

LEZIONE DEL 28/03/2007

PROVE DI COMPATIBILITA'

(77)

L'OGGETTO DI STUDIO DELLA COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA DI UN DISPOSITIVO E' DEFINIRNE:

- IMMUNITA' ;
- SUSCETTIVITA' ;
- EMISSIVITA' .

QUESTO STUDIO E' OVVIAMENTE CONDOTTO CON RIFERIMENTO AD UNA NORMATIVA CHE, AD OGGI, E' PER LO PIU' DI NATURA MILITARE.

LA SPIEGAZIONE DELLE ORIGINI DELLA NORMATIVA RISIENE NEL FATTO CHE I PRIMI STUDI NEL SETTORE DELLA COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA SONO STATI CONDOTTI IN CAMPO MILITARE.

PROVE PRATICHE:

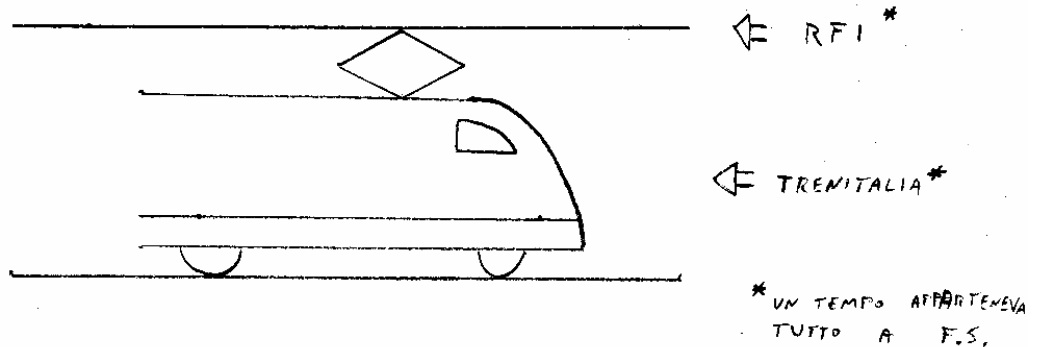
E' UNA CARATTERISTICA DI UN DISPOSITIVO CHE NE DEFINISCE LA ROBUSTEZZA RISPETTO ALLE ONDE ELETTROMAGNETICHE.

AI FINI DI TALE STUDIO SI DEFINISCONO TRE COMPONENTI:

- a) SORGENTE (o SOURCE) ;
- b) MEZZO (o PATH) ;
- c) DISPOSITIVO IN PROVA (o EVT o VICTIM) .

78

NEL DESCRIVERE QUESTI COMPONENTI SI RIPORTA
UN CASO DI STUDIO PRATICO. TALE ESEMPIO
CONSISTE NELLA VALUTAZIONE DELL'INTERFERENZA
PANTOGRAFO - CATENARIA DI UN LOCOMOTORE FERROVIARIO.



ANZITUTTO E' OPPORTUNO, AI FINI DELLE MISURE,
DISTINGUERE TRA SEGNALE E RUMORE. PER QUESTO
MOTIVO VIENE SEMPRE EFFETTUATA UNA PRIMA
MISURAZIONE CON CARICO APERTO ATTA A STIMARE
L'ENTITA' DEL RUMORE.

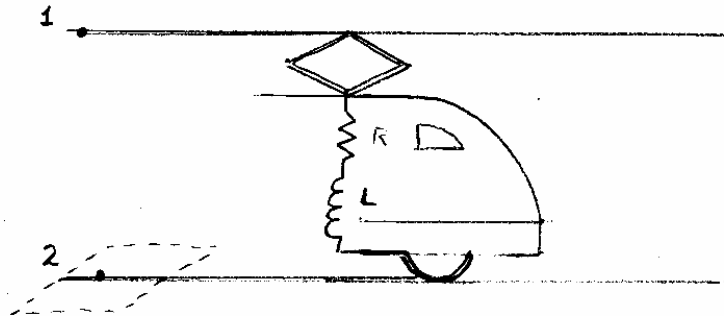
SI DISTINGUE, INOLTRE, TRA MISURE IN FREQUENZA
E NEL DOMINIO DEL TEMPO. NEL PRIMO CASO SI
IMPIEGA UN ANALIZZATORE DI SPETTRO, MENTRE NEL
SECONDO CASO SI MISURA L'EVOLUZIONE DI UN
SEGNALE NEL TEMPO.

