

Bobina

Una bobina è un componente formato da un filo di rame smaltato avvolto in spire. La sua grandezza caratteristica è l'induttanza. Presenta tre caratteristiche principali:

1. Il filo ha una resistenza elettrica, determinata dal materiale e dalla geometria del filo.
2. L'avvolgimento introduce un comportamento induttivo: la bobina si oppone alle variazioni di corrente.
3. Quando è attraversata da corrente, genera un campo magnetico: in pratica si comporta come un elettromagnete.

Per questo le bobine vengono usate in molti dispositivi elettrici:

- nei trasformatori, per trasferire energia da un avvolgimento all'altro tramite il campo magnetico;
- nei relè e nei contattori, per spostare meccanicamente dei contatti elettrici;
- nei motori elettrici, per produrre campi magnetici che generano movimento.

Resistenza della bobina

Una bobina reale è costruita con filo di rame, quindi presenta una resistenza elettrica.

Questa resistenza dipende da materiale e geometria del filo:

$$R = \rho \cdot l / S$$

dove:

ρ = resistività del rame

l = lunghezza del filo

S = sezione del filo

Esempio numerico

Supponiamo una bobina con circa 10 m di filo di rame e sezione 0,5 mm².

Per il rame:

$$\rho \approx 0,0175 \, \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

Quindi:

$$R = 0,0175 \cdot 10 / 0,5 = 0,35 \, \Omega$$

Questo significa che anche una bobina apparentemente "solo induttiva" presenta una piccola resistenza dovuta al filo di rame.

Induttanza della bobina

Una bobina presenta una grandezza chiamata induttanza, che dipende da come è costruita.

L'induttanza dipende da numero di spire, geometria e materiale:

$$L = \mu \cdot N^2 \cdot S / l$$

dove:

μ = permeabilità del materiale, cioè quanto facilmente si crea il campo magnetico

N = numero di spire

S = sezione della bobina, cioè l'area racchiusa dalle spire

l = lunghezza dell'avvolgimento, cioè quanto è lunga fisicamente la bobina

Esempio numerico

Supponiamo una bobina con 100 spire, sezione 1 cm² e lunghezza 10 cm, in aria.

$$L \approx 13 \mu\text{H}$$

Questo significa che l'induttanza aumenta molto con il numero di spire e dipende anche dal materiale e dalla forma della bobina.

Nota: la sezione del filo non compare direttamente nella formula dell'induttanza.

Influenza però l'induttanza in modo indiretto, perché un filo più spesso cambia la geometria dell'avvolgimento (dimensioni e spazi tra le spire).

In più, la sezione del filo influisce soprattutto sulla resistenza della bobina, non sull'induttanza.

Questa formula vale come modello semplificato per una bobina lunga, con campo abbastanza uniforme.

Circuito RL

Una bobina reale si può rappresentare come un circuito RL:

resistenza + induttanza in serie

Campo magnetico della bobina

Quando una corrente attraversa la bobina, si genera un campo magnetico.

L'intensità del campo, in una bobina lunga, dipende da corrente, numero di spire e lunghezza:

$$B = \mu \cdot N \cdot I / l$$

dove:

B = campo magnetico

μ = permeabilità del materiale

N = numero di spire

I = corrente

l = lunghezza dell'avvolgimento

Esempio numerico

Bobina con 100 spire, lunghezza 10 cm e corrente 1 A, in aria:

→ $B \approx 1,3 \text{ mT}$

(mT = millitesla = 0,001 tesla, unità di misura del campo magnetico)

Questo significa che aumentando corrente o numero di spire, il campo magnetico cresce.

Bobina (induttanza): comportamento in corrente continua (CC) e corrente alternata (CA)

CORRENTE CONTINUA (CC)

ON (chiusura circuito)

- La corrente parte da zero e cresce gradualmente fino al valore massimo.
- All'inizio quasi tutta la tensione è sulla parte induttiva della bobina; poi, mentre la corrente cresce, aumenta la caduta di tensione sulla resistenza del filo.
- Motivo: la corrente sta cambiando → la bobina genera una tensione che si oppone alla variazione.

REGIME

- La corrente è costante (valore massimo).
- La tensione sulla parte induttiva della bobina è circa zero.
- La tensione di alimentazione non sparisce: cade sulla resistenza del filo della bobina (e del circuito).
- Motivo: la corrente non cambia → la bobina non genera più tensione.

