

Analisi dei campi emessi da: banco magnetico orizzontale per magnetoscopia

Aldo Canova,¹ Luca Giaccone²

Politecnico di Torino, Dipartimento Energia

27 gennaio 2015

Indice

1	Descrizione sorgente di campo	2
2	Descrizione delle condizioni di misura	3
3	Analisi dell'esposizione professionale (limiti ICNIRP 2010)	4
3.1	Utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto	4
3.2	Utilizzo del magnetoscopio mediante bobina	5
4	Analisi dell'esposizione per il pubblico generale	6
4.1	Utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto	9
4.2	Utilizzo del magnetoscopio mediante bobina	11
5	Conclusioni	11

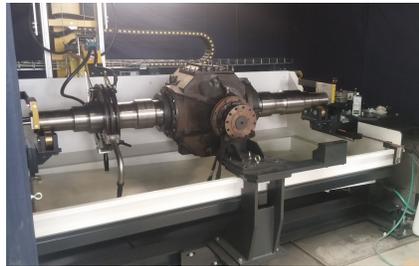
¹aldo.canova@polito.it

²luca.giaccone@polito.it

1 Descrizione sorgente di campo

La *Magnetoscopia* è un sistema Non Distruttivo largamente utilizzato per individuare delle cricche superficiali e sub-superficiali in base all'analisi delle variazioni del campo magnetico generato. L'apparechiatura in analisi è un *banco magnetico orizzontale per magnetoscopia a contatto diretto e a bobina* atto a determinare possibili imperfezioni di assili ferroviari.

In Fig. 1(a) è mostrato l'utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto. In questo caso è lo stesso assile ferroviario a chiudere il circuito in cui circola la corrente che genera il campo magnetico necessario ad identificare difetti nella direzione assiale. In Fig. 1(b) è mostrata la bobina atta a generare il campo magnetico per l'identificazione di difetti in direzione circonferenziale.



(a) Utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto



(b) Utilizzo del magnetoscopio mediante bobina

Figura 1: Banco magnetico orizzontale per magnetoscopia a contatto diretto e a bobina.

La corrente di prova utilizzata per la generazione del campo magnetico ha frequenza fondamentale pari a $f = 50$ Hz ma non è sinusoidale pura. A titolo di esempio, nelle figure 2, 3 e 4 si riportano rispettivamente le forme d'onda di corrente relative ai seguenti valori impostati sul pannello di controllo¹: 1500 A, 2500 A e 5000 A.

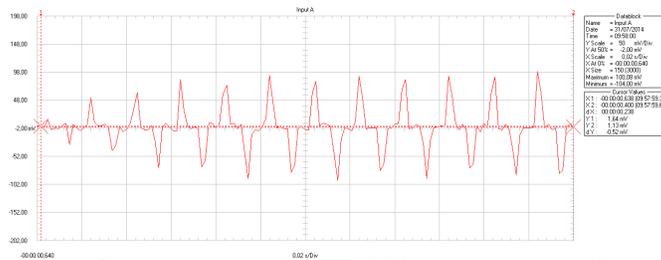


Figura 2: Forma d'onda di corrente misurata a seguito di impostazione del magnetoscopio su 1500 A

¹grafici forniti dal costruttore del magnetoscopio.

In ogni configurazione sono stati registrati i seguenti valori:

- Valore del campo magnetico espresso in RMS (true RMS)
- Indicatore di esposizione ottenuto mediante Metodo del Picco Ponderato con curva limite ICNIRP 2010 occupational (denominato I_{WP}). Tale indicatore è espresso in percentuale, di conseguenza vale la relazione di conformità $I_{WP} < 100 \%$

3 Analisi dell'esposizione professionale (limiti ICNIRP 2010)

La presente sezione analizza l'esposizione professionale ai campi magnetici generi dal magnetoscopio. Si utilizzano pertanto i limiti ICNIRP 2010 per esposizione professionale che coincidono con quelli adottati dalla direttiva Europea 2013/35/EU.

