

METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO ONDE ELET- TROMAGNETICHE NELL'AMBITO DI UNA CENTRALE ELETTRICA

Francesco Giacobbe⁽¹⁾, Valeria Mancuso⁽²⁾

⁽¹⁾ ISPEL Dipartimento di Messina

⁽²⁾ EDIPOWER CTE, San Filippo del Mela (ME)

ABSTRACT

Nell'ambito lavorativo di una centrale per la produzione di energia elettrica risulta determinante, nell'ambito della sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, la valutazione dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici "ELF" (Extremely Low Frequency). Infatti il processo produttivo si basa su un complesso sistema di impianti e macchine che per necessità operative operano alla frequenza di 50 Hz.

Una delle fasi principali ed iniziali per effettuare la valutazione del rischio è l'individuazione delle fonti di emissione e delle relative aree adiacenti. Nel caso in esame i principali fattori influenti i livelli di emissione sono stati individuati nelle tensioni nominali e nelle correnti circolanti nei conduttori. Tenendo conto dei suddetti fattori sono state individuate diverse attrezzature con le potenziali condizioni più critiche. Queste sono: gli alternatori, i trasformatori ed i quadri elettrici.

La misurazione dei livelli di campo elettrico e di campo magnetico, pur se estesa alle varie zone di lavoro, si è concentrata nelle aree adiacenti ai locali turbina, sala controllo e sala quadri elettrici.

Le misurazioni sperimentali hanno permesso di confermare e quantificare il fenomeno.

In funzione dell'esito della valutazione, nell'ottica della prevenzione preventiva, sono state identificate le aree dove si manifestano i valori più alti e sono stati indicate le distanze minime dalle attrezzature.

PAROLE CHIAVE

Esposizione ai campi elettromagnetici, "ELF" (Extremely Low Frequency), centrale termoelettrica, alternatori, trasformatori, sottostazione.

1 - INTRODUZIONE

Il presente lavoro è stato elaborato in riferimento ad una campagna di misure di campi elettromagnetici realizzata all'interno della Centrale termoelettrica di San Filippo del Mela (ME), di proprietà della Edipower.

La Centrale Termoelettrica di San Filippo del Mela, svolge un'attività di produzione di energia elettrica mediante la produzione di vapore ottenuto dal calore prodotto dalla combustione di olio combustibile denso (OCD).

La Centrale è attualmente costituita da 6 Sezioni Termoelettriche:

- quattro sezioni denominate Gruppi 1-4 (gruppi caldaia – turbine a vapore – alternatori) di potenza elettrica pari 160 MWe ciascuna, alimentate con olio combustibile BTZ;
- due sezioni denominate Gruppi 5 e 6 (gruppi caldaia – turbine a vapore – alternatori) di potenza elettrica pari a 320 MWe ciascuna, alimentate con olio combustibile ATZ e dotate di impianti DeNOx e DeSOx.



Figura 1 – Vista panoramica del lato nord della centrale termoelettrica

La potenza elettrica totale della Centrale è pari a 1.280 MWe.

Per i gruppi da 160 MW le turbine sono collegate ad alternatori della potenza nominale di 190 MVA e tensione nominale di 15 kV con corrente nominale di 7,3 kA dotati di eccitatrice di tipo statico con raffreddamento dello statore e del rotore con idrogeno.

Per i gruppi da 320 MW le turbine sono collegate a alternatori della potenza nominale di 370 MVA e tensione nominale di 20 kV con corrente nominale di 10,6 kA dotati di eccitatrice di tipo statico con raffreddamento dello statore ad acqua e del rotore con idrogeno.

Per effettuare la valutazione del rischio onde elettromagnetiche sono stati misurati i valori dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza all'interno delle centrali, generati da varie sorgenti:

- generatori dei gruppi turboalternatori,
- trasformatori, sottostazioni elettriche e linee A.T,
- cabine di trasformazione M.T./B.T.,
- motori e apparecchiature elettriche in genere.

2 - NORMATIVA TECNICA E LEGISLAZIONE

L'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) ha stabilito per il campo magnetico statico un limite di esposizione occupazionale a corpo intero pari a 200 μ T (come media ponderata durante la giornata lavorativa), un valore limite di picco a corpo intero pari a 2 T e un limite per l'esposizione dei soli arti a 5 T. La recente direttiva 2004/40/CE relativa alla protezione dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici durante il lavoro, sulla base delle linee guida ICNIRP stabilisce un valore d'azione (limite) per il campo statico pari a 200 μ T a corpo intero.

