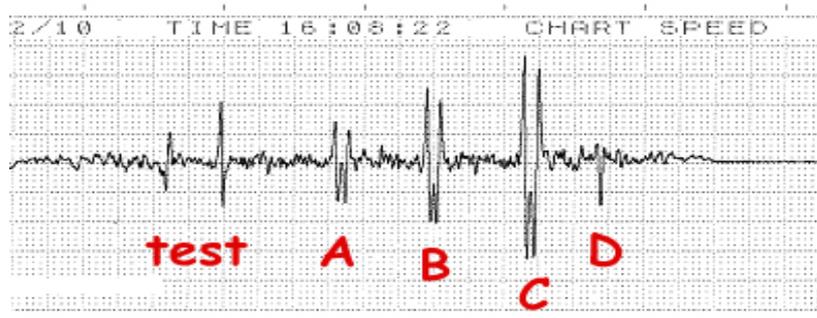




Prove di accettazione di una apparecchiatura per esami magnetoiduttivi

Ing. Fabio Degasperi
Direttore del LA.T.I.F.



L'efficacia dei controlli di integrità delle funi in acciaio installate sugli impianti funiviari, per mezzo del metodo magnetoiduttivo, risulta come somma dell'esperienza, capacità e scrupolo dell'operatore che effettua l'esame, delle conoscenze specifiche nel settore, valutazione dei diagrammi ed analisi storica degli stessi da parte del Direttore di Esercizio dell'impianto e della qualità della strumentazione utilizzata nel controllo.

In questa relazione si presenta brevemente ciò che si intende per idoneità di una apparecchiatura per esami magnetoiduttivi, i sistemi fino ad oggi utilizzati per la valutazione della stessa ed i criteri contenuti nella norma europea di recente emanazione, dedicata all'argomento.

Considerazioni e giudizi risultano da esperienze dirette fatte per anni presso il LA.T.I.F. di Trento.



Premessa

Il metodo magnetoiduttivo per il controllo di integrità delle funi in acciaio ha ormai una lunga tradizione, ha ampiamente dimostrato la sua validità nel rilevare anomalie nella fune e questa importante caratteristica ha compensato la sua carenza più grande, che è quella di non saper ancora quantificare il danno.

Di fronte alle anomalie, ed in particolare a quelle nascoste, il metodo ha sempre dovuto chiamare in aiuto l'esperienza del personale che esegue il controllo, tramite l'ispezione diretta e l'analisi storica dei grafici in esito agli esami. Segue la valutazione del Direttore di Esercizio (per le funivie in trasporto pubblico di persone), ai fini del mantenimento in opera della fune.

Negli ultimi anni non vi sono stati grossi cambiamenti nelle apparecchiature: il principio fisico del controllo è rimasto lo stesso, qualche miglioramento si è avuto nei detectors (con l'impiego di magneti di prestazioni più elevate, finalizzato alla riduzione dei pesi), si sono adeguati i sistemi di registrazione e memorizzazione.

Questa relazione non si addentra nella descrizione del metodo magnetoiduttivo in sé, nelle soluzioni tecniche delle diverse tipologie di apparecchiature e loro comparazione, ma accentra l'attenzione:

- sulle prestazioni globali fornite dalla apparecchiatura;
- sulle modalità di prova per poterle determinare
- sui criteri di valutazione di tali prestazioni, in riferimento a "prestazioni minime" da possedere per potersi considerare "idonea" all'impiego per il controllo di funi in acciaio installate su funivie in servizio pubblico.

Si valuta l'apparecchiatura in sé, senza entrare nel merito della qualificazione del personale addetto al controllo e del giudizio finale sulla ammissibilità al mantenimento in opera della fune sull'impianto.

Composizione dell'apparecchiatura.

Si descrivono brevemente i diversi componenti della strumentazione utilizzata nell'esame magnetoinduttivo, poiché verranno più volte richiamate in seguito.

L'apparecchiatura è composta da:

detector dotato di:

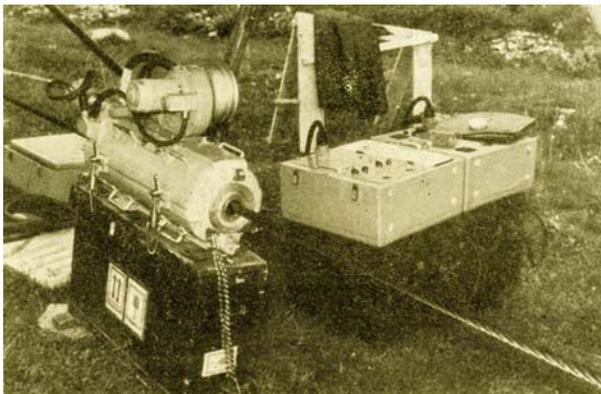
- circuito di magnetizzazione;
- sistema di centraggio, guida a scorrimento o rotolamento sulla fune;
- sistema di rilevazione dei difetti locali (LD – local discontinuity), basato sulla misura del flusso disperso in corrispondenza delle anomalie localizzate (es. fili rotti), tramite bobine trasversali o longitudinali, o sensori di Hall;
- sistema di rilevazione della perdita di sezione metallica (LMA – loss of metallic cross sectional area), basato sulla misurazione del flusso magnetico totale, proporzionale alla effettiva sezione;
- rilevatore di spazio fune controllata (utilizzato per la visualizzazione e per riferimento nella registrazione)

I dispositivi di rilevazione dei difetti possono essere presenti singolarmente, duplicati, etc.

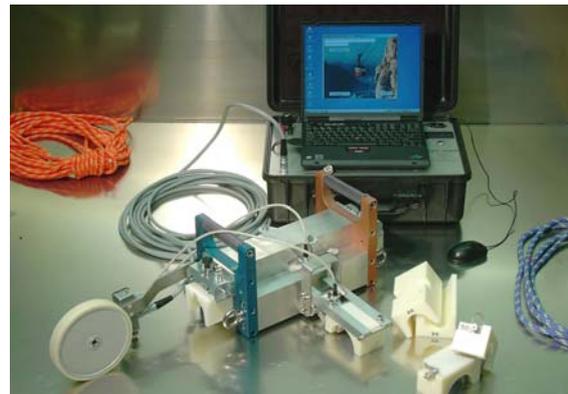
sistema di visualizzazione e registrazione permanente del segnale proveniente dai dispositivi di rilevazione dei difetti e dello spazio.

cavi di collegamento ed accessori, in funzione della tipologia dell'apparecchiatura

insieme dell'apparecchiatura



anni '60.....



....2006

Cosa si richiede ad una apparecchiatura per esami magnetoiduttivi, cioè cosa si può intendere per “efficienza” della stessa?

Una apparecchiatura valida deve avere idonee caratteristiche di:

a) capacità di rilevazioni dei difetti, cioè:

- essere sufficientemente sensibile, nel suo campo di utilizzo, cioè rilevare difetti di entità riconosciuta come minima necessaria da individuare, indipendentemente dalla posizione del difetto nella fune;
- visualizzare il segnale corrispondente al difetto in maniera tale da individuarlo con certezza in rapporto al rumore di fondo (rapporto segnale /disturbo);
- visualizzare due segnali distinti corrispondenti a due difetti significativi adiacenti (potere risolutivo);

b) praticità, cioè:

- maneggevolezza, facilità di installazione in situazioni ambientali difficili;
- peso limitato;
- facilità di montaggio e smontaggio di guide, bobine, etc. in funzione della fune da esaminare;
- facilità di manutenzione;

c) insensibilità ai fattori esterni, cioè:

- ridotta influenza, sulla risposta, da parte di umidità, basse temperature, vibrazioni;
- ridotto disturbo sui segnali, da parte di campi elettromagnetici esterni;

d) affidabilità

e) facilità di gestione dei segnali acquisiti, cioè:

- facilità di messa a punto;
- immediatezza e chiarezza nella visualizzazione, anche in condizioni ambientali sfavorevoli;
- facilità di memorizzazione, archiviazione, analisi dei grafici, recupero di dati o sezioni significative.

In questo lavoro ci si occupa della parte a), cioè della parte che caratterizza la capacità dell'apparecchio di “trovare” il difetto. Le parti b) c) d) e), pur importanti, assumono peso maggiore nel momento dell'uso frequente e sistematico dell'apparecchiatura e ne decretano “sul campo” la validità.

La valutazione di idoneità ed accettazione di una apparecchiatura per EMI

In Italia, una apparecchiatura con detector a magneti permanenti destinata ad esami magnetoinduttivi di funi in acciaio installate su funivie di trasporto pubblico di persone, è soggetta, prima del suo utilizzo ufficiale, ad una specifica autorizzazione, da parte del Ministero dei Trasporti, competente in merito.

Tale autorizzazione viene rilasciata sulla base di una particolare serie di prove.

Ne risulta una consacrazione circoscritta e limitata allo strumento, senza coinvolgere la competenza dell'operatore.

negli altri paesi europei, fino ad oggi, vi è un riconoscimento, da parte dell'Autorità di Sorveglianza competente, di "capacità" della ditta che effettua i controlli. La ditta stessa si assume la responsabilità della efficacia del controllo nel suo insieme, ivi compreso l'utilizzo di una adeguata apparecchiatura e l'idoneità dell'operatore. Questa "accettazione in via generale" avviene sulla base della valutazione dell'esperienza e know how della ditta stessa.

Da questo diversa visione può conseguire che una apparecchiatura normalmente utilizzata da ditta riconosciuta in altro paese europeo potrebbe non superare i criteri di accettazione in Italia, con evidente incongruenza.

La recente norma europea EN 12927-8 "**Prescrizioni di sicurezza degli impianti di trasporto a fune destinati alle persone – Funi – Parte 8 ; Controllo elettromagnetico**", pubblicata nell'ottobre 2004, può fornire l'occasione di una verifica oggettiva di validità dell'apparecchiatura.

Di seguito si esamineranno le due posizioni, italiana ed "europea", evidenziando i metodi di prova, criteri di valutazione ed accettazione finale, con una comparazione tra i due metodi.

L'obiettivo è giungere ad una proposta che possa permettere di dichiarare una apparecchiatura "valida" e possibilmente "conforme ad una norma".

Normativa italiana: confronto con apparecchiature di riferimento

Ragione storica

Negli anni '50 è stato istituito, da parte del Ministero dei Trasporti, il CSIF (Centro Sperimentale Impianti a Fune) presso Roma, con competenze di collaudo delle funi, controlli e prove sulle morse di attacco dei veicoli alle funi, esami magnetoinduttivi.

Il CSIF si è dotato di apparecchiature costituite da detector elettromagnetico di tipo INTEGRA, e relativo sistema di alimentazione e registrazione, noto a tutti gli addetti al settore, acquisendo una solida esperienza in merito.

Apparecchiature e detector a magneti permanenti, di costruzione da parte di ditte note sul mercato o di privati, sono sempre state soggette a verifiche da parte del CSIF, prima dell'autorizzazione all'impiego, tramite confronto con apparecchiatura interna. Vi è una specifica circolare emessa dal Ministero dei Trasporti nel 1977, tuttora valida.

Visto il limitato numero di casi, non si è mai prodotto un protocollo di prova con caratteristiche di norma provvisoria o linee guida, ma si è proceduto caso per caso ad una serie di prove, con confronto con l'apparecchiatura in dotazione.

