Politecnica S.r.l.

CONTROLLO MAGNETOINDUTTIVO

INDICE

1. I controlli non distruttivi in esercizio
2. Strumentazione MRT
3. Principio del metodo
4. Certificazione strumenti
5. Utilizzo filo test

METODO MAGNETOINDUTTIVO

APPLICAZIONI DEL METODO MAGNETOINDUTTIVO

- Trasporto persone
- Sollevamento merci
- Sollevamento persone

METODO MAGNETOINDUTTIVO

I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI IN ESERCIZIO

Lo stato di integrità di una fune, valutato normalmente da una quantificazione della sua tenuta meccanica nel tempo, è soggetto a degradazione continua nel tempo, a causa dei fenomeni di stress ai quali la fune stessa è soggetta. Se ne deduce pertanto che è necessario monitorarne continuamente lo stato di conservazione mediante verifiche specifiche.

I controllo visivo è il primo controllo non distruttivo, ed è anche quello che non richiede strumentazione particolare. Non è detto, a dispetto della sua apparente semplicità, che sia il più facile da attuare.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI IN ESERCIZIO

Il controllo visivo deve sempre essere eseguito, anche se si dispone di strumenti ad hoc, che hanno il compito di segnalare la presenza di problematiche sfuggite (o impossibili da identificare). Inoltre è l'unico modo di verificare tratti in cui non sia possibile utilizzare altre metodologie di controllo.

L'esame radiografico su funi può essere effettuato mediante **raggi X** e **raggi Gamma**.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI IN ESERCIZIO

Raggi X

Necessitano di una sorgente di energia esterna. Sono adatti per piccoli spessori e quindi per funi di diametro ridotto. E' possibile regolare bene l'intensità.

Raggi Gamma

Si utilizzano isotopi radioattivi. La possibilità di regolare l'intensità è piuttosto bassa. Per contro permettono di essere utilizzati su funi di grosso diametro perché sono più penetranti. Il rischio dunque è maggiore.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI IN ESERCIZIO

METODO MAGNETOINDUTTIVO

E’ il metodo universalmente accettato per l’analisi di funi metalliche. Ha una storia importante (risale agli anni ‘60) ed ha un elevato grado di maturità tecnica.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

DIFFERENZE TIPICHE TRA I VARI SETTORI

Trasporto persone:

- strumenti nati per il posizionamento orizzontale
- necessità di ancoraggi particolari non rilevante
- caratterizzato da diametri delle funi piuttosto rilevanti
- presenza di funi di tipo chiuso
- elevate velocità di scorrimento della fune
- bassa necessità di strumenti leggeri
- funi mediamente pulite e poco ingrassate (esternamente)

METODO MAGNETOINDUTTIVO

DIFFERENZE TIPICHE TRA I VARI SETTORI

Sollevamento merci:

- strumenti nati per il posizionamento orizzontale e verticale
- necessità di ancoraggi particolari estremamente importante
- caratterizzato da un ampio range di diametri delle funi
- necessità di sistemi di acquisizione leggeri e poco ingombranti
- necessità di teste di misura leggere e maneggevoli
- basse velocità di scorrimento della fune
- funi estremamente ingrassate, presenza di grasso secco superficiale

METODO MAGNETOINDUTTIVO

DIFFERENZE TIPICHE TRA I VARI SETTORI

Sollevamento persone:

- strumenti nati per il posizionamento orizzontale e verticale
- necessità di ancoraggi dipendente dalla tipologia di ascensore
- caratterizzato da diametri delle funi ridotti (tipicamente fino a 14mm)
- strumentazione multifune (tipicamente fino ad un massimo di 6 funi)
- opportunità di strumentazione permanentemente installata
- strumentazioni leggere, poco ingombranti e di facile utilizzo
- velocità di scorrimento della fune medie
- funi poco sporche (ambiente protetto)

METODO MAGNETOINDUTTIVO

DIFFERENZE TIPICHE TRA I VARI SETTORI

Settore funiviario:

- È caratterizzato da funi di diametro medio-grande (da 13-14mm fino a oltre 80mm).
- le funi possono essere trefolate (fune traente) e/o chiuse (fune portante)
- non vi sono particolari esigenze. La strumentazione viene posizionata sulla fune in funzione della tipologia della fune stessa. Nel caso di fune traente, il sistema viene posizionato in uscita dalla puleggia. Nel caso di fune portante lo strumento si posiziona sul tetto della cabina che, muovendosi rispetto alla fune, ne permette il controllo.

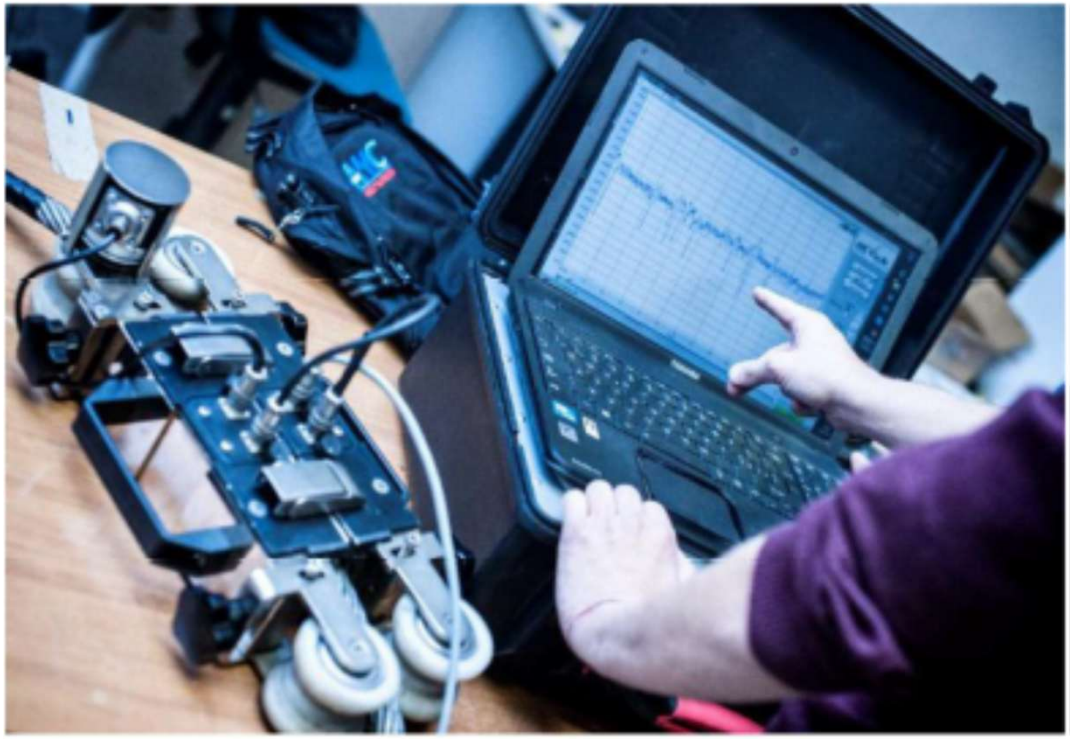
METODO MAGNETOINDUTTIVO

STRUMENTAZIONE MRT

Schematicamente una strumentazione magnetoinduttiva è costituita da 2 elementi principali:

- TESTA DI MISURA
  - magnetizzatore
  - sensori

- SISTEMA DI ACQUISIZIONE



METODO MAGNETOINDUTTIVO

TESTA DI MISURA (DETECTOR)

E’ la parte di strumentazione che si installa sulla fune. Il magnetizzatore è progettato per portare la fune in condizioni di saturazione magnetica. Il dimensionamento del magnetizzatore in termini magnetici e meccanici è realizzato sul massimo diametro ispezionabile. Lo stesso magnetizzatore può essere equipaggiato con sensori diversi per tipologia e/o diametro





METODO MAGNETOINDUTTIVO

TESTA DI MISURA (DETECTOR)

I detector più comuni sono formati da due semi-gusci che, inglobando la fune al loro interno, permetto il controllo di funi “libere”, come quelle di seggiovie/skilift (esempio traenti e portanti/traenti) e ascensori.

Per funi con presenza di ingombri strutturali, quali cavallotti, morsetti o scarpe dei sostegni, vengono utilizzati detector “aperti”, a forma di U rovesciata, che permettono il passaggio in sicurezza di ostacoli (esempio funi portanti delle funivie).

METODO MAGNETOINDUTTIVO

TESTA DI MISURA

A seconda del tipo e del campo di applicazione la testa di misura può essere di tipo:

- «CHIUSO» (funi traenti e sollevamento merci)
- «APERTO» (funi portanti e stralli)
- «MONOFUNE» (settore sollevamento e funiviario}
- «MULTI FUNE» (settore ascensoristico ed impianti speciali)

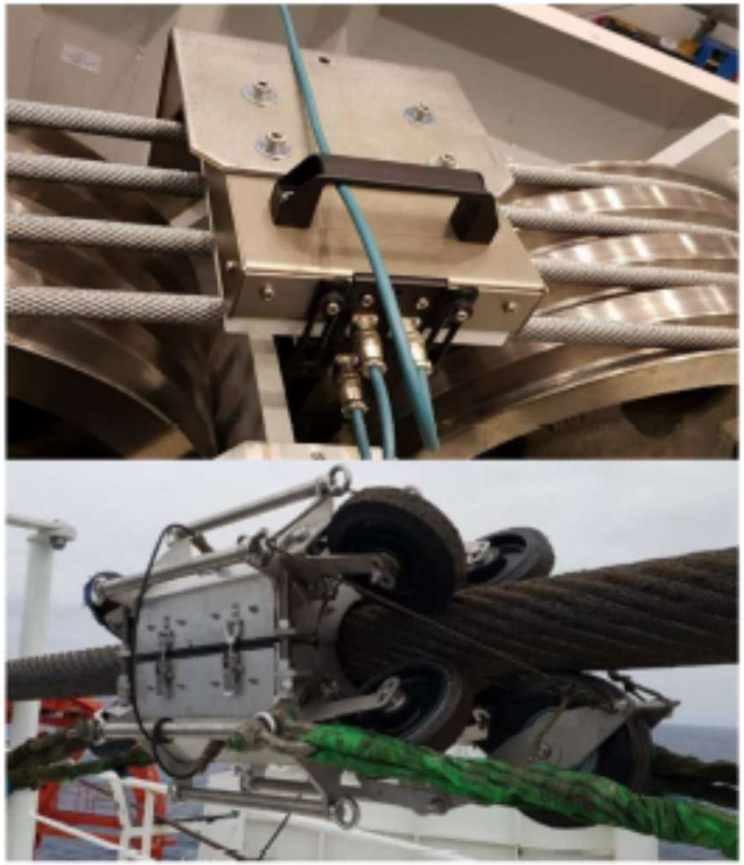


METODO MAGNETOINDUTTIVO

TESTA DI MISURA

A seconda del tipo e del campo di applicazione la testa di misura può essere di tipo:

- sistema di centraggio
- boccole di tecnopolimero
- kit sensori di riduzione
- encoder (per la lettura dell'avanzamento della fune)



METODO MAGNETOINDUTTIVO

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Permette di acquisire, salvare e/o visualizzare i segnali provenienti dalla testa di misura. A seconda della tipologia del sistema di acquisizione è possibile visualizzare in tempo reale i segnali acquisiti.



