

ELETTROTECNICA

Principi ed applicazioni di Ingegneria Elettrica

Corso di Laurea in Ingegneria Civile (6 CFU)

Lezione 01 – *Presentazione del corso*



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Prof. Alberto Geri

*Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica
Area Ingegneria Elettrica - Via delle Sette Sale n° 12/b, Roma
T 06 44585.534/540 F 06 4883235 alberto.geri@uniroma1.it*



Prof. Alberto Geri

Dipartimento di Ingegneria Astronautica,
Elettrica ed Energetica – DIAEE

Via delle Sette Sale, n° 12/B – I piano, st. 43



Telefono : 06 44585.534/540



FAX : 06 4883235



E-mail : alberto.geri@uniroma1.it



Web : www.diaee.uniroma1.it

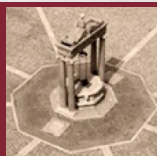


Ricevimento: *martedì ore 10:30 - 12:30*
giovedì ore 10:30 - 12:30
c/o ufficio Prof. Geri



Obiettivi formativi e risultati attesi

- Il corso ha lo scopo di fornire agli studenti tutti gli strumenti culturali per la comprensione dei fenomeni elettromagnetici di prevalente interesse nelle applicazioni ingegneristiche, nonché le principali tecniche di analisi dei circuiti elettrici a parametri concentrati in regime stazionario e quasi-stazionario (sinusoidale o alternato).
- Al termine del corso lo studente avrà acquisito quelle conoscenze di base necessarie per affrontare e risolvere alcuni problemi di pratico interesse per un ingegnere civile. In particolare, sarà in grado di effettuare i principali calcoli di verifica e dimensionamento degli impianti elettrici in bassa tensione (BT), nonché scegliere e coordinare le relative protezioni.

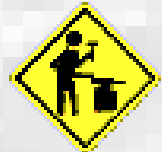




- M. Guarnieri, A. Stella, “*Principi ed Applicazioni di Elettrotecnica*”, Vol. I e II, Edizioni Progetto Padova, Padova



Dispense a cura del docente



Consigliati G. Rizzoni, “*Elettrotecnica – Principi ed applicazioni*”, Terza edizioni, Mc Graw-Hill

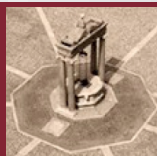


M. Baronio, G. Bellato, M. Montalbetti, “*Manuale degli Impianti elettrici*”, Editoriale Delfino, UTET



In sintesi

- **Reti elettriche** (3 CFU)
Dai campi ai circuiti. Reti elettriche a parametri concentrati. Leggi e teoremi fondamentali. Metodi di soluzione delle reti elettriche in regime stazionario e dinamico. Sistemi trifase.
- **Macchine elettriche** (1 CFU)
Principio di funzionamento del trasformatore. Il trasformatore reale. Conversione elettromeccanica dell'energia. Campo magnetico rotante. Generatori sincroni ed i motori asincroni.
- **Impianti Elettrici** (2 CFU)
Struttura dei sistemi elettrici di potenza. Componenti fondamentali: linee elettriche, apparecchiature di comando, manovra, protezione e misura. Sicurezza elettrica.



Reti elettriche

- **Fondamenti di teoria dei circuiti**

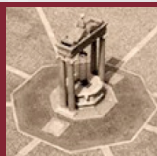
Dai campi ai circuiti. Principali grandezze e loro misura. Topologia delle reti. Leggi di Kirchoff. Teorema di Tellegen. Elementi circuitali fondamentali. Trasformazioni delle reti. Metodo generale di analisi.

- **Reti in regime stazionario**

Teoremi fondamentali. Metodo delle maglie e dei nodi. Altri metodi di analisi.

- **Reti in regime alternato**

Metodo simbolico. Impedenza ed ammettenza. Potenza in regime sinusoidale. Teoremi fondamentali. Metodo delle maglie e dei nodi. Altri metodi di analisi. Circuiti risonanti e filtri. Reti trifase. Rifasamento. Cenni sul regime alternato e sulla serie di Fourier.



Macchine elettriche

- **Macchine elettriche**

Definizioni, classificazione e cenni costruttivi. Caratteristiche nominali, classi di isolamento e tipi di servizio. Perdite e rendimenti.

- **Macchine statiche: trasformatori**

Principio di funzionamento del trasformatore ideale. Trasformatori reali monofase e trifase: cenni costruttivi, circuito equivalente, dati di targa e scelta del trasformatore. Convertitori statici.

- **Macchine rotanti: generatori sincroni e motori asincroni**

Conversione elettromeccanica dell'energia. Campo magnetico rotante. Generatori sincroni: cenni costruttivi, circuiti equivalenti e dati di targa. Motori asincroni: cenni costruttivi, circuiti equivalenti, dati di targa e scelta dei motori.



Impianti elettrici

- **Sistemi elettrici di potenza**

Cenni storici e definizioni. Struttura del sistema elettrico italiano. Caratteristiche dei carichi elettrici. Futuri sviluppi.

- **Componenti fondamentali degli impianti elettrici in BT**

Cabine di trasformazione MT/BT. Quadri di distribuzione. Condotture elettriche. Dispositivi di manovra e di protezione. Utilizzatori finali. Impianti di terra e loro dimensionamento.

- **Impianti elettrici utilizzatori in BT**

Sistemi di distribuzione. Rifasamento degli impianti. Protezione degli impianti dalle sovratensioni e dalle sovracorrenti. Protezione delle persone contro i contatti diretti ed indiretti. Verifiche. Riferimenti normativi. Scelta del trasformatore, calcolo delle condutture, rifasamento dell'impianto, scelta e coordinamento delle protezioni.



Informazioni sull'insegnamento

Elettrotecnica (BENR 9 CFU)

My home / I miei corsi Termina personalizzazione

AMMINISTRAZIONE

- Impostazioni profilo
 - Modifica
 - Cambia password
 - Chiave di sicurezza
 - Messaggistica
 - Blog
 - Badge
- Amministrazione del sito

NAVIGAZIONE

- My home
 - Home del sito
 - Pagine del sito
 - Il mio profilo
- I miei corsi
 - ELTMCV
 - ELTBEN

PANORAMICA CORSI

Numero di corsi da visualizzare: Tutti

- Elettrotecnica (MCVR 6 CFU)
- Elettrotecnica (BENR 9 CFU)

FILE PERSONALI

Non sono presenti file

UTENTI ONLINE

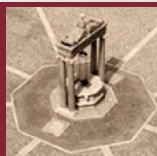
(ultimi 5 minuti)

- Alberto Geri
- carol stella
- Federico Carso
- erica greco
- vittoria tomarro
- Carmen Ostuni
- claudia colu
- Franço
- ... pomolla
- ... gargiulo
- martha mirabelli



Organizzazioni delle lezioni (30 h) e delle esercitazioni (18 h)

- Nell'ambito delle ore previste per la didattica frontale (48 h), le lezioni e le esercitazioni si alterneranno senza seguire un ordine predefinito: le esercitazioni avranno infatti la funzione di illustrare gli aspetti applicativi degli argomenti teorici trattati.
- Saranno periodicamente proposti dei test di autovalutazione per dare modo agli studenti di verificare il livello di preparazione raggiunto in vista della verifica scritta finale.
- Per lo svolgimento delle esercitazioni e per sostenere le verifiche scritte, si consiglia l'impiego di una **calcolatrice idonea ad operare con i numeri complessi** ed a risolvere sistemi di equazioni complesse almeno di ordine ≤ 3 .



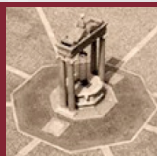
Tutoraggio ed assegnazioni tesi

- **Tutoraggio**

E' prevista un'attività di tutoraggio svolta, su base volontaria, dall'Ing. Marco Maccioni c/o l'ufficio del Prof. Alberto Geri, tutti i mercoledì dalle 14:00 alle 17:00.

- **Assegnazioni tesi**

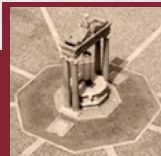
Essendo l'insegnamento di **Elettrotecnica** non caratterizzante per la *Laurea Magistrale in Ingegneria Civile* si ritiene opportuno non assegnare tesi; ferma restando la disponibilità a collaborare con colleghi di discipline caratterizzanti su tesi multidisciplinari in cui siano richieste anche competenze specifiche del settore elettrotecnico.



Appelli di esame

- Ultimo aggiornamento: 02/03/2014 16:33:34
- **Pubblicazioni.** Gli appelli di esame saranno tempestivamente pubblicati su **infostud** (sono già stati pubblicati gli appelli di tutte le sessioni dell'A.A. in corso).
 - **Campo note.** Nel campo note saranno pubblicate l'aula e l'ora del corrispondente appello di esame (non appena comunicate dalle Segreterie Didattica di Ingegneria).
 - **Mailing list.** E' utilizzata per comunicazioni di servizio (e.g., l'avvenuta pubblicazione del calendario dei colloqui/verbalizzazioni) e/o variazioni dell'ultim'ora in merito a data, aula e/o ora della verifica scritta finale.

INFOSTUD



Modalità di svolgimento

- **Verifica scritta finale**

- I. Domande aperte (2 h)

1. ... *sulle reti elettriche*
2. ... *sulle macchine elettriche
o sugli impianti elettrici*

- II. Applicazioni numeriche (2 h)

1. ... *sulle reti elettriche*
2. ... *sulle macchine elettriche
o sugli impianti elettrici*

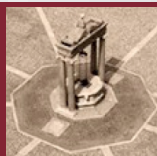
- **Colloquio**

- Discussione della verifica scritta finale
- Domanda orale, su richiesta dello studente o a discrezione del docente, sia teorica che numerica (o sulle reti, o sulle macchine o sugli impianti).

- Documento di identità
- Calcolatrice (**solo II prova**)
- Penne, matite, gomme ecc.

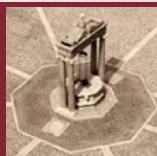
Zaini, borse, libri, dispense e materiale analogo dovrà essere depositato all'ingresso dell'aula

- Documento di identità
- Copia della ricevuta di prenotazione on-line all'esame



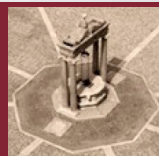
Valutazioni delle prove di esame

- Il voto della verifica scritta finale scaturirà dalla media dei quattro voti, *espressi in trentesimi*, delle due domande aperte e delle due applicazioni numeriche assegnate.
- Se la votazione conseguita non è inferiore a **18/30**, l'esame potrà essere immediatamente verbalizzato; fatta esclusione per coloro che richiedono, o a cui il docente richiede esplicitamente, di sostenere la prova orale, che verterà sugli argomenti trattati nel corso, e potrà contribuire al voto complessivo dell'esame assommando fino ad un massimo di **3/30**.
- È possibile sostenere il colloquio in un appello successivo a quello in cui si è svolta la verifica finale, ed è possibile conservare il voto della verifica per un anno accademico.



