

XXXVII Congresso Nazionale AIRP di radioprotezione



17-18-19 ottobre 2018

Centro Congressi Papa Giovanni XXIII

BERGAMO

Via Papa Giovanni XXIII, 106

Daniele Andreuccetti¹, Andrea Bogi², Giancarlo Burriesci³, Moreno Comelli¹, Rosaria Falsaperla³, Francesco Picciolo⁴, Iole Pinto², Nicola Stacchini², Nicola Zoppetti¹

¹ IFAC-CNR, Via Madonna del Piano, 10 – 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

² Azienda USL Toscana Sud Est – Laboratorio di Sanità Pubblica Agenti Fisici, Strada del Ruffolo 4, 53100 Siena, andrea.bogi@uslsudest.toscana.it

³ INAIL-DiMEILA, Via di Fontana Candida, 1 - 00078 Monte Porzio Catone, Roma

⁴ Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Siena, via Banchi di sotto, 53100 Siena

RIASSUNTO

Le puntatrici elettromeccaniche, considerata l'ampia diffusione e gli elevati livelli di campo generato, costituiscono una importante classe di sorgenti di induzione magnetica a frequenza intermedia. Non di rado, questi apparati espongono gli operatori a intensità di campo superiori ai limiti di legge.

Questo lavoro si basa su una campagna di misure svolta congiuntamente dagli specialisti dell'INAIL e della Azienda USL Toscana Sud Est; le puntatrici analizzate sono risultate sorgenti di campi elettromagnetici rilevanti sia per gli operatori addetti che per chiunque si trovi a qualsiasi titolo presente nei pressi dei macchinari in funzione. Vengono fornite indicazioni sul corretto utilizzo al fine di minimizzare l'esposizione degli addetti. Infine si mostra come l'applicazione di metodi di bonifica relativamente semplici abbia condotto ad una sostanziale diminuzione dei livelli di esposizione dei lavoratori coinvolti.

L'intervento è stato anche l'occasione per mettere alla prova alcuni degli strumenti web realizzati all'IFAC nell'ambito del progetto ex bando INAIL Bric-2016. Il progetto mira a sviluppare e raccogliere in un portale web una serie di strumenti operativi a supporto dell'attività di valutazione e riduzione del rischio da esposizione ai campi elettromagnetici (CEM) e alle radiazioni ottiche artificiali (ROA).

INTRODUZIONE

Un principio generale del Decreto Legislativo 81/2008 e s.m.i. [1] è la riduzione del rischio alla fonte. Tale principio è applicabile anche nel caso delle puntatrici elettromeccaniche, essendo il livello di emissioni di campi elettromagnetici, in molti casi, superiore ai Valori di Azione (VA) inferiori stabiliti dal decreto. L'Articolo 210 "Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi" stabilisce che nei casi di superamento dei VA, *"a meno che la valutazione effettuata a norma dell'articolo 209 ... dimostri che i pertinenti valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza,"* il datore di lavoro elabori e applichi un programma d'azione che *comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione tenendo conto "della scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore...."; "delle misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso se necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute"*.

Tuttavia, non di rado si riscontra che le aziende dispongono di apparati non pienamente conformi alla normativa vigente che, pertanto, andrebbero sostituiti. D'altra parte, il mercato non offre sempre soluzioni che, a parità di prestazioni, rispettino i limiti imposti dalla legge. Le aziende si ritroverebbero quindi a sostenere costi elevati per l'acquisto di nuove apparecchiature senza raggiungere comunque gli standard di sicurezza necessari. Il presente lavoro ha avuto lo scopo di valutare l'efficacia di un intervento di bonifica, in alternativa alla sostituzione, degli apparati già in uso presso un'azienda che opera nel campo delle costruzioni elettromeccaniche (IMESA SpA). Tale intervento, messo a punto dall'azienda G-IRON srl di Arezzo, è stato effettuato su due modelli di puntatrici elettromeccaniche (tab. 1), alle quali sono stati applicati dei pannelli schermanti appositamente progettati, con lo scopo di ridurre le emissioni rendendole conformi ai limiti di legge.