METODO MAGNETOINDUTTIVO

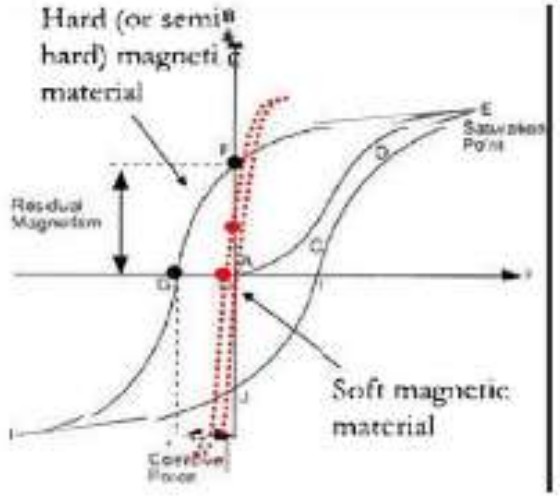
LA MAGNETIZZAZIONE DELLE FUNI

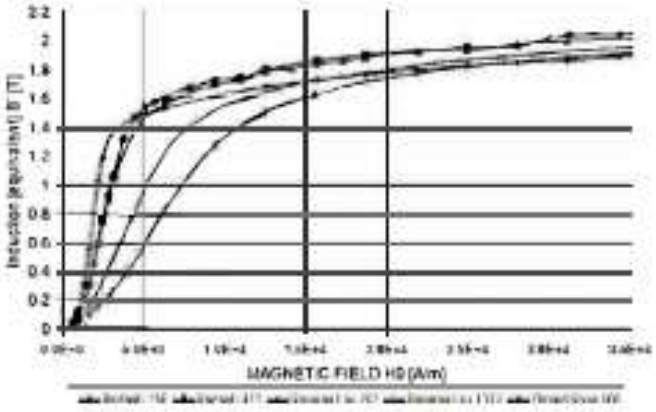
Assiale



Radiale







METODO MAGNETOINDUTTIVO

PRINCIPIO DEL METODO

Si basa sulla misura di un *flusso magnetico principale* o di un *flusso magnetico disperso* mediante una bobina che misura il flusso principale o mediante una bobina una che circonda la fune e misura il flusso disperso; più recentemente le bobine sono state sostituite da schiere di sonde ad effetto Hall. Le sonde che rilevano il flusso magnetico disperso possono essere di tipo assiale o radiale e forniscono una indicazione proporzionale al numero di fili interrotti; il segnale è noto con la sigla LF: localised fault.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

PRINCIPIO DEL METODO

La necessità di rilevare difetti non localizzati, dovuti ad esempio alla corrosione, richiede di effettuare una misura di tipo integrale come quella del flusso principale che attraversa la fune. Tale tipo di segnale è noto con la sigla LMA (Loss Metallic Area)

Anche in questo caso risultano particolarmente adatte le sonde ad effetto Hall, rispetto alle bobine, in quanto rilevano direttamente il valore assoluto del campo magnetico e non la sua variazione e quindi forniscono il valore assoluto dell'area mancate nella sezione della fune.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

PRINCIPIO DEL METODO

Ricapitolando, i test magneto-induttivi utilizzati attualmente sono di due tipi e prendono il nome di:

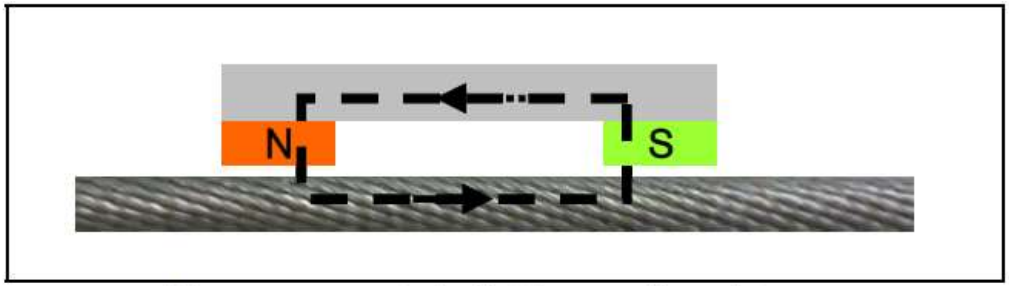
- analisi del campo disperso (Localizad-Flaw inspection): LF
- misura della sezione persa (Loss of Metallic cross sectional Area): LMA

METODO MAGNETOINDUTTIVO

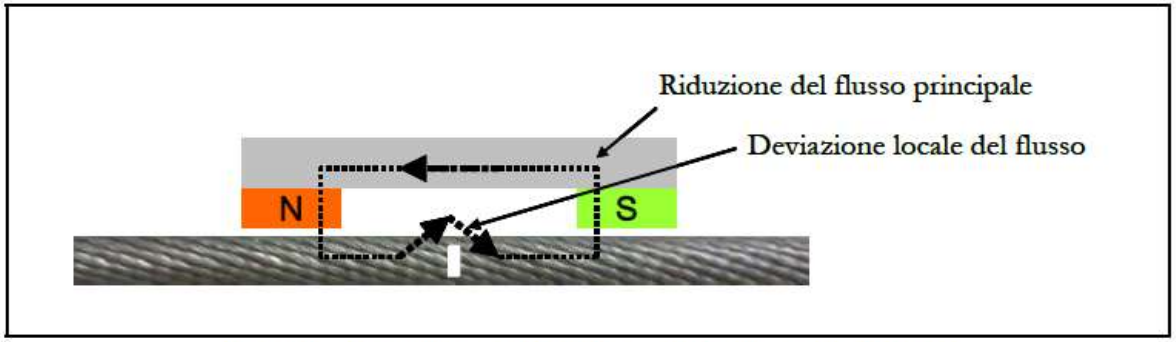
PRINCIPIO DEL METODO

Se la fune presenta un difetto al suo interno, ad esempio dovuto alla rottura di un filo, il campo magnetico tende sia a ridursi (a causa dell'interruzione) sia ad uscire localmente dalla fune.

La misura locale del campo magnetico che fuoriesce dalla fune e la misura del flusso totale corrispondono ai due segnali LF ed LMA.



Esame magneto induttivo su fune integra



Esame magneto induttivo su fune con difetto

METODO MAGNETOINDUTTIVO

ANALISI DEL CAMPO DISPERSO (LF)

E’ la tecnica più diffusa e si basa sulla rilevazione del campo disperso dovuta ad una rottura dei fili della fune, cioè ad una discontinuità del materiale.

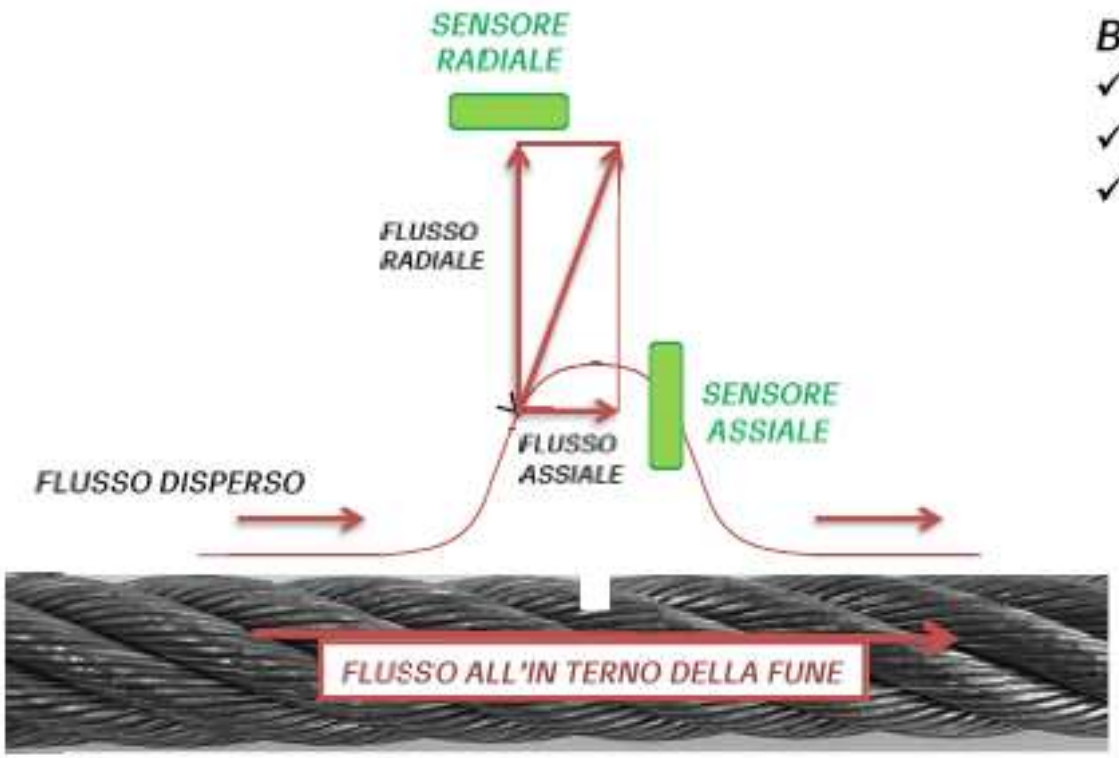
Questo metodo può fornire un’informazione qualitativa del difetto come ad esempio: rottura singola, multipla, corrosione di un tratto, fatica, usura, ecc…

Per contro, non permette di quantificare il danneggiamento.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

PRINCIPIO DEL METODO

SEGNALE LF:



BOBINE:

- ✓ Sensibilità più elevata
- ✓ Segnale dipendente dalla velocità
- ✓ Non necessitano di alimentazione

$$\varepsilon = -K \cdot \frac{\partial \Phi(B)}{\partial t}$$

$$\varepsilon = -K \cdot \frac{\partial \Phi(B)}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t} = -K \cdot \frac{\partial \Phi(B)}{\partial x} \cdot v$$

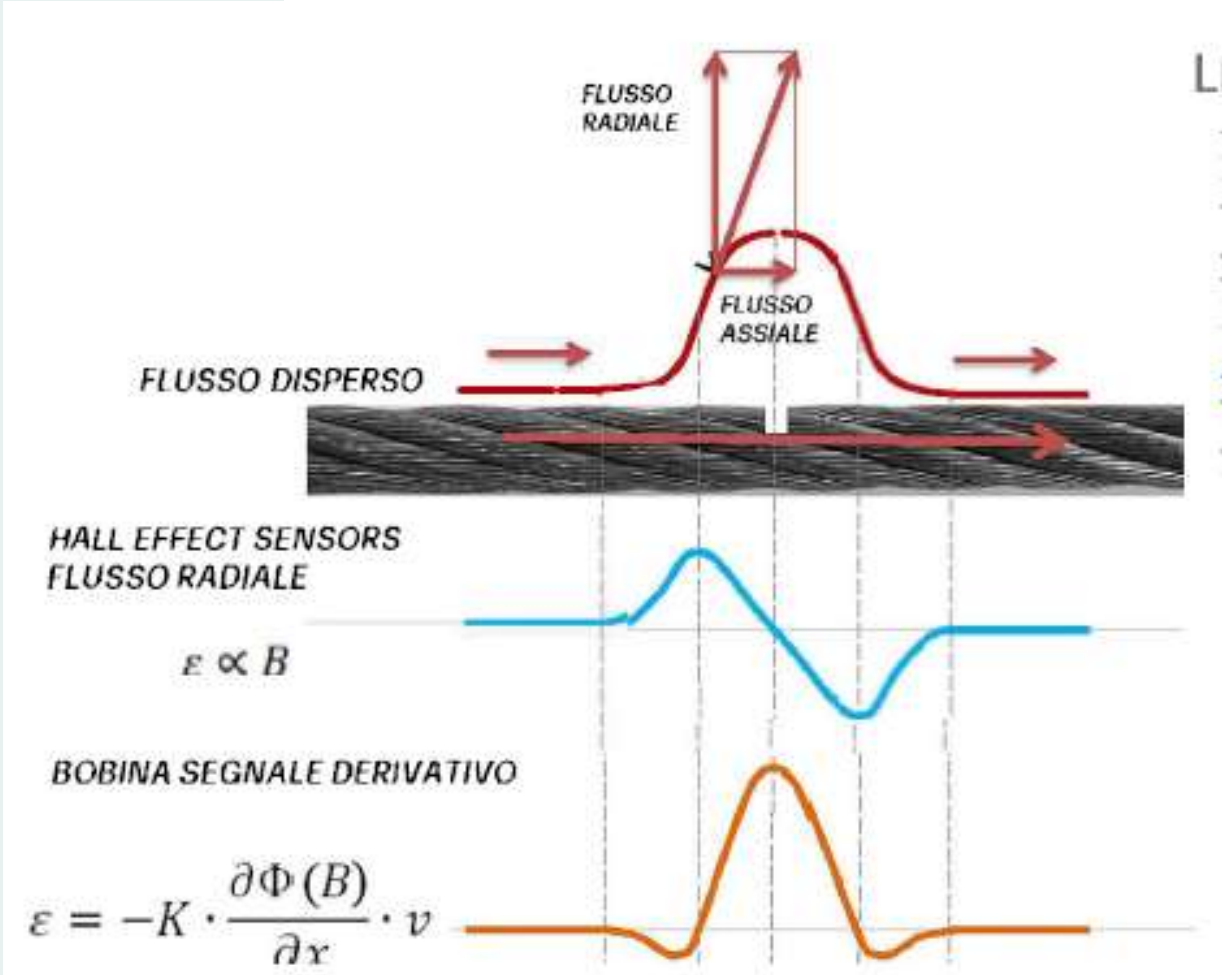
HALL EFFECT SENSOR:

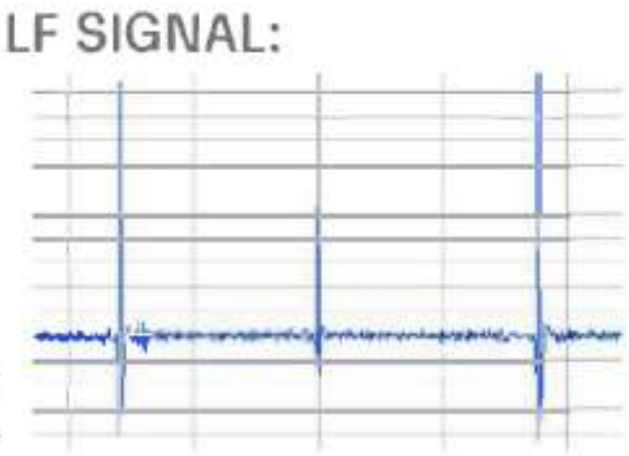
- ✓ Minor sensibilità
- ✓ Segnale non dipendente dalla velocità
- ✓ Necessitano di alimenta:

$$\varepsilon \propto B$$

METODO MAGNETOINDUTTIVO

PRINCIPIO DEL METODO









METODO MAGNETOINDUTTIVO

MISURA DELLA SEZIONE (LMA)

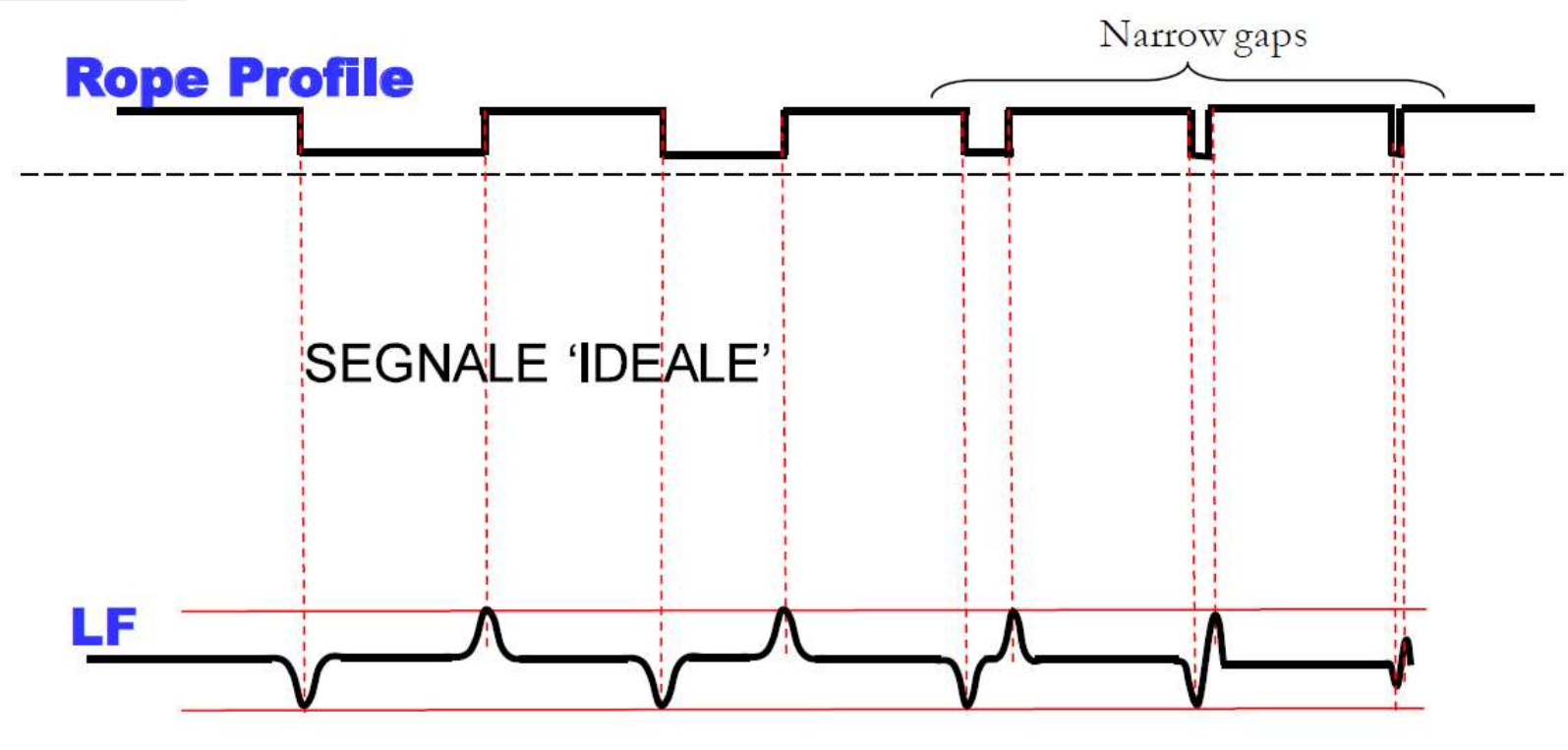
Questo metodo consiste nel misurare il flusso magnetico che viene indotto nella fune da un apposito strumento, ottenendo un valore proporzionale alla sezione metallica in quel punto.
Ogni tipo di danno che comporta una «variazione di sezione», viene rilevato dallo strumento come una variazione del campo magnetico.

Tale metodo fornisce solamente una indicazione quantitativa del danno rilevato e non qualitativa. Perciò il metodo non è appropriato per determinare con certezza la tipologia di danno e non può fornire informazioni sulla possibile continuità di esercizio o necessità di sostituzione della fune stessa.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

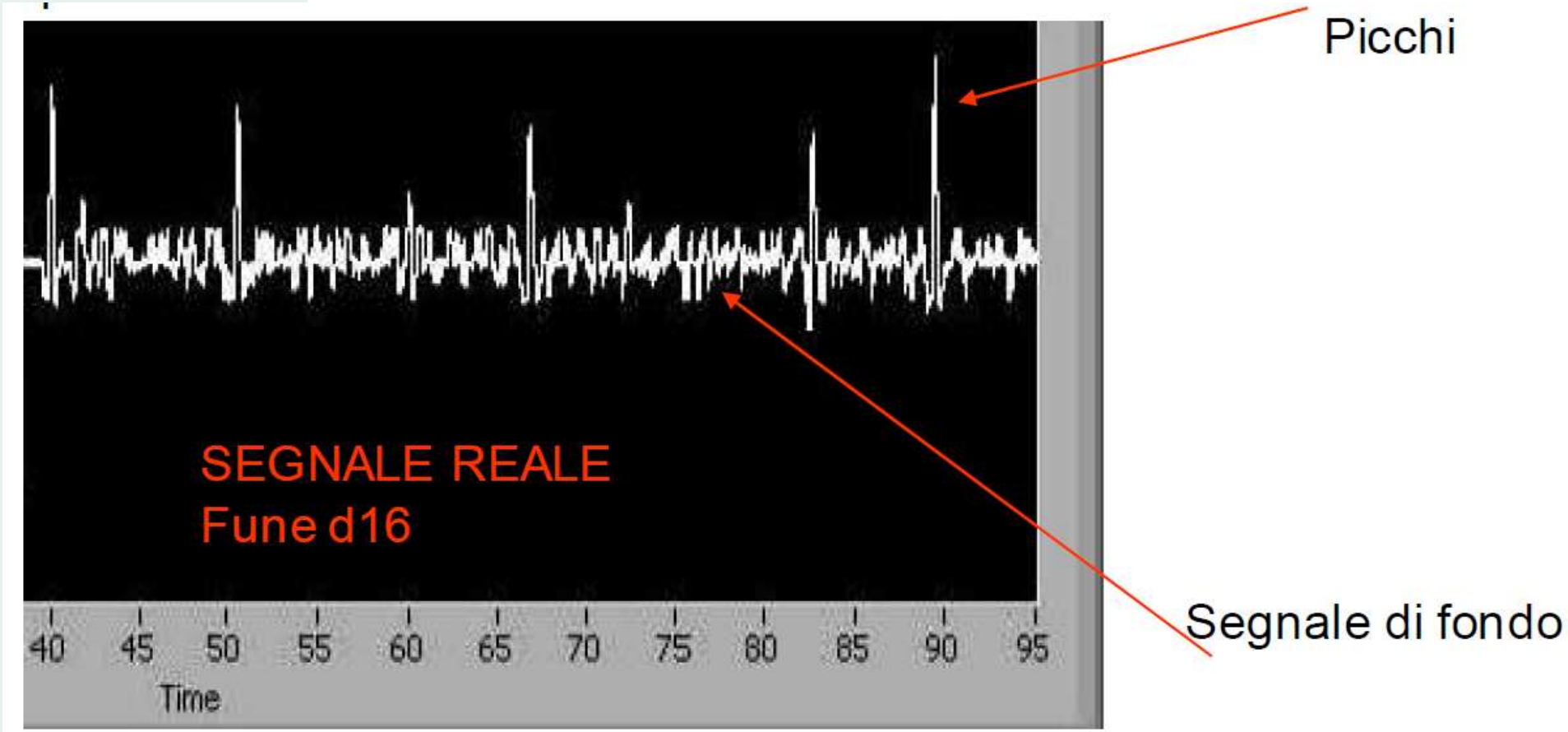
ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LF

Il segnale ‘’reale’’ è spesso molto rumoroso a causa della presenza della trefolatura della fune e delle oscillazioni



