

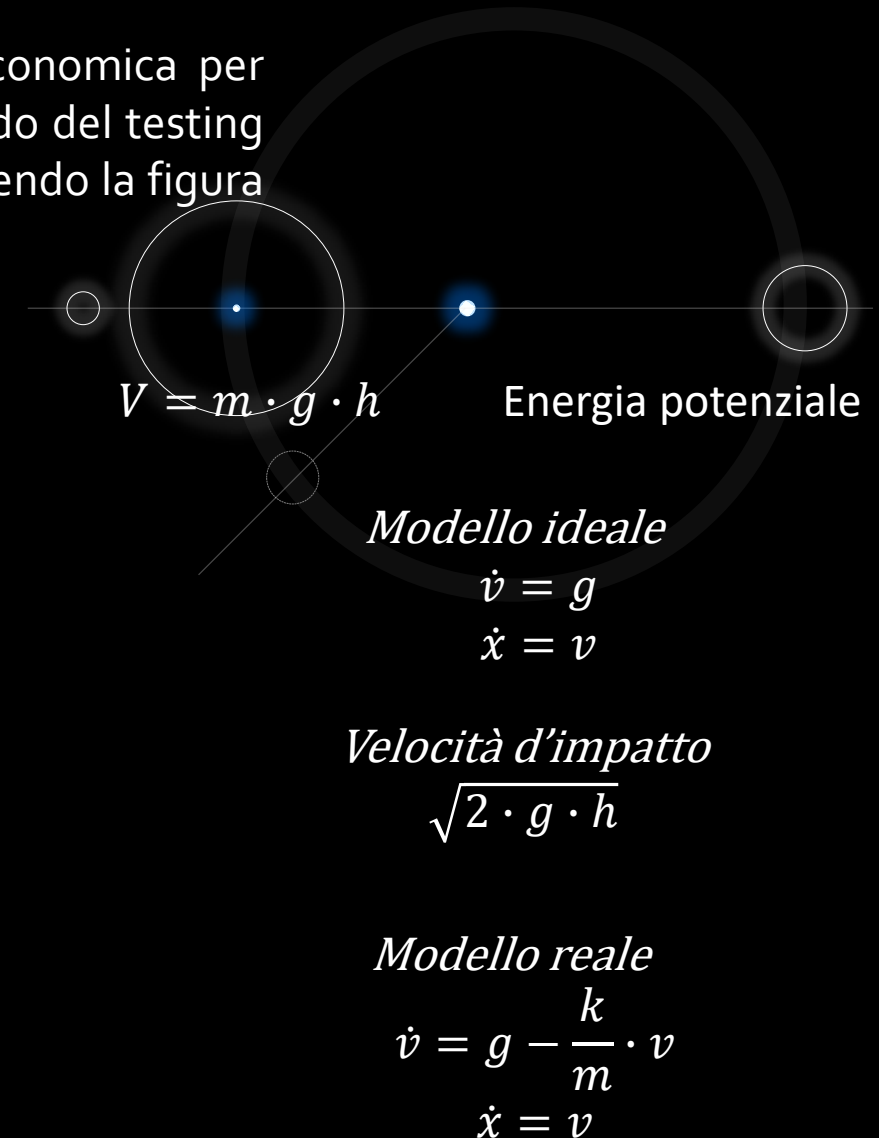


INTEK SPA - LABORATORIO PROVE E MISURE

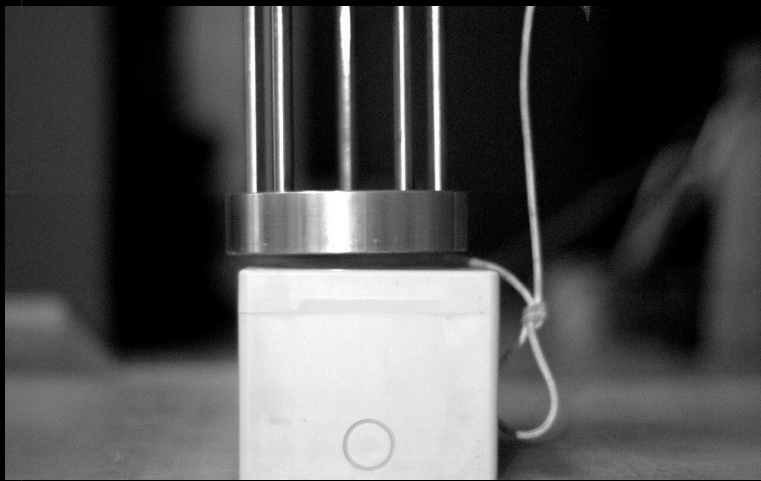
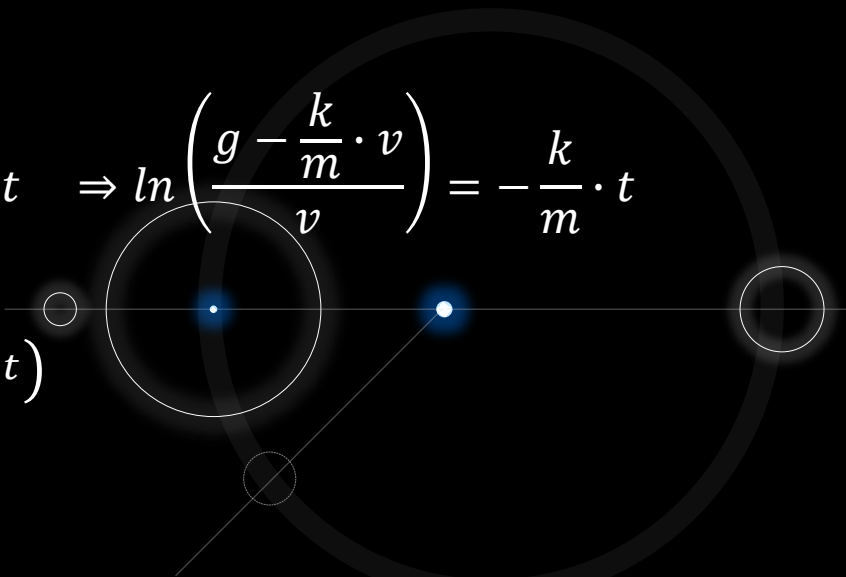
LA FISICA DIETRO LE MISURE

IL TESTING: ATTIVITÀ MULTIDISCIPLINARE

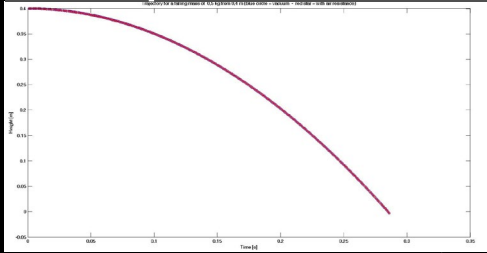
Molto spesso vi è la falsa convinzione che, avendo la disponibilità economica per acquistare strumentazione all'avanguardia, ci si possa spingere nel mondo del testing a scatola chiusa, demando allo strumento il giudizio di conformità, riducendo la figura del tecnico ad un semplice «schiaccia bottoni».



