

INTRODUZIONE ALL'INGEGNERIA ELETTRICA: CONCETTI INTRODUTTIVI

1. Introduzione

In questo capitolo vengono introdotti alcuni concetti fondamentali di interesse per l'ingegneria elettrica.

I concetti vengono introdotti mediante una serie di definizioni. Le definizioni sono di per sé alquanto schematiche e vanno pertanto interpretate solo come illustrative dei concetti, senza cioè pretendere che le definizioni siano sostitutive dei concetti, che di fatto, una volta focalizzati, assumeranno un carattere sintetico e primario.

A titolo di esempio consideriamo l'antico concetto socratico di albero. Per illustrare tale concetto possiamo dare una definizione illustrativa, come riportata in un buon dizionario. Una volta data la definizione di albero, il concetto è ormai creato ed assume carattere primario.

Abbiamo fatto questa puntualizzazione, perché purtroppo nelle discipline ingegneristiche gli allievi spesso non riescono a focalizzare alcuni concetti, facendo talvolta confusione fra proprietà, definizioni e, come si dirà più avanti, modelli.

Chiudiamo questa introduzione con un commento sulla parola stessa "ingegneria", che possiamo definire come l'insieme delle consocenze ed attività finalizzate alla realizzazione di strumenti, non direttamente resi disponibili dalla natura, e ritenuti utili all'uomo. L'ingegneria moderna fa ampio uso delle conoscenze fisiche e chimiche, utilizzando spesso il linguaggio della matematica. Pertanto un'adeguata conoscenza dei fenomeni fisici e chimici, oltre alla capacità di utilizzo degli strumenti logico-formali messi a punto dalla speculazione matematica, costituiscono l'irrinunciabile bagaglio di base per la costruzione di un "saper fare" ingegneristico.

Sistemi ingegneristici

Definizione: un sistema ingegneristico è un insieme di componenti (nella forma di manufatti, apparecchiature, etc.) tra di loro variamente integrati allo scopo di svolgere, nel loro complesso, una o più funzionalità.

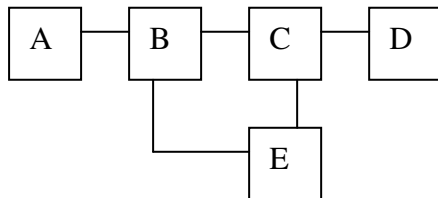
Come si può intuire dalla schematica definizione, il concetto di sistema ingegneristico è legato intimamente a quelli di pluralità, di interazione e di funzionalità. L'assenza di una sola di queste tre caratteristiche fa perdere il carattere di "sistema ingegneristico". Qualche esempio. Un insieme di autoveicoli privati in una rete stradale non è un sistema ingegneristico, in quanto che alla pluralità e alla funzione (di trasporto di persone) non si accompagna l'interazione. Lo stesso insieme diventa invece "sistema" se gli autoveicoli sono degli autobus integrati attraverso un sistema centralizzato che ne regola il flusso, direzione e fermate.

In un sistema ingegneristico dobbiamo quindi essere in grado di riconoscere i componenti, il tipo di interazione e le funzioni svolte.

Anche se non messo direttamente in evidenza dalla definizione, è importante sottolineare che l'interazione è, nella generalità dei casi, dettata dalle leggi fisico-chimiche della natura. Ciò discende dal fatto che gli elementi costitutivi (detti molto spesso "componenti" del sistema) sono manufatti o apparecchiature, cioè oggetti realizzati dall'uomo sfruttando a proprio vantaggio le leggi naturali della fisica e della chimica. In questo i "sistemi ingegneristici" si distinguono abbastanza nettamente da altri sistemi (ad esempio sistemi biologici, sociali, politici, economici, etc.) nei quali sia i componenti sia le interazioni sono di diversa natura.

Un'altra importante osservazione, che ritroveremo a più riprese nel seguito di questa trattazione, è che spesso risulta utile riguardare un sistema molto complesso come costituito da più **sottosistemi**, intendendo per sottosistema un sistema la cui funzionalità è di interagire con gli altri sottosistemi costituenti il sistema complessivo.