3.1 Utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto

La seguente figura descrive i punti di misura:

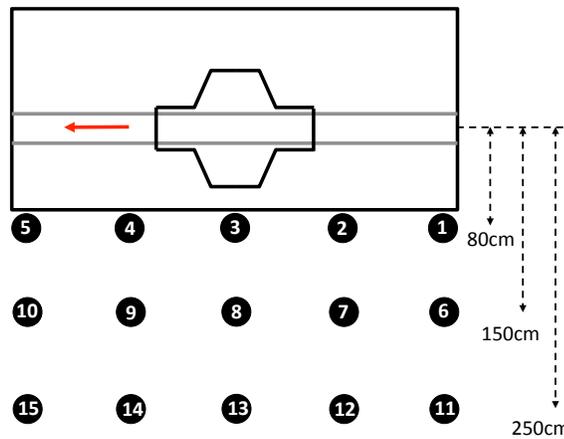


Figura 5: Punti di misura per corrente assiale (flusso di corrente evidenziato in rosso)

In Tab. 1 sono riportati i valori misurati di campo magnetico e dell'indice di esposizione. Dall'analisi delle misure corrispondenti al valore di corrente pari a 500 A si evince una simmetria rispetto all'asse formato dai punti 3, 8 e 13. Pertanto, per le misure relative ai valori di corrente pari a 2500 A e 5000 A alcuni dati (evidenziati in grigio) vengono ricavati per simmetria.

Tabella 1: Utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto. Misure di campo magnetico.

punto campo	500 A		2500 A		5000 A	
	B (μT)	I_{WP} (%)	B (μT)	I_{WP} (%)	B (μT)	I_{WP} (%)
1	30.7	10.43	179	30.43	470	42.65
2	34.2	11.21	173	31.40	530	48.24
3	38.5	11.53	313	36.11	673	55.98
4	34.4	12.14	173	31.4	530	48.24
5	29.4	10.58	179	30.43	470	42.65
6	14.4	5.60	111	14.52	233	21.61
7	15.8	5.90	125	15.90	260	24.62
8	17.4	6.37	135	17.01	280	25.73
9	15.1	5.61	125	15.90	260	24.62
10	14.6	6.00	111	14.52	233	21.61
11	3.1	3.33	28.3	5.30	58	7.41
12	3.4	3.33	32.4	6.00	62.2	7.46
13	3.8	3.23	32.7	5.95	66.6	8.09
14	3.6	3.23	32.4	6.00	62.2	7.46
15	3.4	3.13	28.3	5.3	58.0	7.41

3.2 Utilizzo del magnetoscopio mediante bobina

La seguente figura descrive i punti di misura:

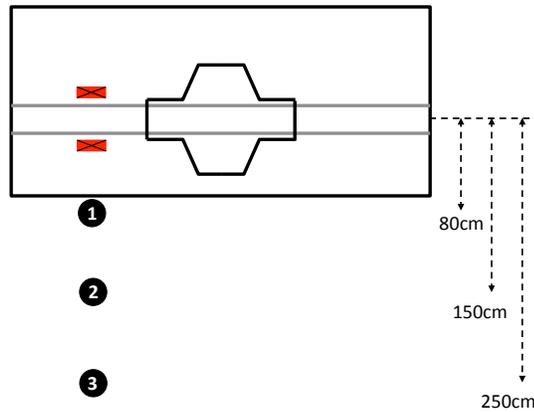


Figura 6: Punti di misura per corrente assiale (in rosso viene evidenziata la traccia della bobina)

In Tab. 2 sono riportati i valori misurati di campo magnetico e dell'indice di esposizione.