Apparecchiatura di riferimento

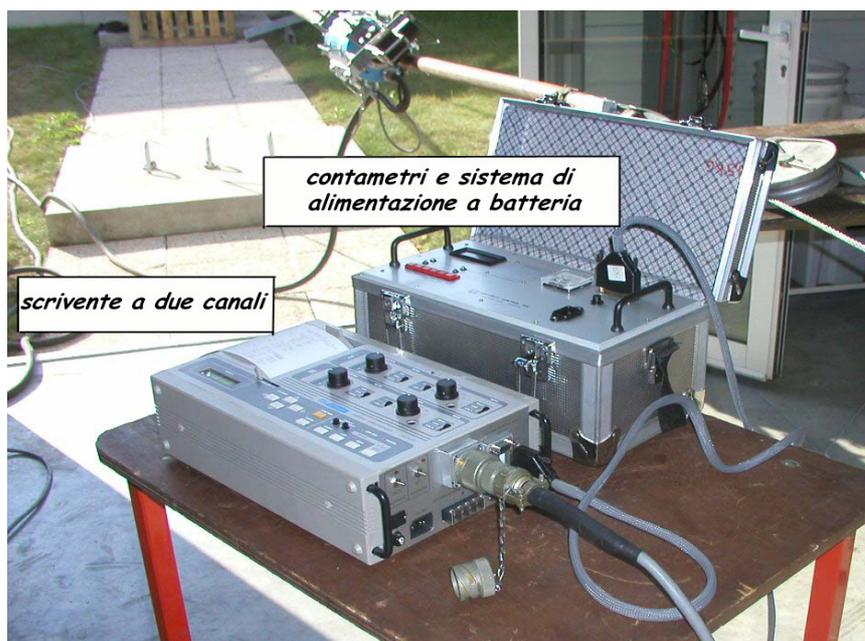
Il CSIF non è più operativo dal 1993 e fino ad oggi i pochi casi sono stati trattati dal LATIF di Trento o dal Laboratorio Prove non Distruttive della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Trieste, entrambi dotati di esperienza pluridecennale nel settore e forniti delle stesse apparecchiature di riferimento.

Trattasi di:

- detector elettromagnetico INTEGRA (o elettromagnetico KÜNDIG), di costruzione svizzera, dotato di bobine di rilevazione del flusso disperso di tipo radiale, alimentato da batterie o alimentatore dedicato;
- sistema di registrazione segnali a carta INTEGRA, GRAPHTEC o equivalente, sincronizzato con lo spazio fune in controllo.



Detector INTEGRA, considerato di riferimento per le prove di accettazione, installato su fune chiusa



Sistema di visualizzazione e registrazione tramite scrivente a carta Graphtec 7400

Il detector INTEGRA risale agli anni '60, oggi non più in produzione, di costruzione meccanica sofisticata ed accurata ed ha dimostrato, in questi decenni, caratteristiche di sensibilità ed affidabilità che hanno portato a considerarlo detector di riferimento. Si possono esaminare funi fino a 90mm di diametro, coprendo quindi il campo di diametri fune utilizzati nel settore funiviario, di qualsiasi tipo e formazione: ne consegue la possibilità di confrontarsi con qualsiasi apparecchiatura impiegata correntemente nel settore

Prove da effettuare

All'atto delle richiesta di verifica devono essere dichiarati:

- le caratteristiche dell'apparecchiatura;
- i parametri di prova da impiegare;
- tipologie di funi esaminabili;
- campi di diametro ed in particolare la sezione metallica massima di fune controllabile.

Si sottopone l'apparecchiatura al programma di prove, che prevede in laboratorio:

- misura del campo magnetico in aria, lungo l'asse del detector (valore che non è oggetto di valutazione e serve solo nelle successive verifiche periodiche);
- esami su una serie di funi test, di diametri vari, contenenti difetti noti;
- esami approfonditi su una fune di caratteristiche pari ai limiti superiori di impiego dichiarate (come diametro e sezione metallica);

Le stesse prove vengono effettuate anche con l'apparecchiatura di riferimento e si procede ad attento confronto di risposta: le prestazioni del prototipo devono essere non inferiori a quelle dell'apparecchiatura di riferimento.

Ove la verifica dia risultati positivi, l'esito delle prove è comunicato al Ministero dei Trasporti, che provvede alla comunicazione, all'interessato ed agli Uffici di Sorveglianza competenti, dell'accettazione dell'apparecchiatura. Tale accettazione ha validità solo sul territorio nazionale.

Il concetto di accettazione per confronto non appare né oggettivo, né moderno in quanto non ripetibile presso altri laboratori: esso ha tuttavia svolto egregiamente il suo ruolo, consentendo di valutare ed accettare strumentazioni che hanno lavorato decenni con esito positivo e rassicurante, ed escludere apparecchiature che non hanno dimostrato di essere all'altezza.

Normativa europea di riferimento per la verifica di conformità

Nella stesura delle Norme Europee armonizzate (TC242 del Comitato Europeo di Normazione), il gruppo "FUNI" ha redatto la propria norma in otto parti e la EN 12927-8 ha titolo:

"Prescrizioni di sicurezza degli impianti di trasporto a fune destinati alle persone – Funi – Parte 8 ; Controllo elettromagnetico"

Si ritiene utile indicare in dettaglio le richieste della norma, i requisiti minimi che devono essere rispettati dalle apparecchiature, le modalità di prova di verifica di conformità, sottolineandone le peculiarità tecniche e conseguenze applicative.

Si sottolinea l'importanza dell'emanazione di questa norma, che finalmente stabilisce criteri oggettivi di valutazione di idoneità di apparecchiature, che potrebbero quindi essere commercializzate ed impiegate indifferentemente nell'ambito degli stati aderenti. Nella stessa norma sono contenuti i requisiti del personale addetto al controllo e del rapporto di prova emesso in esito all'esame.

NOTA: questa verifica di conformità non ha riferimenti con la certificazione dei componenti e sottosistemi di sicurezza funiviari.

NORMA EUROPEA - requisiti generali dell'apparecchiatura di controllo

Dopo le definizioni, i principi di funzionamento, i fattori di pericolo ed i provvedimenti adottati dalla norma per evitarli, all'art. 7 viene definita l'architettura dell'apparecchiatura, in particolare:

- apparecchiatura costituita da detector, visualizzatore del segnale e dispositivo di registrazione permanente, conforme alle prescrizioni della norma e verificato ogni 3 anni.

Detector dotato di:

- circuito di magnetizzazione;
- sistema di centraggio sulla fune;
- visualizzatore di spazio fune controllata o dispositivo di avanzamento di registrazione con velocità proporzionale a quello di avanzamento della fune, con sensibilità di almeno 1m e precisione $\pm 1\%$;
- targa con caratteristiche limiti di impiego (tipo, diametro, sezione metallica massimi della fune controllabile);

e di almeno uno dei seguenti dispositivi di rilevazione:

- sistema destinato alla individuazione di difetti locali (LD), basato sulla misura del flusso disperso in corrispondenza delle anomalie localizzate (es. fili rotti);
- sistema destinato alla individuazione di perdita di sezione metallica (LMA), basato sulla misurazione del flusso magnetico totale, proporzionale alla effettiva sezione;

La sensibilità di questi ultimi è verificata, valutando la risposta dell'apparecchiatura a fronte del controllo di funi dotate di difetti artificiali ben definiti (vedi paragrafi seguenti).

Sistema di visualizzazione e registrazione permanente del segnale con caratteristiche:

- velocità di visualizzazione, ampiezza e frequenza di risposta idonei a rappresentare con chiarezza i segnali forniti all'atto del controllo delle funi test;
- capacità di registrazione permanente (memorizzazione) sufficiente ad immagazzinare, in una sola operazione, i segnali relativi al controllo dell'intera fune.

Difetti campione e funi test

Si illustra il difetto campione da predisporre per la valutazione di efficienza del canale LD (ricerca difetti localizzati). Tale difetto deve essere realizzato dal Laboratorio che

eseguirà le prove (o attestata dallo stesso la corrispondenza), ed inserito nella fune test presentante la sezione metallica massima controllabile dal detector sottoposto a prova.

Ne consegue che per ciascun detector con determinate prestazioni limite dovrà essere predisposta una fune test dedicata.

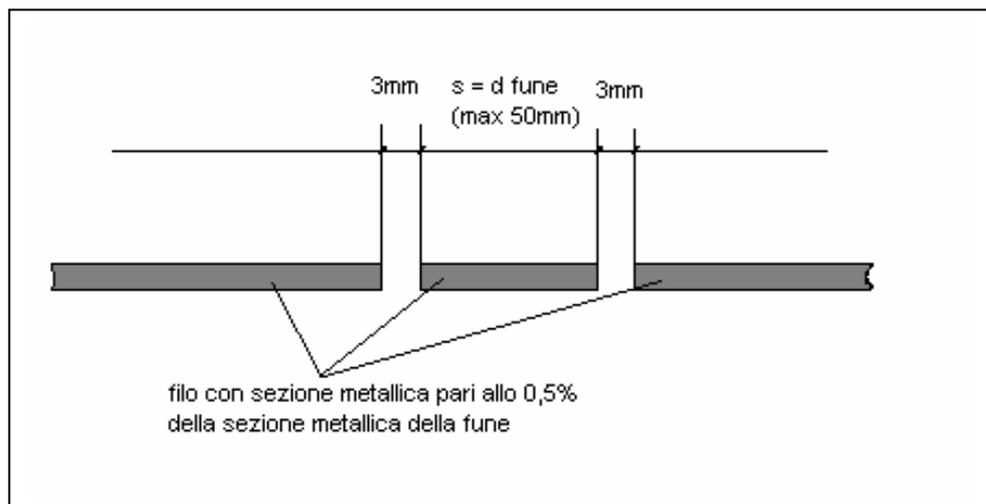
La realizzazione di queste funi test comporta difficoltà di:

- ricerca della fune adatta, con diametro e sezione metallica e caratteristiche fili idonei alla verifica;
- il lavoro di realizzazione del difetto, con gli accorgimenti necessari a mantenere nel tempo le caratteristiche geometriche;
- la ricomposizione della fune, senza alterarne le caratteristiche di base, che possano introdurre segnali anomali disturbanti le valutazioni;
- la opportuna conservazione della stessa, per le successive verifiche sulla stessa apparecchiatura.

Trattasi di operazione certamente onerosa.

Caratteristiche del difetto campione

Come indicato all'art. 8.2 della norma , il difetto da realizzare sul filo è rappresentato da due rotture adiacenti, con le seguenti caratteristiche geometriche:



Nella esecuzione pratica, nei due punti caratteristici il filo viene tagliato perpendicolarmente all'asse ed adottati i provvedimenti per garantire il mantenimento nel tempo delle distanze reciproche.