$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m} \cdot v \Rightarrow \frac{dv}{g - \frac{k}{m} \cdot v} = dt \Rightarrow \int_0^v \frac{dv}{g - \frac{k}{m} \cdot v} = \int_0^t dt \Rightarrow \ln\left(\frac{g - \frac{k}{m} \cdot v}{v}\right) = -\frac{k}{m} \cdot t$$
$$\Rightarrow v = v_0 + \left(\frac{m \cdot g}{k}\right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{k}{m} \cdot t}\right)$$
$$x = x_0 + v \cdot t$$



Altezza [m]	Massa [kg]	Diametro [mm]	g [m/s^2]	Energia potenziale V [J]	Differenza Energia con attrito [J]	Differenza percentuale Energia con attrito
0.4	0.5	35	9.81	1.962	6.5429E-05	0.00333%
0.3	1.7	80	9.81	5.0031	1.1137E-04	0.00223%
0.2	5	80	9.81	9.81	7.4490E-05	0.00076%
0.4	5	100	9.81	19.62	1.8722E-04	0.00095%
0.5	10	125	9.81	49.05	2.9018E-04	0.00059%



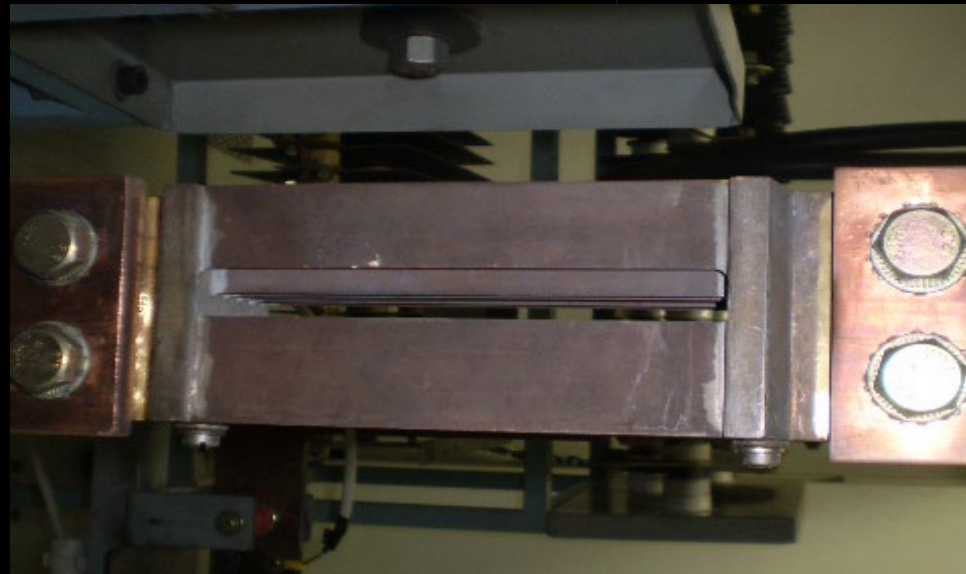
INCERTEZZA DI MISURA

$$u(E) = \sqrt{(g \cdot m)^2 \cdot u(h)^2 + (g \cdot h)^2 \cdot u(m)^2}$$

La conoscenza della fisica ci ha permesso parecchi anni fa di risolvere un problema di misura, impossibile da risolvere diversamente...

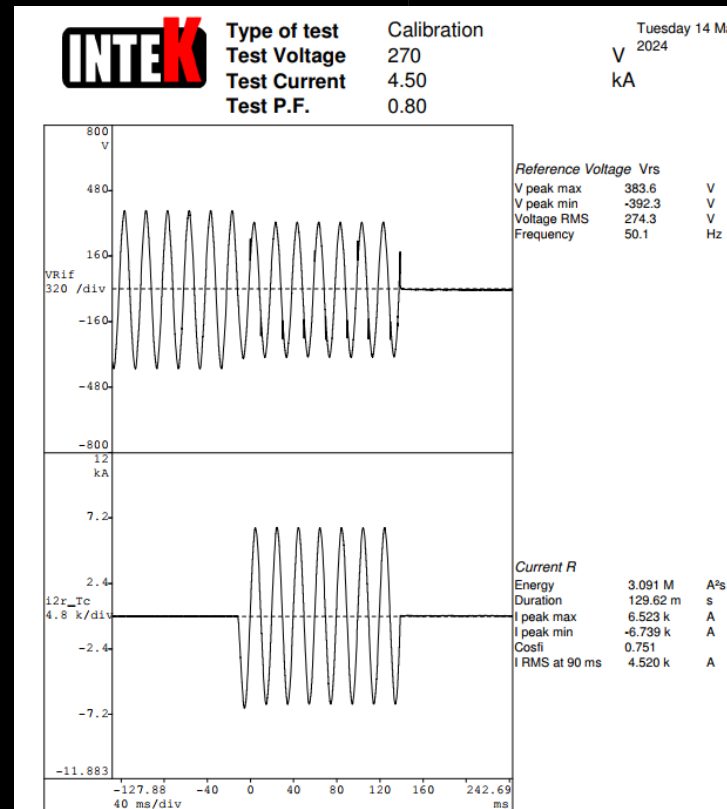
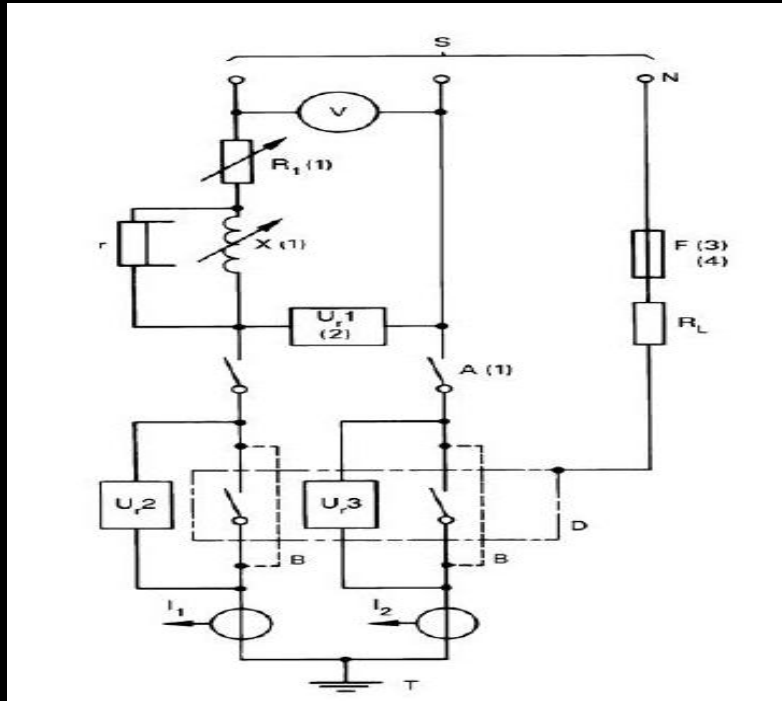
Nel nostro laboratorio di corto circuito, messo in opera nel 2006 dopo averlo acquistato e rimordenizzato da un'azienda, stavamo iniziando a eseguire delle campagne di misura per verificare la massima energia specifica passante che un relè statico sarebbe stato in grado di far passare, in condizioni di corto circuito, senza danneggiarsi: avevamo quindi a che fare con degli impulsi di corrente della durata inferiore ai 10 ms.