Tabella 2: Utilizzo del magnetoscopio mediante bobina. Misure di campo magnetico.

punto campo	3000 Asp (1000 A)		7500 Asp (2500 A)		12000 Asp (4000 A)	
	B	I_{WP}	B	I_{WP}	B	I_{WP}
	(μT)	(%)	(μT)	(%)	(μT)	(%)
1	86	14.34	199	21.89	340	32.01
2	21.7	5.30	55	8.0	94	10.52
3	3	3.02	7.5	3.6	12	4.28

4 Analisi dell'esposizione per il pubblico generale

Per la protezione del pubblico generale si fa riferimento alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE recepita a livello italiano da DPCM 08/07/2003. Pertanto, i limiti di riferimento sono quelli proposti nelle linee guida ICNIRP del 1998.

I valori di esposizione per tali limiti non sono stati misurati in modo diretto. Essi vengono quindi identificati mediante la procedura descritta nel seguito:

- In figura Fig. 7 viene mostrata una forma d'onda (generata analiticamente) proporzionale alla forma d'onda della corrente realmente generata dal magnetoscopio.
- tale forma d'onda viene processata con il metodo del picco ponderato considerando i limiti INCIRP-2010-occupational e ICNIRP-1998-public. In Fig. 8 sono mostrate le curve dei filtri digitali utilizzati (rispettivamente le curve in rosso e blu).
- si osserva che, per una determinata entità del campo, la forma d'onda pesata con i limiti INCIRP-2010-occupational (Fig. 9) e ICNIRP-1998-public (Fig. 10) fornisce un indicatore di esposizione pari a 5% e 94%, rispettivamente.
- si riscontra che un indice pari al 5% relativamente ai limiti INCIRP-2010-occupational corrisponde ad un indice del 100% relativamente ai limiti INCIRP-1998-public. Tale relazione mantiene ancora un margine di sicurezza pari a circa il 6% (100 - 94).

Le distanze di sicurezza riferite alla protezione della popolazione verranno quindi identificate cercando i punti in cui l'indicatore per l'esposizione professionale risulta pari al 5%.

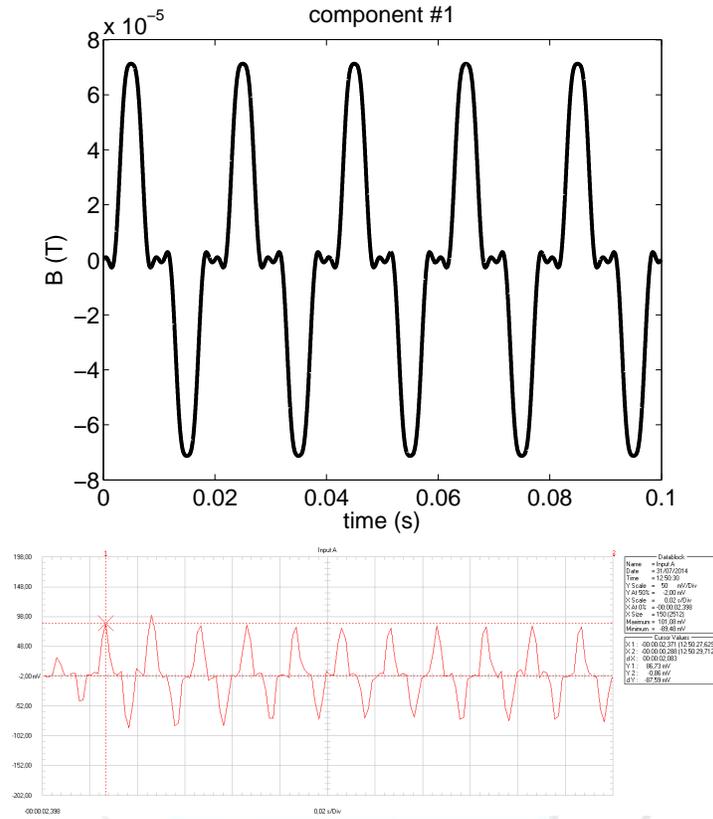


Figura 7: Forma d'onda analitica (in alto). Forma d'onda misurata (in basso).