IN FASE DI PREPARAZIONE DELLA PROVA E' IMPORTANTE
LO STUDIO NEGLI SCHERMI CHE SOVENTE E'
PIU' UN'ARTE CHE UNO STUDIO RIGOROSO (TALVOLTA
SI RIDUCE AD AVVOLGERE NELLA CARTA STAGNOLA ALCUNI
COMPONENTI).

IL PERCORSO (PATH) PUO' ESSERE RADIATO (ARIA)
OPPURE CONDOTTO (COLLEGAMENTO METALLICO O MUTUO ACCOPPIAMENTO).

CON RIFERIMENTO AL CASO DI STUDIO, VI SONO
DEI CAVI CHE PORTANO IL SEGNALE :

79



L'ESISTENZA DI ACCOPPIAMENTI MUTUI TRA I PUNTI
1 E 2 DI FIGURA PUO' FALSARE LE MISURE. DA
CIO' DERIVA UNA REGOLA PRATICA CHE IMPONE LA
REALIZZAZIONE DI PERCORSI BREVI E SPIRE PICCOLE.
PER QUANTO RIGUARDA IL DISPOSITIVO SOTTO
PROVA (EUT O VICTIM), UN PARAMETRO DETERMINANTE
E' CERTAMENTE IL SUO ORIENTAMENTO, TIPICAMENTE
STUDIATO IN MODO DA AVERE IL MASSIMO ACCOPPIAMENTO
CON LA SORGENTE.

SCOPO DELLA PROVA E', QUINDI, DEFINIRE:

1. IMMUNITA' DEL DISPOSITIVO DA DISTURBI ESTERNI;
2. EMISSIVITA' COMPATIBILE CON L'AMBIENTE CIRCOSTANTE;
3. COMPATIBILITA' DEL DISPOSITIVO CON ALTRI
DISPOSITIVI E CON SE' STESSO.

LA PROVA EFFETTUATA SI ARTICOLA PERTANTO IN
MISURE DI:

1. SUSCETTIVITA' ED EMISSIVITA' CONDOTTE;
2. SUSCETTIVITA' ED EMISSIVITA' RADIATE.

CHE IN PRATICA SI TRADUCONO IN :

80

- TEST DI IMMUNITÀ' (ESD IMMUNITY TEST)
- LISN (CONDUCTED EMISSION)

NELL'AMBITO DELLA EMISSIVITA' E SUSCETTIVITA' CONDOTTE LE MISURE CHE SI VOGLIANO EFFETTUARE SONO DEI DISTURBI CHE RIGUARDANO IL DISPOSITIVO SOTTO PROVA. UNA PROBLEMATICA DA RISOLVERE RIGUARDA LA DISTINZIONE TRA I DISTURBI EMESI DAL DISPOSITIVO E LA RETE. A TALE SCOPO SI UTILIZZA LA LISN, CHE CONSISTE IN UN OPPORTUNO FILTRO.

I LUOGHI DI MISURA, PER SCOPO DI GLOSSARIO, SONO:

- CAMPO APERTO (OATS)
- CAMERA SCHERMATA
- CELLA TEM
- CAMERA SEMIANECOICA (SIMULA UN OATS)
- CAMERA DI RIVERBERAZIONE

81

MODELLI DI NON LINEARITA'

Con riferimento al comportamento ideale del mezzo, l'equazione di diffusione assume una forma parabolica:

$$\nabla^2 H = \sigma \mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

Considerando il comportamento non lineare non si può fare a meno di esprimerla nella forma:

$$\nabla^2 H = \sigma \frac{\partial B}{\partial H} \cdot \frac{\partial H}{\partial t}$$