Analisi matematica

- Elementi di trigonometria.
 - Numeri complessi: definizioni, rappresentazioni ed operazioni fondamentali.
 - Calcolo differenziale ed integrale.
 - Campi vettoriali ed operatori differenziali vettoriali: campi conservativi e potenziali; integrali curvilinei di campi conservativi; gradiente, divergenza (*teorema della divergenza o di Gauss*), rotore (*teorema di Stokes*) e reciproci legami; campi irrotazionali e solenoidali; caratterizzazioni dei campi conservativi; operatori del secondo ordine e di Laplace.
 - Sviluppo in serie di Fourier di funzioni periodiche.
- ▶ *Argomenti questi trattati nei corsi di Analisi Matematica I e II.*



Geometria

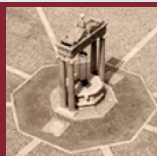
- Sistemi di equazioni lineari; sistemi omogenei; sistemi equivalenti; soluzioni dei sistemi.
 - Matrici ad elementi reali e ad elementi complessi.
 - Matrici elementari; matrice riga, colonna, trasposta, inversa; matrice triangolare e matrice diagonale; matrici simmetriche.
 - Operazioni tra matrici.
 - Forma matriciale di sistemi lineari.
 - Definizione di determinante e sue proprietà fondamentali; matrici singolari e non.
 - Soluzioni di sistemi lineari in forma matriciale.
- ▶ *Argomenti questi trattati nel corso di Geometria.*



Fisica

- Campo elettrico.
- Elettrostatica nel vuoto ed in presenza di mezzi dielettrici.
- Campo statico di conduzione e corrente elettrica stazionaria.
- Campo magnetico.
- Magnetostatica nel vuoto ed in presenza della materia.
- Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo.
- Equazioni di Maxwell.
- Condizioni di raccordo per i campi nel passaggio da un mezzo ad un altro.
- Onde elettromagnetiche.

► *Argomenti questi trattati nel corso di Fisica.*





L'inizio ...



Il conte **Alessandro Volta** (Como, 18.02.1745 – Camnago Volta, 05.03.1827) è stato un fisico e filosofo italiano, conosciuto soprattutto per l'invenzione della **pila elettrica** e la scoperta del metano. Nel 1800, in una comunicazione datata 20 marzo, ed indirizzata al Presidente della Royal Society, Sir Joseph Banks, Volta annuncia alla comunità scientifica l'invenzione della pila, da lui chiamata "**organo elettrico artificiale**" (in analogia all'organo elettrico del pesce Raja Torpedine).



L'inizio dell'**Elettrotecnica** si può far coincidere con l'invenzione della *pila*. Da quel momento, fu infatti possibile imbrigliare e controllare questa nuova forma di energia, e quindi incominciare a studiare le applicazioni industriali della stessa.

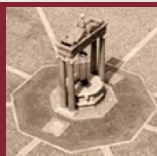


Alla “Sapienza” ...



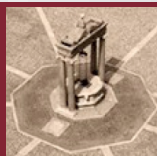
Il primo corso libero di **Elettrotecnica** fu impartito alla “Sapienza” nel 1886 dall'ing. **Guglielmo Mengarini** (Roma, 27.12.1856 – Roma, 25.07.1927). Mengarini, libero docente dal 1889, ebbe l'incarico ufficiale del corso di Elettrotecnica nel 1891, ed impartì l'insegnamento fino al 1911. E' significativo ricordare che agli anni 1885-'86 risalgono sia i brevetti del motore asincrono, sia le prime realizzazioni industriali del trasformatore. Mengarini è

passato alla storia per aver realizzato, per la prima volta nel mondo (1892), un impianto industriale per la trasmissione a distanza dell'energia elettrica in corrente alternata monofase, che ha collegato la centrale idroelettrica di Tivoli a Roma. Fu nominato senatore del Regno nel 1919.



Che cosa è ?

- L'**Elettrotecnica** è quella parte della tecnica che si occupa delle **applicazioni pratiche dell'energia elettrica** che vanno dall'*elettromeccanica*, all'*elettrochimica*, alla *illuminazione*, alla *trazione*, alle *telecomunicazioni*, alle *segnalazioni*, alle *misurazioni*, ai *controlli* di vario genere ecc..
- Ha quindi per oggetto lo **studio** dei **campi elettromagnetici**, dei **circuiti elettrici** (alimentati da *correnti continue*, *alternate* o *comunque variabili*), degli **effetti prodotti dalle correnti** (*elettromagnetici*, *termici*, *elettrochimici*, ecc.), delle **macchine elettriche** (*generatori*, *motori*, *convertitori* e *raddrizzatori*) e degli **impianti elettrici** (*di produzione*, *di trasporto*, *di distribuzione* e *di utilizzazione* dell'energia elettrica), nonché delle tecniche di **misurazione** elettrica.

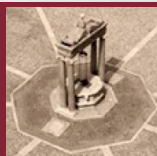


In generale quindi ...

- L'**Elettrotecnica** si occupa dello studio (i.e., dell'analisi e/o della progettazione) dei **sistemi elettrici** (*di potenza*), ovvero di quei sistemi fisici costituiti da

un insieme di parti organizzate in modo da svolgere una determinata funzione che coinvolge nello stadio iniziale e/o in quello finale l'energia sotto forma elettrica.

- Un esempio in tal senso è costituito dai **sistemi di generazione**, cioè dall'*insieme dei dispositivi preposti alla conversione in energia elettrica di energia di altra natura* (e.g., l'energia eolica, solare, termica o idraulica, che viene rispettivamente convertita in energia elettrica nelle centrali di tipo eolico, fotovoltaico, termoelettrico o idroelettrico).



Di che cosa si occupa ...

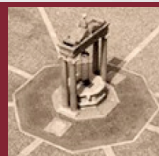
- **Analizza ...**

... cioè studia il comportamento di un sistema (elettrico) al fine di prevederne le risposte nelle condizioni di esercizio e/o di guasto.

