

Questa parte parla di circuiti reali e modelli matematici.

L'analisi di un circuito si basa su tre passaggi:

- Stabilire un modello concettuale appropriato di un circuito reale;
- Risolvere le equazioni riferite al modello;
- Verificare la compatibilità delle soluzioni con la realtà.

Concetti preliminari

Un **circuito elettrico** è un'interconnessione di dispositivi elettromagnetici che interagiscono tra loro. Ogni dispositivo comunica con il circuito attraverso dei morsetti o **poli** o terminali.

Lo studio di circuiti prende in considerazione due grandezze fondamentali: la **differenza di potenziale** (ddp) e l'**intensità di corrente I**.

Prima classificazione dei modelli

- Modelli a parametri concentrati PC;
- Modelli a costanti distribuite.

Si possono considerare modelli PC quelli tali che la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica sia teoricamente infinita (tempo di propagazione nullo) e che non ci siano campi elettromagnetici concatenati con il circuito, inoltre ogni fenomeno elettrico è definito in precise regioni spaziali.

Di conseguenza:

- I collegamenti tra circuiti sono privi di lunghezza e estensione;
- Le grandezze fisiche sono costanti in modulo all'interno del circuito;
- Il campo elettrico E è conservativo, quindi la differenza di potenziale tra polo e polo non dipende dal tipo di percorso della carica;
- I poli sono isolati dal mondo esterno.

OSS.: nei componenti e nei morsetti la corrente elettrica è formata da cariche positive.

Differenza di potenziale

Essendo E conservativo, la ddp tra due morsetti risulta essere la differenza tra il potenziale del polo A e il potenziale del polo B. Ricordando che la ddp è il lavoro fatto da una forza esterna sulla carica in opposizione al campo elettrico:

$$W_{AB} = q \cdot (V_{AB}) = q \cdot (V_A - V_B) \quad [\text{Volt}]$$

Correnti e potenze

La corrente i è il flusso infinitesimo di carica che passa in un conduttore in un tempo infinitesimo:

$$i = dq/dt \quad [\text{Ampere}]$$

La potenza elettrica p erogata o dissipata in un bipolo è:

$$p = dW/dt = v \cdot dq/dt = vi \quad [\text{Watt}]$$

Definizioni

Bipolo: componente a due terminali.

Nodo: congiunzione di due o più terminali.

Ramo: singolo percorso circuitale tra due nodi.

Maglia: insieme di rami che formano un percorso chiuso.

Convenzioni normali o degli utilizzatori

- La freccia della tensione punta verso il polo dove entra corrente;
- $v(t) = e_1(t) - e_2(t)$;
- se $v(t) > 0 \rightarrow e_1(t) > e_2(t)$;
- $p > 0$: potenza dissipata;
- $p < 0$: potenza erogata.

Convenzioni non-normali o dei generatori

- La freccia della tensione punta verso il polo dove esce corrente;
- $v(t) = e_2(t) - e_1(t)$;
- se $v(t) > 0 \rightarrow e_2(t) > e_1(t)$;
- $p < 0$: potenza dissipata;
- $p > 0$: potenza erogata.

Nodi e rami in un circuito

In un circuito ci sono n nodi e b rami.

A un solo nodo si associa un potenziale nullo, mentre gli $n-1$ nodi hanno un potenziale non nullo.

Ad un ramo corrisponde un bipolo a cui è associata una corrente i e una ddp.

Prima legge di Kirchhoff

La somma algebrica delle correnti entranti e uscenti da un nodo è nulla in ogni istante di tempo.

N.B.: ad un nodo possono convergere due o più rami.

$$i_1(t) + i_2(t) + \dots + i_n(t) = 0$$

La legge è rispettata se prima di tutto si fissa arbitrariamente un verso positivo della corrente rispetto al nodo (ad esempio positiva se uscente dal nodo).

Seconda legge di Kirchhoff

La somma algebrica delle ddp lungo una maglia è nulla in ogni istante di tempo.

$$v_1(t) + v_2(t) + \dots + v_n(t) = 0$$

Una seconda formulazione del tutto equivalente afferma che ogni ddp di ramo è data dalla differenza di potenziale dei due poli:

$$V_{12} = e_1 - e_2$$

N.B.: si deve stabilire un verso positivo della maglia (ad esempio orario) per definire se una ddp è positiva o negativa. Sarà positiva se la freccia che indica la ddp ha verso concorde con quello della maglia.

Dati n nodi e b rami, per risolvere le equazioni di Kirchhoff servono $n-1$ equazioni indipendenti per la prima legge e $b-(n-1)$ equazioni per la seconda legge, per un totale di b equazioni.

E' importante rappresentare un modello chiaro e ordinato con i versi della corrente fissati arbitrariamente e quelli delle tensioni secondo la convenzione normale.

Il nodo a potenziale nullo non si tiene in considerazione nelle equazioni di Kirchhoff.

Teorema di Tellegen

La somma delle potenze virtuali di tutte le componenti di un circuito è nulla:

$$\sum_k p_k(t) = \sum_k v_k(t) i_k(t) = \mathbf{v}^T \mathbf{i} = 0$$

Per potenza virtuale si intende quella calcolata con correnti e tensioni che soddisfano IK e IIK ma che non si riferiscono a precisi componenti del circuito.