Le non linearità, in bassa frequenza, non sono infatti trascurabili. Primi fra questi sono i fenomeni di isteresi, per i quali sono stati formulati diversi modelli, di cui i più rigorosi sono:

- modello di Langevin;
- modello di Preisach;
- modello di Jiles Atherton (Langevin modificato)

82

QUESTI SONO MODELLI COSIDDETTI "MACROSCOPICI" CHE STUDIANO, PER L'APPUNTO, IL COMPORTAMENTO MACROSCOPICO DEI MATERIALI FERROMAGNETICI. FRA I SUCCITATI MODELLI SI DESCRIVE DI SEGUITO IL MODELLO DI LANGEVIN.

DATO UN DIPOLLO MAGNETICO IMPERSO IN UN CAMPO MAGNETICO UNIFORME, POSSIAMO DESCRIVERNE COPPIA ED ENERGIA:

$$\vec{C} = \vec{m} \times \vec{B} \quad \text{DOVE} \quad \vec{m} = I \cdot S \vec{n}$$

$$U_m = - \vec{m} \cdot \vec{B}$$

DATA UNA DISTRIBUZIONE DI DIPOLI MAGNETICI E DEFINITO UN VOLUME "PICCOLO" HA SENSO PARLARE DI ORIENTAMENTO MEDIO DEI DIPOLI CONTENUTI NEL VOLUME MEDESIMO. CON RIFERIMENTO AD UN ANGOLO SOLIDO INFINITESIMO POSSIAMO DESCRIVERE TALE ORIENTAMENTO IN TERMINI STATISTICI

$$dN = A e^{-\frac{U_m}{kT}} d\Omega \quad (*)$$

IN QUESTA ESPRESSIONE IL TERMINE U_m RAPPRESENTA L'ENERGIA MAGNETICA DEL DIPOLLO, MENTRE kT RAPPRESENTA L'ENERGIA TERMICA. CIO' VUOL DIRE CHE, NEL COMPUTO DELL'ORIENTAMENTO DEI DIPOLI INTERVENGONO SIA I CAMPI, SIA LA TEMPERATURA CON TENDENZE CONTRASTANTI

PIÙ IN PARTICOLARE :

83

- LA TEMPERATURA (≡ AGITAZIONE TERMICA) GENERA DISTRIBUZIONE CASUALE;
- IL CAMPO GENERA UN ALLINEAMENTO ORDINATO.

PARTENDO DALLA (*) E PONENDO $\alpha = \frac{\vec{m}_0 \cdot \vec{B}}{kT}$ POSSIAMO DESCRIVERE L'ORIENTAMENTO MEDIO DEI DIPOLI MAGNETICI, NEL SEGUENTE MODO :

$$m_0 \cos \theta = m_0 L(\alpha)$$

DOVE, FISSATA LA TEMPERATURA, LA FUNZIONE $L(\alpha)$ ASSUME LA FORMA :

$$L(\alpha) = \coth(\alpha) + \frac{1}{\alpha}$$

E' POSSIBILE PARTICOLAREGGIARE IL RISULTATO OTTENUTO PER I MATERIALI FERROMAGNETICI, RICORDANDO CHE:

$$B = \mu_0 (H + M) + \lambda M \mu_0$$

RICONDUCE ALLA FORMA :