La Legge 22 febbraio 2001 n° 36 è basata sul principio di precauzione, e introduce le definizioni di limite di esposizione per la tutela della salute da effetti acuti, di valore di attenzione quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine, e di obiettivi di qualità quali valori per la progressiva minimizzazione dell'esposizione. I limiti di esposizione, valori di attenzione, e gli obiettivi di qualità per la popolazione sono stati stabiliti tramite il DPR del 8 luglio 2003.

Oggi la recente normativa in ambito sicurezza nei luoghi di lavoro, D.Lgs 81/2008, affronta l'argomento della valutazione del rischio onde elettromagnetiche al capo IV "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici" e precisamente dagli articoli da 206 a 212. L'art. 208 "Valori limite di esposizione e valori d'azione" rinvia all'allegato XXXVI, lettera A, tabella 1 per i valori "limite di esposizione" mentre i "valori di azione" sono riportati nell'allegato XXXVI, lettera B, tabella 2.

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 - 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 - 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz - 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz - 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 - 300 GHz	/	/	/	/	50

Figura 2 – “Valori limite di esposizione” D.Lgs 81/08 allegato XXXVI, lettera A, tabella 1

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana S _{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto I _C (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti I _L (mA)
0 – 1 Hz	<i>f</i>	1,63 x 10 ³	2 x 10 ⁵	<i>f</i>	1,0	<i>f</i>
1 – 8 Hz	20000	1,63 x 10 ³ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	<i>f</i>	1,0	<i>f</i>
8 – 25 Hz	20000	2 x 10 ³ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	<i>f</i>	1,0	<i>f</i>
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	<i>f</i>	1,0	<i>f</i>
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	<i>f</i>	1,0	<i>f</i>
2,5 – 65 kHz	610	24,4	30,7	<i>f</i>	0,4f	<i>f</i>
65 – 100 kHz	610	1600/f	2000/f	<i>f</i>	0,4f	<i>f</i>
0,1 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	<i>f</i>	40	<i>f</i>
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	<i>f</i>	40	<i>f</i>
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10	<i>f</i>	<i>f</i>
400 – 2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{-1/2}	0,01f ^{1/2}	f/40	<i>f</i>	<i>f</i>
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	<i>f</i>	<i>f</i>

Figura 3 - “Valori di azione” D.Lgs 81/08 allegato XXXVI, lettera B, tabella 2

3 - VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI “ELF”

Per effettuare la valutazione del rischio onde elettromagnetiche è necessario strutturare il lavoro individuando i fattori principali che possono caratterizzare ed influenzare la valutazione. Nell’ambito di una centrale elettrica le diverse problematiche, nel campo delle basse frequenze (50 Hz), sono strettamente connesse sia alla produzione dell’energia elettrica e sia alle attrezzature in uso per la gestione della centrale.

L’esposizione professionale ai campi magnetici statici prodotti da fonti artificiali, quali ad esempio linee di alimentazione per trazione elettrica ed elettromagneti industriali (tipologie di strutture ed attrezzature sicuramente presenti in una centrale di produzione di energia elettrica), è molto variabile sia in termini di intensità che di tempi. Orientativamente, nella maggior parte dei casi può essere compresa tra pochi μT e qualche decina di μT.

Nell’ambito della realtà esaminata nel presente lavoro, sicuramente la fonte prioritaria è indubbiamente rappresentata dalle apparecchiature presenti a valle della

turbina e precisamente l'alternatore, e la zona relativa alla sottostazione, dove la presenza di un forte campo statico è generato dagli elevati valori di tensione e corrente.

Le considerazioni che seguono sono di fatto circoscritte alle zone adiacenti alle suddette attrezzature.

Per la misura dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz), viene usato un metodo standard che prende in considerazione i seguenti parametri:

- tensione nominale delle apparecchiature;
- correnti medie circolanti nei conduttori;
- aree di misura con i punti di maggiore esposizione per lavoratori esposti;
- aree di misura per il passaggio di lavoratori non direttamente collegati alle attività (popolazione).