Per meglio focalizzare il concetto di sistema ingegneristico, è spesso utile far ricorso al cosiddetto “schema a blocchi” del sistema, esemplificativamente rappresentato in figura.



Questa rappresentazione è alquanto intuitiva e quindi di semplice comprensione. I vari blocchi rappresentano i componenti del sistema (che a loro volta potrebbero rappresentare dei sottosistemi) mentre i segmenti che connettono i vari blocchi rappresentano l'esistenza di una interazione diretta. Nell'esempio in figura riconosciamo ad esempio un'interazione “diretta” fra i componenti B e E, mentre invece A interagisce con E solo “indirettamente”, cioè attraverso l'intermediazione di altre interazioni con altri componenti.

Questo discorso ci conduce ad analizzare più in dettaglio il concetto di “interazione”, che abbiamo detto determinata dalle leggi fisico-chimiche della natura. Nell'interazione fra due componenti riconosciamo quindi generalmente l'esistenza di una o più “grandezze di scambio” cioè grandezze fisico-chimiche presenti in entrambi i componenti interagenti e che non possono essere tra loro indipendenti, in quanto devono appunto andare a costituire l' “interazione”. Consideriamo ad esempio due palle di biliardo che interagiscono scontrandosi elasticamente. Dalle leggi della meccanica sappiamo che questa interazione deve preservare la conservazione della quantità di moto. In questo esempio la grandezza di scambio è la “velocità vettoriale”. Possiamo inoltre facilmente riconoscere nel concetto di “interazione” una sostanziale equivalenza con il concetto di “vincolo” fra le grandezze di scambio.

Per effettuare quindi l'analisi di un sistema occorre non solo riconoscere quali sono le grandezze di scambio, ma anche il vincolo in cui si traduce l'interazione.

La descrizione dell'interazione fra due componenti in termini di vincoli che devono essere rispettati per alcune grandezze dei componenti interagenti apre la porta all'utilizzo della matematica. Infatti se si rappresentano le grandezze in forma matematica, i vincoli diventano delle “equazioni” (o disequazioni) che devono essere soddisfatte, il che vedremo essere molto utile per le applicazioni.

Inoltre la rappresentazione schematica di un sistema mediante uno schema a blocchi ci apre la strada per l'introduzione di un “modello” del sistema, come si vedrà più avanti.

SISTEMI ELETTRICI

Definizione: un sistema elettrico è un sistema ingegneristico nel quale l'interazione fra i vari componenti è dettata, in modo determinante (ma non esclusivo), dalle leggi fisiche dell'elettromagnetismo.

Ricorrendo alla comune esperienza, riconosciamo ad esempio come sistemi elettrici l'impianto elettrico di autoveicolo (costituito da batteria, cavi, motorini, interruttori, etc.) o l'impianto di illuminazione di un centro urbano. In effetti questi sistemi svolgono la propria funzione grazie alle leggi fisiche dell'elettromagnetismo. È opportuno osservare che gli stessi componenti possono cessare di essere un “sistema elettrico” se cambia il punto di vista. Ad esempio se il problema è di

garantire adeguato sostegno meccanico ai corpi illuminanti costituenti l'impianto di illuminazione, l'elettromagnetismo cessa di essere determinante.

Pertanto, riprendendo la terminologia introdotta del paragrafo precedente, la "funzione" del sistema elettrico viene realizzata grazie all'imbrigliamento, a fini tecnici, delle leggi fisiche dell'elettromagnetismo.

Come viene realizzata l'interazione fra componenti di un sistema elettrico? Un modo molto semplice ed efficace è quello del contatto meccanico fra i componenti. Si può dare in merito la seguente

definizione: due o più componenti di sistema elettrico si dicono "*connessi ohmicamente*" (o anche più semplicemente *connessi*), se l'interazione fra di essi è stabilita mediante contatto meccanico fra particolari zone della loro superficie esterna, dette "morsetti" (o anche "terminali") del componente.

Si tornerà più avanti specificamente sulle caratteristiche che devono essere possedute dai morsetti.