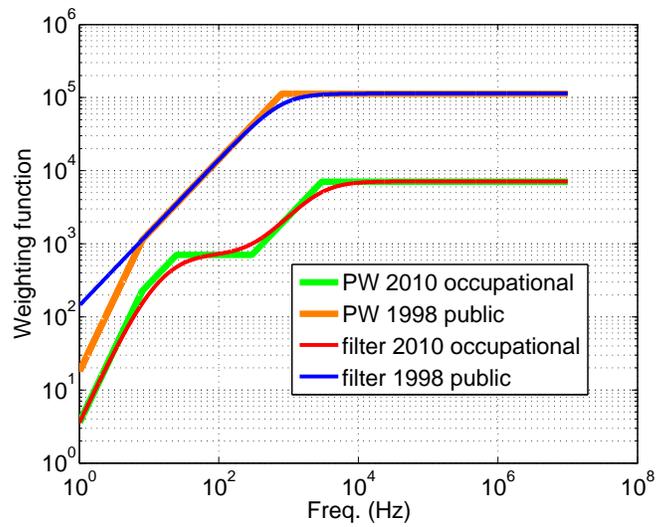


Figura 8: Filtri digitali

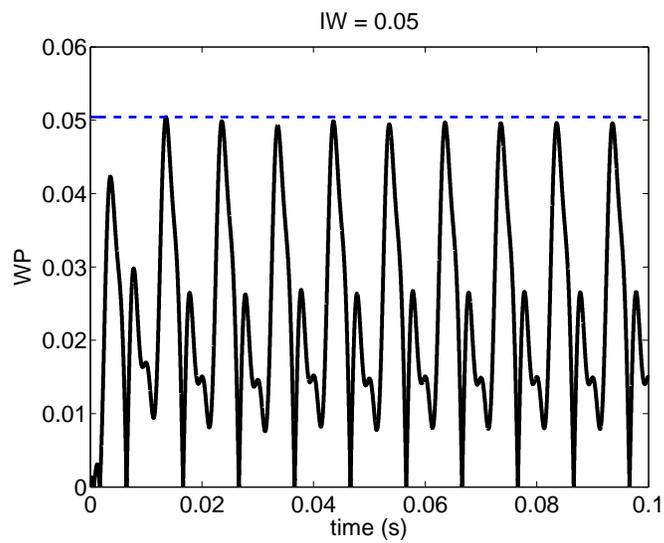


Figura 9: Modulo della forma d'onda pesata (ICNIRP-2010-occupational)

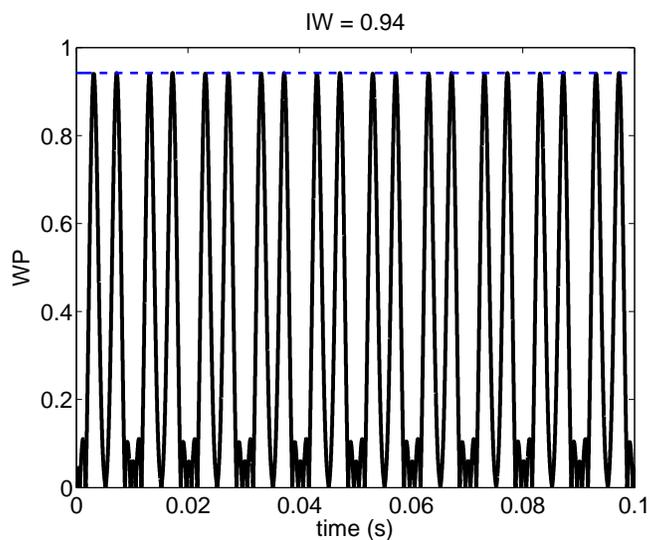


Figura 10: Modulo della forma d'onda pesata (ICNIRP-1998-public)

4.1 Utilizzo del magnetoscopio mediante contatto diretto

Considerando le misure fatte con la corrente massima (5000 A), nei punti da 11 a 15 rappresentati in Fig. 11 il valore risulta maggiore di 5% (tra 7.5 e 8%²).