Il percorso metodologico utilizzato per la valutazione del rischio è sintetizzato in questa serie progressiva di fasi:

- Identificazione delle sorgenti di pericolo
- Identificazione dei lavoratori (o di terzi) esposti al rischio
- Individuazione dei rischi da esposizione
- Stima dei rischi di esposizione
- Studio della possibilità di eliminare o ridurre il rischio
- Informazione/Formazione
- Programmazione Sanitaria

4 - RISULTATI DELLE MISURE EFFETTUATE

Sono state eseguite una o più misure in prossimità delle diverse apparecchiature elettriche dell'impianto (generatori dei gruppi turbo-alternatore, trasformatori, sottostazioni elettriche e linee A.T.). Le misurazioni dell'induzione magnetica B sono state rilevate, a seconda della tipologia dell'apparecchiatura e del luogo di misura, ad una altezza media di circa 1,80 m dal suolo e ad una distanza media di circa 1 m dalla sorgente di emissione. Le misurazioni dell'intensità di campo elettrico E sono state rilevate ad una altezza di circa 1,80 m dal suolo in spazi liberi, e ove possibile, ad una distanza di circa 2 m dalle strutture metalliche nelle vicinanze della sonda rivelatrice, in quanto molto sensibile alle perturbazioni. Per ogni punto indicato vengono riportati nelle tabelle la descrizione del tipo di apparecchiatura oggetto della misura, il valore efficace totale del campo elettrico e il valore efficace totale del campo magnetico. Per quanto concerne il valore dell'intensità di campo magnetico H, questa viene calcolata sulla base del valore dell'induzione magnetica secondo la formula:

$$H = B/(\mu_0 \cdot \mu_r) \quad \text{con } \mu_0 \cdot \mu_r \text{ in aria} = 1,256637 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1} \text{sVA}$$

dove: E (V/m) = intensità di campo elettrico; B (μ T) = Induzione magnetica; H (A/m) = Intensità di campo magnetico.

Di seguito si riportano alcune tabelle riepilogative con i valori rilevati attraverso misurazioni in campo.

Gruppo 4 turbo vapore			
Zone monitorate	H A/m	E V/m	B μ T
Turbina	0,139	0,763	0,175
Trasformatore	8,535	0,198	6,676
Area centro stella MT, 15 kV	94,697	0,247	119
Pompa alimento	0,732	1,277	0,468

Gruppo 5 e 6 turbo vapore			
Zone monitorate	H A/m	E V/m	B μ T
Zona quadri 6 kV, fronte	5,762	0,582	7,241
Zona quadri 6 kV, retro	0,961	2,101	1,22
Sottostazione elettrica, 220 kV	6,784	3,930	8,525

Gruppi 1, 2, 4, 5 e 6 fronte piede turbina			
Zone monitorate	H A/m	E V/m	B μ T
Gruppo 1	0,041	0,815	0,051
Gruppo 2	0,060	0,832	0,076
Gruppo 4	0,022	0,829	0,028
Gruppo 5	0,095	0,415	0,12
Gruppo 6	0,103	0,505	0,141

Figura 4 – Esempi di valori (dei parametri H, E e B) rilevati sperimentalmente

5 - VALUTAZIONE DEL RISCHIO “ELF” NELL’AMBIENTE DI LAVORO

I “valori di azione” (lavoratori) presi a riferimento, sono quelli previsti dal D.Lgs.81/2008.

Intensità di campo elettrico (50Hz)	E: 10 Kv/m (10000 V/m)
Induzione magnetica (50 Hz)	B: 0,5 mT (500 μ T)
Intensità di campo magnetico(50 Hz)	H: 400 A/m
Corrente di contatto	Ic: 1,0 mA

Figura 5 - Valori il cui rispetto assicura il rispetto dei pertinenti “valori limite di esposizione” (art.207, comma 1, lettera c).

Per quanto attiene la I_c (corrente di contatto) non è al momento disponibile in commercio alcun sistema di misura ed è attualmente in corso di elaborazione da parte del CEI un metodo di calcolo validato per ottenere il valore sulla base degli altri dati misurati.