Basti per ora osservare che generalmente i morsetti sono costituiti di materiale metallico, in quanto che nei metalli gli elettroni sono liberi di muoversi e quindi si può creare un flusso di cariche elettriche da un'apparecchiatura ad un'altra.

L'interazione può essere anche realizzata senza contatto meccanico. In tali casi i componenti si diranno collegati "non ohmicamente".

Modelli dei sistemi ingegneristici

Lo studio dei sistemi ingegneristici si effettua per praticità su "modelli" del sistema reale.

Il modello viene costruito con l'obiettivo di semplificare lo studio, con risultati che possono poi essere riportati al sistema reale di partenza. In questo modo il problema viene sfrondata di tutti gli aspetti, che, pur presenti nel sistema reale e che quindi ne appesantiscono l'analisi globale, non sono rilevanti ai fini degli obiettivi specifici che ci si era riproposti.

I modelli possono schematicamente ricadere in due principali categorie:

- modelli sperimentali
- modelli teorici

I modelli sperimentali sono dei sistemi realizzati con l'obiettivo di osservare, studiare, misurare fenomeni simili a quelli che si verificano nel sistema di partenza. A questa categoria appartengono ad esempio i modelli fisico geometrici in scala (ad esempio un modello in scala di un territorio per lo studio del dissesto idro-geologico). Essi riproducono in scala ridotta il sistema reale ed occorre quindi conoscere la legge di scala con cui riportare i risultati osservati sul modello al sistema reale

I modelli teorici invece non prevedono alcuna forma di realizzazione pratica, in quanto che vengono trattati con i metodi astratti della matematica.

Troviamo in questa categoria i cosiddetti modelli fisico-matematici. In essi vengono considerate entità matematiche corrispondenti alle grandezze fisiche di interesse. Le relazioni esistenti, spesso espresse sotto forma di equazioni della fisica matematica, sono suscettibili di soluzioni analitiche e/o numeriche; i risultati dell'analisi sono direttamente interpretabili in termini di comportamento del sistema reale.

Troviamo in questa categoria anche i cosiddetti modelli matematico-numerici. In essi il modello viene costruito con lo schema logico tipico della matematica, cioè basato su definizioni, postulati e teoremi. In questo tipo di modelli le entità matematiche non hanno necessariamente un significato fisico, in quanto che le leggi della fisica sono incluse direttamente nei postulati del modello teorico. Ovviamente, terminata l'analisi del modello matematico, occorrerà comunque tradurre i risultati dell'analisi teorica in informazioni sul sistema reale.

I modelli matematico-numericì si prestano molto bene ad implementazioni di tipo numerico. La potenza attuale dei moderni sistemi di calcolo favorisce sempre di più l'utilizzo degli approcci numerici, che consentono analisi molto più dettagliate di quelle ottenibili con altri modelli.

I modelli più convenientemente utilizzati per lo studio dei sistemi elettrici sono appunto di tipo matematico-numerico. In particolare il modello di gran lunga più utilizzato è il cosiddetto modello circuitale, che viene modernamente introdotto in termini assiomatici, cioè in termini di definizioni, postulati e teoremi.

Le grandezze fisiche nel sistema sono in genere caratterizzate da variabilità spaziale e temporale. Come si vedrà, invece il modello circuitale è da considerarsi di tipo spazialmente 0-dimensionale, nel senso che i parametri e le grandezze che lo caratterizzano non hanno alcuna relazione con lo spazio fisico. Rimane invece la dipendenza temporale delle grandezze e pertanto le stesse sono espresse da funzioni reali nella variabile reale indipendente t , che verrà messa in corrispondenza diretta con il tempo fisico.

La semplicità ed eleganza del modello circuitale non deve però farci dimenticare che l'obiettivo finale è quello di ottenere informazioni sul sistema reale. Pertanto l'analisi del modello circuitale non potrà essere fine a se stessa. Gli aspetti critici del modello circuitale sono quindi principalmente quello della messa a punto dei parametri del modello in una prima fase e, in una seconda fase, nell'analisi critica dei risultati ottenuti ai fini del loro utilizzo nel sistema reale.