Tabella 1 - Puntatrici elettromeccaniche indagate

n.	1 Puntatrice da banco		2 Puntatrice da banco	
Marca	Tecna – Castel San Pietro T - Bologna		CEA Costruzioni Elettromeccaniche Alettoni – Lecco	
Modello	6I 02		KLP 121	
Matricola	090899		43573	
Anno	1999		1987	
Tensione di Alimentazione:	380 V – 50 Hz		380V - 50 Hz	
Potenza	nominale al duty cycle del 50%	100 kVA	convenzionale al duty cycle del 50%	20 kVA
	massima di saldatura	406 kVA	massima di saldatura	43 kVA
Tensione	secondario a vuoto	6-5,2 V	n.d.	n.d.
Corrente	massima secondaria di Corto Circuito	60 kA	massima secondaria di Corto Circuito	13,2 kA

MATERIALI E METODI

Le puntatrici elettromeccaniche prevedono, durante il loro normale funzionamento, il passaggio di un'elevata corrente elettrica fra i due elettrodi; la corrente presenta un andamento temporale differente a seconda del modello di macchinario. In ogni caso le emissioni di campi elettromagnetici risultano intense e caratterizzate da forme d'onda complesse. La valutazione di questa tipologia di campi deve essere effettuata, così come indicato dal Decreto Legislativo 81/2008 e s.m.i. [1], utilizzando il metodo del picco ponderato (o metodo WP, dall'inglese Weighted Peak). Tale metodo pesa i singoli contributi in frequenza della forma d'onda indagata con i rispettivi valori di azione e fornisce un indice (I_{WP} nel seguito) che, normalizzato ad uno, indica la conformità per valori uguali o inferiori all'unità e la difformità per valori superiori.

L'indice I_{WP} è stato calcolato utilizzando come riferimento i Valori di Azione (VA) riportati nell'allegato XXXVI del Decreto Legislativo 81/2008 e s.m.i. [1]; inoltre, al fine di valutare le esposizioni non occupazionali, è stato calcolato anche rispetto ai livelli di riferimento per la popolazione indicati nella Raccomandazione 519 del Consiglio Europeo del 12 luglio 1999 [2], che adotta le linee guida per la popolazione formulate nel 1998 dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) [3].

I rilievi metrologici sono stati eseguiti riproducendo le effettive condizioni di utilizzo delle puntatrici elettromeccaniche da parte degli operatori, conformemente alle indicazioni fornite dalle Norme Tecniche CEI EN50444 [4] e CEI EN50445 [5] e seguendo le indicazioni della "Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici" [6].

Per lo scopo del presente lavoro sono state utilizzate tre tipologie di strumenti che implementano il metodo del picco ponderato all'interno della banda passante 5 Hz - 400 kHz:

- MICRORAD NHT-310 dotato di sonda 11E e sonda 30B rispettivamente per la misura del campo elettrico e magnetico;
- Narda EHP-50G per la misura del campo elettrico e magnetico;
- Narda ELT-400 per la misura del campo magnetico.

Lo strumento Narda ELT-400 è stato utilizzato inserendolo in una catena di misure composta da una scheda di acquisizione Agilent U2531A e un PC notebook standard. Tale catena, gestita da un software appositamente sviluppato in linguaggio LabVIEW, consente di prelevare direttamente, tramite le uscite analogiche della sonda, i segnali di tensione forniti dai sensori di induzione magnetica, digitalizzarli e renderli disponibili per l'elaborazione a posteriori tramite un software sviluppato dall'IFAC-CNR e inserito nel portale WebNir [7].

STRUMENTI WEB: CALCOLO DELL'INDICE DI PICCO PONDERATO

Uno degli strumenti realizzati da IFAC e resi disponibili pubblicamente nel portale WebNir [7] permette di valutare l'indice di picco ponderato (I_{WP}) a partire da una serie di file dati ottenuti da una delle catene di misura descritte in precedenza (Narda ELT-400).

L'applicazione permette di selezionare dal computer locale i file ottenuti in output dallo strumento (fig. 1), disporli nella giusta sequenza mediante un trascinamento tramite mouse, e inviarli al server per l'elaborazione. L'utente deve specificare il tipo di sensore collegato alla sonda (da 3 cm² o da 100 cm²), l'impostazione di quest'ultima e la frequenza di campionamento utilizzata.