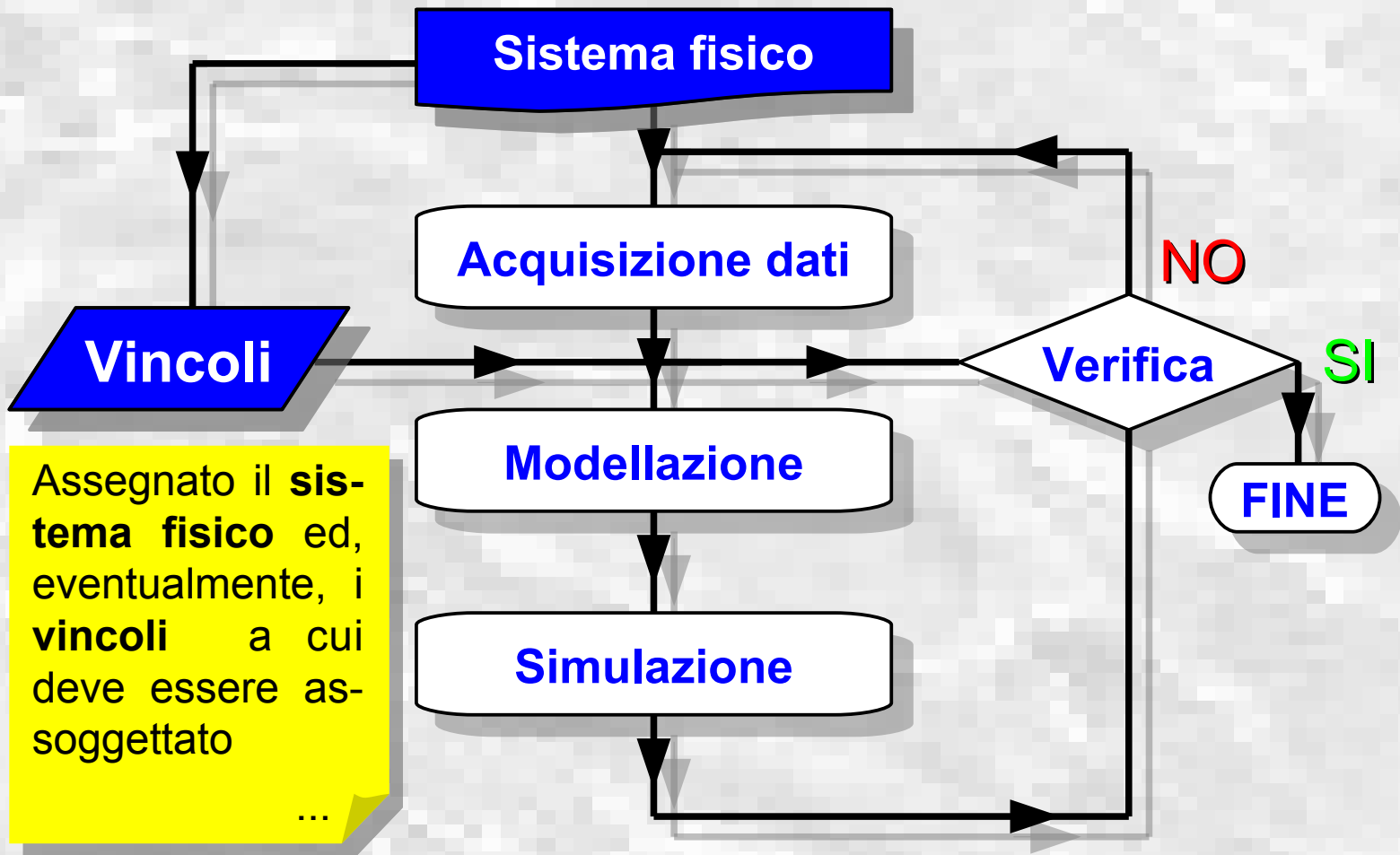


- **Progetta ...**

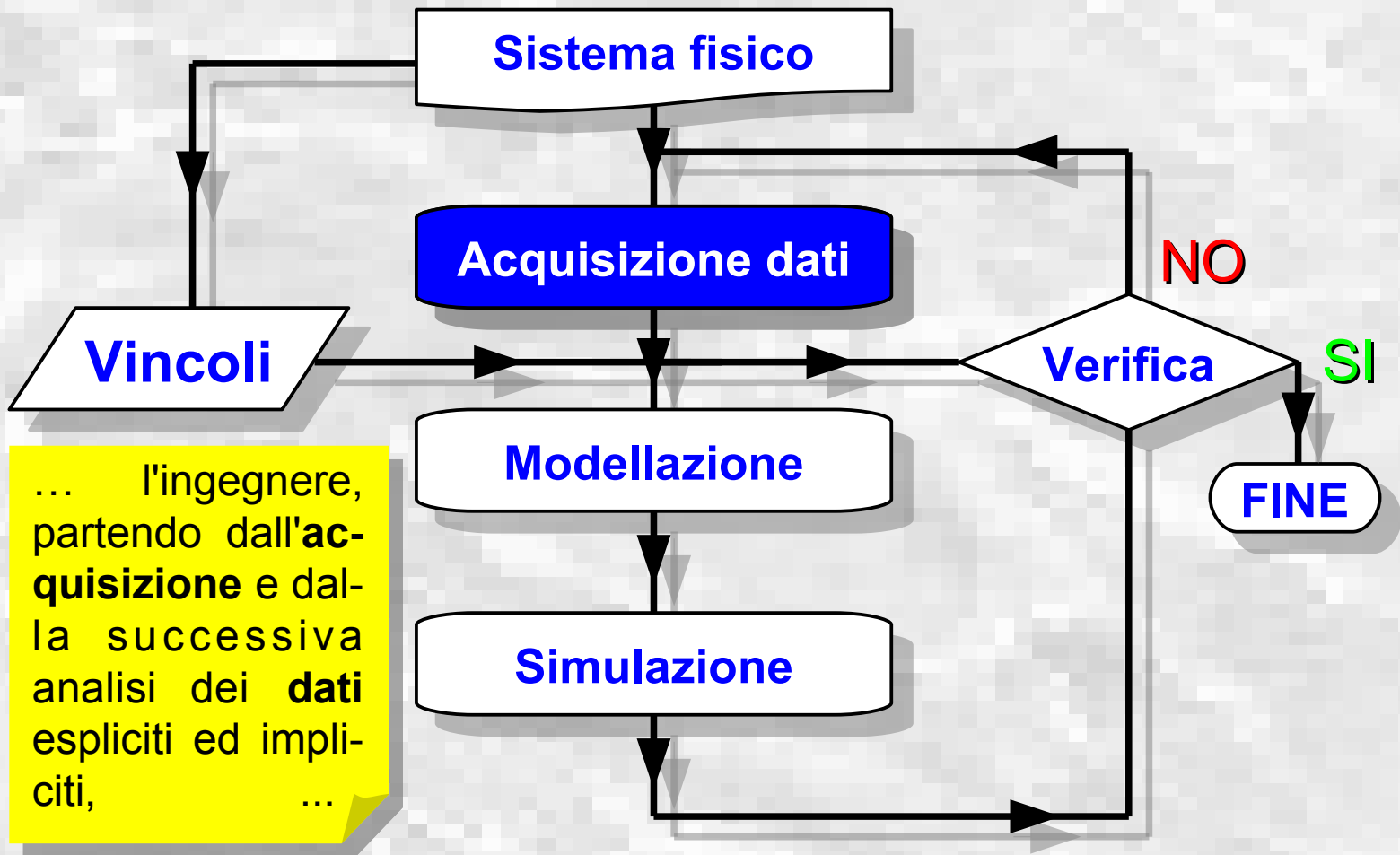
... cioè sceglie i componenti di un sistema (elettrico) idonei, nel loro insieme, a svolgere una funzione assegnata.



