continua
• reattori a saturazione diretta in corrente alternata
• compensatori a induttanza lineare con controllo a tiristori
• compensatori a commutazione di condensatori comandata a tiristori compensatori a controllo misto induttanza-capacità.
Con l'eccezione del sistema a commutazione di condensatori, tutti gli altri tipi di compensatori

generano armoniche e quindi richiedono banchi di filtri come parte dell'impianto.
D'altra parte il sistema a condensatori presenta una caratteristica di regolazione non continua, ma a gradini, e quindi non consente un perfetto inseguimento delle variazioni del carico.

### Limitazione delle armoniche.

La limitazione dell'emissione di armoniche sulla rete sarà essere effettuata con azioni di tipo preventivo o con provvedimenti di tipo correttivo.
La scelta degli apparecchi sarà tale da tenere conto opportunamente di tale aspetto.
Saranno pertanto installati sistemi ad alto numero di impulsi, che producano armoniche con rango il più possibile elevato e quindi meno critiche e più facilmente filtrabili.
Tali provvedimenti, oltre ovviamente a interventi sulla rete di alimentazione atti ad aumentare la potenza di cortocircuito, consistono essenzialmente nella installazione di filtri passivi risonanti connessi in derivazione nell'impianto utilizzatore per creare "vie a bassa impedenza" e quindi assorbimenti selettivi delle armoniche prodotte nell'impianto stesso.
Nella tipologia più semplice tali filtri possono essere realizzati in configurazione risonante, in cui un condensatore ed un induttore, connessi in serie realizzano una risonanza ad una frequenza di accordo corrispondente alla frequenza dell'armonica da filtrare (in corrispondenza della risonanza il filtro presenta un'impedenza minima pari alla resistenza propria dell'induttore).
Configurazioni più complesse di filtro possono essere realizzate specie per la compensazione di armoniche di ordine elevato (tipicamente a partire dall'11a armonica). Il progetto dei filtri è molto delicato e deve tener conto di tutte le possibili configurazioni della rete di alimentazione e della circolazione su questa rete di armoniche prodotte da altre fonti, in modo da dimensionare correttamente gli elementi filtranti e i condensatori per il rifasamento.

## 10. Apparecchi e processi sensibili

Tutti gli apparecchi utilizzatori risultano sempre, in misura differenziata, sensibili alle irregolarità o disturbi dell'alimentazione.

### Apparecchi sensibili

- Apparecchi elettronici digitali di controllo di processo o macchinari calcolatori in genere.
- Azionamenti a velocità variabile (elettronica di potenza).
- Motori e macchine elettriche.
- Bobine di contattori.
- Lampade a incandescenza.
- Impianti di illuminazione.

- Componenti elettronici sia di controllo che di potenza. Motori, cavi e macchinario elettrico in genere.
- Linee di trasmissione dati e segnali a basso livello di potenza. Apparecchi elettronici di controllo.
- Condensatori.
- Relè di protezione.
- Collegamenti a basso livello di potenza.
- Motori e macchine rotanti.
- Trasformatori.
- Cavi elettrici.
- Motori elettrici e macchine rotanti in generale.

In particolare per i personal computers (PC), ad apparecchiature di controllo (quali i controllori a logica programmabile, PLC, i controllori di processo e tutta l'elettronica con microprocessori dedicata alla gestione di fasi lavorative), agli azionamenti a velocità variabile (dispositivi basati sull'elettronica di potenza per la regolazione della velocità sia di motori in corrente continua che in alternata) ed ai sensori di misura e processo (tra cui possono essere considerati i relé, i teleruttori ed in generale i trasduttori).
Nel caso degli azionamenti, il disturbo influenza sia la parte di controllo sia quella di potenza, che però sono caratterizzate da livelli di suscettibilità nettamente diversi, con una minore sensibilità, in generale, dell'apparecchiatura di potenza.

# 11.Criteri utilizzati per la progettazione degli impianti.

La fase di progettazione degli impianti elettrici influenza fortemente secondo questi aspetti l'esercizio dell'impianto per lungo periodo.
Per contenere gli effetti dei disturbi, un positivo contributo alla continuità e qualità del servizio deriva dalla corretta impostazione della struttura della rete interna in BT.