Valori di esposizione e di attenzione (popolazione): I valori limite presi a riferimento, sono quelli previsti per la popolazione di cui all'art. 3 del DPCM 08/07/2003 (50Hz).

campo elettrico	E: 5 Kv/m (5000 V/m)
induzione magnetica	B: 0,1 mT (100 μ T)

Figura 6 - “valori di esposizione” per aree o ambienti dove la permanenza di un individuo non supera le quattro ore nell’arco della giornata.

induzione magnetica	B: 0,01 mT (10 μ T)
---------------------	-------------------------

Figura 7 - “valori di attenzione” per aree o ambienti dove la permanenza di un individuo è maggiore di quattro ore nell’arco della giornata.

Per permanenze superiori alle quattro ore in aree o ambienti, il valore di attenzione di 10 μ T per l’induzione magnetica (art.3 comma 2) è da intendersi come mediana dei valori rilevati nell’arco delle 24 ore.

6 - MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Parte integrante per la gestione del rischio onde elettromagnetiche sono le misure di prevenzione e protezione dei lavoratori. Queste sono state gestite attraverso un approccio di tipo sistemico. Fondamentali sono le procedure che regolamentano:

- L’identificazione delle aree con opportuna segnaletica di sicurezza;
- La formazione / informazione agli operatori aventi mansioni nelle aree a rischio;
- L’accesso ed i tempi i permanenza;
- Le attività all’interno delle aree a rischio.

In particolare le disposizioni relative all’accesso e alla permanenza nelle aree a rischio prevedono:

- L’accesso alle aree è subordinato ad un permesso di lavoro;
- La riduzione dei valori di campo elettrico e magnetico, qualora vi è la necessità di permanere nelle zone critiche attraverso una riduzione della potenza dei gruppi;
- L’utilizzo di materiali schermanti ed assorbenti attorno alla sorgente per ridurre alla fonte le possibili emissioni;
- L’impiego del numero minimo di addetti per effettuare l’attività lavorativa;
- L’obbligo di non sostare o transitare, se non per motivi strettamente connessi all’attività lavorativa, nelle adiacenze della sorgente emittente;

- La definizione di percorsi di transito alternativi che tengono conto dei livelli di campo;
- L'impiego di dispositivi portatili che visualizzano in tempo reale i livelli di campo elettrico e magnetico.

7 - CONCLUSIONI

Lo studio ha evidenziato le aree che sono maggiormente interessate da valori di campo che necessitano attività di monitoraggio strumentale e formazione/informazione dei lavoratori.

8 - BIBLIOGRAFIA

1. N. L'Abbate, T. Terrana "Valutazioni di rischio e sorveglianza medica nell'esposizione a campi elettrici e magnetici a bassissima frequenza", *G.Ital.Med.Lav.Erg.*; 26:4, Suppl. 385-400, (2004)
2. P. Bevitori, "Inquinamento elettromagnetico indoor. Campi elettrici e magnetici a bassissima frequenza (ELF)". *ARS* n. 61, (1998).
3. P. Bevitori, "Inquinamento elettromagnetico. Campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50-60 Hz) generati da elettrodotti ed apparecchi elettrici. Aspetti tecnici, sanitari e normativi", Maggioli Editore, (1995).
4. M. Grandolfo, P. Vecchia, "Linee guida temporanee sui limiti di esposizione a campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz raccomandati dall'IRPA/ INIRC", *Rapporti Istisan* 90/6, (1990).
5. M. Grandolfo, T. Terrana, S. Orsini, "Campi Elettromagnetici ed ambiente di lavoro", *Atti 53° Congr. Naz. SIMLII*, (1990)
6. International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields", *Health Phys.*, (1994).
7. Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) - Istituto Superiore di Sanità (ISS): Documento congiunto "Sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici e a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz". Allegato a: Fogli d'informazione ISPESL X n. 4/97, (1998).
8. N. L'Abbate, "Campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse: 50-60 Hz (ELF). Impiego, normativa, effetti e sorveglianza medica", *Atti XVII Congresso Nazionale AIRM "Spettro elettromagnetico ed effetti sanitari: la sorveglianza medica"*, (2001).
9. N. L'Abbate, "Linee guida per le radiazioni non ionizzanti: ELF", *Atti 18° Congresso Nazionale AIRM: "Radioprotezione e rischi emergenti"* Riva del Garda, (2003).