Figura 1 - Interfaccia per la selezione delle impostazioni della catena strumentale e caricamento dei file di dati

Narda ELT-400 con sonda da 100 cm²

☐ Mode FS 320 µT Range Low
 ☐ Mode FS 320 µT Range High
 ☐ Mode FS 80 mT Range Low
 ☐ Mode FS 80 mT Range High

Narda ELT-400 con sonda da 3 cm²

☐ Mode FS 320 µT Range Low
 ☐ Mode FS 320 µT Range High
 ☐ Mode FS 80 mT Range Low
 ☒ Mode FS 80 mT Range High

Frequenza di campionamento: 50 kHz

File dati

PuntoA_X0Y0Z1_1.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_2.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_3.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_4.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_5.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_6.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_7.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_8.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_9.txt
 PuntoA_X0Y0Z1_10.txt

Dimensione totale dei file caricati: 33 MB

Caricati 26.54 MB su 34.74 MB in 2.32 s (76% completato).

L'interfaccia utente implementa una barra dinamica di avanzamento del caricamento dei file, utile per visualizzare lo stato dell'operazione (particolarmente nel caso di file di dimensioni elevate).

La procedura software lato server riceve i file e li unisce in un'unica sequenza ordinata di campioni vettoriali, successivamente analizzati nel dominio del tempo – sulla base dei parametri operativi specificati – per calcolare l'ampiezza efficace e di picco del campo magnetico e determinare gli indici di picco ponderato relativi alle varie normative di riferimento.

VALUTAZIONE DELLA SCHERMATURA

Il gruppo di lavoro ha valutato le emissioni delle puntatrici, con e senza schermatura al fine di poter verificare il livello di attenuazione dovuto ai pannelli schermanti applicati alle macchine in esame (fig. 2a, fig. 2b, fig. 3a e fig. 3b).

Figura 2a - Puntatrice TECNA 6I 02 non schermata



Figura 2b - Puntatrice TECNA 6I 02 schermata



Figura 3a - Puntatrice CEA KLP 121 non schermata



Figura 3b - Puntatrice CEA KLP 121 schermata



Sono state effettuate misure in corrispondenza di testa ed addome del lavoratore (fig. 4) Si è provveduto inoltre ad eseguire misure a diverse distanze delle puntatrici (fig. 5).

Figura 4 – Punti di misura

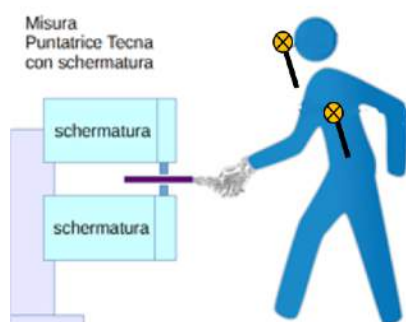
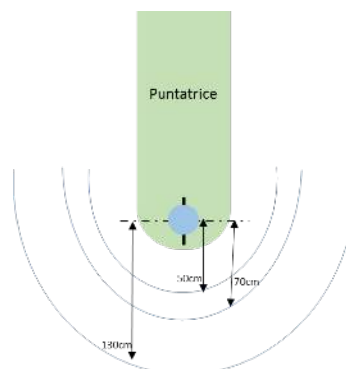


Figura 5 – Distanze alle quali sono state eseguite le misure.



Durante la valutazione la puntatrice è stata impiegata per la saldatura di Viti M6 e dadi M8 su una lastra metallica (fig. 6).

Figura 6 – Viti M6 e dadi M8 saldati su lastra metallica



RISULTATI

Dalle misure effettuate è risultato che i segnali emessi dalle due puntatrici hanno andamenti temporali molto diversi tra loro. L'apparato Tecna 6I 02 emette un segnale composto da singoli impulsi ripetuti nel tempo, mentre l'apparato CEA KLP 121 emette treni di segnali con andamento sinusoidale (fig. 7 e fig. 8).