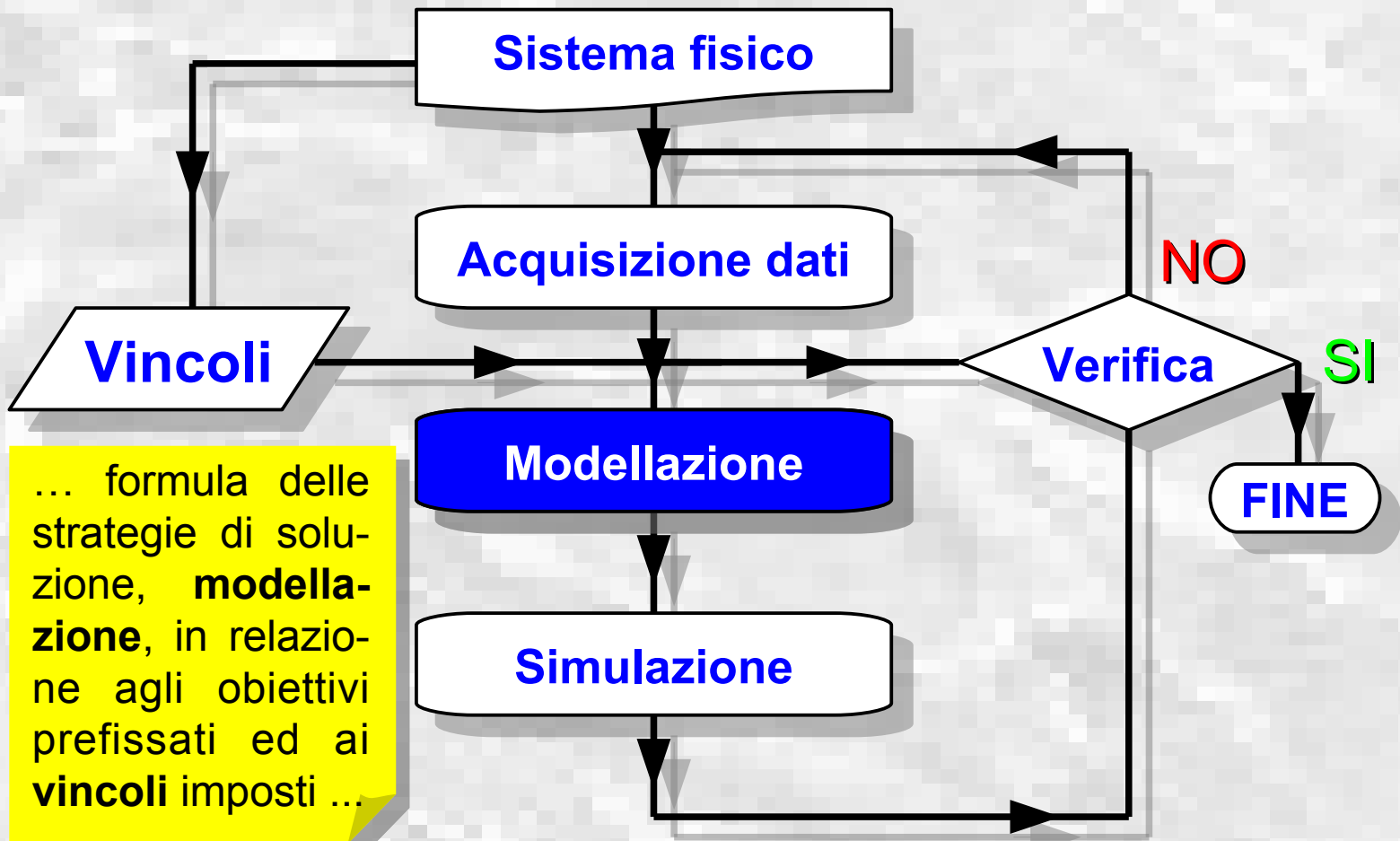
... e come opera



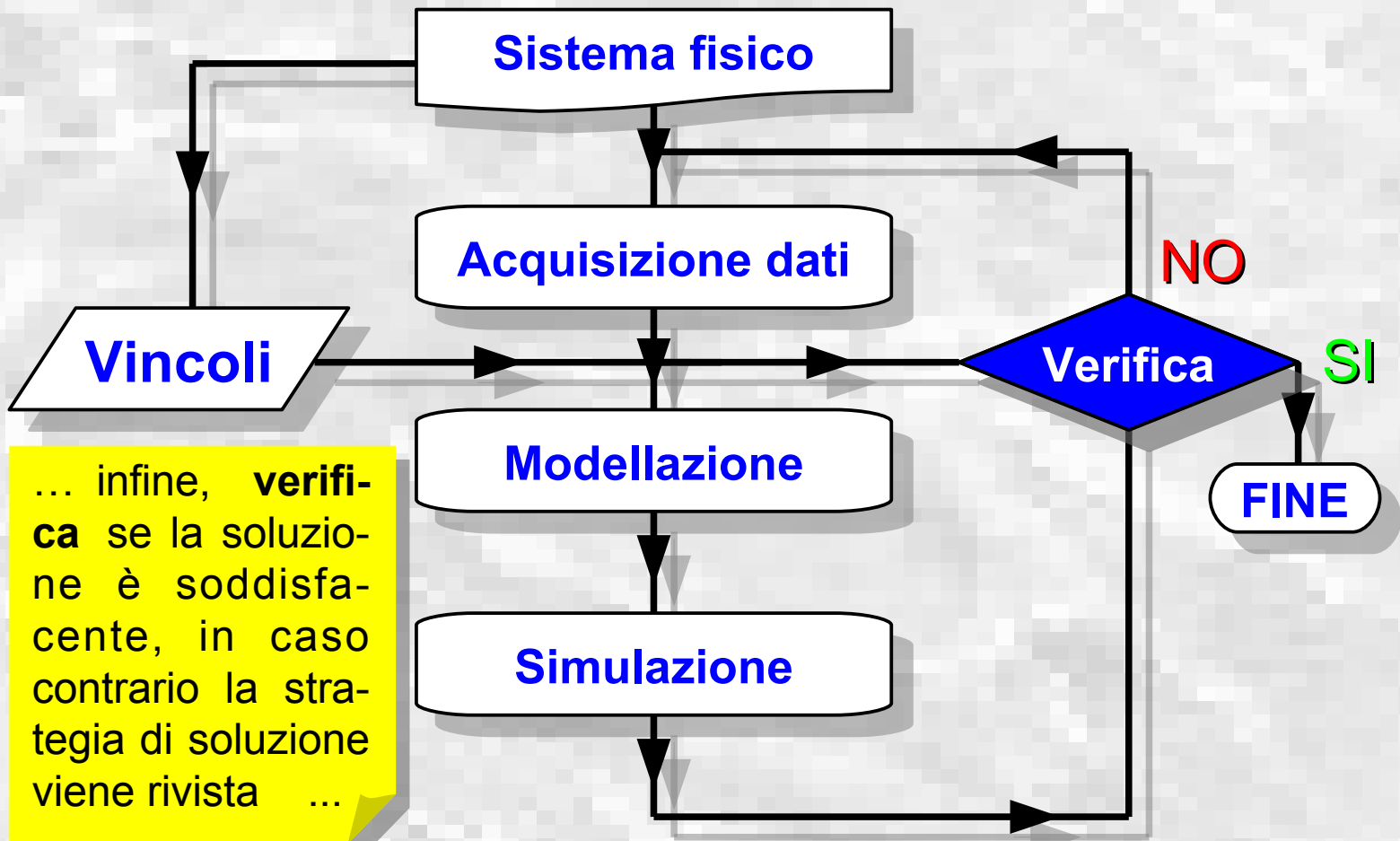
... e come opera



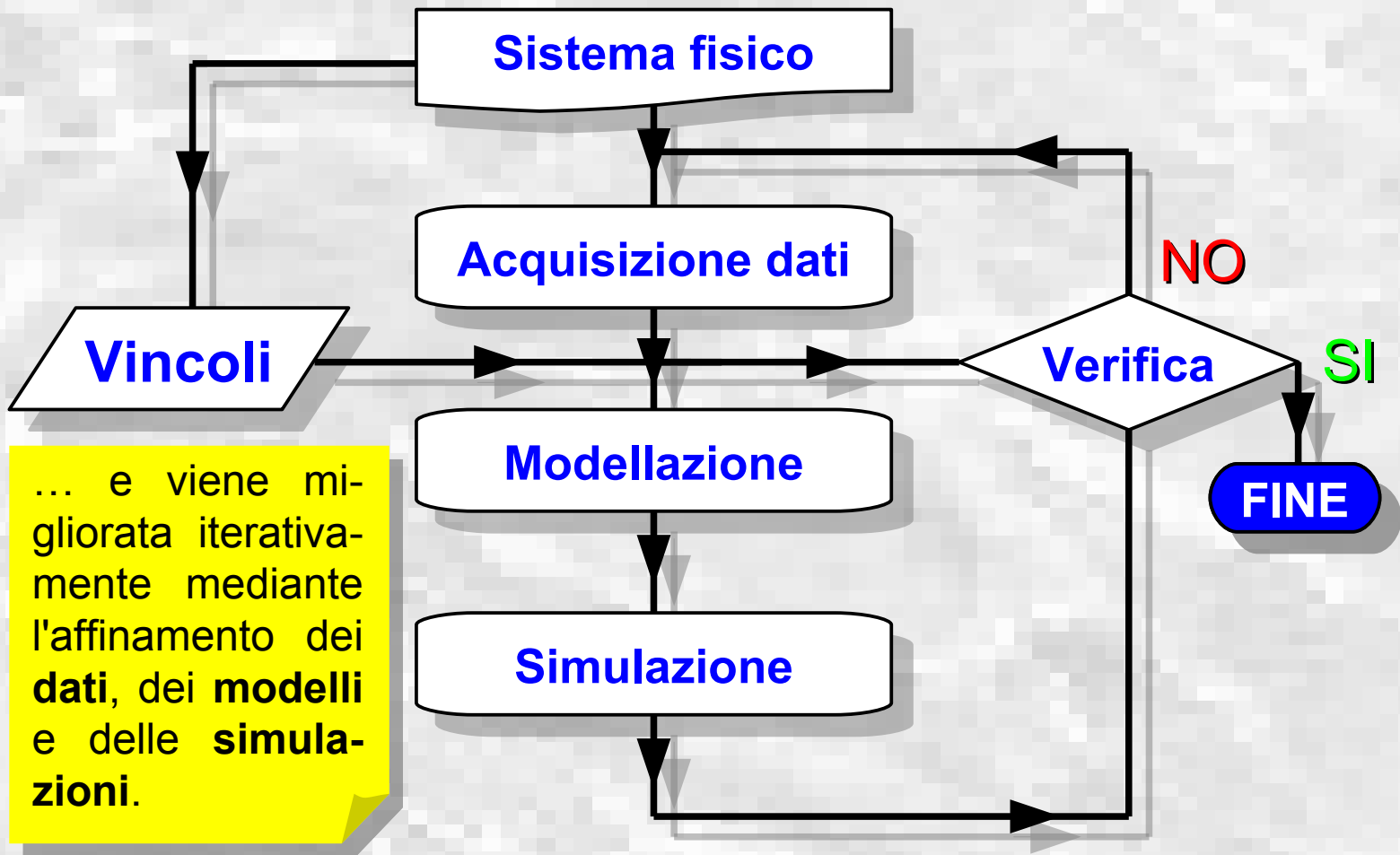
... e come opera



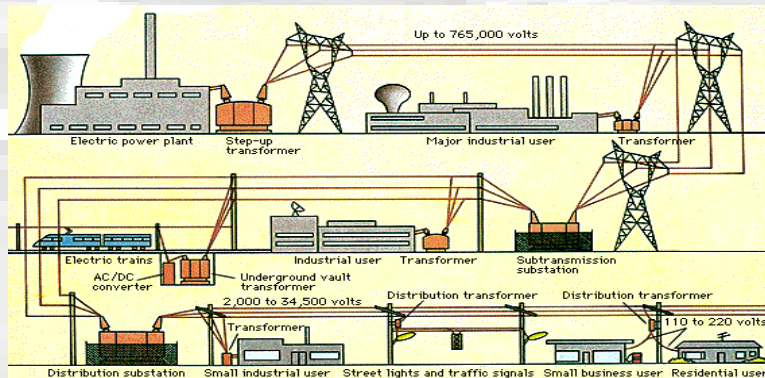
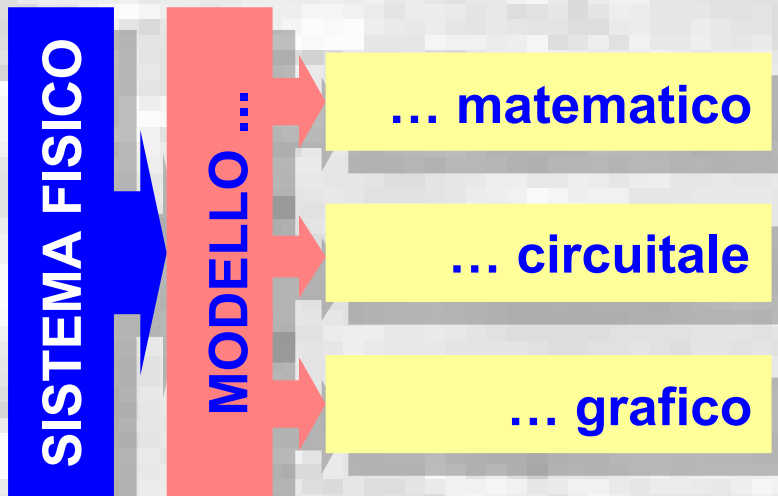
... e come opera



... e come opera



Dal sistema fisico al modello rappresentativo

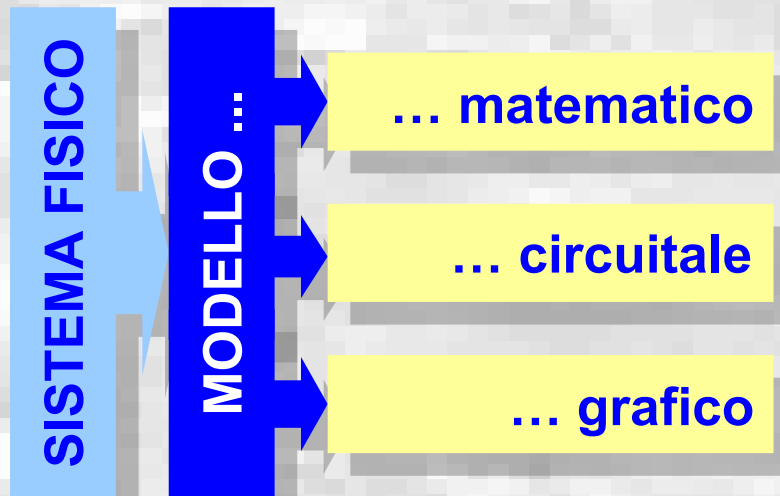


Come già detto, per **sistema** si intende *un insieme di parti organizzate in modo da svolgere una determinata funzione*. Se le varie parti che costituiscono il sistema sono entità materiali, il sistema si dirà fisico.

Nel prosieguo di questa trattazione si farà riferimento, in particolare, a quei sistemi fisici le cui parti costituenti sono dispositivi elettrici, in questo caso si parlerà di **sistemi elettrici**.



Dal sistema fisico al modello rappresentativo

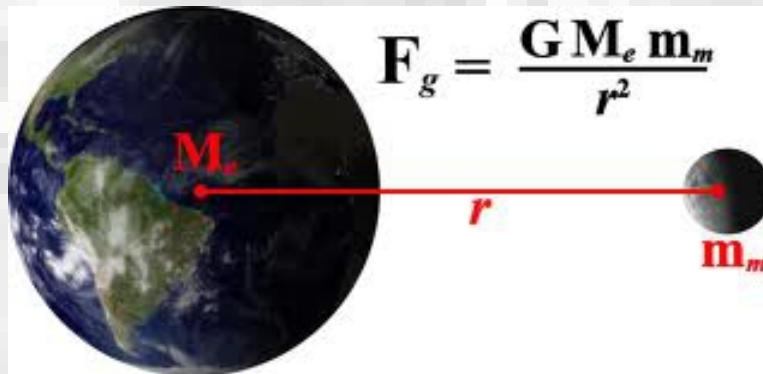
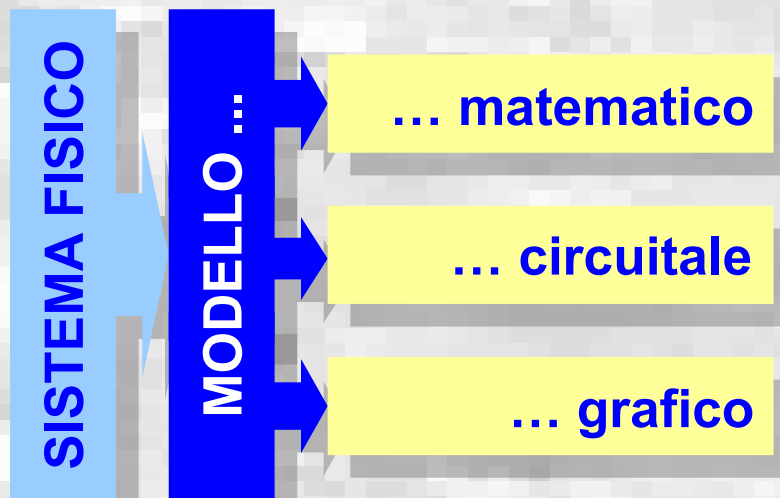


La percezione che noi abbiamo dei fenomeni fisici e conseguentemente del comportamento dei sistemi è imprescindibilmente legata al **modello** che si adotta per rappresentarli.

La bontà di un modello si misura rispetto alla completezza con la quale riesce a descrivere un sistema fisico e alla capacità di prevederne il comportamento sia nelle condizioni ordinarie di esercizio che di guasto.



Dal sistema fisico al modello rappresentativo



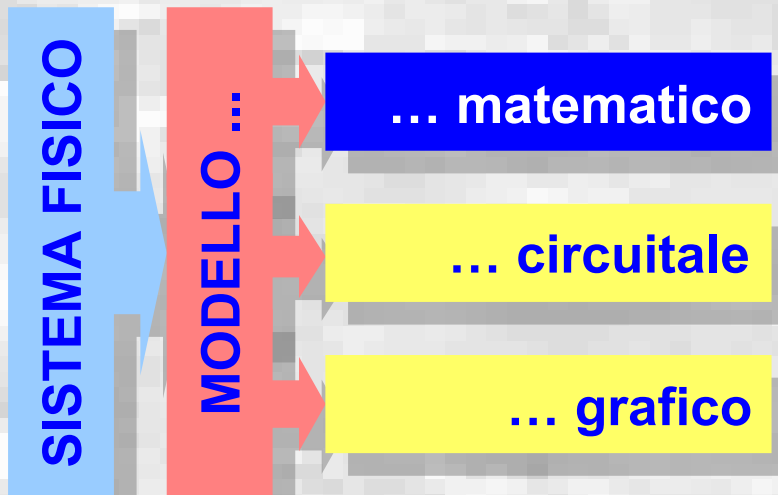
Esistono diversi tipi di modelli, tuttavia, quelli che rivestono maggiore interesse nel settore elettrico possono essere così classificati:

- *modelli matematici;*
- *modelli circuitali;*
- *modelli grafici.*

La scelta del modello più appropriato per rappresentare un sistema dipende dal tipo di sistema fisico e dal fenomeno che si desidera studiare.