Posizione radiale del difetto nella fune test

La norma stabilisce anche la posizione radiale del difetto inserito nella fune test (che risulta la più sfavorevole ai fini dell'individuazione), specificando tra funi a trefoli e funi chiuse

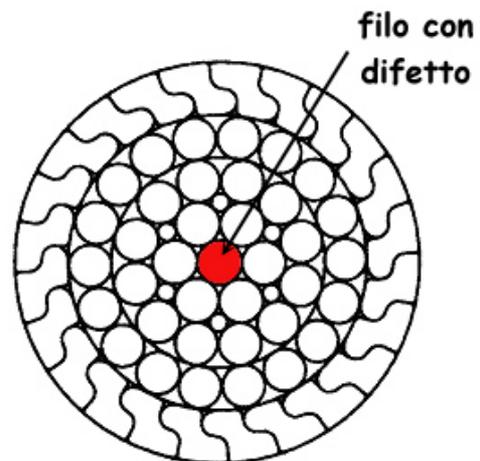
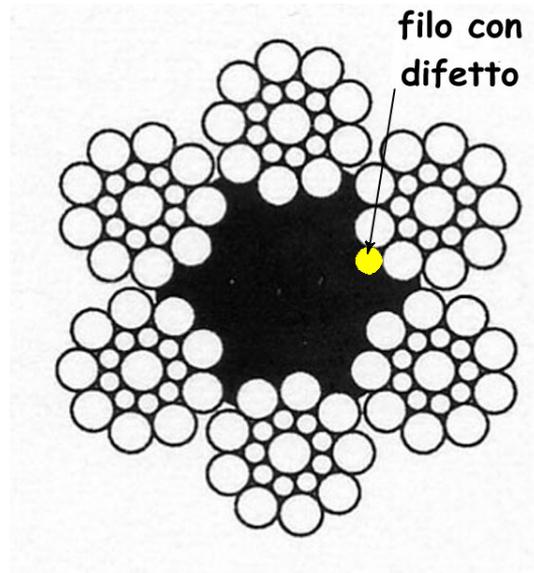
Fune a trefoli

La norma richiede che il difetto sia collocato tra un trefolo e l'anima tessile, per una fune ad un solo strato di trefoli.

Ciò corrisponde alla maggior distanza dalla superficie esterna della fune.

La fune test è stata confezionata nel seguente modo:

- si è preparato un tratto di filo, di diametro scelto in modo che la sua sezione metallica corrisponda allo 0,5% della sezione della fune, contenente il difetto come da norma;
- si è inserito il filo e ricomposta la fune.



Fune chiusa

Nel caso della fune chiusa, il difetto va inserito nel filo di anima. Ciò può rappresentare un problema, all'atto della costruzione della fune, per difficoltà oggettive di intervenire su un processo produttivo "in linea".

Nel caso delle funi chiuse, la norma non specifica l'entità della percentuale mancante in quanto il diametro del filo centrale è già stabilito dalla configurazione della fune.

Dal punto di vista realizzativo della fune test, la stessa deve essere completamente aperta, realizzato il difetto sul filo d'anima come indicato, e richiusa.

Requisiti richiesti all'apparecchiatura

L'apparecchiatura deve mettere in evidenza il difetto come segnale, caratterizzato da due picchi distinti e di ampiezza verticale nettamente superiore al rumore di fondo. Come detto il rumore di fondo è l'insieme dei segnali casuali caratteristici del sistema (fune stessa, detector, cavi, amplificatore).

Per definire e quantificare questa caratteristica di sensibilità, si devono individuare due rette parallele orizzontali che rappresentino l'involuppo dei segnali di fondo per un tratto pari a 25 volte il diametro della fune, da ambo le parti del difetto.

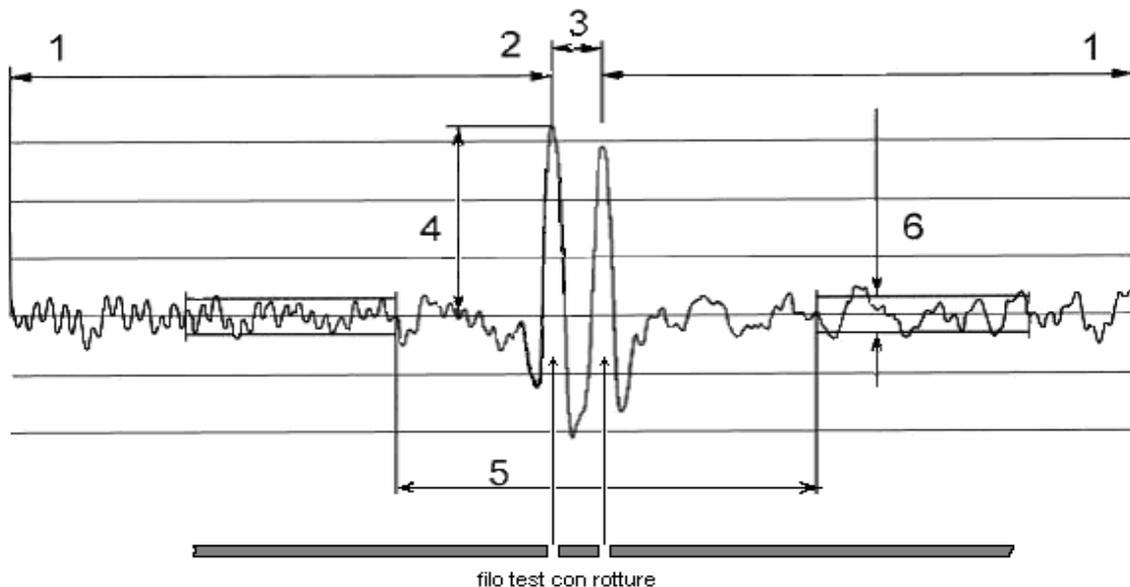
E' ammesso che il segnale di fondo tagli solo 5 volte queste rette.

Il segnale corrispondente ai due difetti deve essere:

- di ampiezza almeno 2 volte l'ampiezza dell'involuppo citato
- doppio e separato in corrispondenza alle due rotture distinte del filo campione

Tali requisiti corrispondono alla dimostrazione di sufficiente sensibilità (rapporto segnale/disturbo) e potere risolutivo (separazione di segnale a fronte di difetti separati)

Si rappresenta quanto sopra con la seguente figura (tratta direttamente dalla norma):



Legenda

- 1 tratto pari a 40xd riferiti all'estremità della fune, e non necessariamente maggiore di 2m
- 2 Due rotture del filo
- 3 Distanza tra le rotture ($=d$ con max 50mm)
- 4 Ampiezza del segnale, almeno 2x l'ampiezza dell'involuppo
- 5 200mm da non prendere in considerazione (relativamente alla curva di involuppo)
- 6 Involuppo del rumore di fondo

Il criterio ha il difetto di dipendere dal segnale di fondo della fune test: in presenza di identico segnale corrispondente alle rotture, la rispondenza è legata all'entità del segnale di fondo che, se alto, può penalizzare il detector.

E' comunque da notare che la verifica della risposta è eseguita con difetto di percentuale pari allo 0,5% della sezione metallica totale della fune: trattasi quindi di prova da considerare "severa".

Ricordiamo che una fune installata da anni su seggiovia, deve essere sostituita quando presenta una riduzione di sezione metallica superiore al 3%, quindi 6 volte maggiore di quanto richiesto in fase di verifica di conformità.

Applicazione dei due metodi e confronto

Si riportano i risultati di prove su due apparecchi/prototipo, per mettere in evidenza l'applicazione del metodo di confronto e della normativa europea.

Misura dell'induzione magnetica in aria, in asse fune

Si applica normalmente a detector a magneti permanenti: a tale scopo si utilizza un gaussmetro, dotato di sonda longitudinale.

La misura non ha un valore diretto nella valutazione dell'apparecchio, ma rappresenta un parametro di partenza per le future verifiche di mantenimento dell'induzione stessa nel tempo.

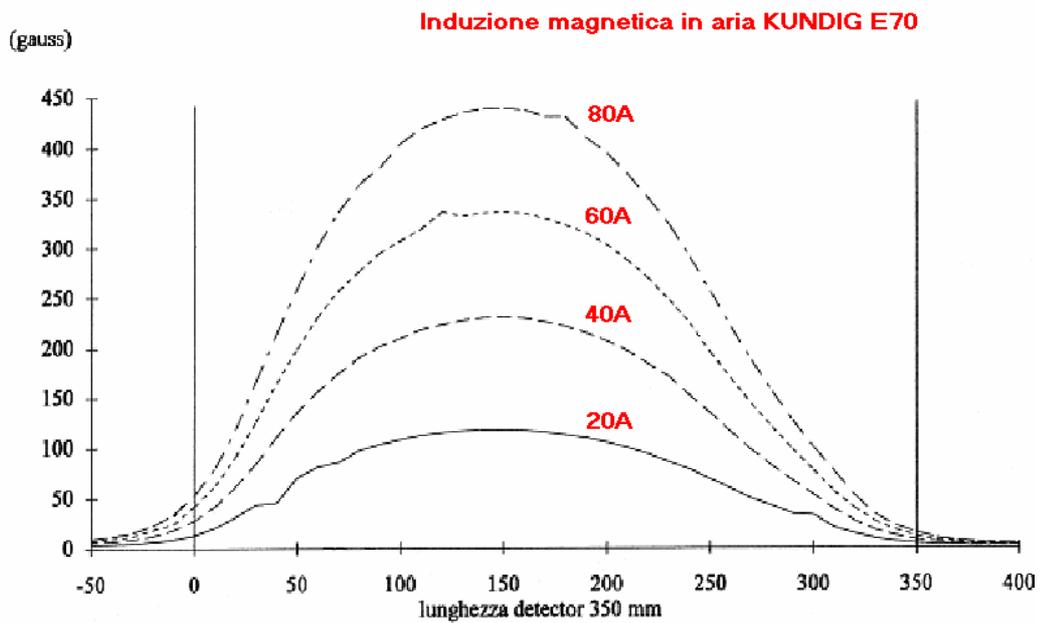
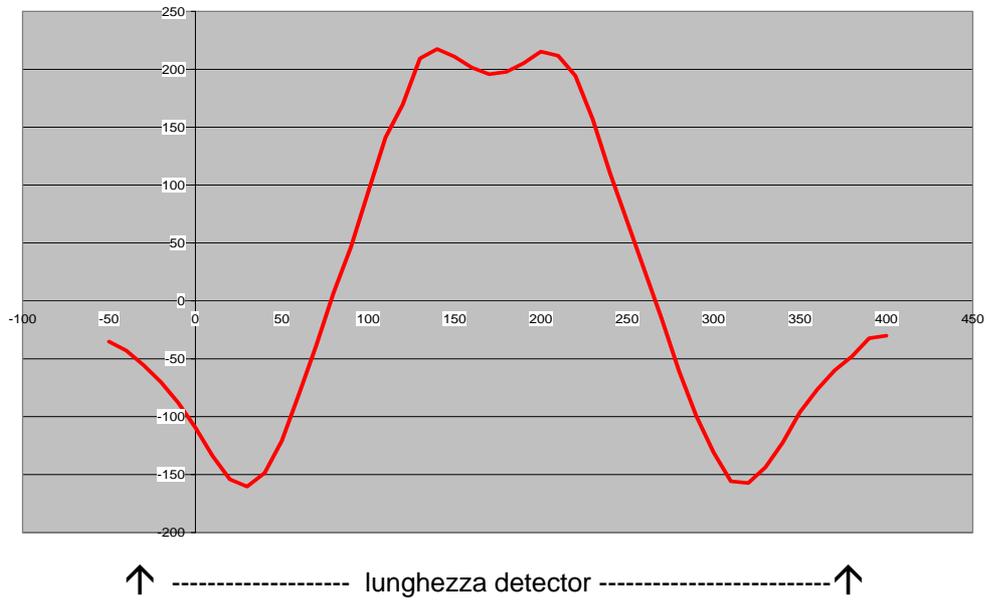
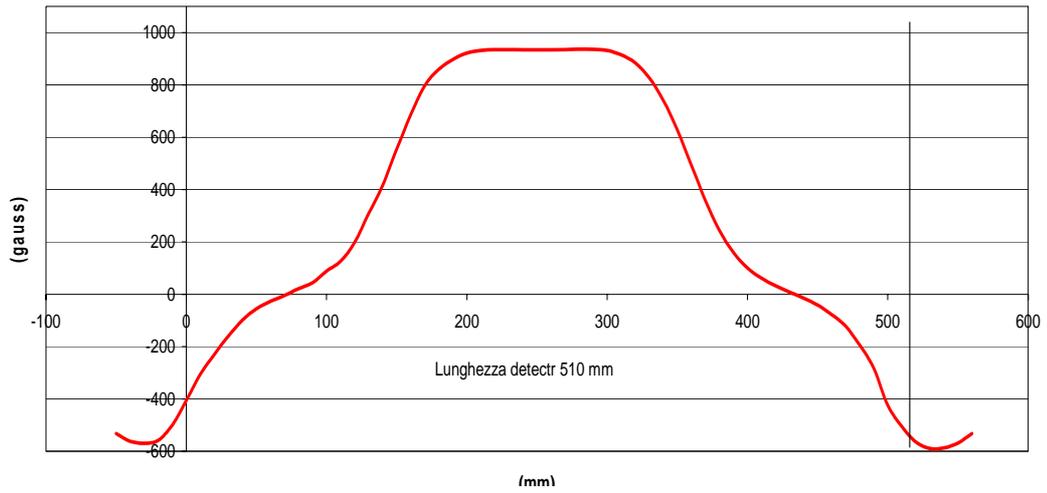
Dopo aver fatto l'azzeramento, introducendo la sonda in apposita camera di calibrazione, sul frontale dello strumento, si fa scorrere la sonda stessa in asse, effettuando una misura ogni 10mm, con riferimento alla lunghezza del corpo del detector.