### Classificazione degli utilizzatori

Un passo fondamentale nel progetto dell'impianto elettrico utilizzatore, specialmente in relazione alle esigenze di continuità e disponibilità dell'alimentazione, è la classificazione degli utilizzatori (come singole utenze o come aggregati di utenze) in termini di conseguenze sul funzionamento dei processi produttivi e quindi di prestazioni dell'alimentazione elettrica.
In particolare, è possibile definire **carichi** definibili come **ordinari** per i quali la mancanza

dell'alimentazione ha un impatto non rilevante sulla sicurezza delle persone e degli impianti (sono tollerabili anche interruzioni per un tempo relativamente lungo, nell'ordine anche delle ore) quali le alimentazioni dell'impianto di riscaldamento/condizionamento – rinnovo aria, o carichi definibili come **sensibili** per i quali, dato l'impatto che essi hanno in termini di sicurezza, è necessario che l'alimentazione sia ripristinata entro tempi generalmente brevi quali gli impianti di sovrapressione idrica e di sollevamento acque reflue.

E' infine possibile definire utenze o gruppi di utenze di tipo "**privilegiato**" (tipicamente utenze estremamente sensibili ai disturbi di rete) dal cui corretto funzionamento dipendono la sicurezza delle persone, degli impianti, quali l'impianto di rilevazione e spegnimento incendi, di illuminazione di emergenza.

Tutti questi elementi sono necessari per definire le esigenze di alimentazione delle differenti tipologie di utenze, portando alla definizione degli schemi elettrici di impianto più opportuni (radiale, doppio radiale, necessità di ridondanza, ecc.) e alla scelta delle possibili sorgenti di alimentazione, "ordinaria", "di riserva" e "di sicurezza" (ad esempio con l'adozione di gruppi elettrogeni, di autoproduzione, di gruppi di continuità statici o rotanti), il tutto nell'ottica di una valutazione generale di costi-benefici.

## Schemi elettrici d'impianto

Distribuzione BT

• Massima semplificazione degli schemi riducendo per quanto possibile le interconnessioni tra trasformatori diversi, specialmente se realizzate attraverso collegamenti di notevole lunghezza.

• Separazione delle linee di distribuzione in funzione delle diverse tipologie degli utilizzatori (illuminazione, servizi, forza motrice ecc.).

Distribuzione MT

**Non sono previsti carichi alimentati in MT**

## Protezioni e loro coordinamento.

La tipologia delle protezioni installate sia a valle che a monte del punto di consegna e la loro taratura saranno coordinate al fine di garantire, da un lato, il corretto esercizio della rete del Distributore e, dall'altro, la continuità di servizio e l'integrità degli impianti utilizzatori.

In particolare, le problematiche relative al coordinamento tra le protezioni degli impianti di utenza e quelle di rete sono fondamentali affinché guasti negli impianti di utenza non si possano propagare a livello della rete di distribuzione, causando interruzioni anche ad altri utenti connessi alla stessa linea di alimentazione con un peggioramento della qualità della fornitura.

A questo proposito si fa riferimento al documento DK560010 di ENEL Distribuzione, nonché alle indicazioni fornite anche nella Guida CEI 11-3511.

# 12. Livelli di immunità ai disturbi

I livelli di immunità ai disturbi sono definiti dalla normativa EMC relativa alle prove di immunità alle varie tipologie di disturbo o dalla normativa di prodotto.
I livelli di immunità sono relativi a:
• disturbi correlati alla frequenza di rete (condotti);
• disturbi transitori e ad alta frequenza (condotti);
• disturbi magnetici ed elettromagnetici (irradiati);
• scariche elettrostatiche;
e riferiti alle porte (ingresso/uscita) dell'apparecchiatura:
• alimentazione di potenza (a 50 Hz e/o in corrente continua);
• controllo e/o segnale;
• involucro.

I valori relativi ai livelli di immunità per le apparecchiature sono definiti sia nella normativa di prodotto, sia in quella EMC relativa alle prove di immunità alle varie tipologie di disturbo.
In relazione alla valutazione dell'affidabilità dell'apparecchiatura, la normativa EMC relativa alla definizione delle prove di immunità prevede, salvo diverse indicazioni formulate dai comitati di prodotto o dalle specifiche di prodotto, i seguenti livelli di prestazione:
A) normali prestazioni entro i limiti della specifica;
B) temporanea degradazione o perdita di funzionamento e auto-ripristino delle prestazioni;
C) temporanea degradazione o perdita di funzionamento e ripristino delle prestazioni con
D) permanente degradazione o perdita di funzionamento (non ripristinabile) dovuto a un guasto all'apparecchiatura (componenti), od al software, o perdita di dati.
La scelta del livello di immunità è funzione:
• del grado di affidabilità (livello di prestazione) che si intende ottenere per l'apparecchiatura;
• della classe di ambiente elettromagnetico e degli eventuali mezzi di riduzione dell'accoppiamento fra fonte di disturbo e apparecchio sensibile;
• dei vincoli tecnico-economici per assicurare determinati livelli di immunità.