Dal sistema fisico al modello rappresentativo



$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

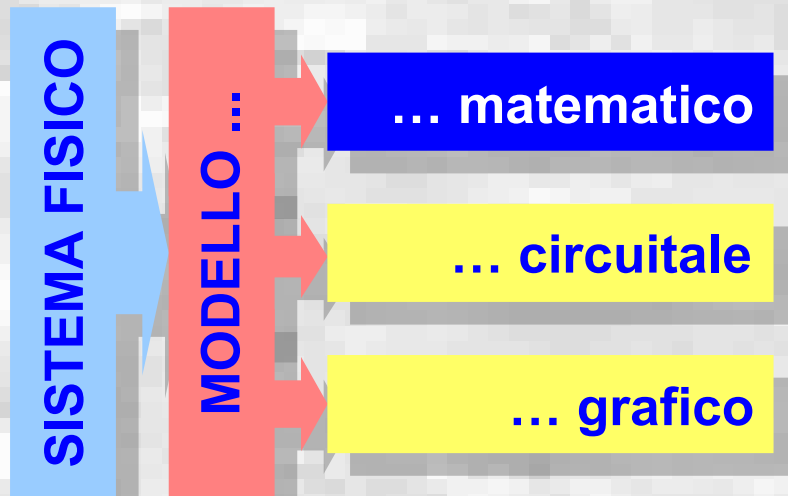
$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

I **modelli matematici** traducono la teoria che descrive il fenomeno fisico mediante relazioni analitiche, più o meno complesse, che correlano le grandezze rappresentative del sistema simulato.

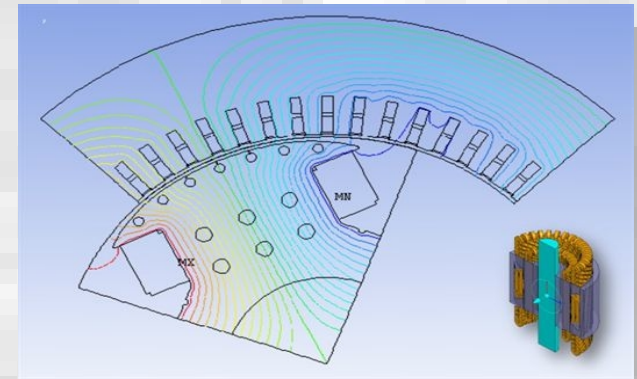
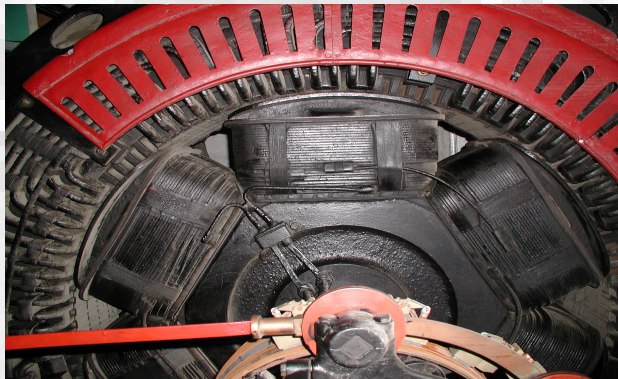
In Elettrotecnica, questi modelli derivano, più o meno direttamente, dalla teoria classica dell'**elettromagnetismo**, di cui le **equazioni di Maxwell** costituiscono una mirabile sintesi.



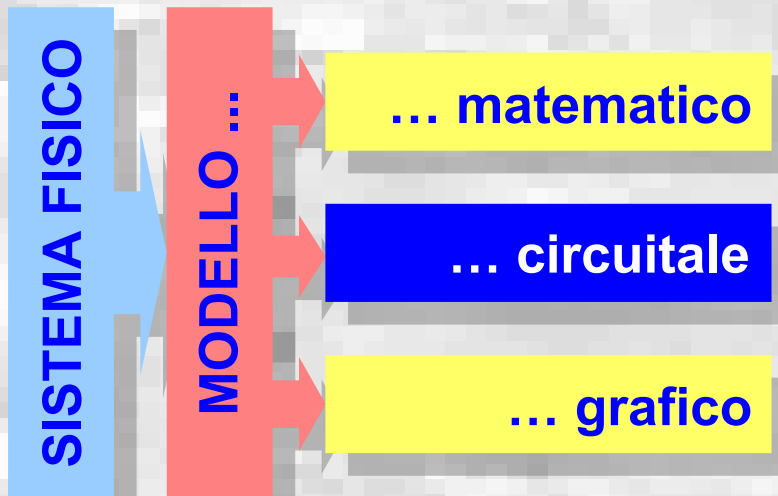
Dal sistema fisico al modello rappresentativo



Le equazioni di Maxwell trovano, ad esempio, largo impiego negli studi di ottimizzazione dei dispositivi elettromagnetici impiegati prevalentemente nei processi di conversione elettromeccanica dell'energia. (e.g., nelle macchine elettriche).



Dal sistema fisico al modello rappresentativo

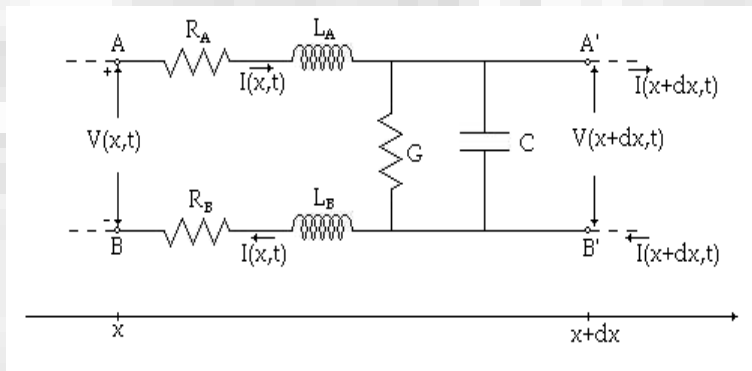
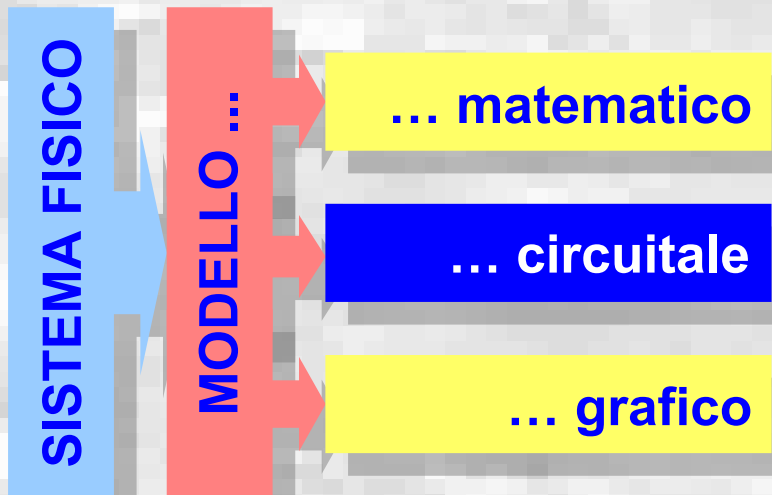


L'impostazione e la soluzione dei problemi elettromagnetici in termini di grandezze di campo (che dipendono dalle tre coordinate spaziali e dal tempo) risulta spesso estremamente onerosa se non addirittura impraticabile.

E' tuttavia possibile pervenire alla definizione di modelli più semplici (che, per lo più, sono soggetti alla sola variabile temporale) introducendo opportune **ipotesi semplificative**. Queste ipotesi consentono di ...



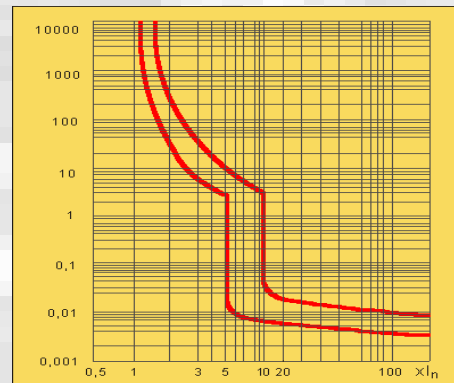
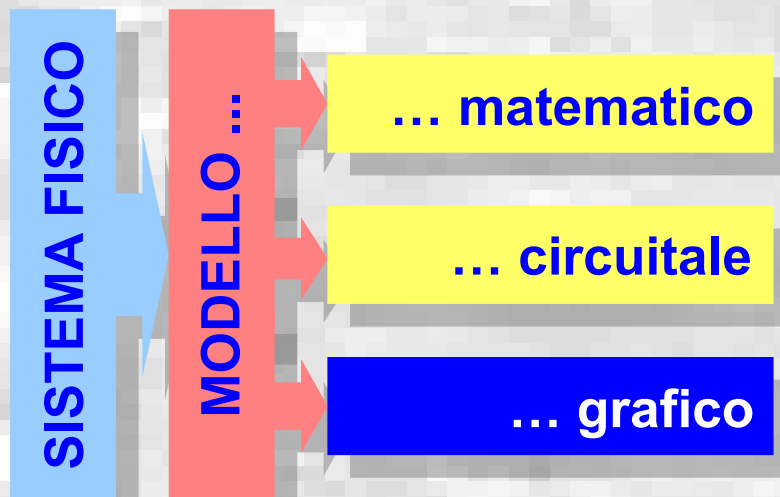
Dal sistema fisico al modello rappresentativo



... ricondurre il sistema fisico, e quindi il problema elettromagnetico, allo studio di un **modello circuitale** (i.e., una struttura articolata realizzata mediante l'interconnessione di un insieme comunque complesso di **elementi ideali zero-dimensionali**). Questi elementi scaturiscono da una più o meno marcata approssimazione delle proprietà degli oggetti reali, e sono descritti da ben precise relazioni che rendono possibile uno studio rigoroso del modello.

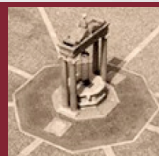


Dal sistema fisico al modello rappresentativo

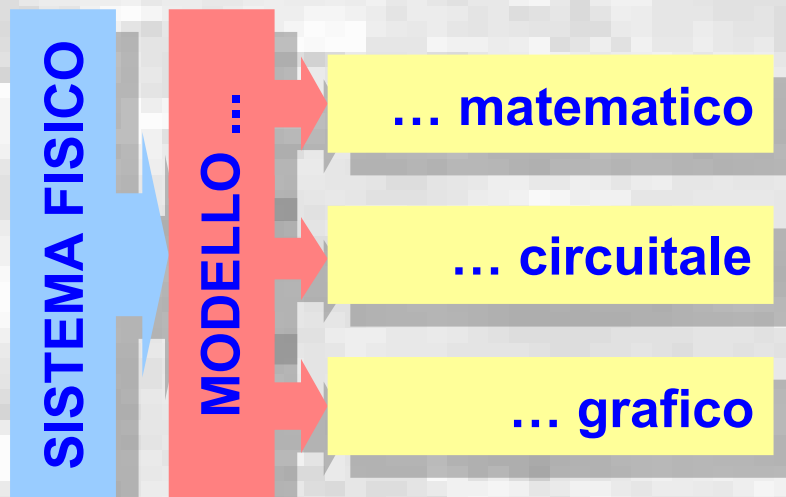


Nei **modelli grafici** le relazioni che intercorrono fra le varie grandezze fisiche vengono rappresentate mediante delle curve.