Ha un valore limitato anche l'andamento secondo l'asse, poiché in aria è poco significativo: eventuali distorsioni rilevate nelle successive verifiche potrebbero indicare anomalie nel circuito magnetico (es. rottura di elemento magnetico, errato posizionamento, etc.)

misura dell'induzione magnetica

Seguono alcuni esempi di rappresentazione grafica dell'andamento dell'induzione magnetica in asse detector, rispetto alla progressiva sull'asse: la curva varia in funzione del tipo, forma e disposizione dei magneti permanenti (primi due grafici) ed in funzione della corrente di eccitazione in un detector elettromagnetico (terzo grafico),





Funi test utilizzate e grafici in esito all'esame

Si riportano di seguito le caratteristiche delle funi test che si sono utilizzate nelle prove, ed i corrispondenti grafici ottenuti da PROTOTIPO e INTEGRA, con passaggi sulla stessa fune, eseguiti nelle condizioni ottimali di prova (bobina rilevazione, velocità, centraggio, etc.) indicate dal costruttore.

Il PROTOTIPO 1 copre la gamma di diametri da 12 a 40mm, per funi di qualsiasi tipo

Il PROTOTIPO 2 va da 36 a 60mm, per funi di qualsiasi tipo

Nota: i picchi sui grafici ottenuti con PROTOTIPO sono di polarità opposta a quelli ottenuti con INTEGRA (direzione verso l'alto per mancanza di sezione metallica localizzata, anziché verso il basso): è una scelta del costruttore e non ha riflessi sulla valutazione.



prove interne al laboratorio LA.T.I.F.

Prova su fune a trefoli diam.12 mm

Caratteristiche della fune utilizzata nelle prove di confronto:

Tipo di fune		A trefoli, in acciaio lucido
Diametro	mm	12,0
Numero fili		216
Formazione		6 (14+7/7+7+1)
Diametro fili esterni	mm	0,67
Sezione metallica	mm ²	//
Massa nominale	kg/m	0,55

Esternamente alla stessa, sono stati posizionati spezzoni di filo diam.0,80 mm:

- n.1 spezzone L=400mm
- a circa 3,30m dal primo, serie di spezzoni in sequenza:
L=200mm / 3mm aria / L=50mm / 3mm aria / L=200mm

Si presenta il confronto tra i diagrammi ottenuti dal controllo della fune, con il detector in esame e con il detector di riferimento INTEGRA

Grafico da apparecchiatura PROTOTIPO 1, su fune a trefoli 12mm

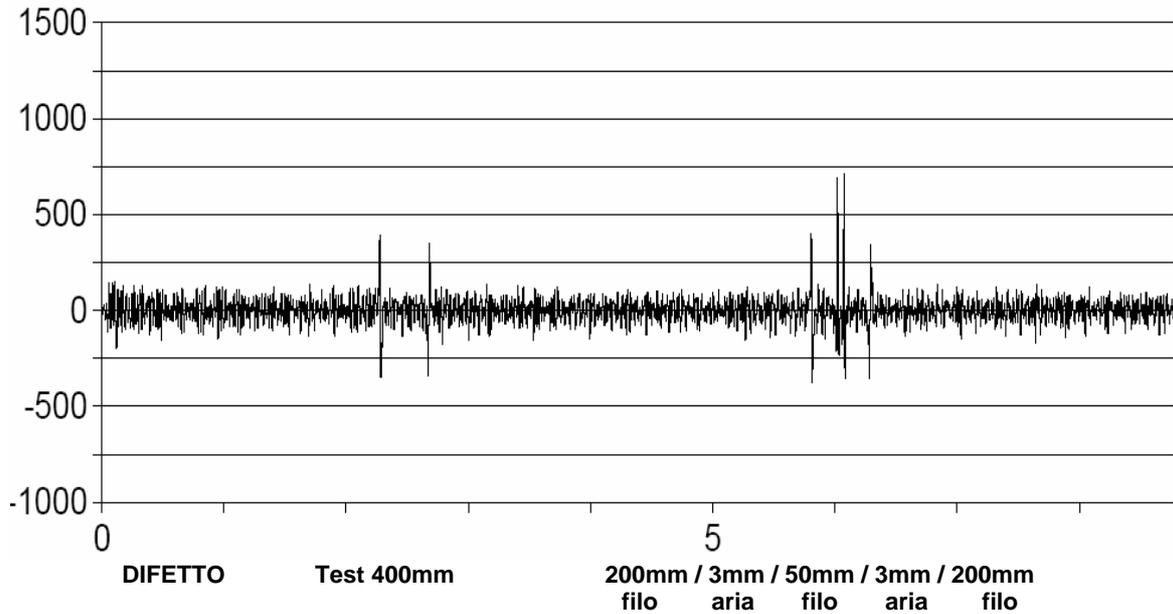
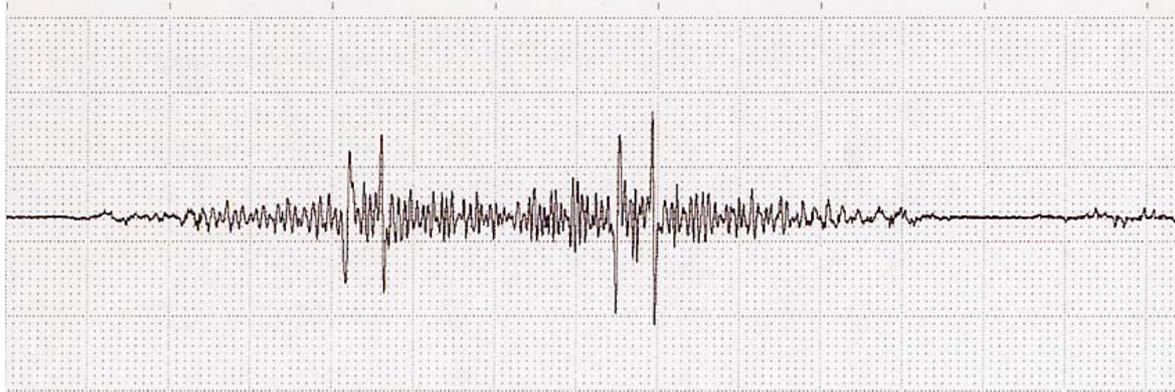


Grafico da apparecchiatura INTEGRA, su fune a trefoli 12mm



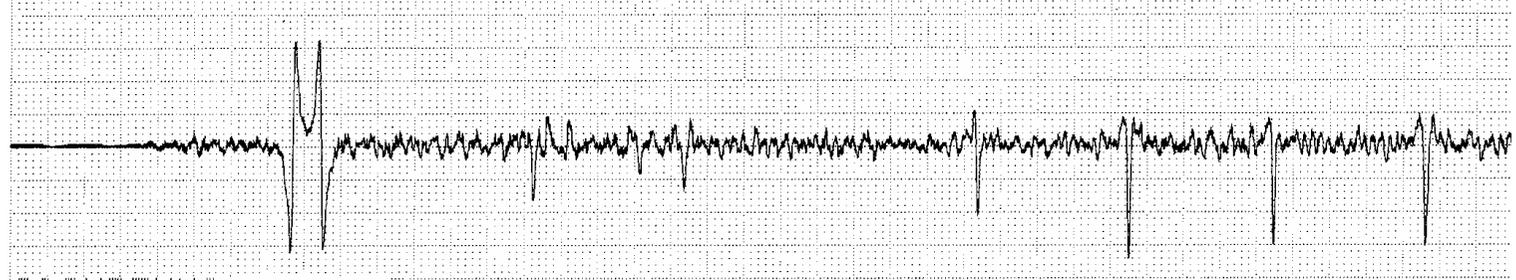
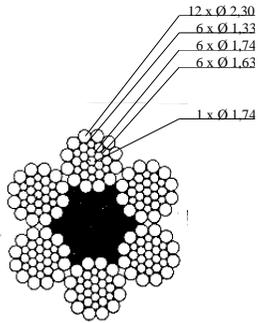
Numero- data prova		5/05/2006	Corrente di alim.	A	60
Impianto		Fune test	Posizione comm.		-
Ø fune e tipo	mm	Ø 12 trefoli	Velocità relativa	m/s	1,0
Strumento		INTEGRA	Diametro bobine	mm	40
Tensione di alim.	V	Var.	Tipo di bobine		2 intere

Sens. canale 1	mV f.s.	100
Sens. canale 2	mV f.s.	100
Velocità carta	mm/sec	20,0
Note		-
Test Ø0,80 – L400mm		

Prove di confronto su fune a trefoli WS Ø 36 mm:

Caratteristiche della fune e mappatura difetti

(grafico di archivio)



DIFETTO

test

A

B

C

D

E

F

Caratteristiche della fune		Difetto	Fili rotti nr.	Diametro filo (mm)	Distanza estremità (mm)	Sezione (mm ²)	Sezione mancante (%)
Tipo di fune	Warrington -Seale						
Diametro (mm)	36		A	1,74	2	2,37	0,45
Formazione	6(12 + 6/6 + 6 +1)+PPC		B	1,33 - 1,74	2	3,76	0,71
Diametro fili (mm)	2,30 1,33/1,74 1,63 1,74		C	1,33 - 1,74	5	3,76	0,71
Sezione fune (mm ²)	529		D	2 x 1,33 - 1,74	5	5,15	0,97
Avvolgimento	Z/Z		E	1,74 centrale	5	2,37	0,45
			F	2 x 1,33 - 1,74	5	5,15	0,97

NB: non è possibile applicare un criterio di rigorosa proporzionalità tra sezione mancante ed ampiezza del picco: dipende dalla posizione del difetto e dal mantenimento nel tempo della distanza tra le estremità.