METODO MAGNETOINDUTTIVO

ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LF

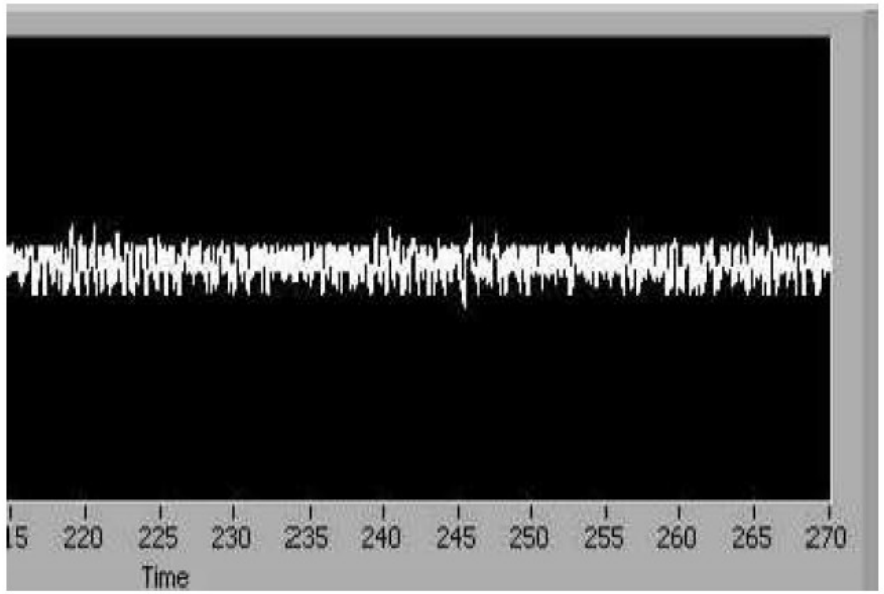


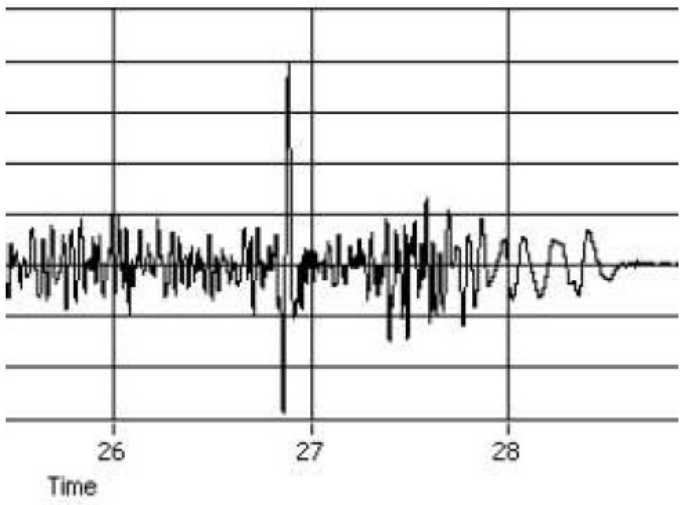
METODO MAGNETOINDUTTIVO

SEGNALE LF – ANALISI DEI PICCHI

Un picco del segnale rappresenta una discontinuità magnetica. Essi possono essere riconosciuti

- **dall'ampiezza**
- **dalla forma**

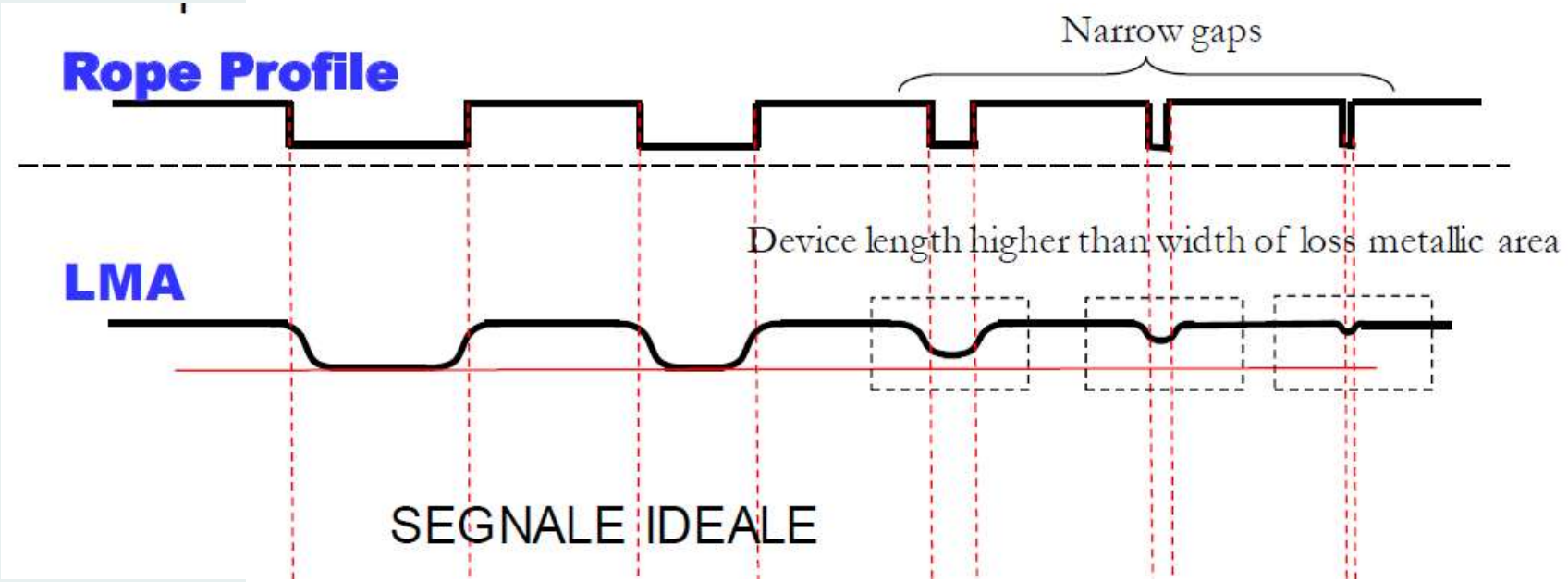




METODO MAGNETOINDUTTIVO

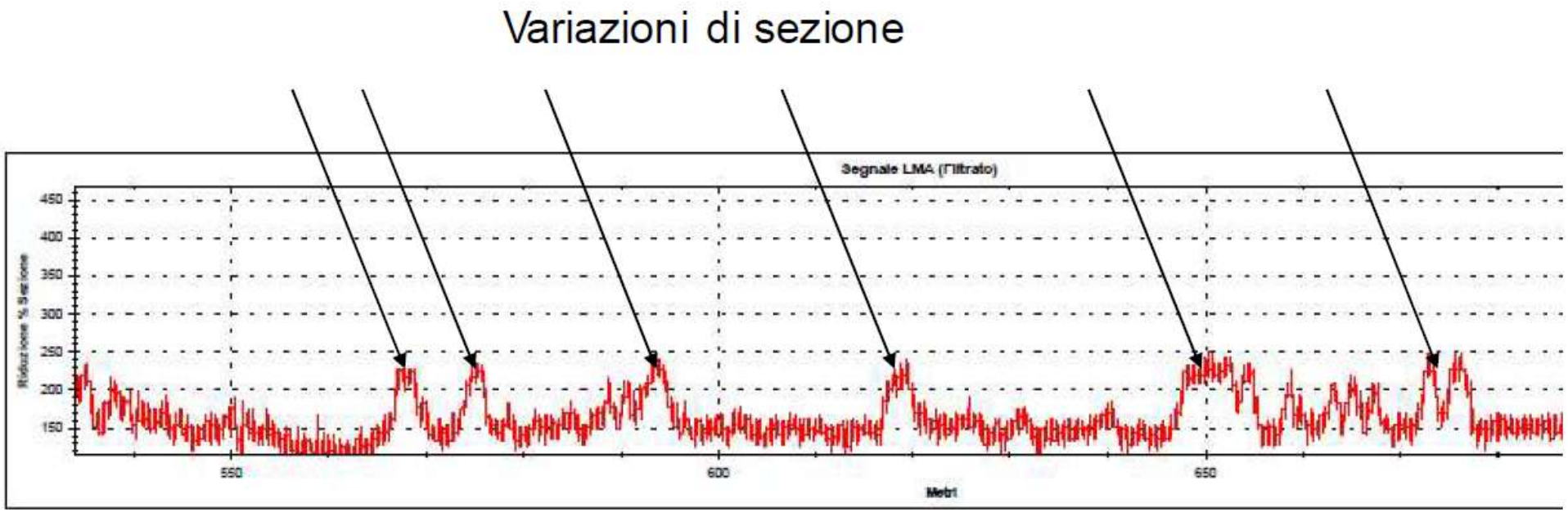
ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LMA

E' importante osservare che il segnale di tipo LMA perde di definizione non appena il tratto di fune con riduzione della sezione diventa inferiore alla lunghezza assiale del detector; alla lunghezza è quindi associata la risoluzione dello strumento.



METODO MAGNETOINDUTTIVO

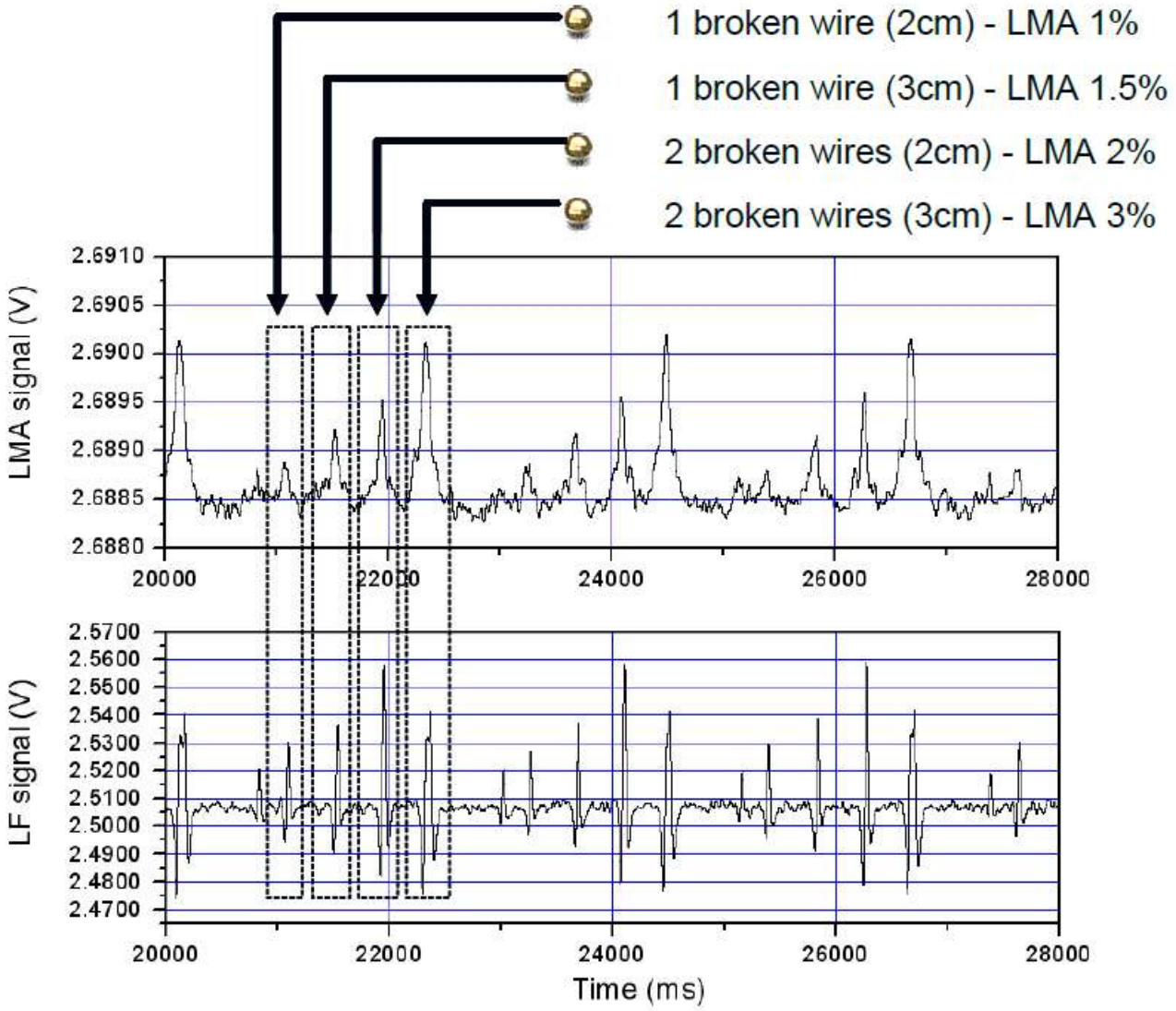
ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LMA