Il sistema di misura delle correnti del laboratorio era composto da degli shunt e dal relativo sistema di acquisizione.



Come viene PREPARATA una prova di corto circuito:

Tutte le prove di corto circuito prevedono una fase preliminare di preparazione, in cui si vanno a regolare i parametri di resistenza ed induttanza del circuito al fine di raggiungere il valore di corrente e fattore di potenza richiesti per la prova. Al posto dell'oggetto da testare si eseguono dei collegamenti di impedenza trascurabile.

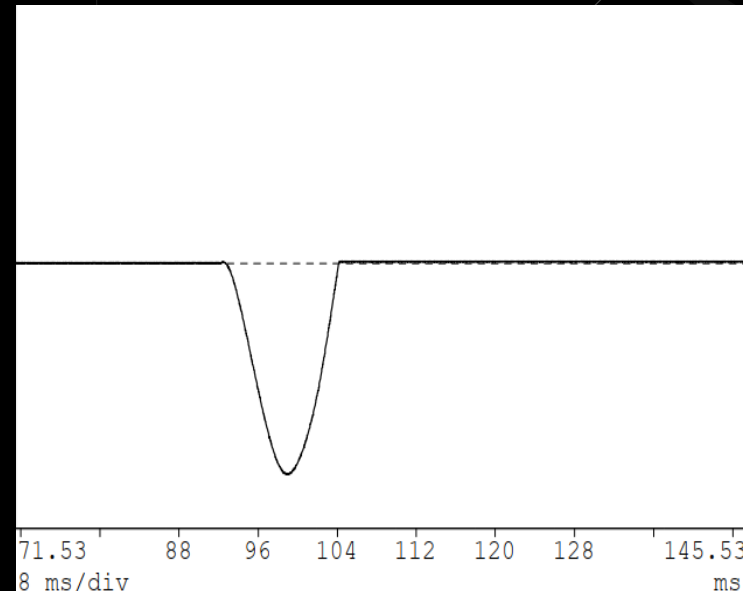
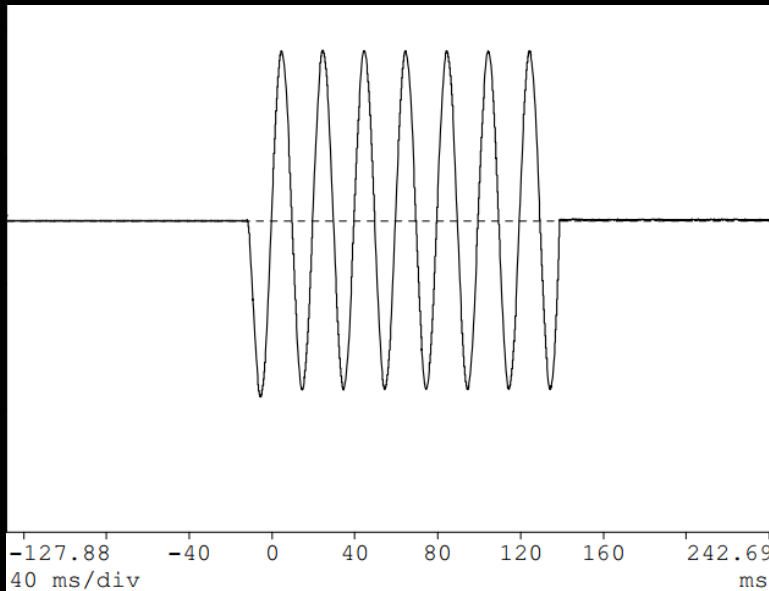


Viene quindi fatta circolare corrente per circa 100 ms e vengono misurati tutti i valori richiesti dalle norme.

Come viene ESEGUITA una prova di corto circuito:

Dopo aver raggiunto i valori obiettivo si passa al collegamento dell'oggetto da testare con il relativo dispositivo di protezione (magnetotermico o fusibile). A questo punto viene inserita tensione e si eseguono le registrazioni e le osservazioni necessarie. Solitamente per dispositivi in prova con corrente nominale fino a 100 A e corrente di cortocircuito superiore a 5 kA, il tempo d'intervento del dispositivo di protezione è nell'ordine dei 10 ms.

Passiamo quindi dal dover misurare una corrente a regime sinusoidale a 50 Hz, a delle correnti impulsive di breve durata.