Grafico da apparecchiatura PROTOTIPO 1, su fune a trefoli diam 36mm

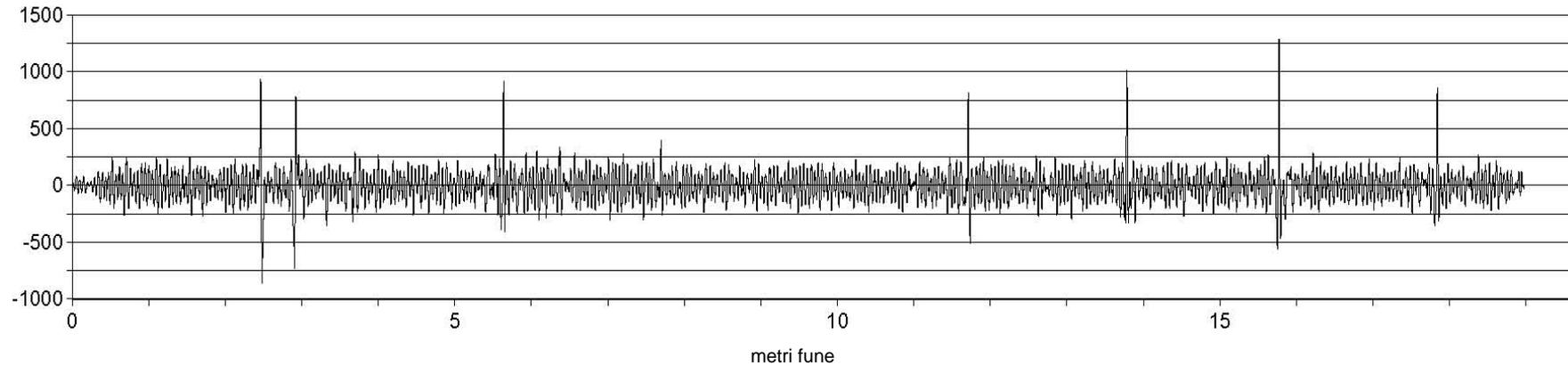
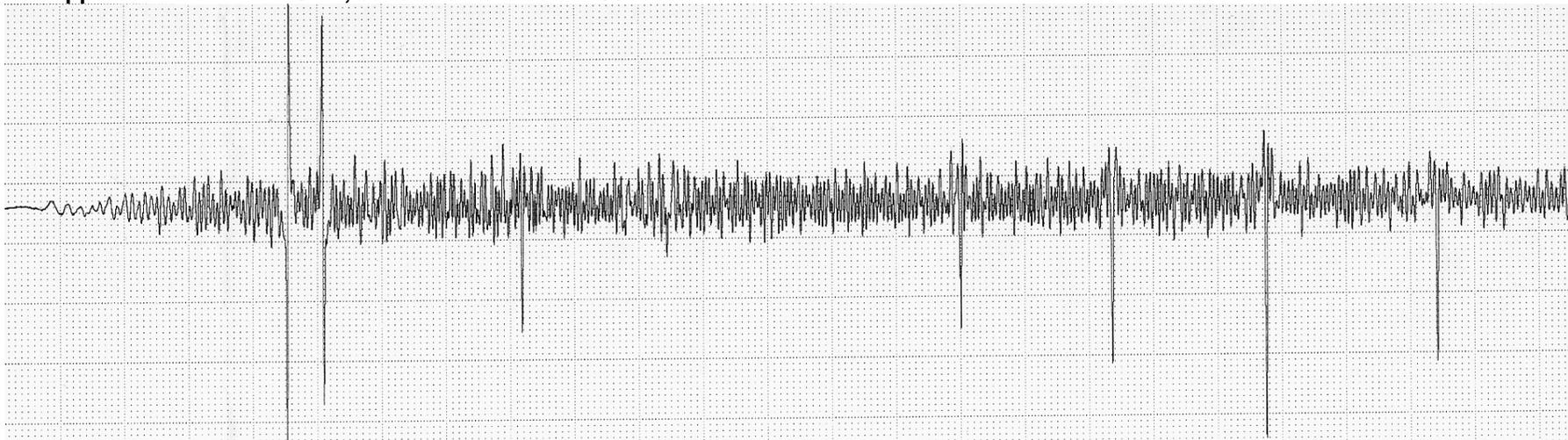


Grafico da apparecchiatura INTEGRA, su fune a trefoli diam 36mm

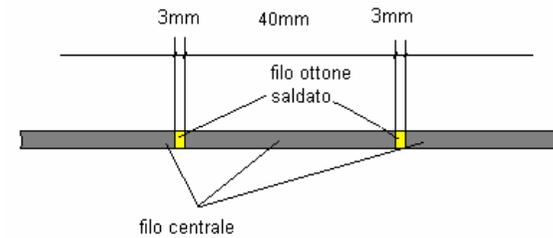
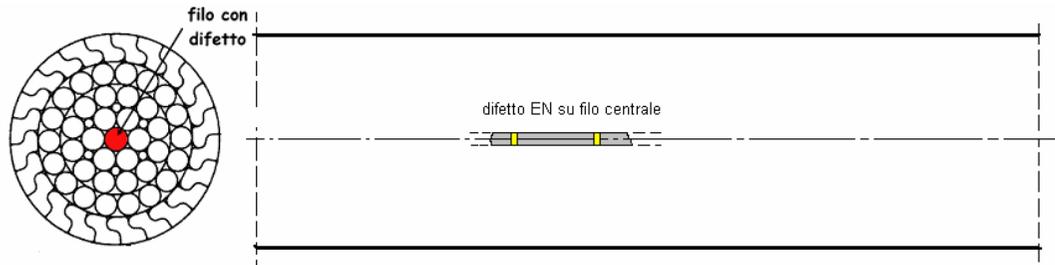


Numero- data prova	2	24/05/2005	Corrente di alim.	A	40	Sens. canale 1	mV f.s.	500
Impianto		Fune test	Posizione comm.		-	Sens. canale 2	mV f.s.	-
Ø fune e tipo	mm	Ø 36 trefoli WS	Velocità relativa	m/s	1,0	Velocità carta	mm/sec	20,0
Strumento		INTEGRA	Diametro bobine	mm	40	Note	-	
Tensione di alim.	V	12	Tipo di bobine		2 intere	Test Ø2,30 – L400mm		

Prove di confronto su fune chiusa Ø 40 mm:

Caratteristiche della fune:

La fune ha un unico difetto sul filo centrale, realizzato secondo la norma EN 12927-8.



caratteristiche geometriche del difetto

Tipo di fune		Chiusa, zincata (a due strati di fili sagomati) A norma DIN 2078 – DIN 779
Diametro	mm	40,0
Numero fili		77
Formazione		1 + 6+12+18 + 17 + 23
Diametro fili o altezza dei sagomati	mm	2,86 2,75 H 5,20 H 5,20
Sezione metallica	mm ²	1123
Massa nominale	kg/m	9,12
Anno di costruzione		2005

Il difetto è stato realizzato sul filo centrale di diametro 2,86 mm, con corrispondente sezione metallica di 6,44mm², pari al 0,57% della totale (nella norma non è richiesta una specifica percentuale, ma solo la localizzazione del difetto sul filo d'anima).

Grafico da apparecchiatura PROTOTIPO 1, su fune chiusa diam 40mm (prova n.3)

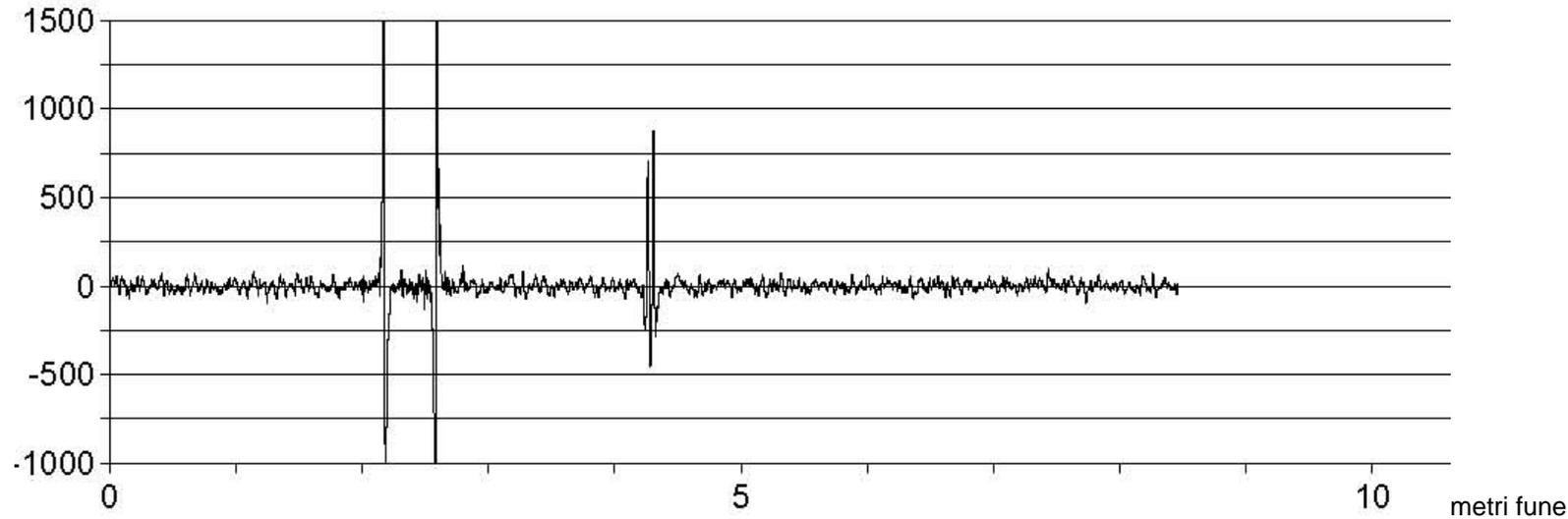
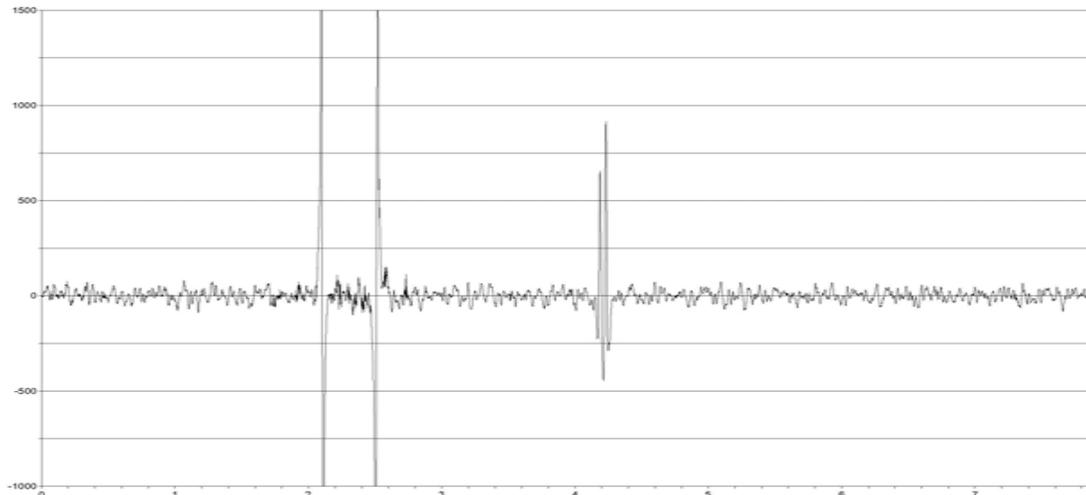