Nella letteratura tecnica questi modelli sono frequentemente utilizzati (si pensi, ad esempio, alle caratteristiche dei diodi o dei BJT, alle curve tempo-corrente dei fusibili, le **curve d'intervento degli interruttori automatici**, ecc.) perché di facile interpretazione e di pratica utilità.



Dal sistema fisico al modello rappresentativo

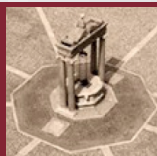


Indipendentemente dal modello scelto, **esisterà sempre uno scostamento** tra il comportamento effettivo del sistema fisico e i risultati della simulazione (che sono influenzati dalle ipotesi semplificative introdotte nella fase di modellazione).



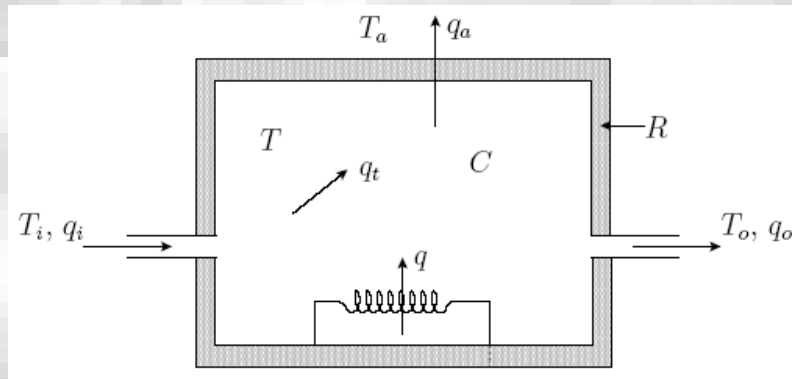
Equivalenti elettrici nelle scienze applicate

- Nel campo della modellazione si fa spesso ricorso a tecniche derivanti dall'isomorfismo, consistenti nel descrivere sistemi di diversa natura mediante lo stesso modello, basandosi sull'identità formale del modello matematico.
- Si perviene così ad una serie di corrispondenze, che permettono di studiare un sistema per analogia con un altro, più efficiente o di più comodo esame.
- Procedendo su questa strada si arriva all'interessante conclusione, il cui approfondimento esula dagli scopi di questo corso, che innumerevoli sistemi termici, meccanici ed idraulici possono essere convenientemente studiati anche mediante modelli circuitali (a parametri concentrati o distribuiti) di tipo elettrico.



Equivalenti elettrici ... in fisica tecnica

Scaldabagno



- T_j e q_j temperatura e calore
- C_s calore specifico acqua
- n flusso acqua (kg/s)
- C capacità termica sistema
- R resistenza termica pareti

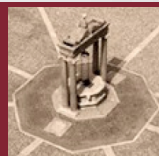
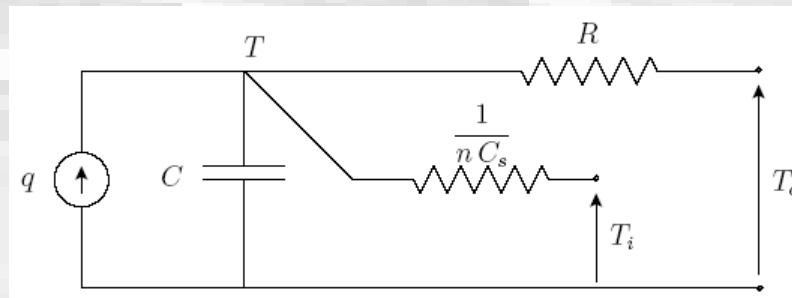
Equazione risolvete

$$q_i + q = q_t + q_a + q_o$$

$$n C_s T_i + q = C \frac{dT}{dt} + \frac{T - T_a}{R} + n C_s T$$

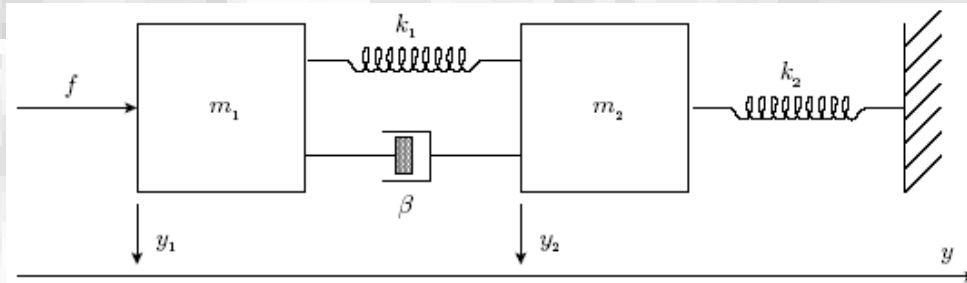
$$C \dot{T} + n C_s (T - T_i) + \frac{T - T_a}{R} = q$$

Equivalente elettrico



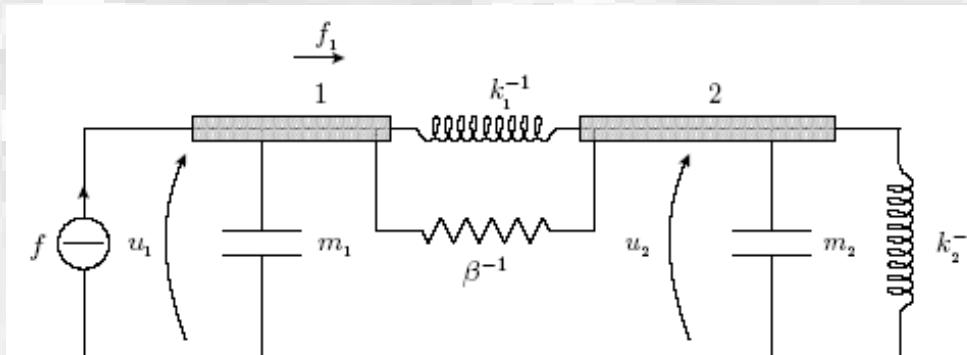
Equivalenti elettrici ... in meccanica

Masse oscillanti



- f_j forza
- m_j masse oscillanti
- k_j cost. di elasticità
- u_j velocità traslazione
- β coef. smorzamento

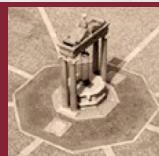
Equivalente elettrico



Sistema risolvente

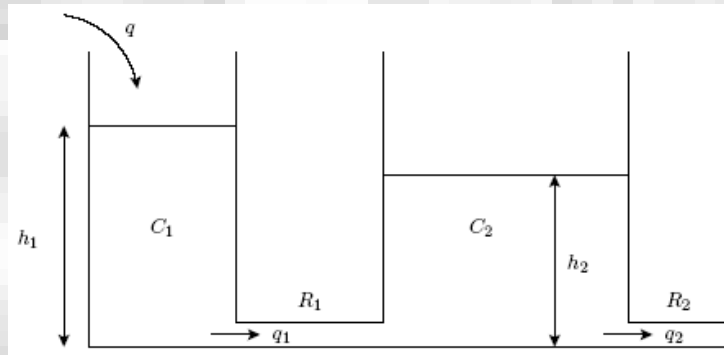
$$m_1 \dot{u}_1 = f - k_1 (y_1 - y_2) + \dots - \beta (u_1 - u_2)$$

$$m_2 \dot{u}_2 = k_1 (y_1 - y_2) + \dots + \beta (u_1 - u_2) - k_2 y_2$$



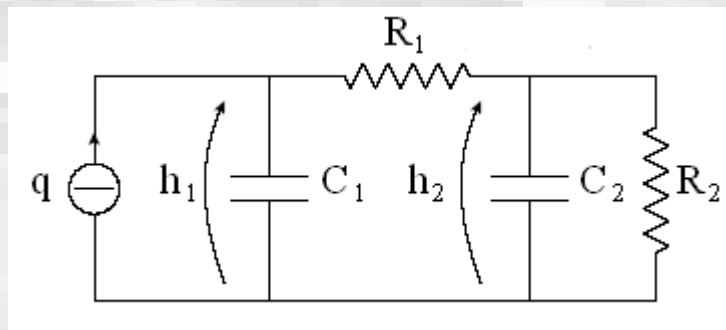
Equivalenti elettrici ... in idraulica

Serbatoi comunicanti



- q portata in ingresso
- q_1 e q_2 portate in uscita
- h_1 e h_2 livello del liquido
- C_1 e C_2 capacità idrauliche
- R_1 e R_2 resistenze idrauliche