$$B = \mu_0 (H + M')$$

SIA $S = 1 + \lambda$

$$\Rightarrow B = \mu_0 H + \mu_0 S M$$

DA CUI

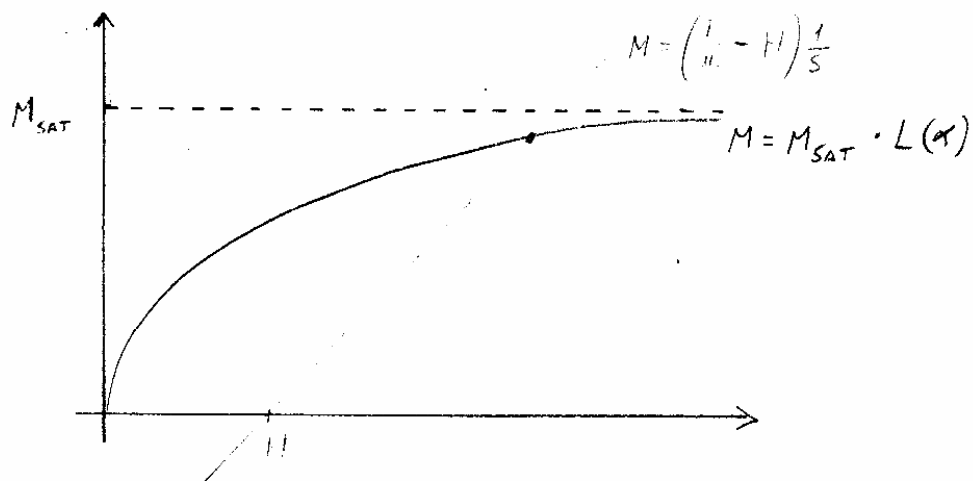
84

$$M = \left(\frac{B}{\mu_0} - H \right) \frac{1}{S}$$

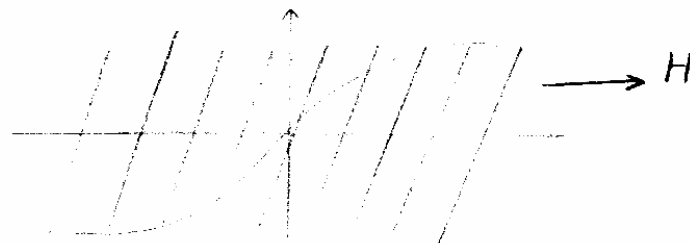
COMBINANDO QUESTA ESPRESSIONE CON IL MODELLO
DI LANGEVIN :

$$\begin{cases} M = \left(\frac{B}{\mu_0} - H \right) \frac{1}{S} \\ M = M_{SAT} \cdot L(\alpha) \end{cases}$$

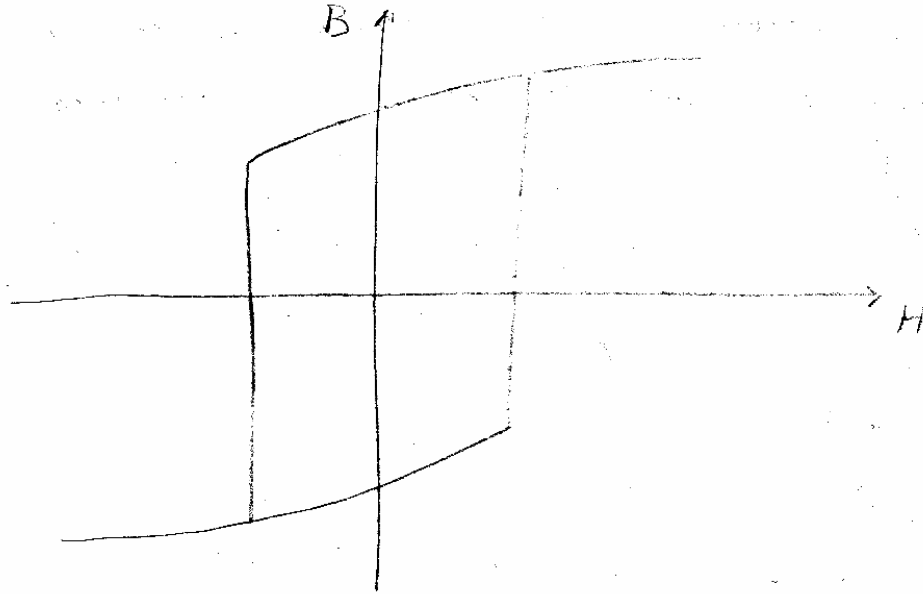
QUESTO SISTEMA È RISOLVIBILE GRAFICAMENTE :



SI NOTI CHE AL VARIARE DI H LA
RETTA TRASLA ORIZZONTALMENTE.