Grafico da apparecchiatura PROTOTIPO 1, su fune chiusa diam 40mm, DOPO INVERSIONE DELLA POLARITA' (prova n.3b) (con verso del segnale ripristinato)

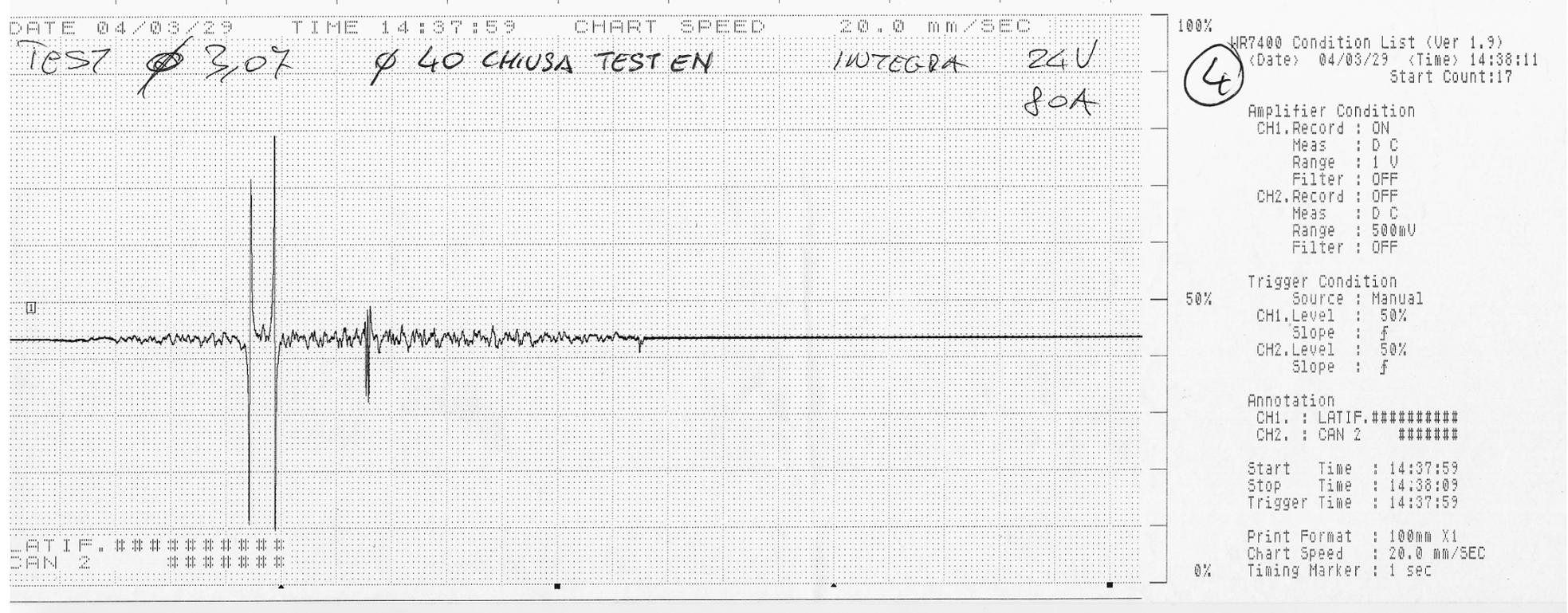


Commento:

l'inversione della polarità della magnetizzazione si ottiene semplicemente togliendo il detector e rimontandolo ruotato di 180° rispetto all'asse fune (si inverte il nord / sud sulla fune). Si rileva il segnale con un ulteriore passaggio: la prova ha lo scopo di verificare se circuito magnetico ha la capacità di cancellare il magnetismo residuo lasciato nella fune dal passaggio precedente, sovrapponendo il nuovo in misura sufficiente da permettere la corretta identificazione dei medesimi difetti.

In questo caso si evidenzia che non ci sono differenze tra i due grafici prima e dopo l'inversione, a conferma dell'idoneità del circuito magnetico

Grafico da apparecchiatura INTEGRA, su fune chiusa diam. 40mm (prova n.4)



Numero- data prova	4	24/05/2005	Corrente di alim.	A	80	Sens. canale 1	mV f.s.	1000
Impianto		Fune test	Posizione comm.		-	Sens. canale 2	mV f.s.	-
Ø fune e tipo	mm	Ø 40 chiusa	Velocità relativa	m/s	1,0	Velocità carta	mm/sec	20,0
Strumento		INTEGRA	Diametro bobine	mm	40	Note		-
Tensione di alim.	V	24	Tipo di bobine		2 intere	Test Ø3,07 – L400mm		

Dalla comparazione dei grafici, si può dedurre che l'apparecchiatura PROTOTIPO1 fornisce prestazioni NON INFERIORI a quelle dell'apparecchiatura di riferimento.

Si applica ora il secondo metodo, con riferimento alla norma europea EN 12927-8

La verifica viene condotta sulla base dell'esame del grafico relativo al controllo della fune chiusa diam. 40mm, cui corrisponde il limite superiore di sezione metallica controllabile. Si applica in pratica quanto previsto all'art. 8.2 della norma europea EN12927-8.

La verifica di conformità viene fatta graficamente, direttamente sul diagramma: in questa fase il Laboratorio non interviene con strumenti propri.

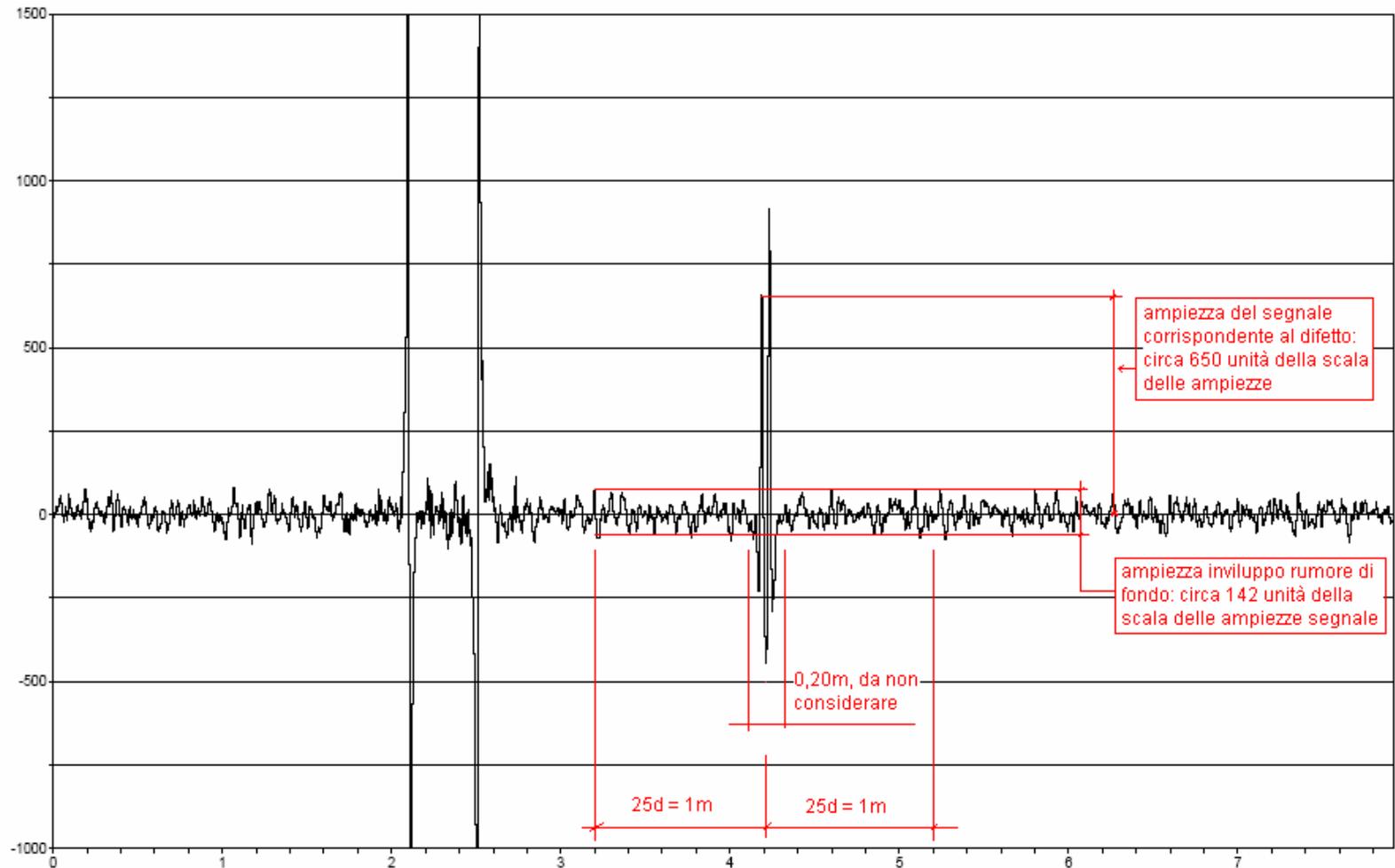
Il risultato della verifica non ha unità di misura, perché rapporto tra due grandezze dello stesso tipo (ampiezza di segnale)

In questo caso:

$$\frac{\text{ampiezza segnale } 650}{\text{ampiezza fondo } 142} = \text{-----} > 2$$

Si verifica quindi che:

- l'ampiezza del segnale in corrispondenza del difetto è maggiore del doppio dell'ampiezza dell'involucro del rumore di fondo;
- l'apparecchiatura fornisce due segnali distinti in corrispondenza delle spaziature di 3mm presenti nel difetto.



LA RICHIESTA DELLA NORMA E' RISPETTATA- L'APPARECCHIATURA RISULTA CONFORME.

Si riportano i risultati di prove effettuate su una seconda apparecchiatura, denominata PROTOTIPO 2, con campo di utilizzo su funi da 35 a 60mm di diametro, di qualsiasi tipo e formazione, fino a sezione metallica massima controllabile di 2500 mmq.

Si rappresentano le prove più significative, su una fune chiusa diam. 60mm, dotata di difetto interno conforme alla norma europea EN 12927-8, e di una serie di fili esterni, simulanti rotture.