I valori registrati:



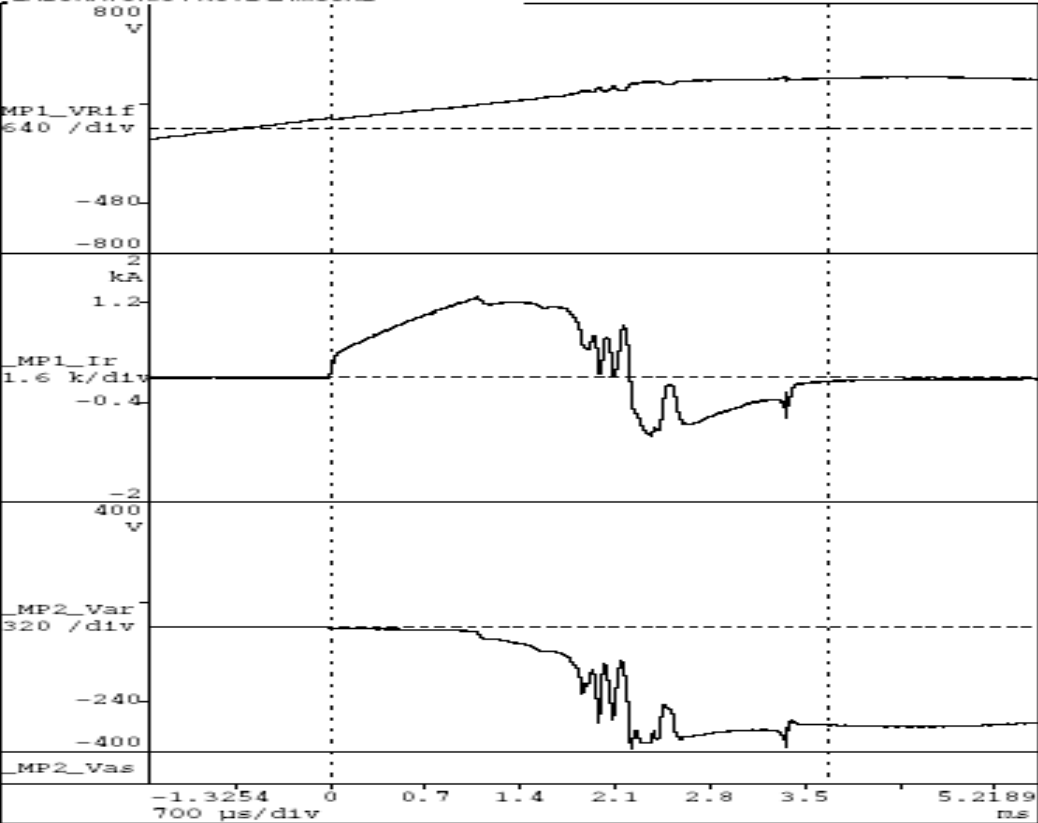
S.p.A.

Prova Monofase 230V / 5kA
cosfi 0.7-0.8

Data: Wednesday
30 May 2007

ID: 00030654

LABORATORIO PROVE E MISURE



Tensione di Riferimento Vrs
Tensione di Picco 333.60 V
Tensione RMS 234.82 V
Frequenza 49.988 Hz

Corrente Fase R
Energia Passante 2.3688 k A²s
Durata Impulso 3.6556 m s
Corrente di Picco 1.3046 k A
Corrente RMS 804.93 A

Tensione d'Arco Fase R
Tensione di Picco 331.84 V
Tensione RMS 241.48 V

Codice Articolo
Esemplare
Tipo di Prova
Riferimento Normativa
Paragrafo
Commenti
6mt cavo 1.5 MT10A Siemens
Esito :Positivo

GS-40-480-0
1
Prova Monofase 230V 5kA cosfi 0.75 15°

pag. /

INTEK Laboratory
Annex N°1 Page 7/26
RP 07-0336

Questo è uno degli
oscillogrammi registrati
all'epoca

VA TUTTO
BENE?

I valori registrati:



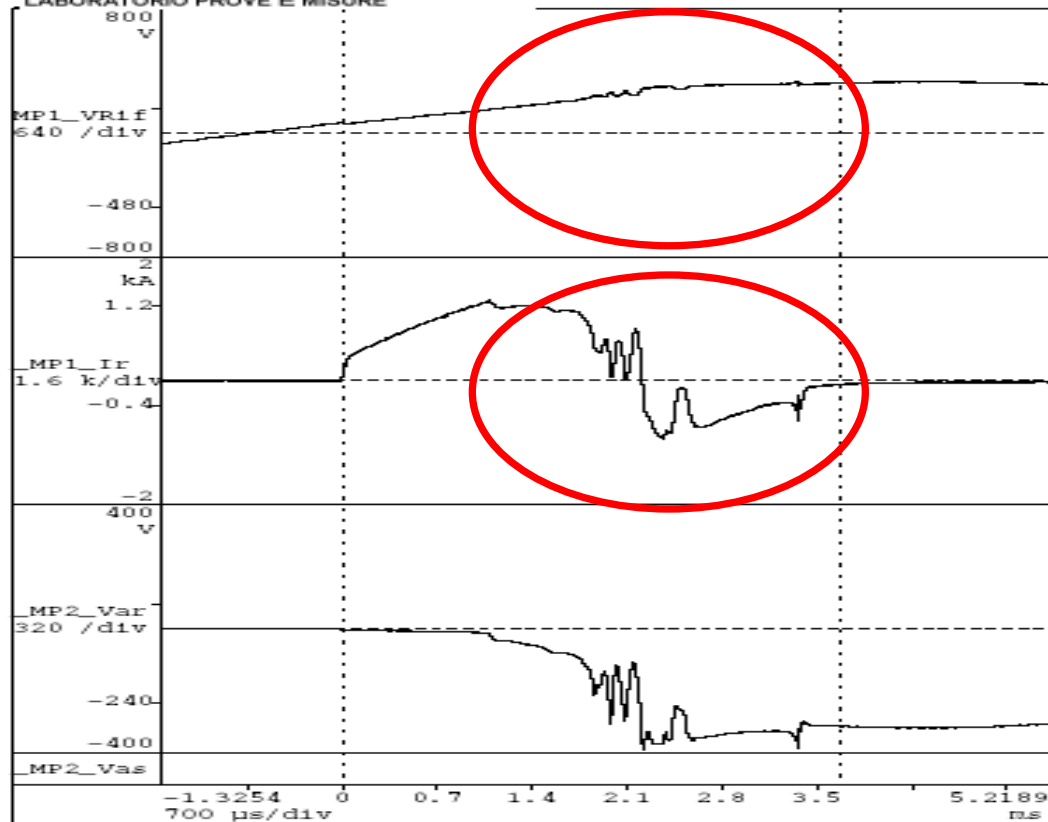
S.p.A.