Figura 7 – Tecna 6l 02: forma d'onda-singoli impulsi

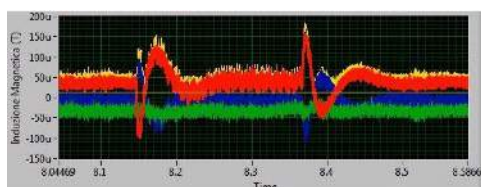
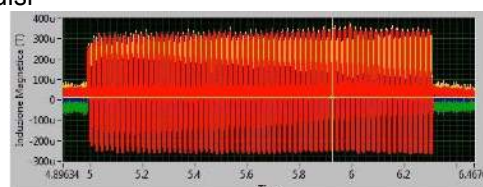


Figura 8 – CEA KLP 121: forma d'onda-treno di impulsi



La tab 2 riporta le misure effettuate con i tre sistemi di rilevamento disposti frontalmente alla puntatrice elettromeccanica ad 1 m di altezza e 50 cm di distanza dagli elettrodi.

Tabella 2 –Indici calcolati con i tre sistemi di misura posti nelle stesse condizioni di misura

			Narda ELT400 + Catena di misura			MicroRad NHT310		Narda EHP50G	
Saldatrice	misura	Impostazioni Narda ELT 400 + Catena di Misura	LA sup .	LA inf.	Pop. 98	LA inf.	Pop. 98	LA inf.	Pop. 98
Tecna 6l 02	schermata	80mT; low; 10Hz; tempo di acquisizione 10s; 50kHz	0,4 6	0,4 6	7,96	0,3 5	7,70	0,3 3	6,90
	non schermata	80mT; low; 10Hz; tempo di acquisizione 10s; 50kHz	0,5 6	0,5 7	10,38	0,5 0	12,00	0,4 2	10,50
CEA KLP 121	schermata	320microT;high; 1Hz; tempo di acquisizione 10s; 50kHz	0,0 7	0,1 9	3,04	0,4 0	5,80	0,4 0	5,70
	non schermata	80mT; low; 1Hz; tempo di acquisizione 10s; 50kHz	0,5 9	0,6 4	11,06	0,5 7	9,70	0,5 1	7,50
Posizione sonda: distanza dagli elettrodi 50cm, altezza dal suolo 1m			Indice Calcolato						

Inoltre, in tab. 3 e tab. 4 si riportano le misure effettuate con gli strumenti Microrad NHT-310 e Narda EHP-50G intorno la saldatrice ed in corrispondenza di testa, addome e arti del lavoratore, secondo lo schema riportato in fig. 9.

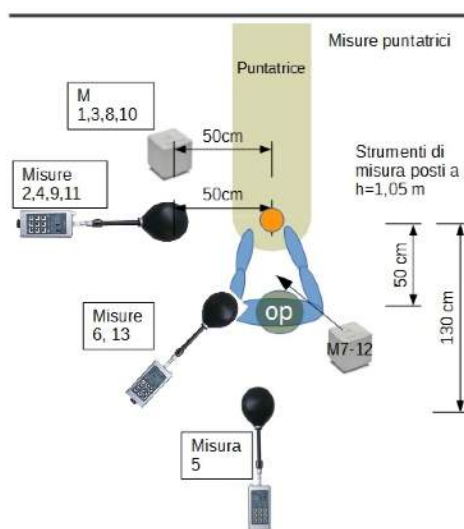
Tabella 3 – Confronto dei livelli di campo magnetico disperso dalla puntatrice Tecna 6I 02 con e senza la schermatura.

Puntatrice Tecna 6I 02					Valore rilevato indice esposizione		
N.	Distanza	Posizione misura	Standard	Lavorazione	Schermata	Non schermata	Attenuazione
1	50	laterale avanti	popolazione	Fissaggio vite M6	7,6	11,8	36%
2	50	laterale dietro	popolazione		6,89	10,5	34%
3	50	laterale avanti	lavoratori inferiore	Fissaggio dado M8	0,35	0,5	30%
4	50	laterale dietro	lavoratori inferiore		0,33	0,42	21%
5	130	Fronte	popolazione		0,27	0,3	10%
6	70	testa operatore	popolazione		1,1	1,14	4%
7	50	Addome	lavoratori inferiore		0,06	0,08	25%

Tabella 4 – Confronto dei livelli di campo magnetico disperso dalla puntatrice CEA KLP121 con e senza la schermatura