### Livelli di isolamento

Si raccomanda di adottare i valori prescritti dalla normativa, inclusa quella di prodotto.
Valori indicativi per i livelli di isolamento, sono:

• tenuta a impulso 1,2/50 ms: 4 kVp (6 kVp in casi particolari)
• tenuta a 50 Hz: 2 kVrms
• tenuta in c.c.: 3 kVc.c.
• resistenza di isolamento: 100 MW.

I livelli di isolamento di cui sopra sono validi per tutte le porte dell'apparecchiatura.

# 13. Applicazione della Direttiva EMC alle macchine

I requisiti EMC stabiliti dalla Direttiva Macchine si riferiscono solo all'emissione di radiazioni, e sono destinati alla protezione, sicurezza dell'utente e all'immunità alle radiazioni esterne, con il fine di garantire il corretto funzionamento.

Dall'altro canto, i requisiti EMC indicati dalla Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica hanno come obiettivo la protezione funzionale dell'apparato stesso e degli altri apparati collocati nel suo ambiente, contro le emissioni e l'immunità.

**Criteri di applicabilità della Direttiva EMC.**

Il settore delle macchine è caratterizzato da una vastissima gamma di prodotti, diversi per tipo, dimensioni e natura, dalle piccole macchine prodotte in serie fino a quelle grandi e addirittura grandissime, talvolta fabbricate come "pezzo unico" secondo i requisiti tecnici e le necessità descritte dal cliente. Alcuni sono apparati, altri devono essere considerati come sistemi, altri come impianti.

Questo settore è caratterizzato anche da una maggioranza di PMI (piccole e medie imprese), da professionisti di grande esperienza nel settore dell'ingegneria meccanica, ma spesso con una limitata conoscenza dell'EMC e delle questioni ad essa relazionate, e con poche, se non nulle, apparecchiature per effettuare le prove di EMC.

Il costruttore dell'apparecchiatura (in questo caso, delle macchine) dovrà effettuare un'analisi EMC per definire quali siano i requisiti essenziali di sicurezza e/o di protezione che si applicano al suo apparato, da quale Direttiva ricavarli e come rispondere ad essi, utilizzando la scelta di procedure fornite da ciascuna Direttiva da lui applicata, che, a sua volta, può anche dipendere dall'uso delle norme armonizzate volontarie.

*In ogni caso, qualora il costruttore della macchina utilizzi solo apparati marcati CE (adempiendo alla Direttiva EMC) e segua rigidamente le istruzioni ed i limiti di uso indicate dal costruttore di quei prodotti destinati ad essere utilizzati nelle macchine, la macchina finita potrà essere considerata conforme alla Direttiva EMC e non sarà quindi necessaria alcuna ulteriore verifica.*

La dichiarazione di conformità CE e le istruzioni per l'uso devono fare riferimento alla macchina finita nel suo complesso. Il costruttore si assume la responsabilità per la conformità alla Direttiva per tutti gli ambienti elettromagnetici previsti.

Questa semplificazione non altera la piena responsabilità del costruttore della macchina. Se la macchina risultante richiede misure di protezione EMC addizionali per adempiere ai requisiti di protezione EMC, egli dovrà metterle in atto, ma esse non saranno soggette alle procedure della Direttiva EMC.

In tutti gli altri casi in cui il costruttore della macchina non si limita ad utilizzare solo apparati marcati CE, i criteri e le procedure precedentemente enunciati possono essere di conseguenza applicati.

### Norme armonizzate che possono essere usate per le macchine

Le cosiddette norme generiche armonizzate per gli ambienti residenziali, commerciali, per l'industria leggera, e per l'industria in generale possono essere usate dai fabbricanti di macchine per rendere le loro macchine conformi alla Direttiva EMC fintanto che specifiche norme per famiglie di prodotti (già in fase di preparazione) non saranno disponibili come norme armonizzate.

Chiavari, 21 marzo 2012




Ing. Alberto Sanguineti