Prova Monofase 230V / 5kA
cosfi 0.7-0.8

Data: Wednesday
30 May 2007

ID: 00030654

LABORATORIO PROVE E MISURE



Tensione di Riferimento Vrs

Tensione di Picco	333.60	V
Tensione RMS	234.82	V
Frequenza	49.988	Hz

Corrente Fase R

Energia Passante	2.3688 k	A ² s
Durata Impulso	3.6556 m	s
Corrente di Picco	1.3046 k	A
Corrente RMS	804.93	A

Tensione d'Arco Fase R

Tensione di Picco	331.84	V
Tensione RMS	241.48	V

Codice Articolo

Esemplare

Tipo di Prova

Riferimento Normativa

Paragrafo

Commenti

6mt cavo 1.5 MT10A Siemens

Esito :Positivo

GS-40-480-0

1

Prova Monofase 230V 5kA cosfi 0.75 15°

pag. /

INTEK Laboratory
Annex N°1 Page 7/26
RP 07-0336

La corrente può
essere negativa in
quell'istante?

La questione richiede l'analisi della fisica e delle simulazioni al computer...

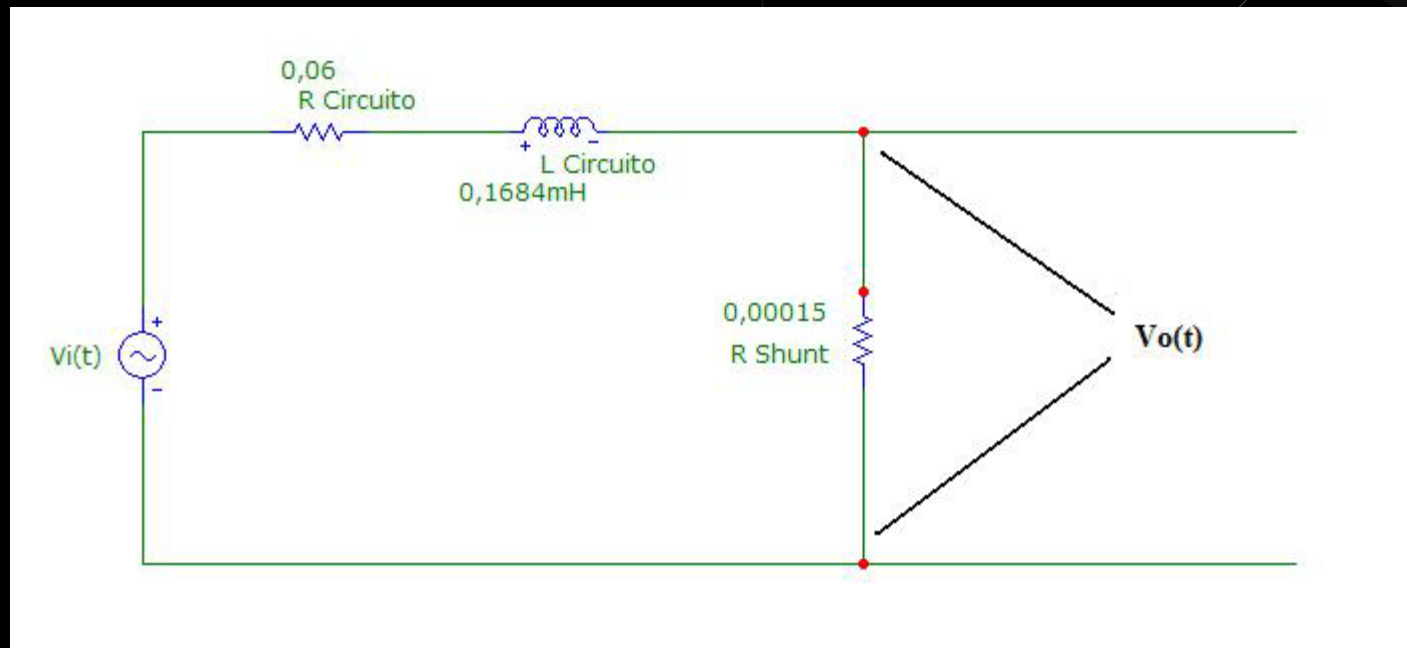
$$v = Ri + L \frac{di}{dt}$$

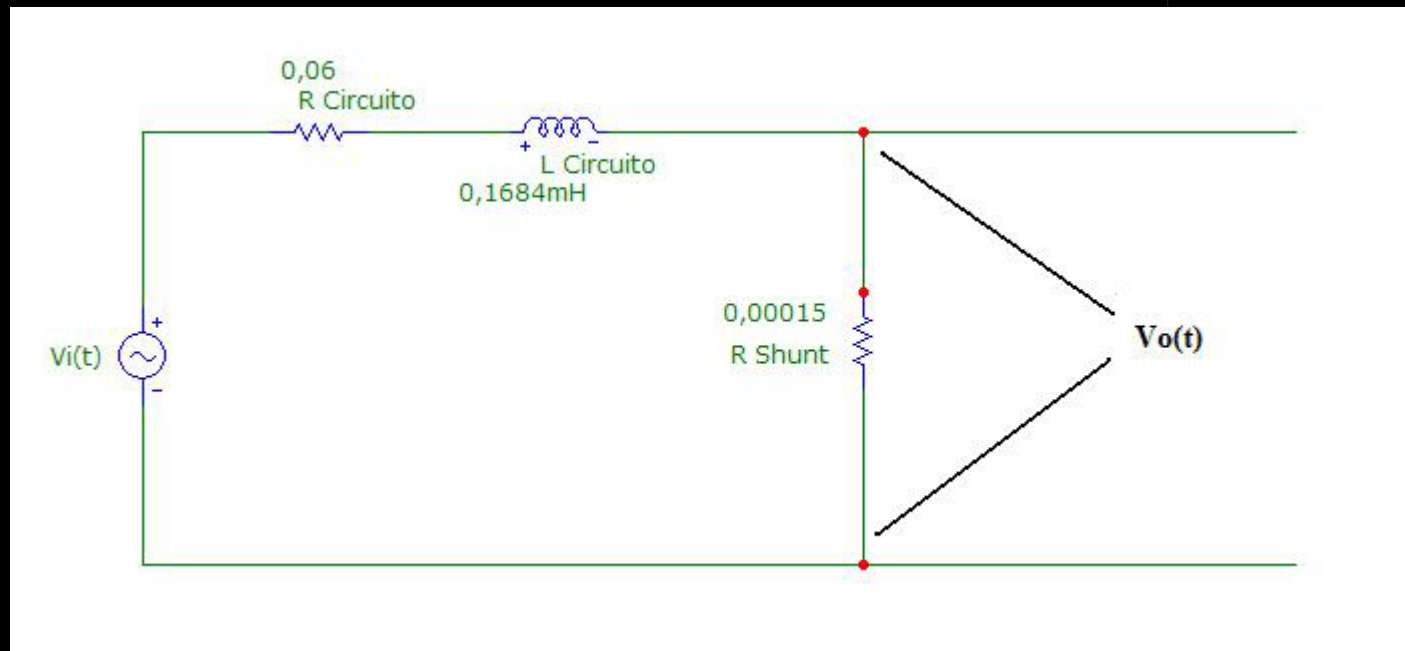
Equazione differenziale alla maglia di un circuito R-L