METODO MAGNETOINDUTTIVO

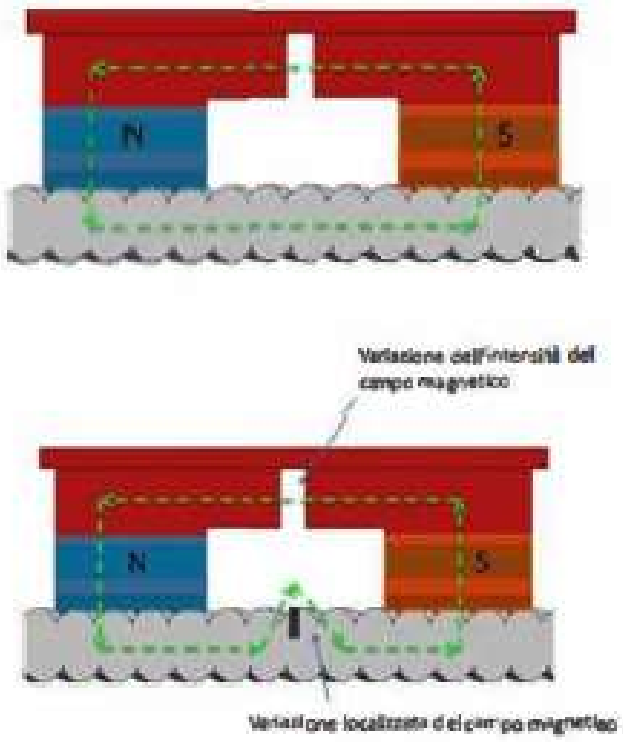
ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE REALE LF-LMA

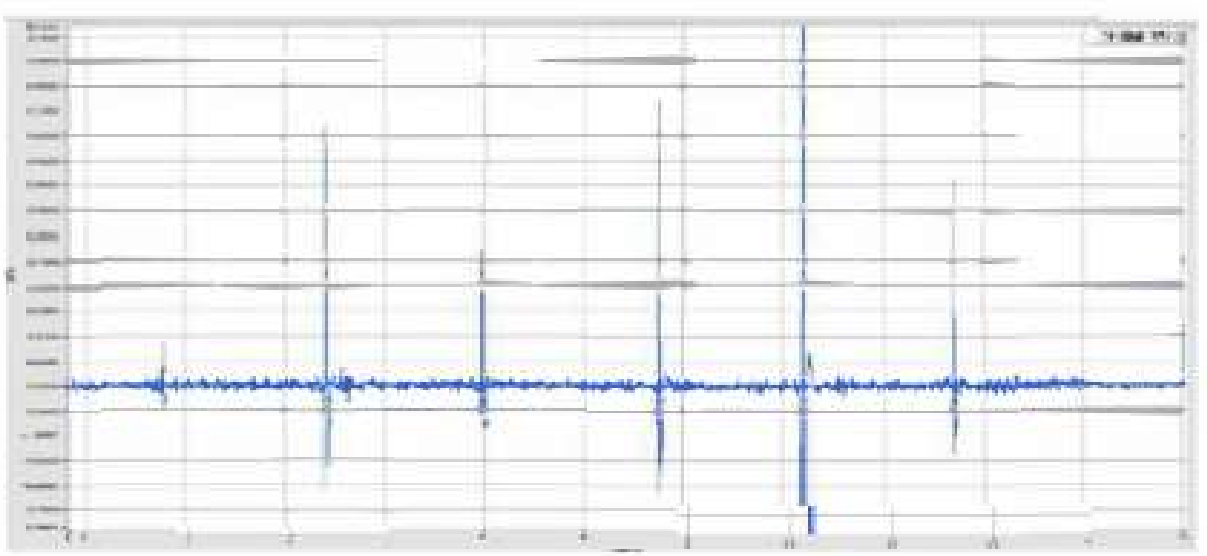
In figura è riportato a titolo di esempio il segnale LF ed LMA ottenuto in corrispondenza di un difetto pari a diverse % di area mancante.



METODO MAGNETOINDUTTIVO

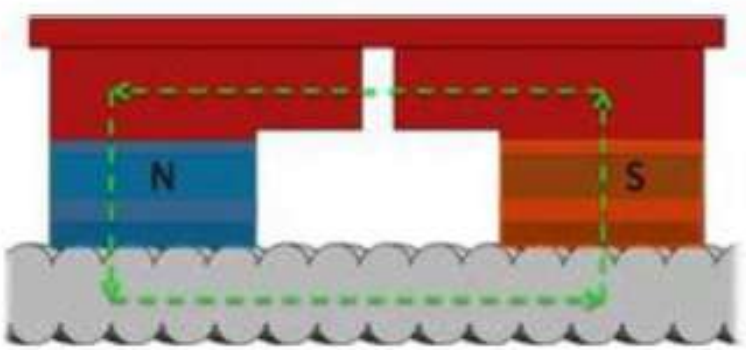
SEGNALE LF – ROTTURE DI FILI

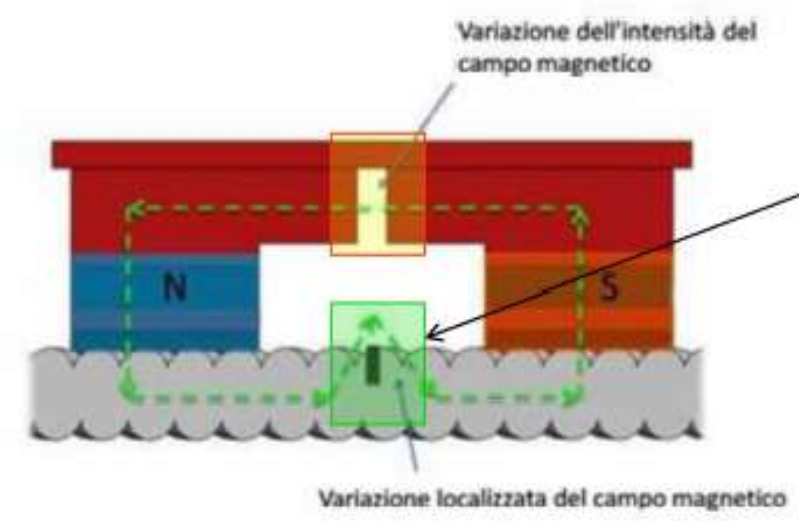




METODO MAGNETOINDUTTIVO

CONFRONTO LF - LMA





LMA= si basa sulla misura del flusso magnetico principale

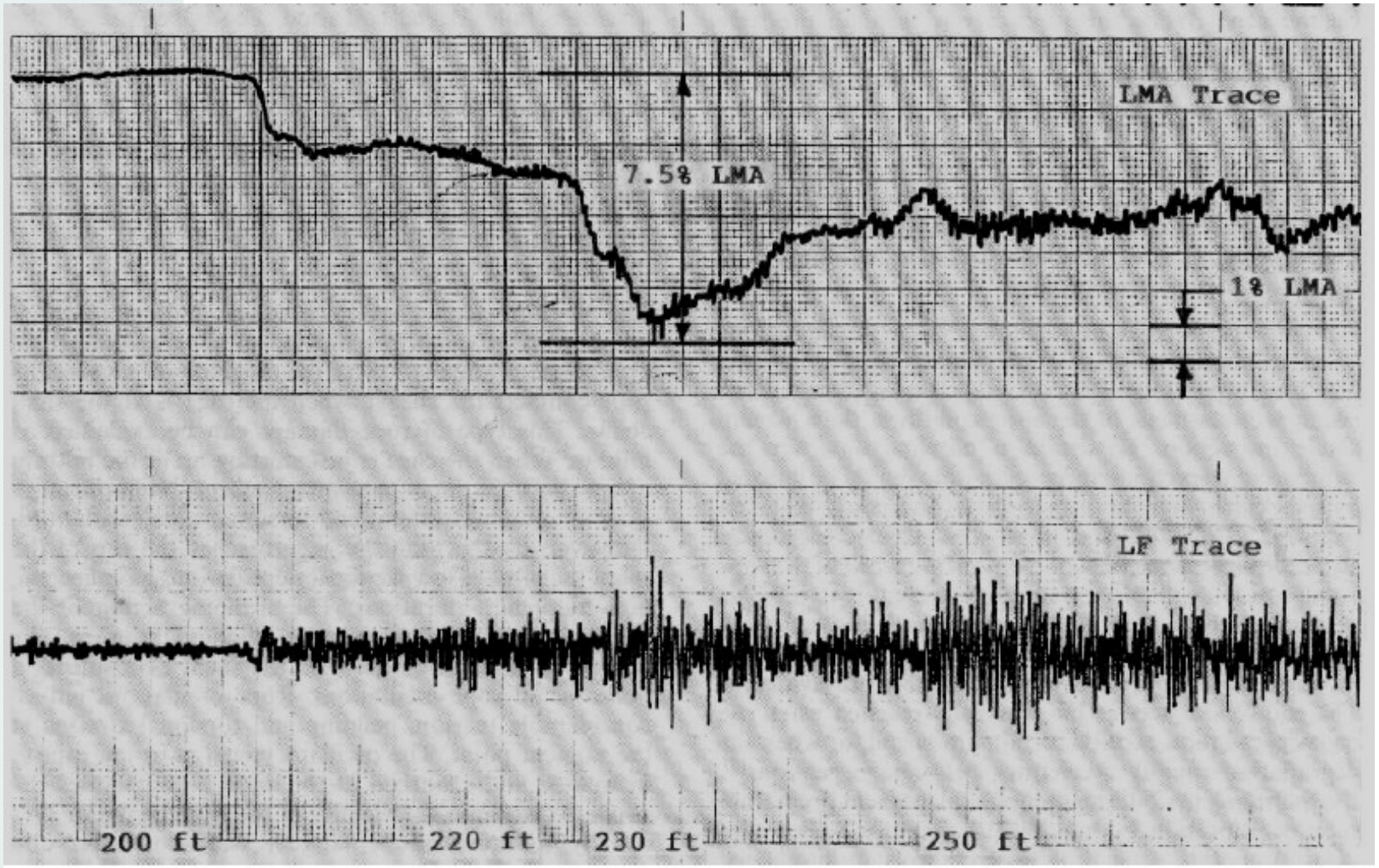
- Quantitativo
- Risente molto di disturbi esterni
- Valutazione difettologie distribuite
- POCO AFFIDABILE

LF= localized faul (leakage flux)
LD=local discontinuty

- Quantitativo
- Valutazione di difettologie locali e distribuite
- AFFIDABILE ED UNIVERSALMENTE RICONOSCIUTO