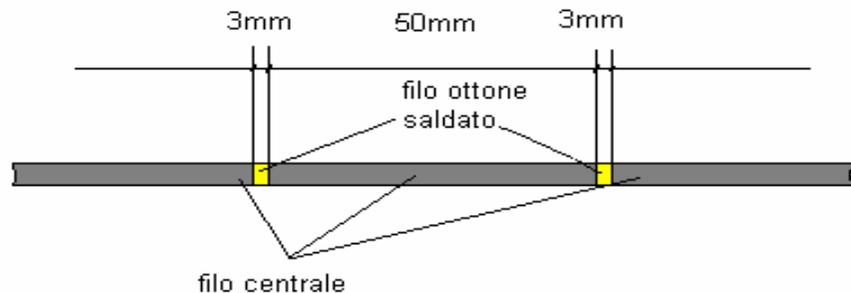
Prove di confronto su fune chiusa diam 60 mm

Caratteristiche della fune:

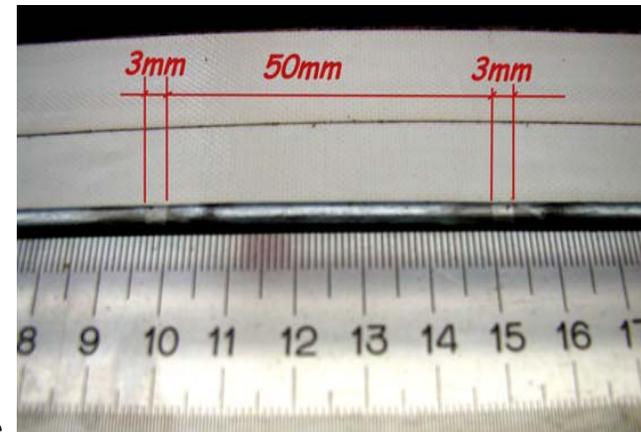
Tipo di fune		Chiusa, zincata (a tre strati di fili sagomati) A norma DIN 2078 – DIN 779			
Diametro	mm	60,0			
Numero fili		124			
Formazione		1 + 6+12+18 + 23 + 29 + 35			
Diametro fili o altezza dei sagomati	mm	4,26	4,09	H 5,20	H 5,20
Sezione metallica	mm ²	2486			
Massa nominale	kg/m	20,1			
Finitura		Zincata a finimento 300gr/m ²			
Anno di costruzione		2004			

Il difetto è stato realizzato sul filo centrale di diametro 4,26mm, con corrispondente sezione metallica di 14,25.mm², pari al **0,57%** della totale (norma = 0,5%).

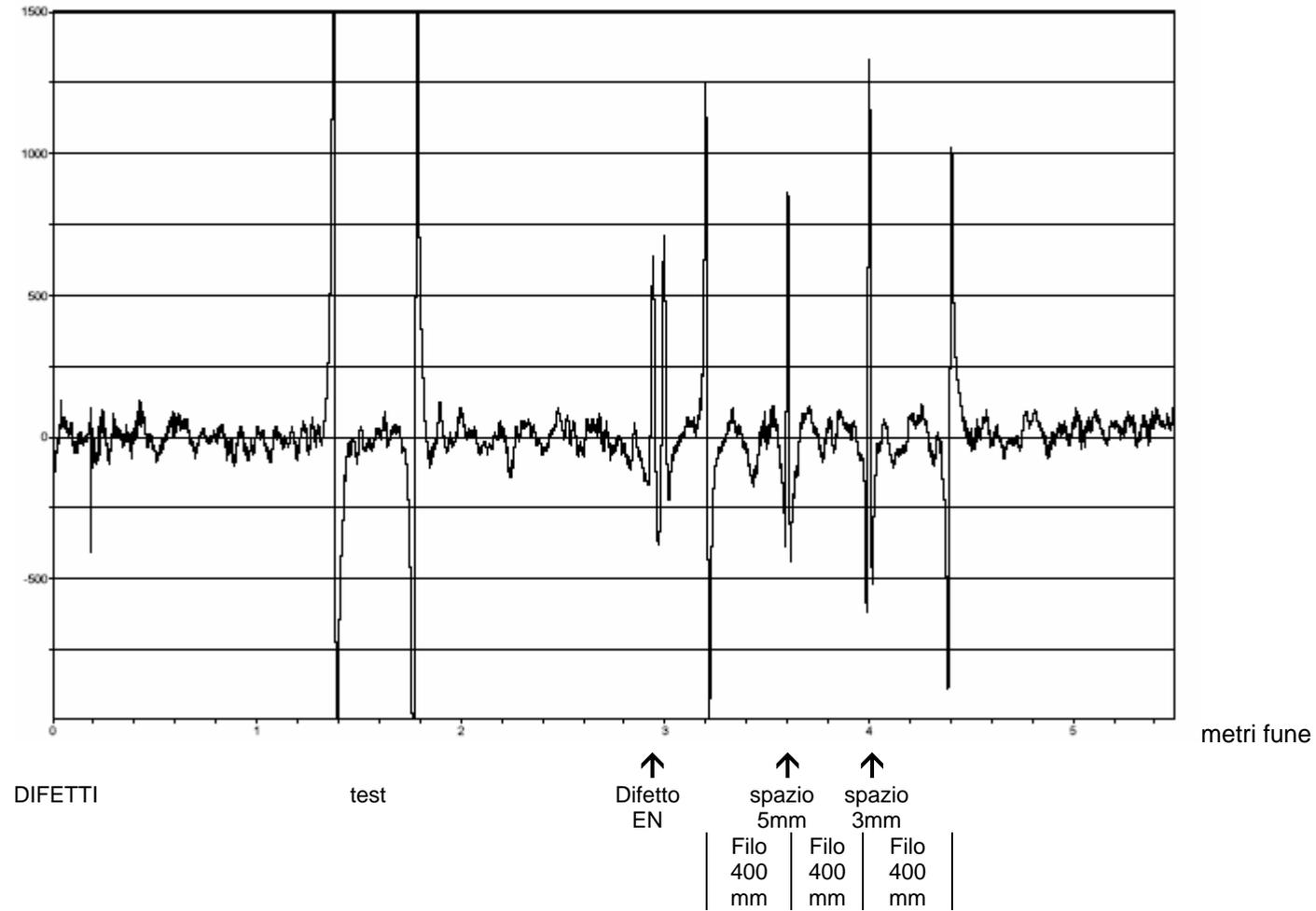
Schema test EN 12927-8



Difetto reale



PROVA 1D - Grafico da apparecchiatura PROTOTIPO2, su fune chiusa diam. 60mm,
con fili test esterni diam. 3,03mm, disposti in sequenza: filo400mm/spazio 5mm/filo 400mm/spazio 3mm/filo400, ad ore 6



**PROVA 1C - Grafico da apparecchiatura INTEGRA, su fune chiusa diam. 60mm,
con fili test esterni diam. 3,03mm, disposti in sequenza: filo400mm/spazio 5mm/filo 400mm/spazio 3mm/filo400, ad ore 6**

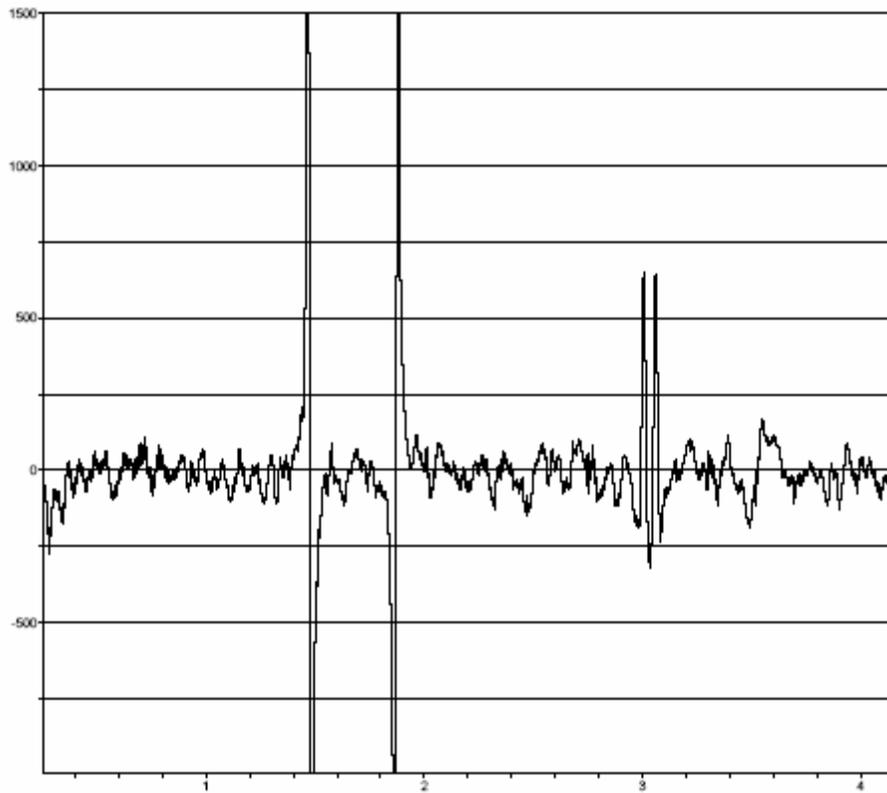


Nota: da sinistra, dopo il test, il primo segnale doppio ravvicinato corrisponde al difetto secondo EN – seguono i segnali dei fili esterni

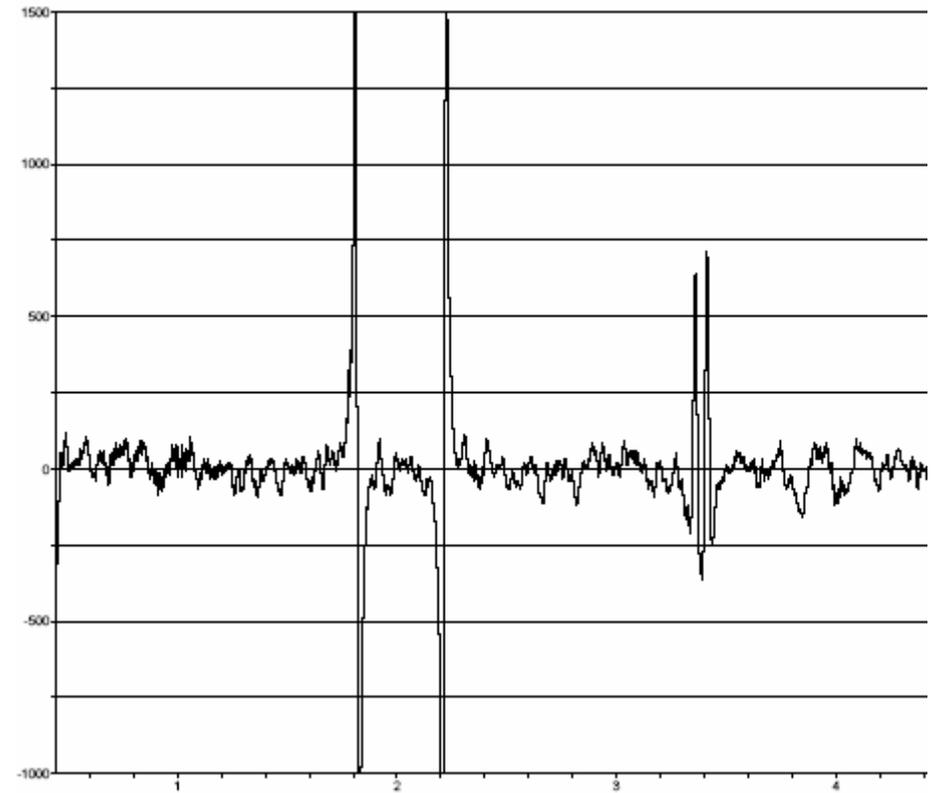
Numero- data prova	1C	5/05/2006	Corrente di alim.	A	60	Sens. canale 1	mV f.s.	200
Impianto		Fune test	Posizione comm.		-	Sens. canale 2	mV f.s.	500
Ø fune e tipo	mm	Ø 60 chiusa	Velocità relativa	m/s	1,0	Velocità carta	mm/sec	20,0
Strumento		INTEGRA	Diametro bobine	mm	70	Note		-
Tensione di alim.	V	Var.	Tipo di bobine		2 intere	Test Ø3,07 – L400mm		Altri fili test