$$i(t) = \sqrt{2}I \left[\sin(\omega t + \varphi - \gamma) - \sin(\varphi - \gamma)e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$$

Soluzione dell'equazione differenziale a regime sinusoidale

Date le equazioni fondamentali, ricaviamo la tensione ai capi dello shunt (ovvero la misura di corrente).

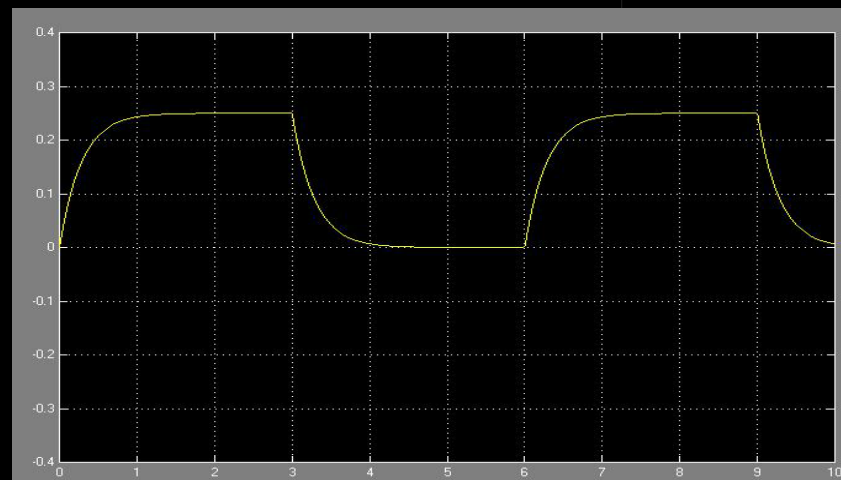




Qualcosa non torna, la risposta del sistema non evidenzia comportamenti anomali...

E se analizzassimo questo circuito sviluppando la funzione di trasferimento?

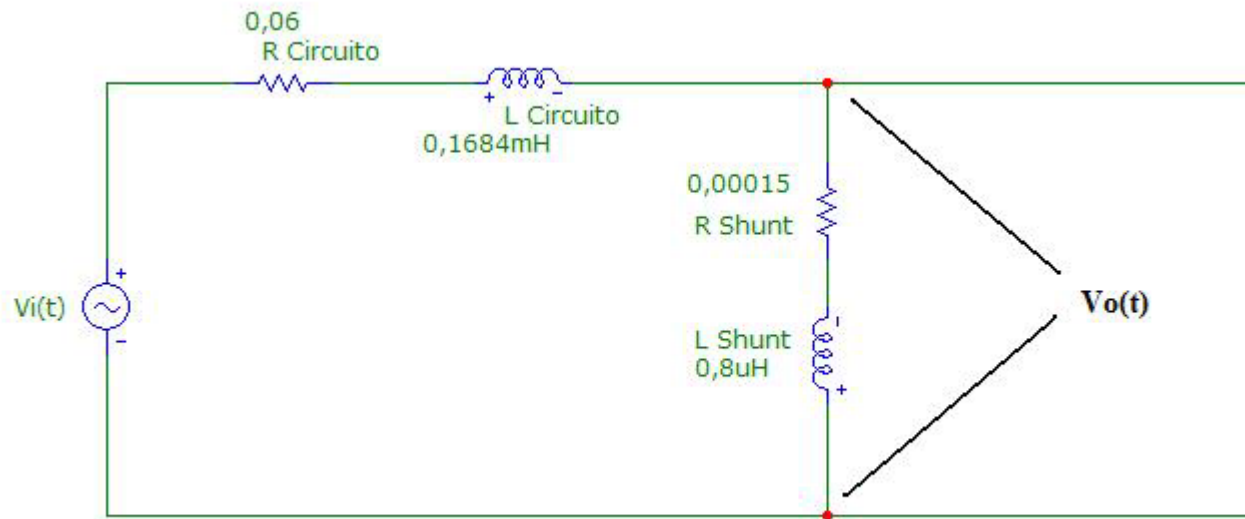
$$F(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{k}{1 + s\tau}$$



quale termine dell'equazione può determinare un comportamento come quello misurato?