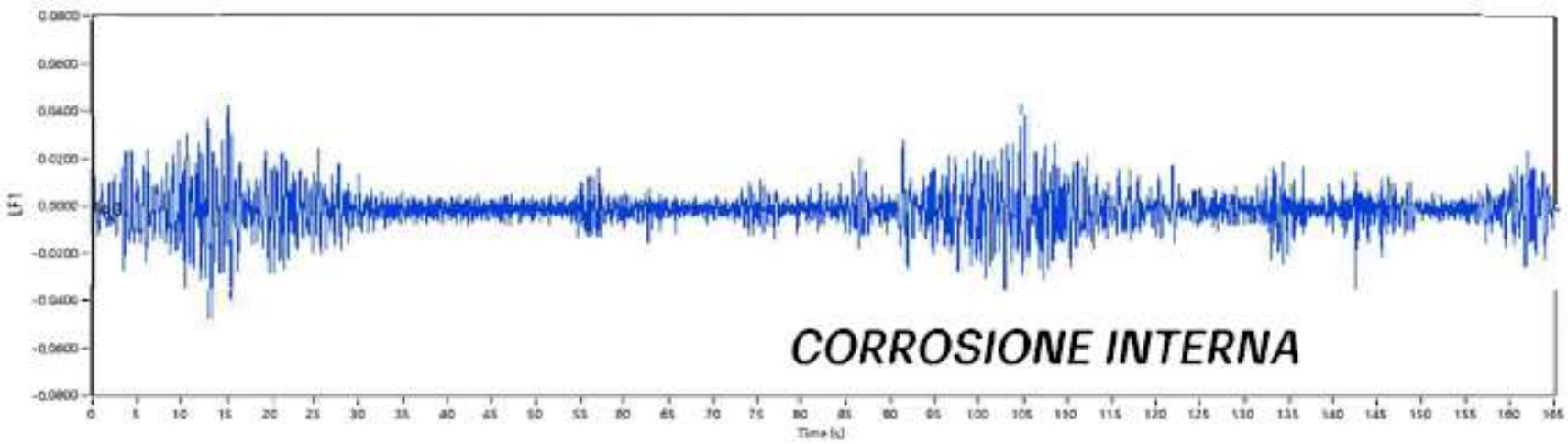
METODO MAGNETOINDUTTIVO

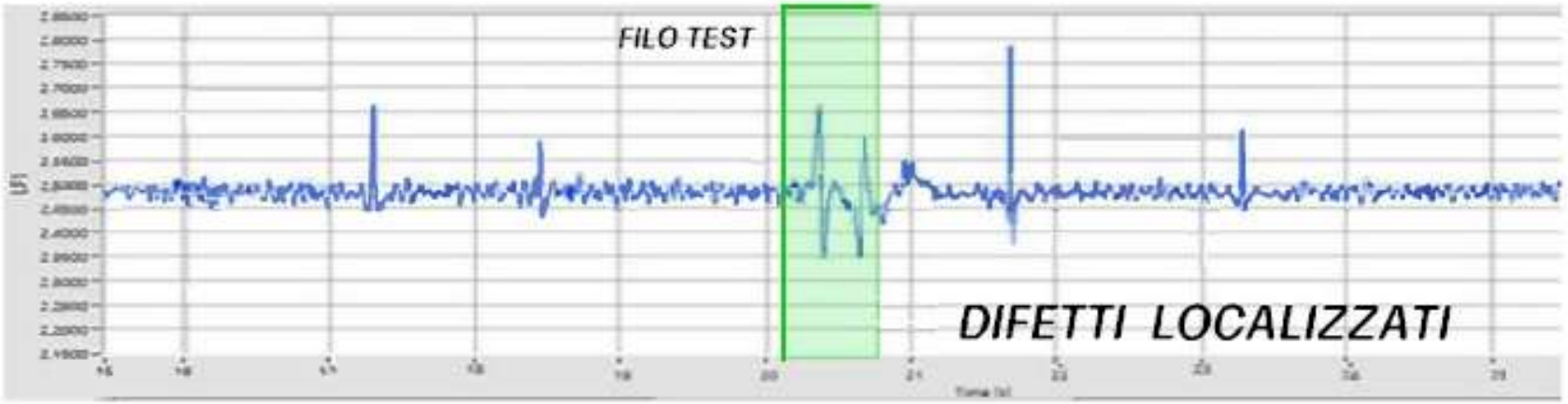
GRAFICO LF E LMA A CONFRONTO



METODO MAGNETOINDUTTIVO

PRINCIPIO DEL METODO





METODO MAGNETOINDUTTIVO

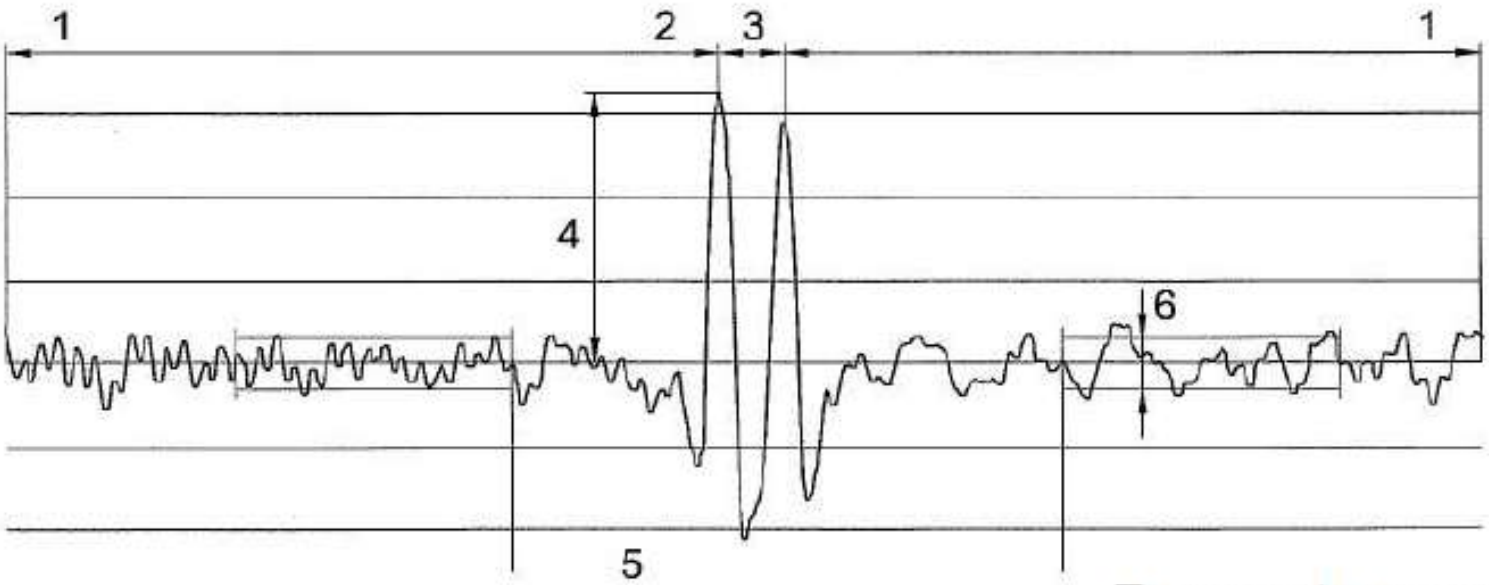
CERTIFICAZIONE STRUMENTI: UNI EN 12927-8

La normativa EN 12927-8 accetta uno strumento se esso riesce a superare la seguente prova.

La prova deve essere eseguita su un provino di riferimento che deve presentare difetti provocati che rappresentino 2 rotture del filo distanziate di ‘’s” mm , s=d, ma con distanza non maggiore di 50 mm, ognuna con uno spazio di 3 mm tra le estremità.
Queste 2 rotture successive del filo devono presentare due diverse ampiezze del segnale.

METODO MAGNETOINDUTTIVO

CERTIFICAZIONE STRUMENTI: UNI EN 12927-8



Legenda

1 2 m dall'estremità della fune o 40 × *d*

2 Due rotture del filo

3 *s* (max. 50 mm)

4 Altezza del segnale, ampiezza almeno 2 × altezza dell'inviluppo

5 200 mm da non considerare (curva dell'inviluppo)

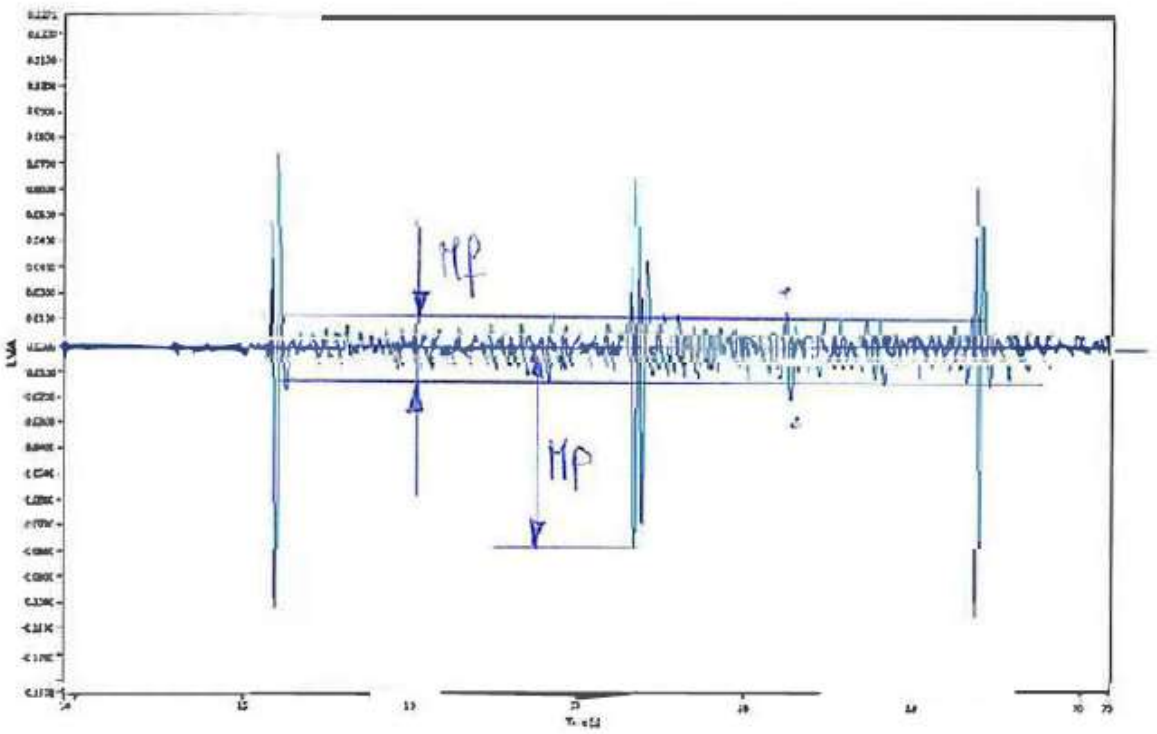
Rapporto segnale rumore >2

METODO MAGNETOINDUTTIVO

CERTIFICAZIONE STRUMENTI: UNI EN 12927-8

3. Risultati delle prove

3.1 Grafico rilevato



L.A.T.I.F.
LABORATORIO TECNOLOGICO IMPIANTI A FUNE
RAPPORTO DI PROVA n° 14LA00167

6. Documentazione fotografica



Foto 1 – Detector su fune test

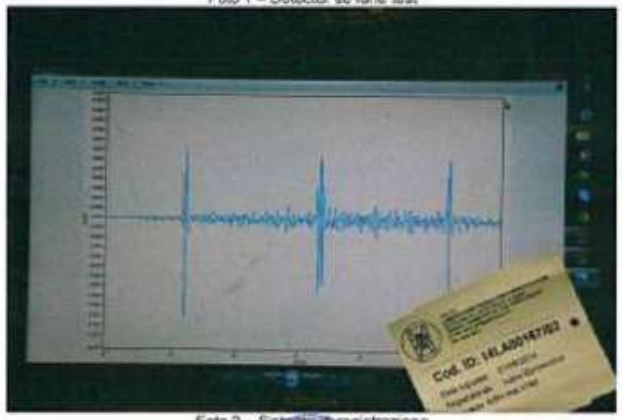
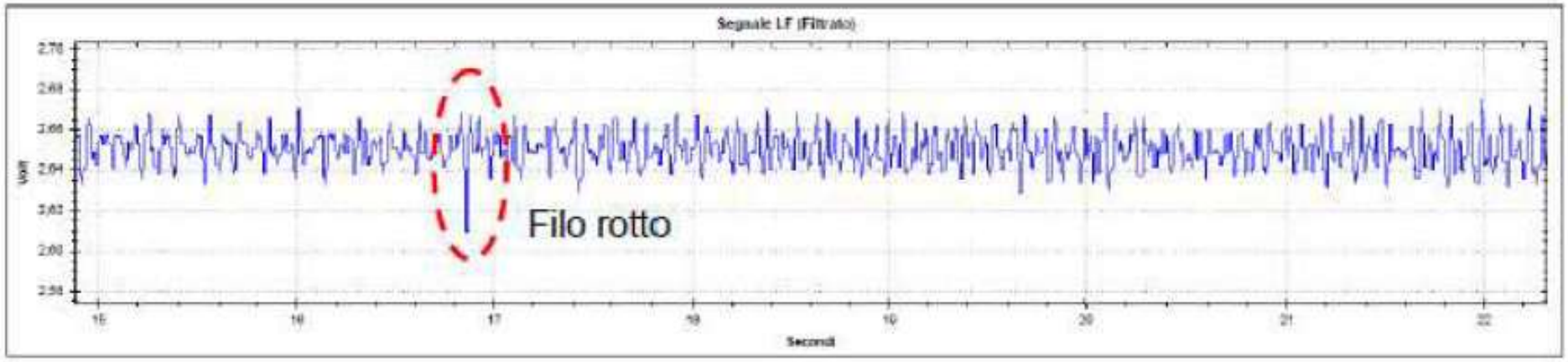