Equivalente elettrico



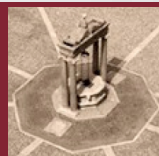
Sistema risolvente

$$\Delta q = \Delta q_1 + C_1 \frac{dh_1}{dt}$$

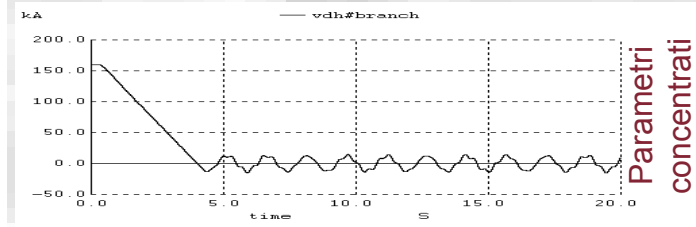
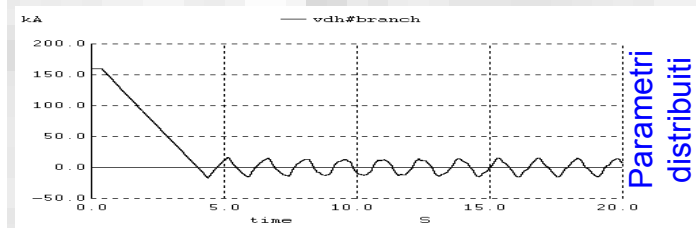
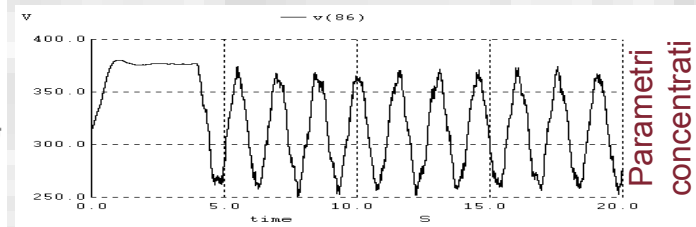
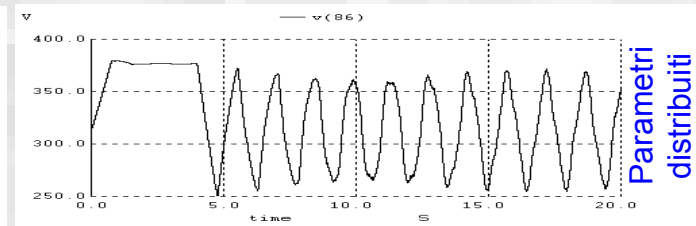
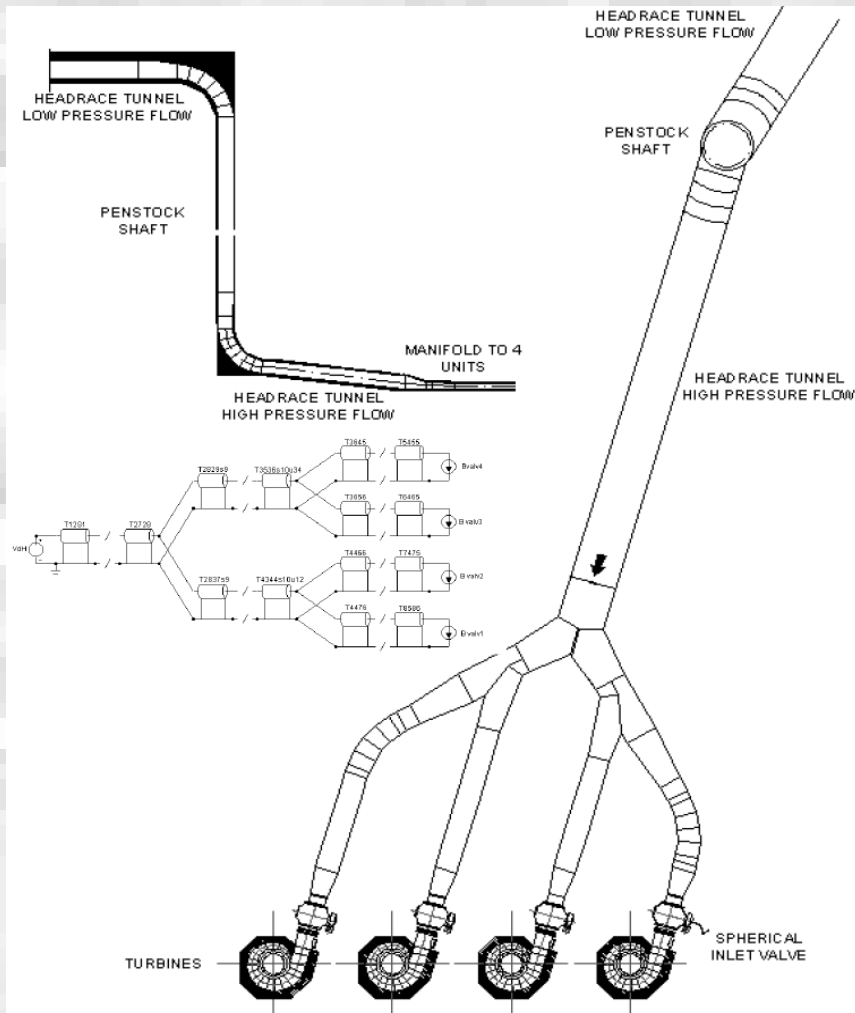
$$\Delta q_1 = \Delta q_2 + C_2 \frac{dh_2}{dt}$$

$$\Delta h_1 - \Delta h_2 = R_1 \Delta q_1$$

$$\Delta h_2 = R_2 \Delta q_2$$

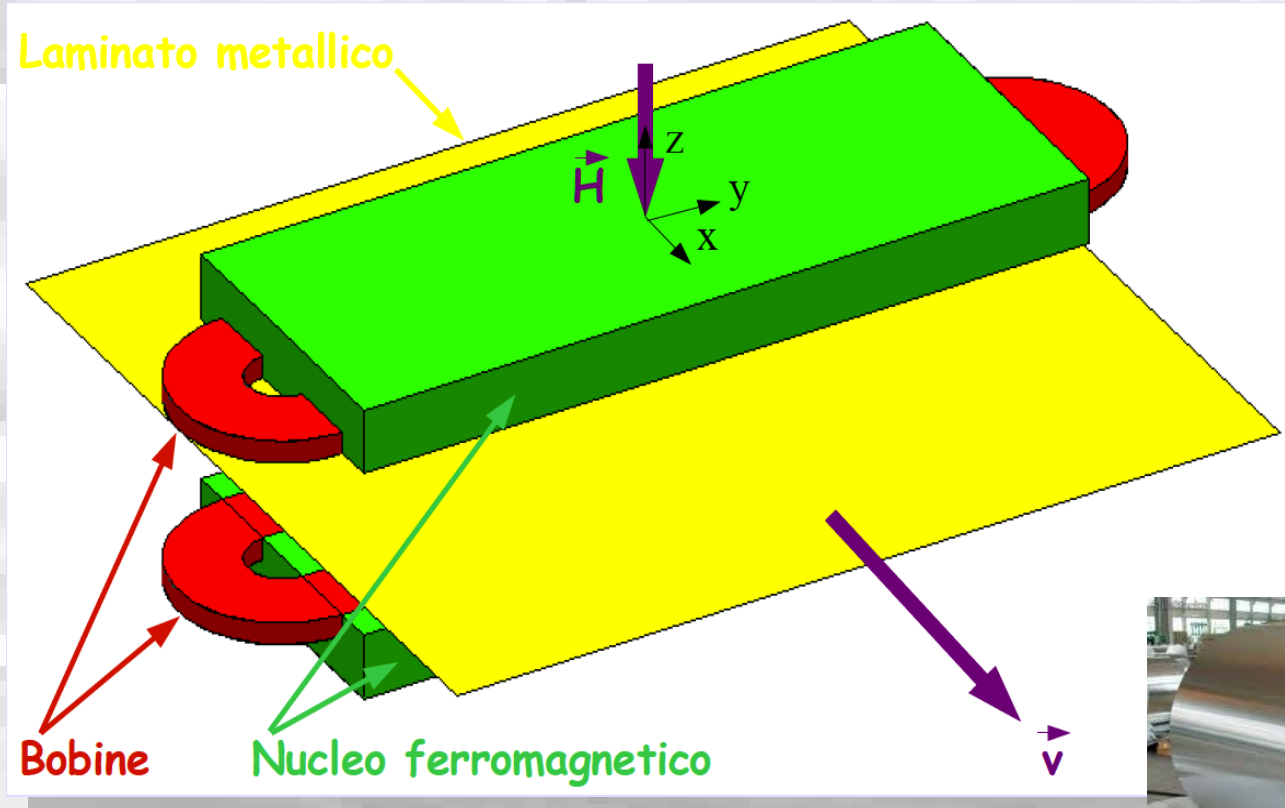


Equivalenti elettrici ... in idraulica

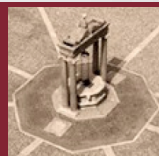


Equivalenti elettrici ... in elettrotermia

Riscaldatore ad induzione ed a flusso trasverso (TFIH) ...

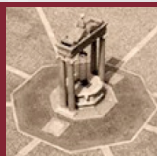
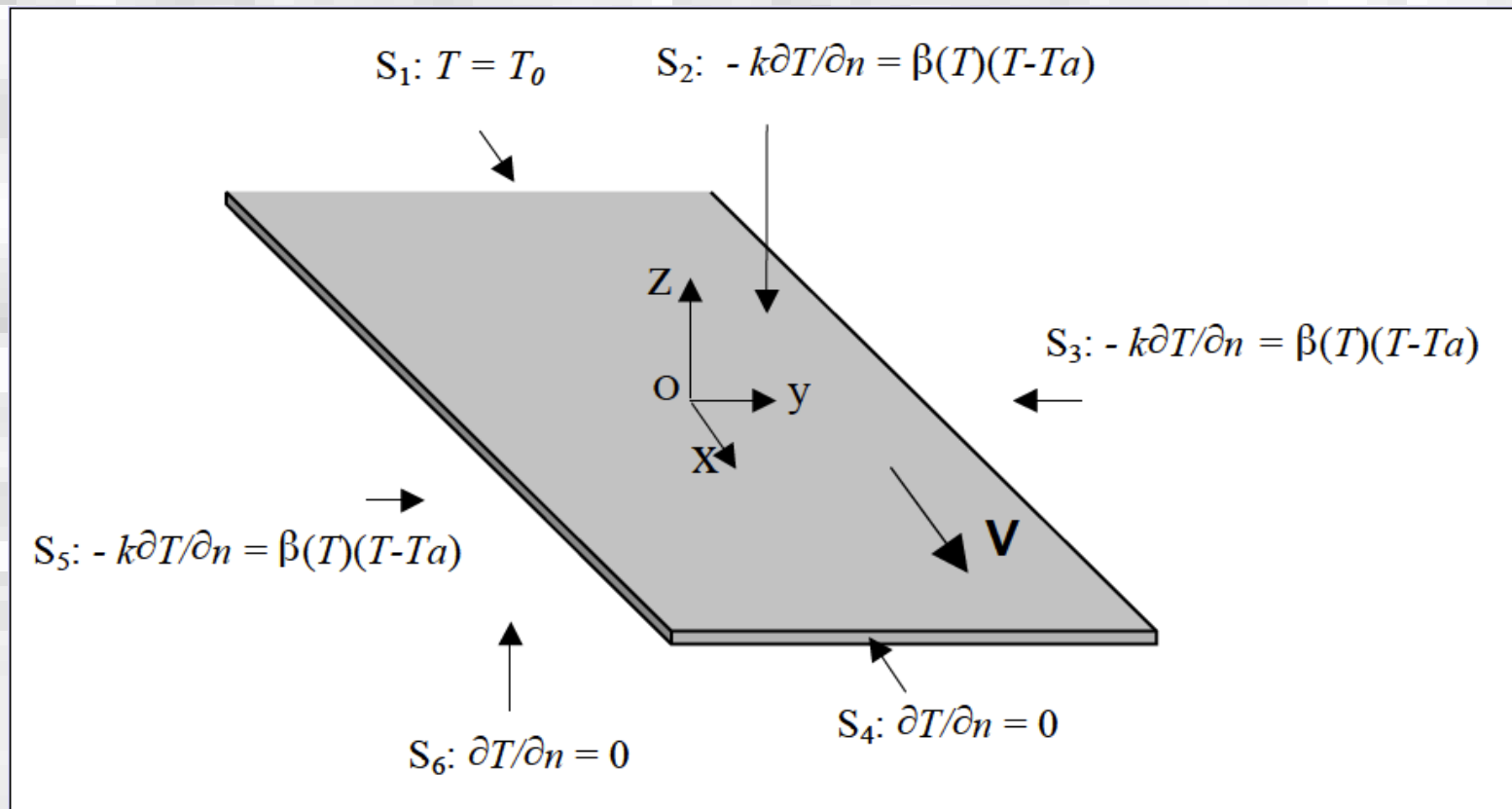