PROVA 1 - Grafico da apparecchiatura PROTOTIPO2, su fune chiusa diam 60mm, senza fili esterni

Primo passaggio



**Secondo passaggio, dopo inversione di polarità del campo magnetizzante:
i grafici sono praticamente identici
(NB: è stato ripristinata la polarità del segnale, che altrimenti sarebbe
rovesciato)**



PROVA 1B - Grafico da apparecchiatura INTEGRA, su fune chiusa diam. 60mm



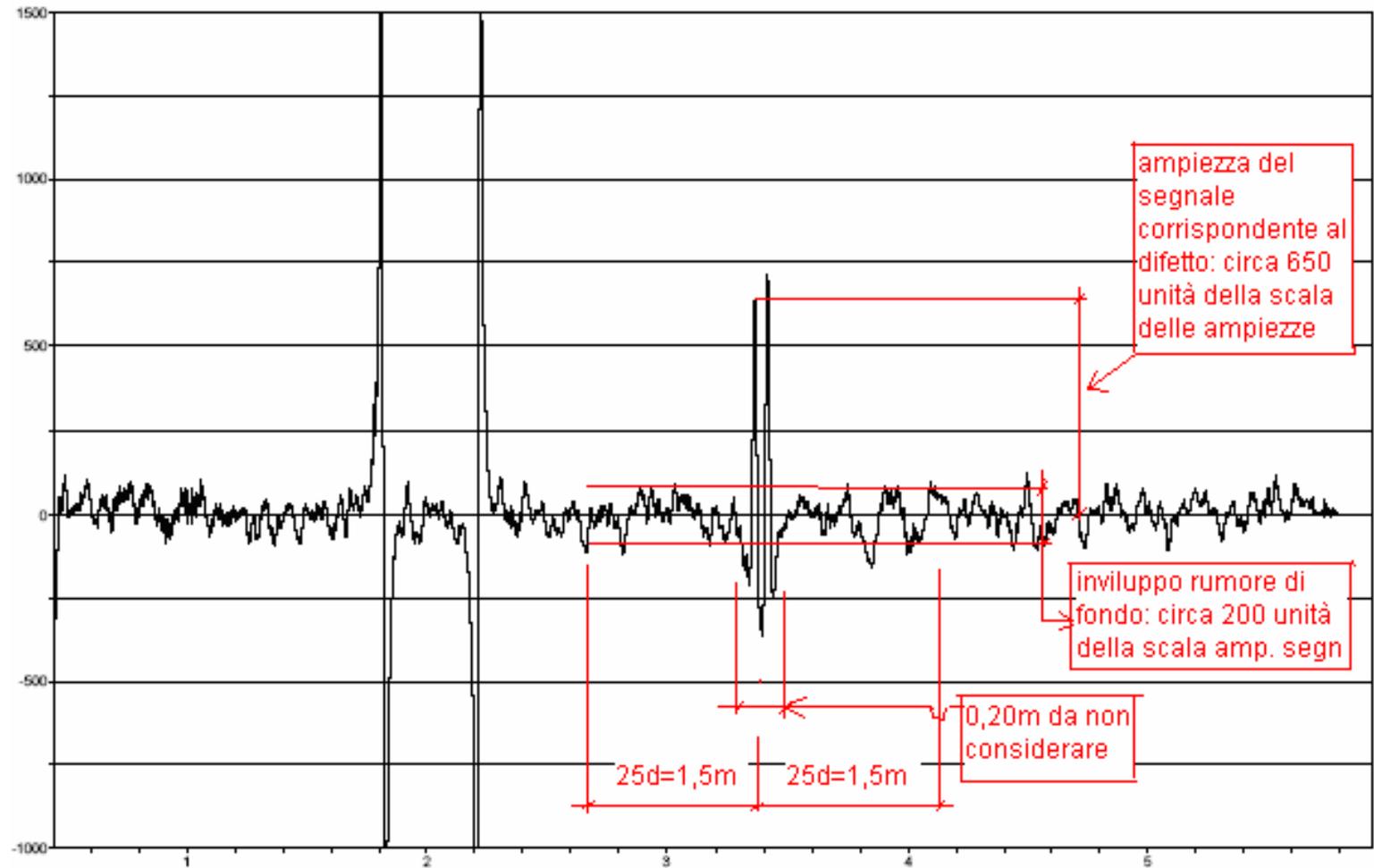
Numero- data prova	1B	5/05/2006	Corrente di alim.	A	60	Sens. canale 1	mV f.s.	200
Impianto		Fune test	Posizione comm.		-	Sens. canale 2	mV f.s.	500
Ø fune e tipo	mm	Ø 60 chiusa	Velocità relativa	m/s	1,0	Velocità carta	mm/sec	20,0
Strumento		INTEGRA	Diametro bobine	mm	70	Note		-
Tensione di alim.	V	Var.	Tipo di bobine		2 intere	Test Ø3,07 – L400mm		

Dalla comparazione dei grafici, si può dedurre che l'apparecchiatura PROTOTIPO2 fornisce prestazioni NON INFERIORI a quelle dell'apparecchiatura di riferimento

Si applica ora il secondo metodo, con riferimento alla norma europea EN 12927-8

La verifica viene condotta sulla base dell'esame del grafico relativo al controllo della fune chiusa diam. 60mm, cui corrisponde il limite superiore di sezione metallica controllabile. Si applica in pratica quanto previsto all'art. 8.2 della norma europea EN12927-8.

ampiezza segnale 650
----- = ----- >2
ampiezza fondo 200



Anche in questo caso si verifica che:

- l'ampiezza del segnale in corrispondenza del difetto è maggiore del doppio dell'ampiezza dell'involuppo del rumore di fondo;
- l'apparecchiatura fornisce due segnali distinti in corrispondenza delle spaziature di 3mm presenti nel difetto.

LA RICHIESTA DELLA NORMA E' RISPETTATA- L'APPARECCHIATURA RISULTA CONFORME.

Considerazioni finali

Sulla base delle esperienze fatte, si possono fare alcune considerazioni:

- a) si è potuto verificare la sostanziale equivalenza dei due metodi di valutazione:
- il metodo storico di confronto è valido, concreto, cautelativo, nel senso che si appoggia allo stato dell'arte ed all'esperienza sul campo, ed ha sempre fornito risultati corretti;
 - il metodo di verifica della conformità secondo la norma europea ha l'indubbio vantaggio di essere oggettivo, ripetibile in qualsiasi laboratorio, e soprattutto permette un riferimento ad una ben precisa norma, per la verifica di conformità

apparecchi validi rispettano sicuramente entrambi i metodi
apparecchi non validi si rivelano non idonei con entrambi i metodi

- b) la prova secondo la norma europea è certamente severa, visto la posizione ed entità del difetto convenzionale

- c) deve essere fatta una attenta scelta delle funi da utilizzare come test secondo la norma europea, poiché il rumore di fondo fa parte della verifica di conformità (il difetto viene letto con uguale ampiezza, ma l'ampiezza del fondo entra nel rapporto)

- d) il punto 8.2 della norma , al primo comma, indica di fare la verifica su fune chiusa **e/o** su fune a trefoli, cioè non specifica se su una sola o entrambe (chiaramente con caratteristiche al limite superiore di diametro e sezione metallica controllabile) – è da chiarire.

- e) la norma non specifica se la prova va o può essere fatta con fune in tensione e a quale valore: da nostre prove risulta che, con fune a trefoli sotto tensione (circa $\frac{1}{4}$ del carico di rottura) si ha un miglioramento del rapporto segnale/disturbo. Ciò può influenzare i risultati della prova

Proposte

Il LATIF è molto interessato a questo argomento, disponendo inoltre degli spazi per le prove e delle attrezzature necessarie per la realizzazione delle funi test secondo la norma europea, che rappresentano il cuore della prova.

Oggi si dispone di una decina di funi test nel campo di diametri dai 26 agli 80mm.

Sulla base dei dati acquisiti, **si propone l'adozione della norma europea** (ora recepita dall'UNI) **UNI EN 12927-8** per la verifica di conformità di una apparecchiatura per esami magnetointuttivi su funi in acciaio installate su funivie in servizio pubblico, ed il contestuale abbandono del metodo di confronto.

In sede di eventuale revisione della norma, si propongono le seguenti modifiche:

- che la verifica sia condotta su entrambe le tipologie di fune test (chiusa e a trefoli), con caratteristiche al limite superiore di diametro e/o sezione metallica controllabile dichiarata;
- che la verifica si condotta anche su fune test a trefoli di diametro pari al limite inferiore del campo di utilizzo;
- che sia garantito, prima delle prove, che il magnetismo residuo nella fune sia inferiore ad un dato valore, per non influenzare il risultato e soprattutto per rendere ripetibile la prova.
- che siano definiti i limiti di accettazione anche nel caso di verifica del canale LMA (vedi punto 8.3, dove sono specificate le modalità di prova, ma non il limite di accettabilità);
- che sia trasferito, nel capitolo 8, il comma c) del capitolo 7.1.2 relativo alle caratteristiche per misura della distanza (cioè risoluzione di 1m ed accuratezza del $\pm 1\%$); allo stato attuale esse sono semplicemente indicate, andrebbero anche queste sottoposte a verifica di conformità (una corretta informazione sullo spazio di fune controllato è indispensabile per identificare i difetti esistenti e nuovi lungo la fune, sia per le ispezioni dirette periodiche, che per il confronto con i grafici dei controlli precedenti)

Il LA.T.I.F. ha predisposto, all'interno del proprio Sistema Qualità, la procedura tecnica completa per l'effettuazione delle citate prove, in conformità alla norma europea.

Si intende presentare richiesta di accreditamento SINAL della prova stessa e ciò significa:

- che tali procedure potranno essere validate a livello internazionale;
- che i costruttori di apparecchiature potranno avere una certificazione tecnica specifica di validazione, da accompagnare al proprio prodotto;
- che quindi potranno sia utilizzarlo, che commercializzarlo, con adeguate referenze;
- che, nello stesso tempo, per il LA.T.I.F. questo sarà occasione di ampliamento delle conoscenze sull'argomento, nell'ottica di un contributo al miglioramento della sicurezza sulle funivie.

Trento, maggio 2007