$$v = Ri + L \frac{di}{dt}$$

Equazione differenziale alla maglia di un circuito R-L

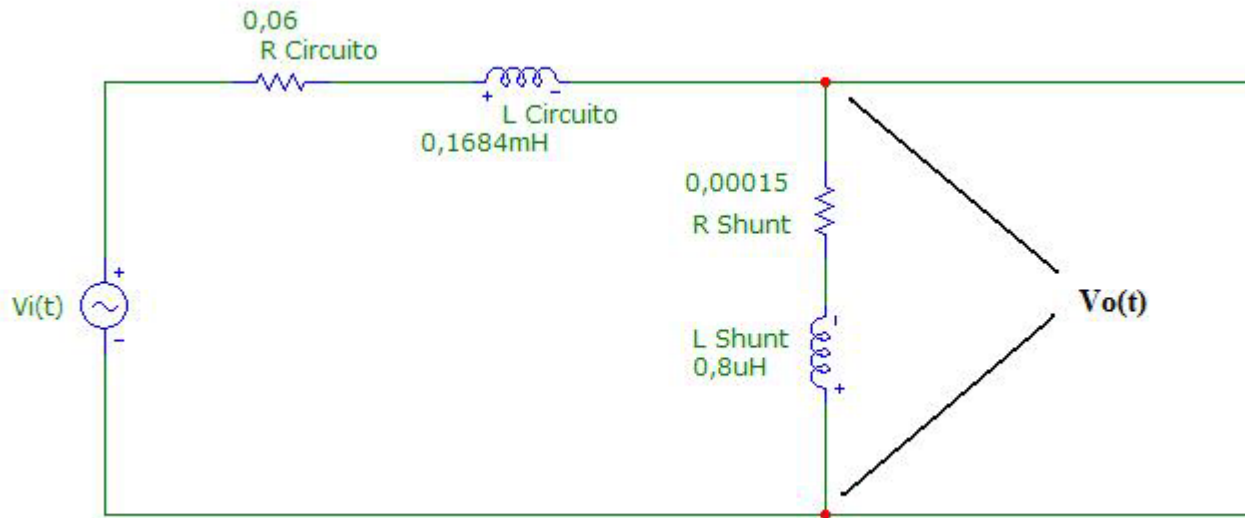


Lo shunt, non avrà
anche una
componente
induttiva?

Come cambia la
funzione di
trasferimento?

$$F(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = k \cdot \frac{1 + s\tau}{1 + s\tau}$$



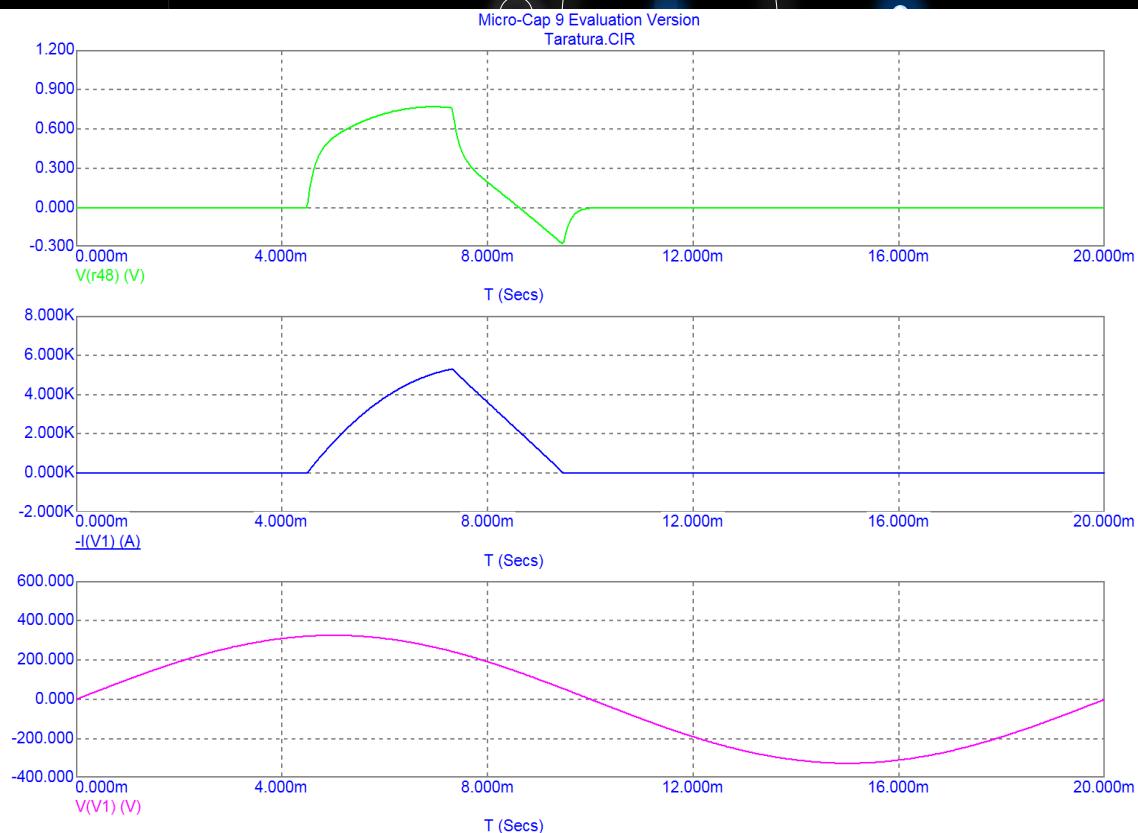
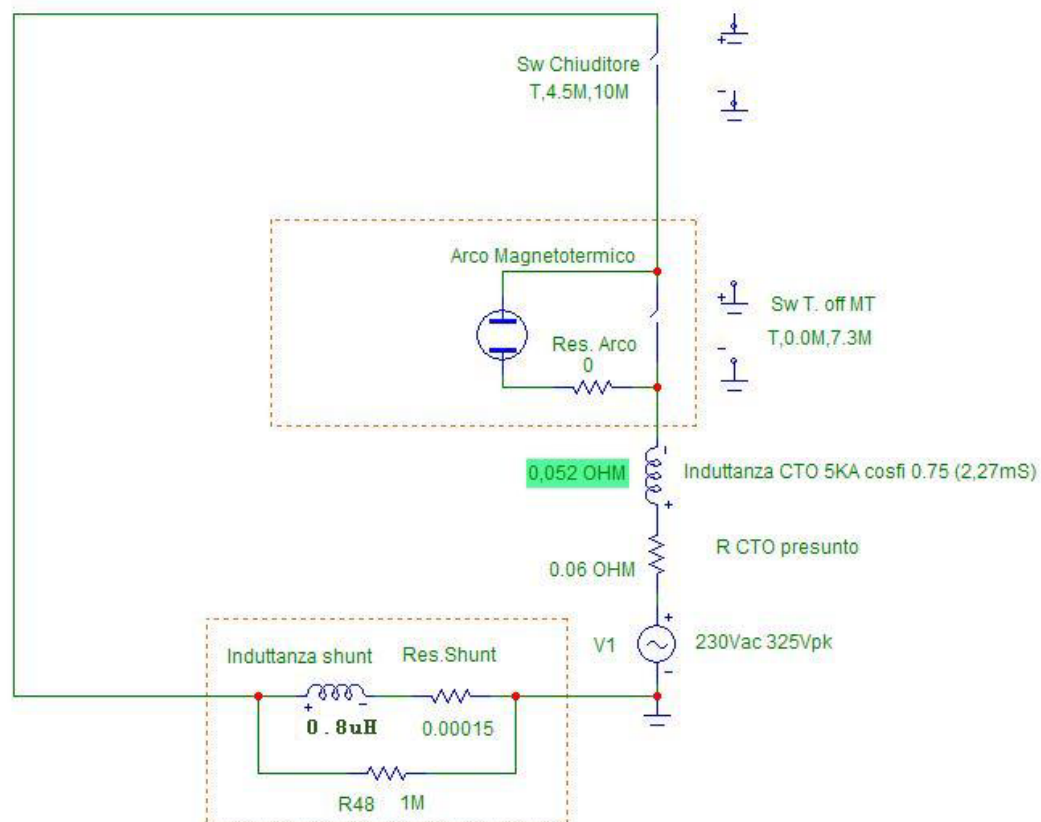