Foto 2 – Segnale di registrazione

METODO MAGNETOINDUTTIVO

ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LF

Nella buona pratica, dunque, un difetto può essere indiscutibilmente identificato come tale se il rapporto tra il segnale (picco) e il rumore di fondo è maggiore di 2



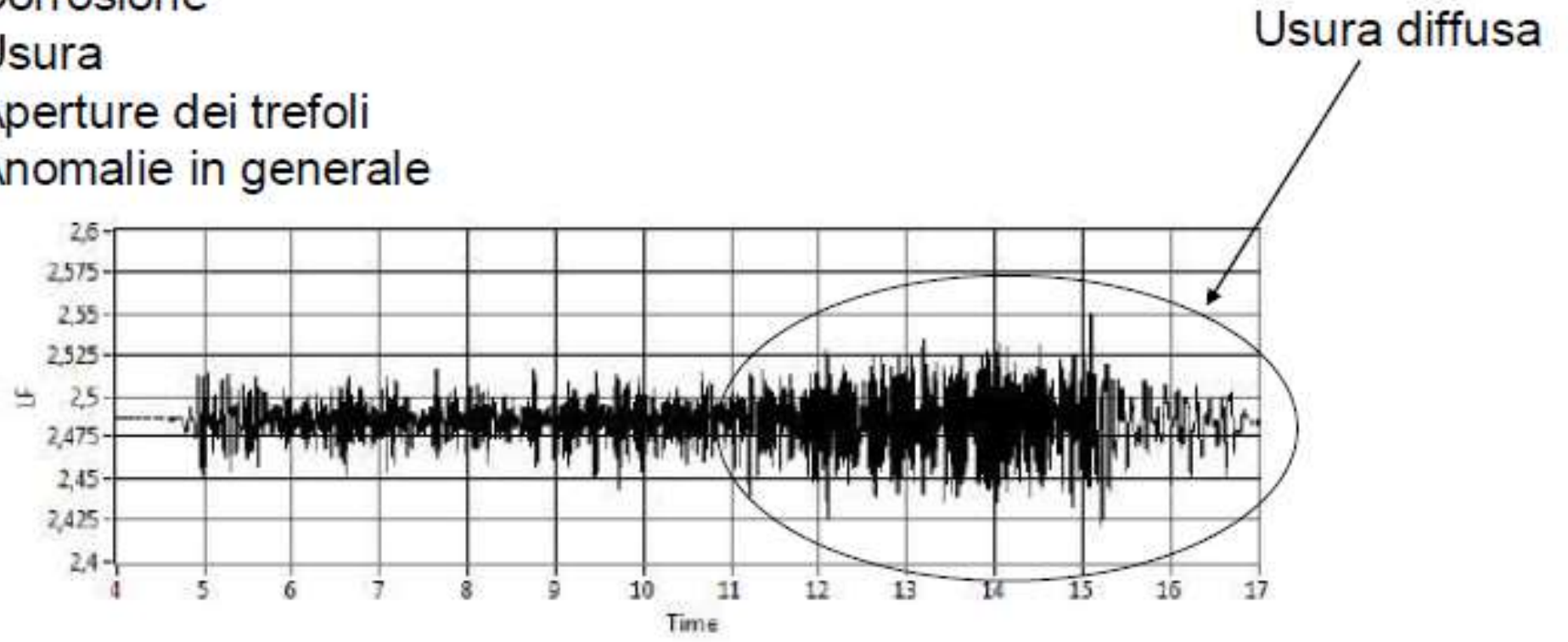
METODO MAGNETOINDUTTIVO

ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LF

Rumore di fondo:

Fornisce un numero molto elevato di informazioni:

- Corrosione
- Usura
- Aperture dei trefoli
- Anomalie in generale



METODO MAGNETOINDUTTIVO

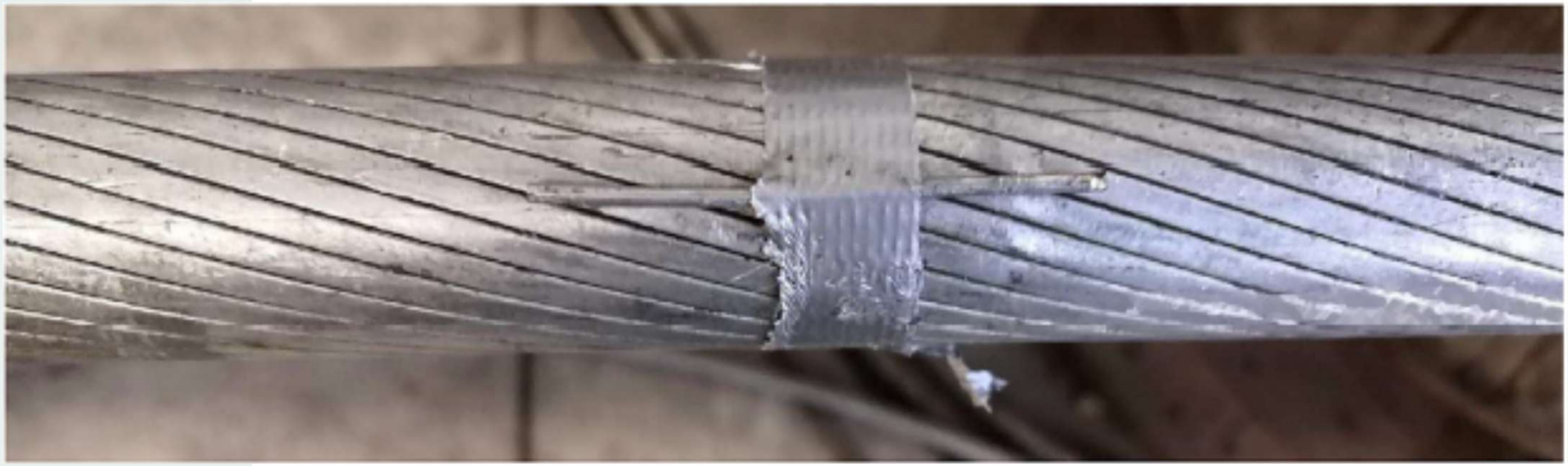
ANALISI DEI RISULTATI – SEGNALE LMA



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST

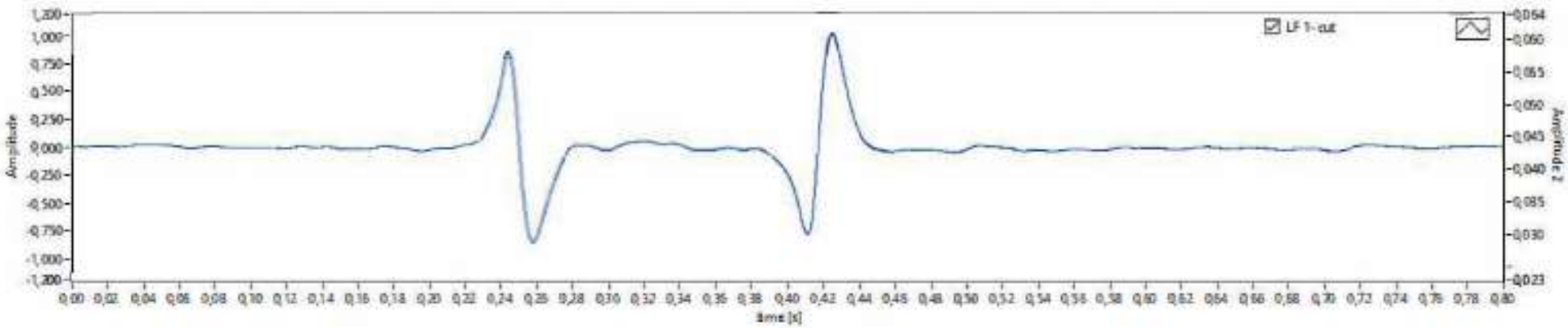
Il filo test è il modo più semplice per interpretare correttamente il segnale di un test MRT su una fune. Il segnale del filo test viene preso come riferimento per tutte le future interpretazioni.



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST

Quando un filo test passa all'interno di un dispositivo MRT, i sensori registrano la variazione della sezione della fune, sia quando all'ingresso che all'uscita. Di conseguenza, il segnale derivante consiste in due picchi con orientamento opposto



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST

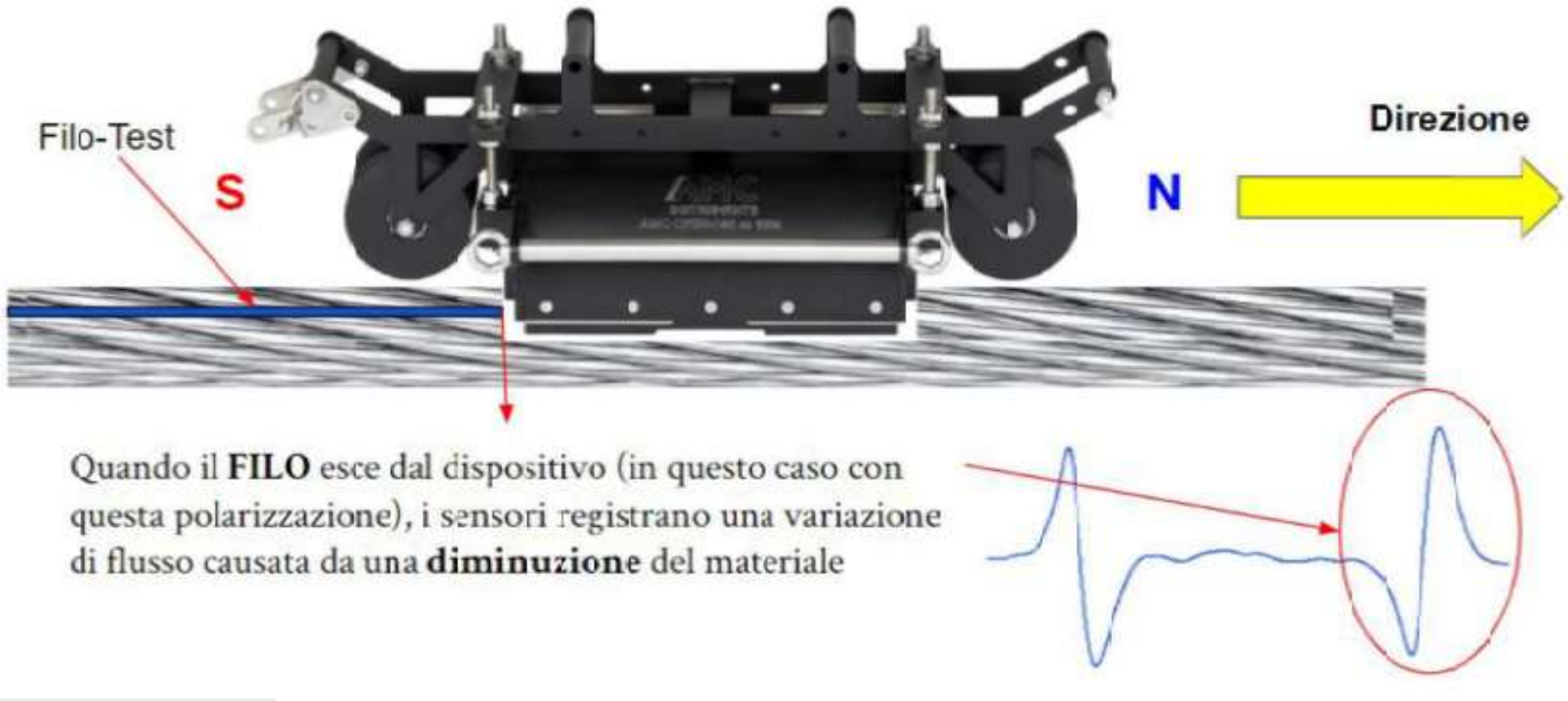
Il filo test è fondamentale per comprendere se un picco corrisponde ad un aumento del materiale o ad una riduzione.