... per la ricottura di fogli di alluminio

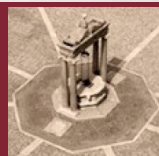
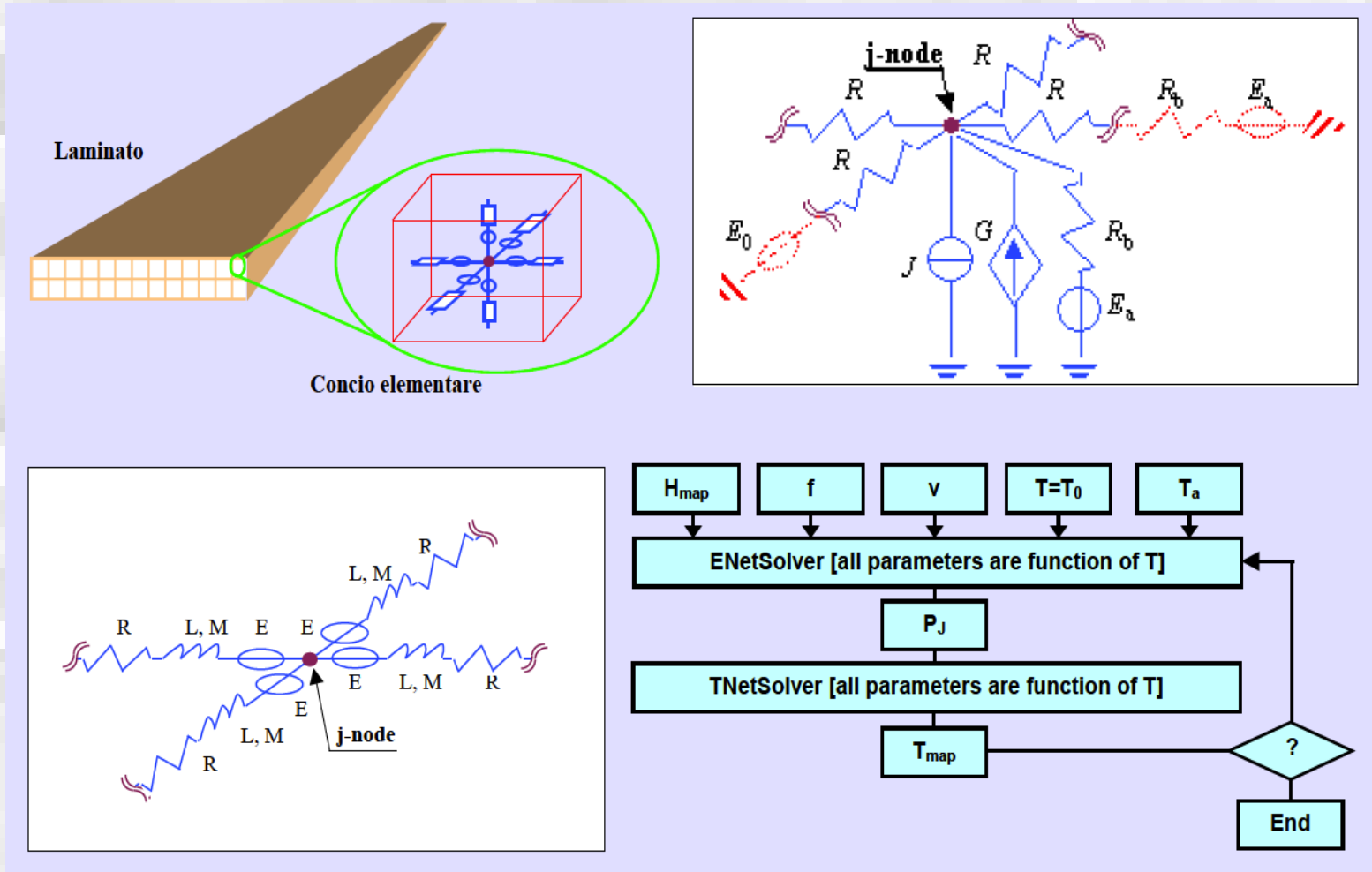


Equivalenti elettrici ... in elettrotermia

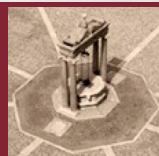
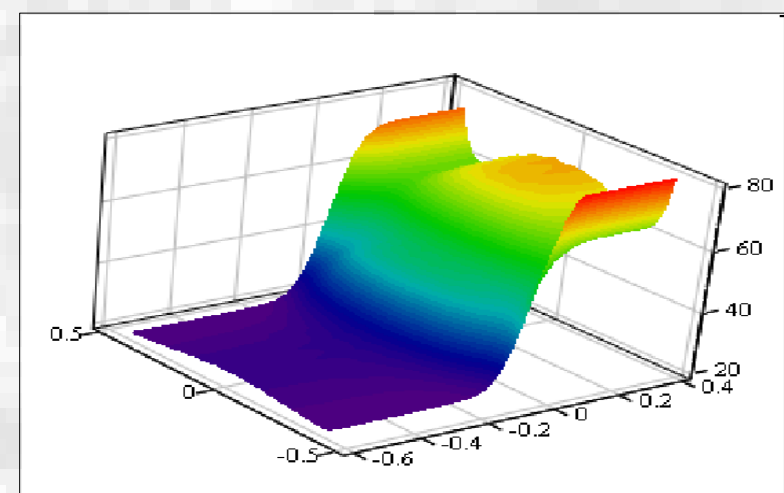
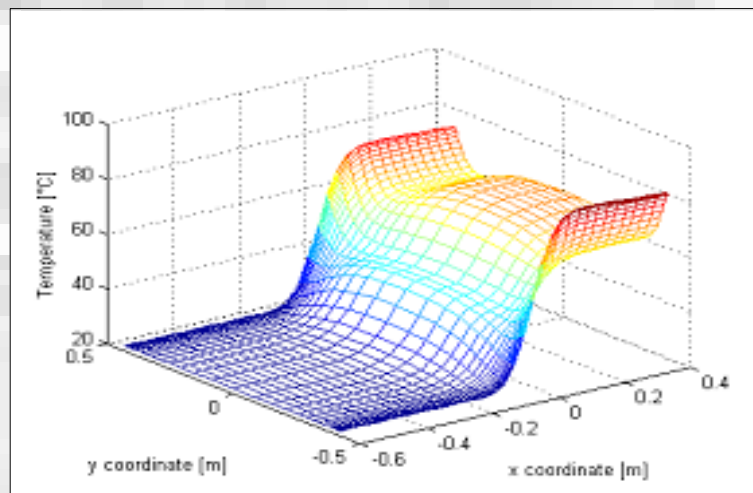
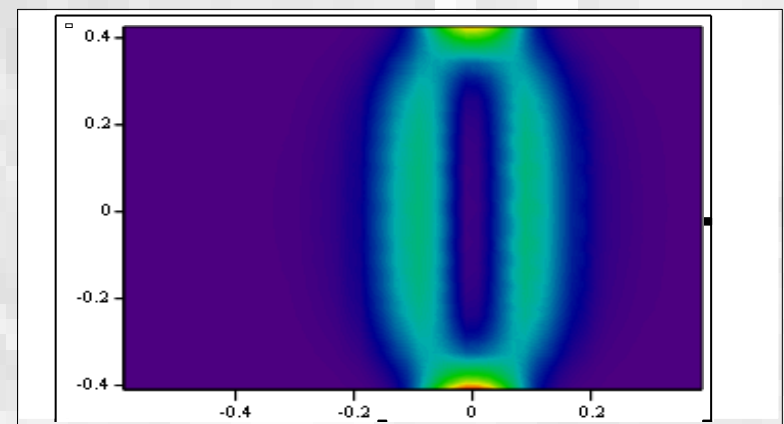
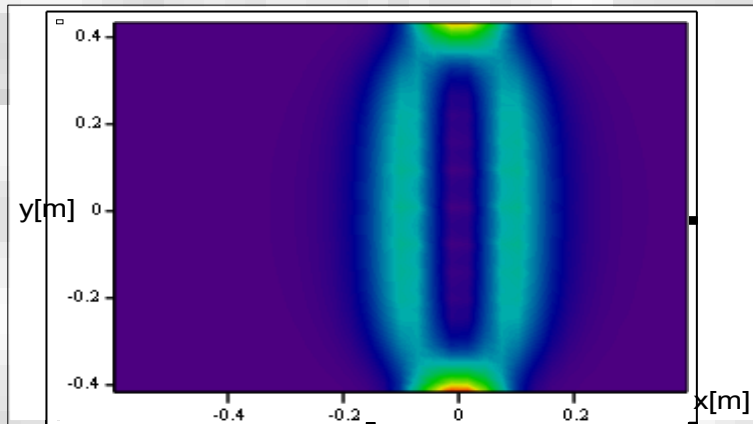
$$\rho C_p \frac{dT(x, y, z, t)}{dt} = \nabla \cdot (k \nabla T(x, y, z, t)) + p_J$$



Equivalenti elettrici ... in elettrotermia



Equivalenti elettrici ... in elettrotermia



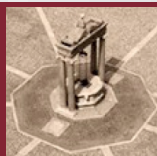
Si può quindi concludere ...

- I circuiti sono modelli di sistemi fisici in cui hanno luogo trasformazioni che coinvolgono nello stadio iniziale e/o nello stadio finale l'energia elettrica.
- Mediante i modelli circuitali possono essere risolti la gran parte dei problemi di pratico interesse ingegneristico legati, principalmente ed in senso lato, alla produzione, trasformazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica ... **E NON SOLO** (cfr *Isomorfismo*) !
- È fondamentale acquisire conoscenze di base sull'analisi dei circuiti perché è attraverso di essi che può essere studiato ed interpretato (sotto opportune ipotesi semplificative) il comportamento dei sistemi elettrici di potenza, delle macchine elettriche e dei dispositivi elettrici ed elettronici.



e pertanto ...

- L'obiettivo della prima parte di questo corso sarà quello:
 - ✓ di acquisire le conoscenze e le tecniche necessarie per studiare i sistemi elettrici attraverso i loro modelli (matematici, circuitali e/o grafici) rappresentativi;
 - ✓ di introdurre le metodologie per dedurre i modelli, in particolare quelli circuitali, di alcuni semplici sistemi elettromagnetici e/o componenti elettrici;
 - ✓ di studiare nel dettaglio le principali tecniche di analisi di questi modelli circuitali.
- Lo studio di queste tecniche è di fondamentale importanza perché è attraverso di esse che verrà analizzato ed interpretato il comportamento dei sistemi elettrici i cui modelli rappresentativi saranno introdotti e studiati nella seconda parte.



Un caso studio ... il SA.PE.I., l'elettrodotto dei record

Il SA.PE.I. è l'elettrodotto che collega, mediante due cavi sottomarini in alta tensione ed in corrente continua (HVDC), la **S**ardegna alla **P**enisola Italiana (da cui l'acronimo SA.PE.I.).



I NUMERI

Linea 2 x 435 km
(1+420+14 km)

Lunghezza 1650 m

Tipo HVDC

$U = \pm 500 \text{ kV}$

$P = 2 \times 500 \text{ MW}$

Costo 750 M€