La parte induttiva crea un picco di tensione negativo quando l'ingresso passa da un certo valore a zero in modo repentino, similmente a quando il magnetotermico apre il circuito.

$$F(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = k \cdot \frac{1 + s\tau}{1 + s\tau}$$



Avvalendosi di un SW di simulazione specifico in cui sia possibile simulare l'apertura del circuito attraverso un magnetotermico, introducendo quindi anche la componente non lineare dovuta all'arco elettrico ecco cosa otteniamo...



Come risolviamo?

Gli indizi ottenuti dallo studio e dalle simulazioni ci portano verso la necessità di individuare un altro tipo di sensore di corrente, idoneo anche a registrare impulsi di corrente, come ad esempio la bobina di Rogowski.



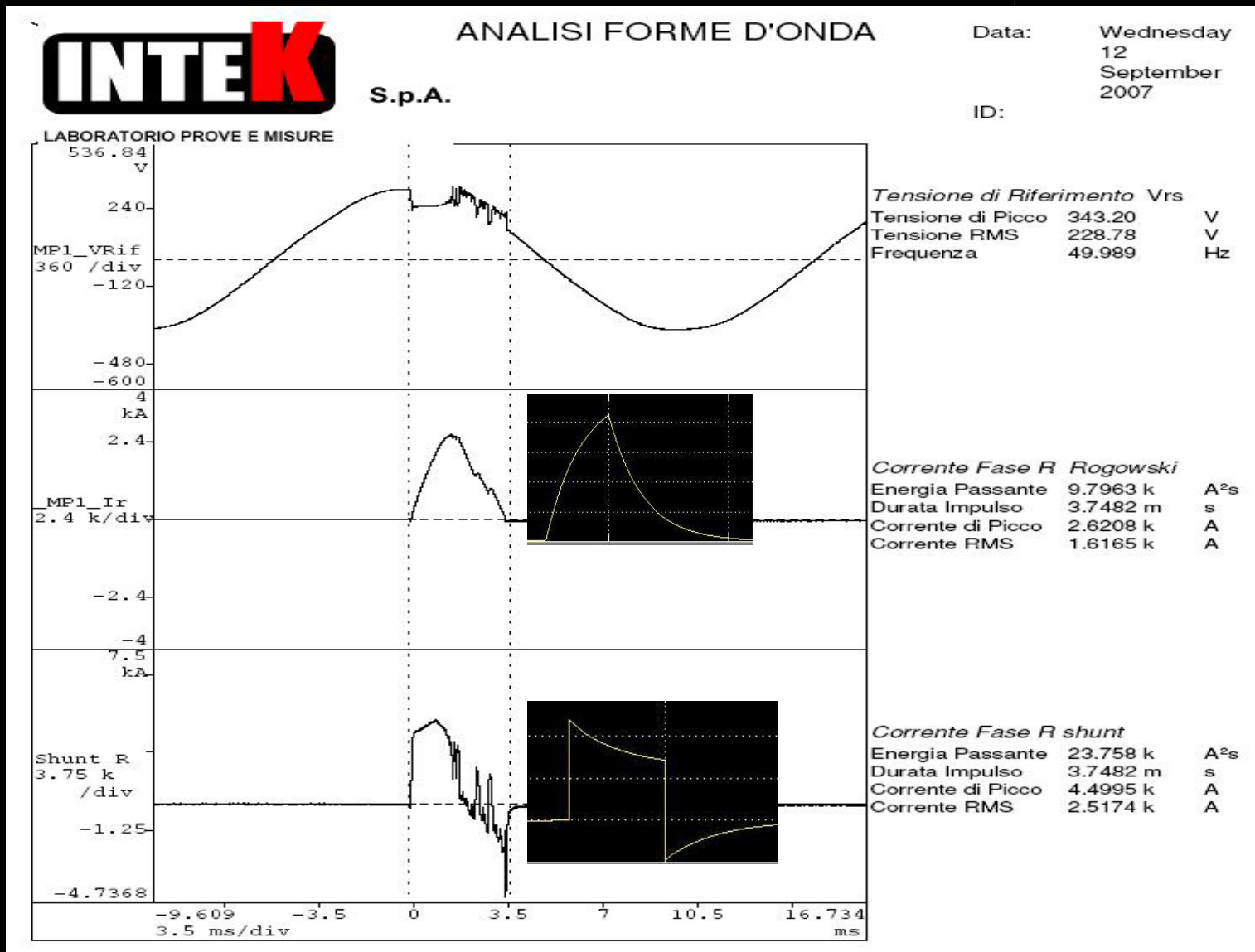
Anche in questo caso la fisica ci fa comprendere come funziona questo sensore...

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \text{ Legge di Biot - Savart}$$

$$\oint_C B \cdot dl = \mu_0 \int \int_S J \cdot dS = \mu_0 I \text{ Legge di Ampere in forma integrale}$$

$$V = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot S}{2 \cdot \pi \cdot r} \frac{di}{dt} \text{ Tensione ai capi della bobina di Rogowski}$$

Risultati...



Poniamo ora nel medesimo circuito sia lo shunt che la bobina di Rogowski ed eseguiamo un'acquisizione contemporanea.

SAREMMO MAI RIUSCITI A SCOPRIRE
TUTTO CIO' SENZA CONOSCENZE DI FISICA
E METROLOGIA?