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST

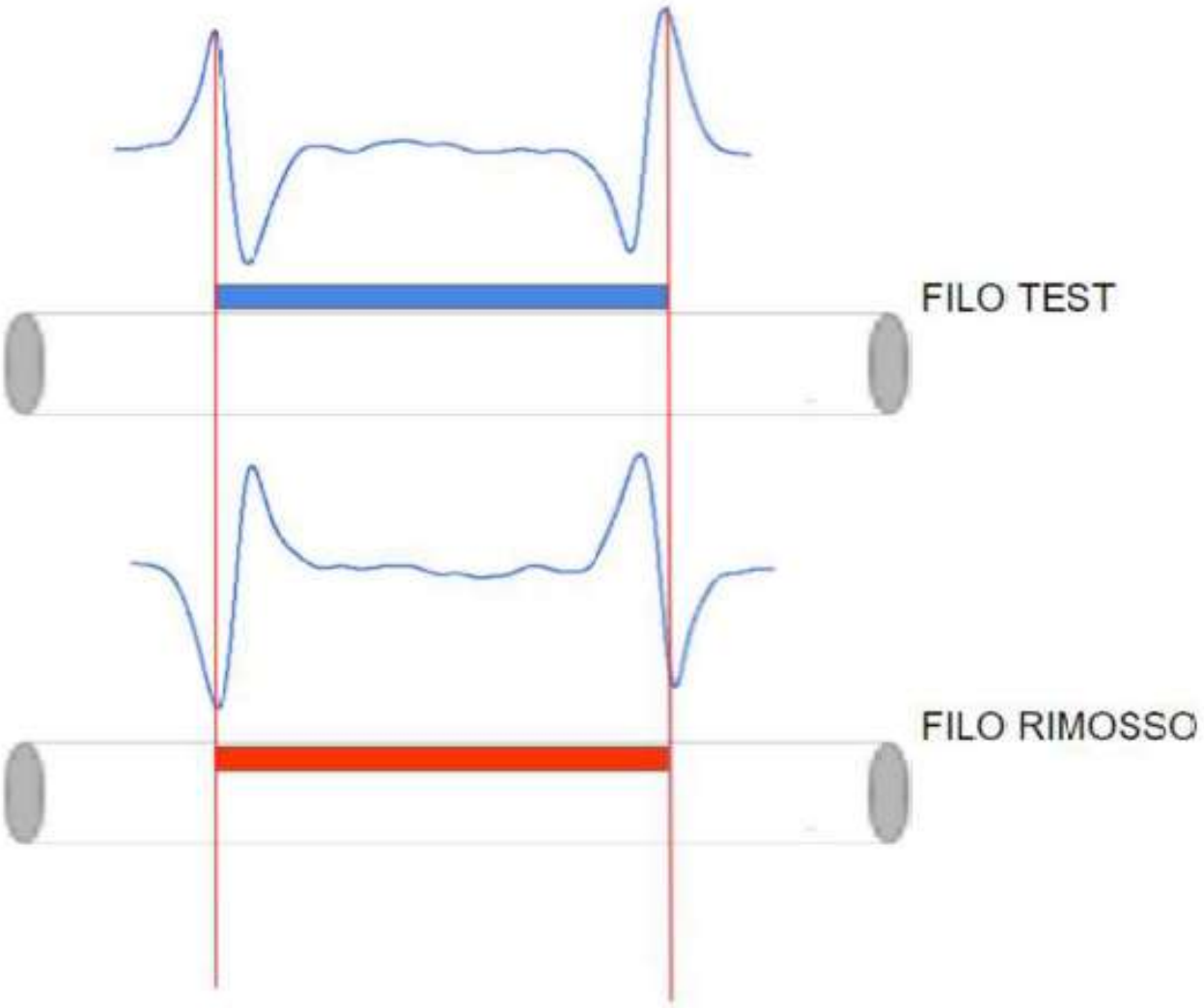
Il filo test è fondamentale per comprendere se un picco corrisponde ad un aumento del materiale o ad una riduzione.



Quando il **FILO** esce dal dispositivo (in questo caso con questa polarizzazione), i sensori registrano una variazione di flusso causata da una **diminuzione** del materiale

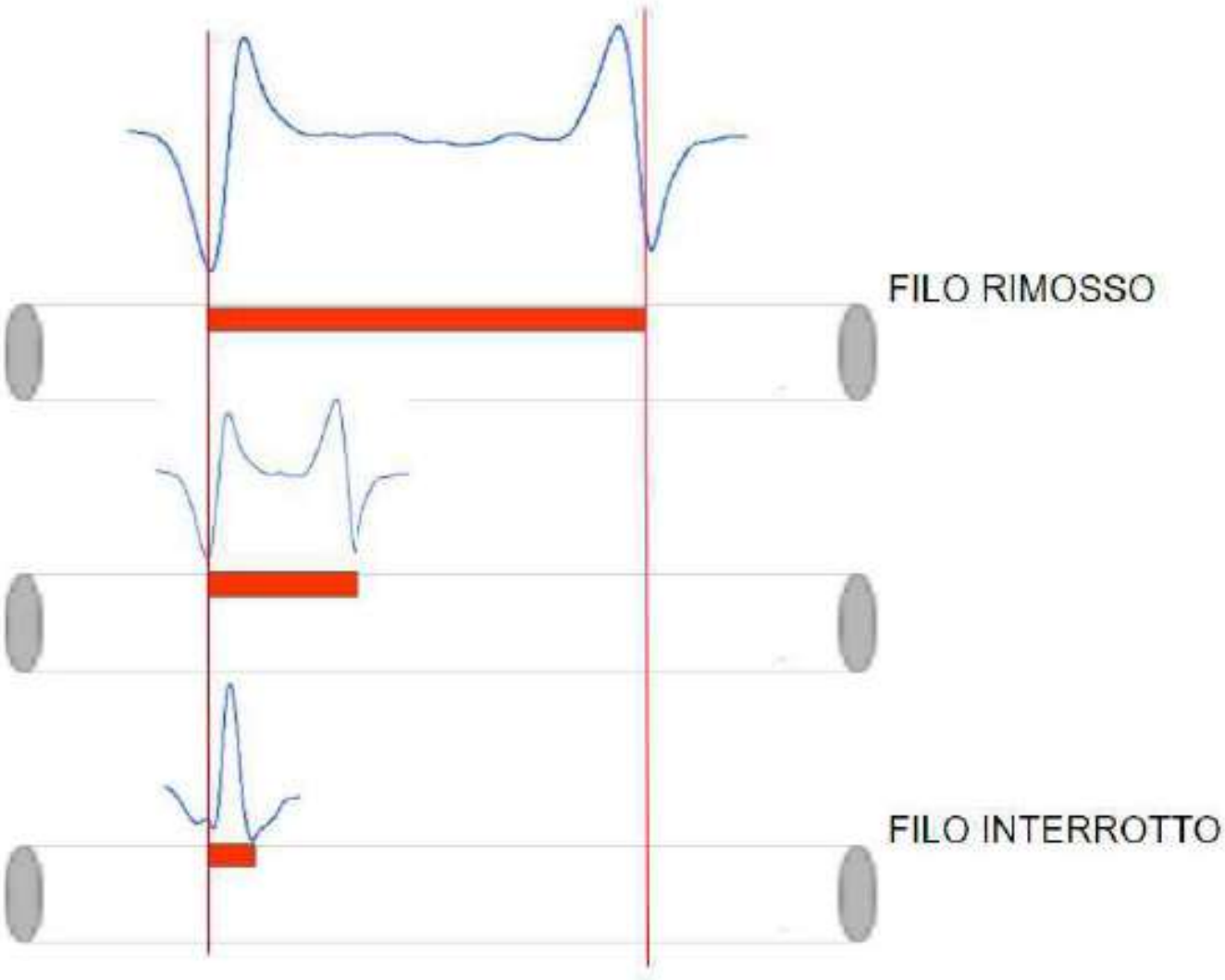
METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST



METODO MAGNETOINDUTTIVO

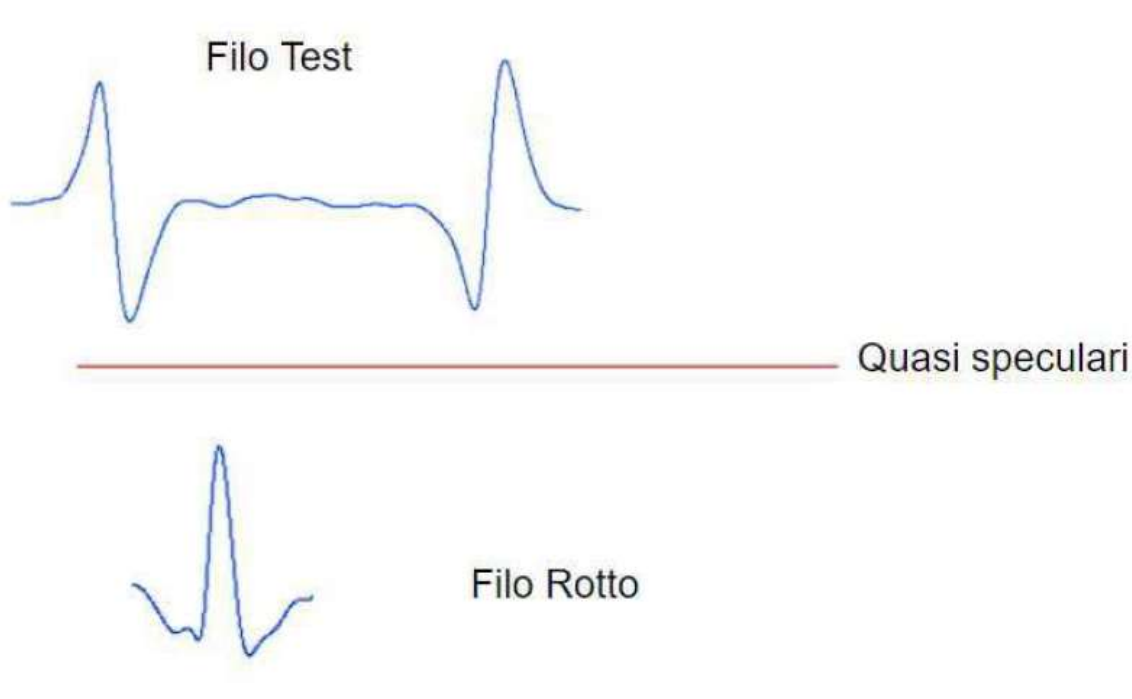
UTILIZZO FILO TEST



METODO MAGNETOINDUTTIVO

UTILIZZO FILO TEST

Il filo test è fondamentale per comprendere se un picco corrisponde ad un aumento del materiale o ad una riduzione.



UN DIFETTO SU UNA FUNE È SEMPRE DOVUTO AD UNA RIDUZIONE DEL MATERIALE