OFF (apertura circuito, senza diodo)

- La corrente non può annullarsi istantaneamente → continua inizialmente, poi si annulla attraverso fenomeni reali non ideali.
- La tensione sulla bobina si inverte e diventa molto elevata.
- Motivo: la bobina genera la tensione necessaria per mantenere la corrente anche senza alimentazione.

TRANSITORIO OFF

- Non è ideale né perfettamente prevedibile.
- Dipende da arco sui contatti, aria, capacità parassite.

CORRENTE ALTERNATA (CA)

FUNZIONAMENTO NORMALE

- In corrente alternata la tensione del generatore varia continuamente nel tempo, di solito con andamento sinusoidale.
- Anche la corrente nella bobina varia continuamente.
- La corrente non è in fase con la tensione applicata: in una bobina ideale la corrente è in ritardo di 90° rispetto alla tensione; in una bobina reale il ritardo è minore, perché è presente anche la resistenza del filo.

TENSIONE SULLA PARTE INDUTTIVA

- La tensione sulla parte induttiva della bobina varia continuamente.
- Non resta stabilmente a zero come in corrente continua a regime.
- È legata alla rapidità con cui cambia la corrente.

RELAZIONE TRA CORRENTE E TENSIONE

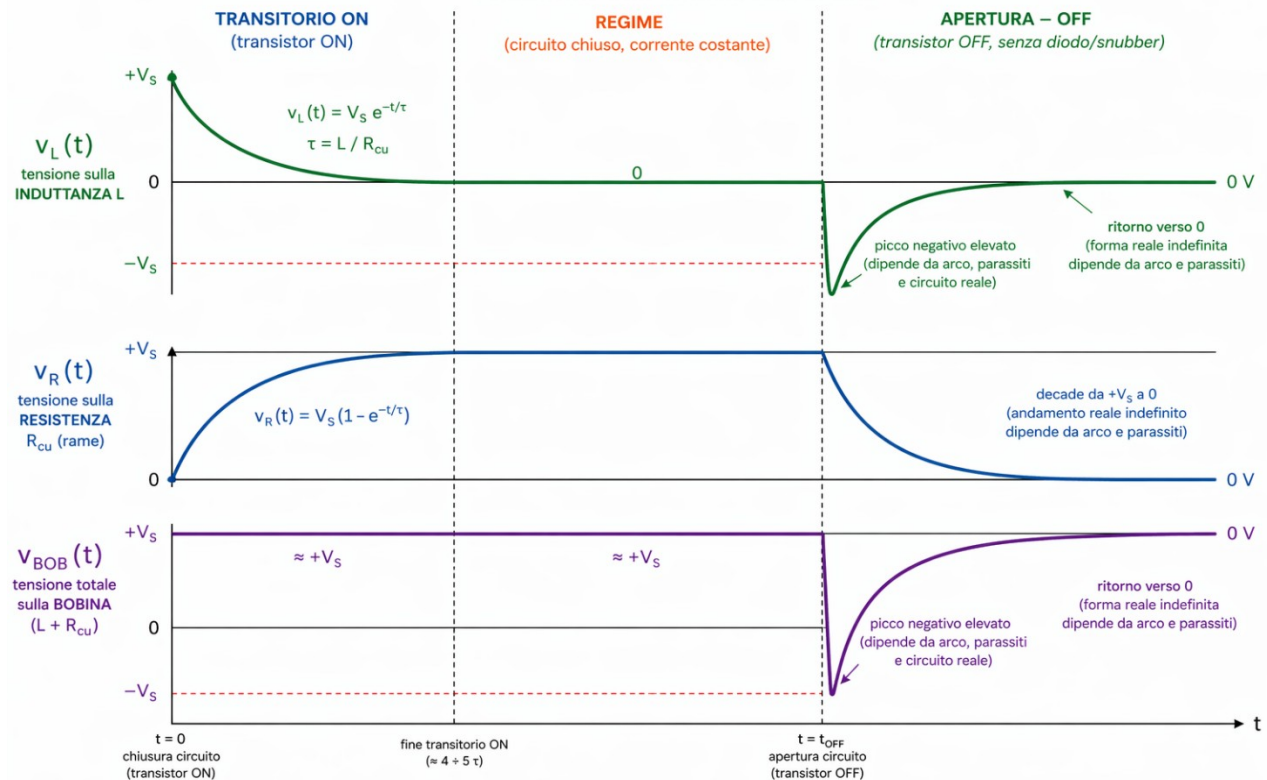
- Quando la corrente è massima, per un istante varia poco: la tensione sulla parte induttiva è circa zero.
- Quando la corrente passa per zero, sta cambiando molto rapidamente: la tensione sulla parte induttiva è massima.