GRAFICANDO LE INTERSEZIONI TRA LA CURVA (85)
DI LANGEVIN E LE RETTE SI OTTIENE
IL SEGUENTE GRAFICO:

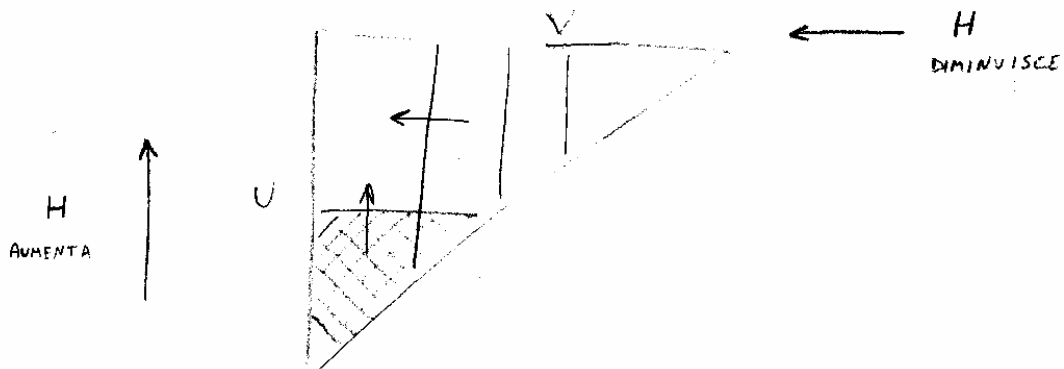


CHE RAPPRESENTA UN MODELLO DI ISTERESI,
ESSENDO $\propto$ INVERSAMENTE PROPORZIONALE
ALLA TEMPERATURA, SI DIMOSTRA CHE LA
RETTA E' TANGENTE ALLA CURVA DI LANGEVIN
PER UNA CERTA TEMPERATURA (DEFINITA CRITICA),
PER LA QUALE UN MATERIALE FERROMAGNETICO
PERDE LE SUE PROPRIETA'.

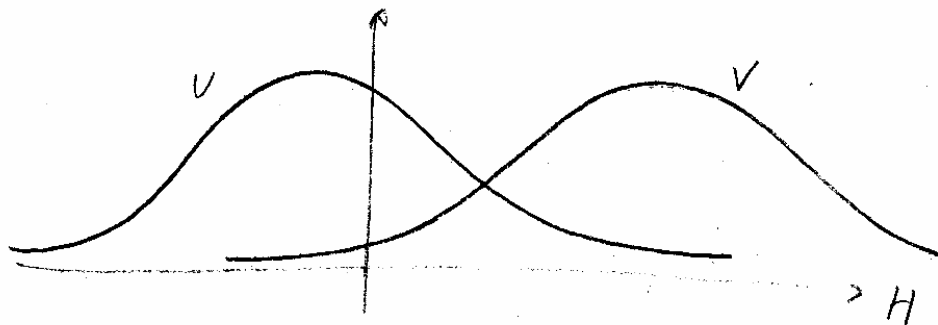
86

MODELLO DI PREISAC

UN ALTRO MODO DI MODELLIZZARE L'ISTERESI CONSISTE NELL'UTILIZZARE DUE FUNZIONI DIVERSE A SECONDA CHE IL CAMPO H CRESCA, O DIMINUISCA



QUESTE FUNZIONI (U e V) DESCRIVONO LA QUANTITÀ DI DIPOLI CHE SI ORIENTANO PER UN INTERVALLO INFINITESIMO DEL CAMPO APPLICATO. IN GENERALE LE FUNZIONI U E V POSSONO ESSERE DUE DISTRIBUZIONI DI DENSITÀ DI PROBABILITÀ GAUSSIANE:



AUMENTANDO H SI DESCRIVE L'INCREMENTO DI DIPOLI ORIENTATI PERMEZZO DELLA FUNZIONE U , MENTRE SI USERÀ LA FUNZIONE V PER DECREMENTI DEL CAMPO H . LA FUNZIONE CUMULATA DESCRIVE IN TAL MODO UN COMPORTAMENTO ISTERETICO