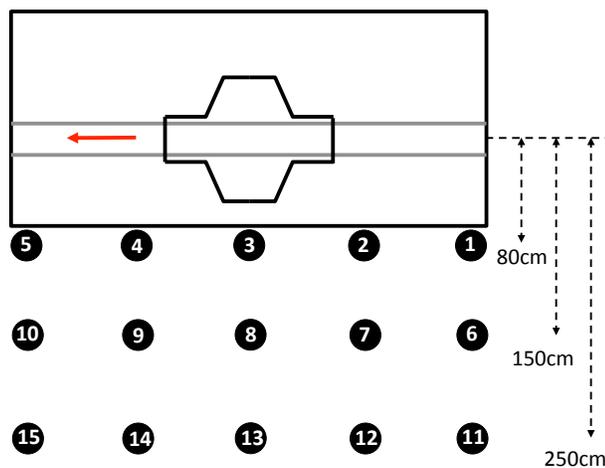


Figura 11: Punti di misura per corrente assiale (flusso di corrente evidenziato in rosso)

²si veda Tab. 1

La griglia di punti può essere usata per definire cinque linee di ispezione su cui è stato eseguito un fitting con equazione della forma:

$$y = ax^b + c \quad (1)$$

dove y rappresenta l'indice di esposizione, x la distanza dal magnetoscopio, ed i parametri di fitting sono le costanti a , b e c . I risultati di fitting permettono di identificare le seguenti **distanze a cui l'indicatore si porta al valore di 5%**:

- linea creata dai punti 1-6-11 \Rightarrow **275 cm**
- linea creata dai punti 2-7-12 \Rightarrow **270 cm**
- linea creata dai punti 3-8-13 \Rightarrow **278 cm**
- linea creata dai punti 4-9-14 \Rightarrow **270 cm**
- linea creata dai punti 5-10-14 \Rightarrow **275 cm**

4.2 Utilizzo del magnetoscopio mediante bobina

Considerando le misure fatte con la corrente massima (4000 A, 12000 Asp), nel punto 3 rappresentato in Fig. 12 il valore risulta minore del 5%³.

Operando in modo analogo alle misure precedenti si identifica la distanza a cui l'indice è pari al 5%. Tale distanza risulta di 228 cm.

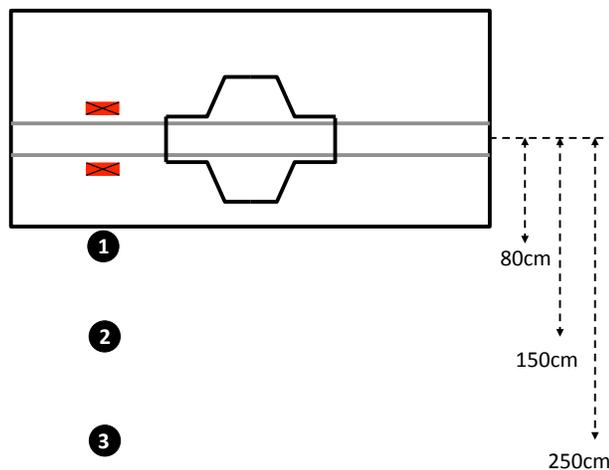


Figura 12: Punti di misura per corrente assiale (in rosso viene evidenziata la traccia della bobina)

5 Conclusioni

Il campo magnetico è stato analizzato variando:

- la configurazione di lavoro
- il fattore di utilizzo

Per quanto riguarda la protezione dei lavoratori, non è stato riscontrato il superamento dei valori di azione in nessuna delle configurazioni analizzate, nemmeno a bordo macchina.

Per quanto riguarda la protezione della popolazione generale, in funzionamento mediante contatto diretto è stata identificata una distanza di rispetto pari a circa 280 cm mentre, per il funzionamento mediante bobina, la distanza di rispetto è pari a circa 230 cm.

³si veda Tab. 2