Puntatrice CEA KLP					Valore rilevato indice esposizione		
n.	Distanza	Posizione misura	standard	Lavorazione	Schermata	Non schermata	Attenuazione
1	50	laterale avanti	popolazione	Accoppiamento lamiera ferro 2mm	5,8	9,7	40%
2	50	laterale dietro	popolazione		5,7	7,5	24%
3	50	laterale avanti	lavoratori inferiore		0,4	0,57	30%
4	50	laterale dietro	lavoratori inferiore		0,4	0,51	22%
5	120	addome	popolazione		0,26	1,48	82%
6	100	testa	popolazione		0,4	1,1	64%

Figura 9 – punti di misura



Dalle tabelle si evince che le schermature offrono un abbattimento del campo magnetico emesso che spesso supera il 30%. Nel caso della puntatrice CEA, nelle posizioni occupate dalla testa e dall'addome dell'operatore, l'abbattimento raggiunge circa l'80%. Probabilmente la geometria della puntatrice e delle lastre schermanti, hanno portato ad un abbattimento particolarmente accentuato in questo caso.

CONCLUSIONI

Dalle misurazioni effettuate, si evince che i campi elettromagnetici emessi dalle puntatrici sono maggiormente intensi lungo le direzioni laterali delle macchine.

Infatti, il circuito che conduce la corrente ai due elettrodi degli apparecchi in esame, forma una grande spira con un conseguente flusso di campo magnetico che è maggiore lateralmente alla spira stessa (fig. 10 e fig. 11).

Figura 10 – Schema del circuito che alimenta i puntali

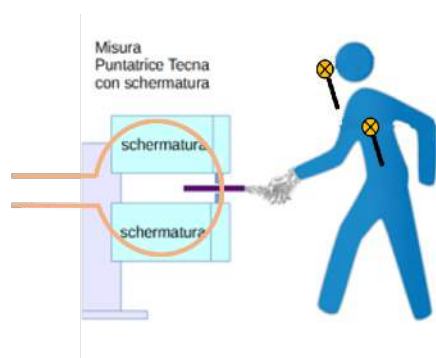
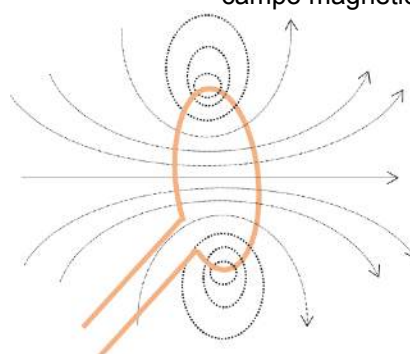


Figura 11 – Spira e linee di forza del campo magnetico



È pertanto indispensabile che gli operatori durante l'utilizzo dei macchinari si posizionino frontalmente ad essi, lungo la direzione in cui i campi dispersi sono minori.

Le schermature oggetto di valutazione sono risultate efficaci per l'abbattimento dei campi dispersi, come si evince dalle tab. 3 e tab. 4 dove vengono confrontate le emissioni delle saldatrici con e senza pannelli schermanti riportando la percentuale di attenuazione.

Infine, la valutazione effettuata ci ha consentito di poter testare alcuni degli strumenti operativi disponibili sul portale WebNir [7]. In particolare il software utilizzato per la post elaborazione dei dati è risultato efficace ed è sicuramente un supporto indispensabile per le valutazioni più complesse.

BIBLIOGRAFIA

1. Decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81: *"Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, N.101, 30-4-2008, supplemento ordinario N.108.
2. Raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.
3. ICNIRP *"Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)"*. Health Physics, Vol. 74, N 4, April 1998.
4. CENELEC EN 50444, *"Norma di base per la valutazione dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature per la saldatura ad arco e processi affini"*. Prima edizione, maggio 2008.
5. CENELEC EN 50445 *"Norma per famiglia di prodotti per dimostrare la conformità delle apparecchiature per la saldatura ad arco e processi affini ai limiti di base relativi all'esposizione umana ai campi elettromagnetici (0 Hz- 300 GHz)"*.
6. Commissione Europea, *"Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relative ai campi elettromagnetici"*, 2014.
7. WebNir (<http://webnir.ifac.cnr.it/>) – Portale web sviluppato nell'ambito del progetto ex bando INAIL Bric-2016 (P4-ID30) Strumenti web di ausilio alla valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici - anche in riferimento ai portatori di dispositivi medici impiantabili attivi - e a radiazioni ottiche artificiali.