INTERRUZIONE DEL CIRCUITO

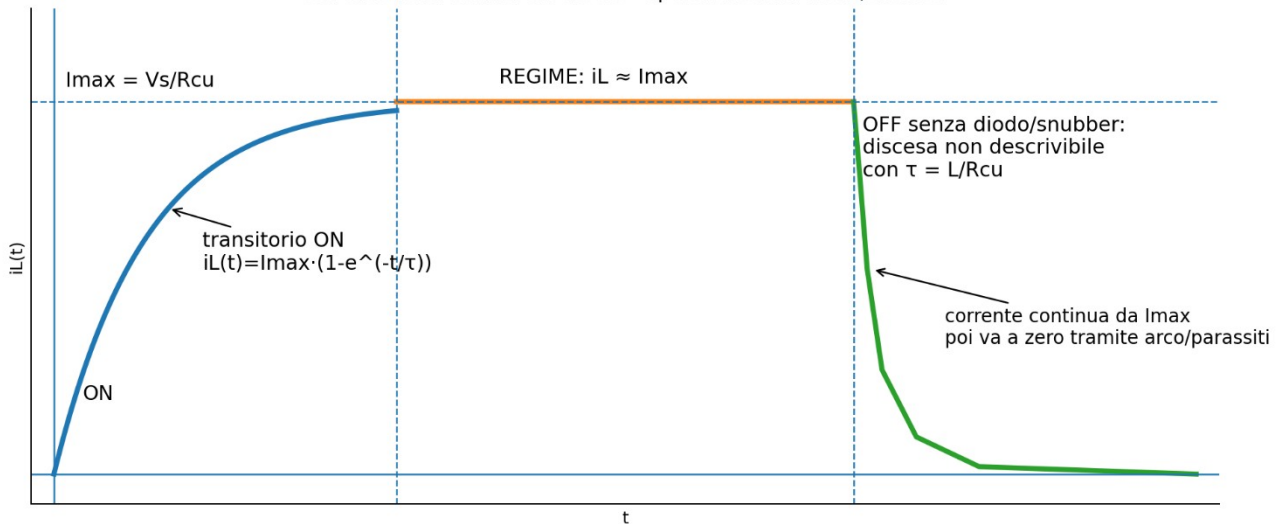
- Anche in corrente alternata, se il circuito viene aperto, la corrente tende a continuare per effetto dell'induttanza.
- La bobina può generare una tensione elevata.
- Possono comparire archi elettrici e sovratensioni.

RELE' DC – APERTURA SENZA DIODO/SNUBBER

Andamento delle tensioni sulla bobina



Corrente nella bobina di relè DC - apertura senza diodo/snubber



Nota sulle unità di misura

Nel testo compaiono due unità di misura: H e T .

H significa henry ed è l'unità di misura dell'induttanza.

Un henry è un valore grande per una piccola bobina: nei piccoli circuiti si usano spesso valori molto più piccoli, come mH o μH .

Esempio: $1\text{ H} = 1.000.000\text{ }\mu\text{H}$ quindi: $13\text{ }\mu\text{H} = 0,000013\text{ H}$ cioè un valore molto piccolo rispetto a 1 H .

T significa tesla ed è l'unità di misura del campo magnetico.

Anche un tesla è un valore grande. Per confronto, il campo magnetico terrestre è dell'ordine dei μT , mentre una risonanza magnetica medica può arrivare a valori dell'ordine di $1,5\text{ T}$ o 3 T .

Esempio: $1\text{ T} = 1000\text{ mT}$ quindi: $1,3\text{ mT} = 0,0013\text{ T}$ cioè molto meno di 1 T , ma comunque molto più del campo magnetico terrestre.

I prefissi servono per indicare frazioni dell'unità principale:

milli = un millesimo = $0,001$

micro = un milionesimo = $0,000001$

OpenStax, University Physics Volume 2, capitoli su induttanza e circuiti RL., OpenStax, College Physics 2e, capitolo su reattanza induttiva e corrente alternata., NIST, Guide to the SI, prefissi e unità di misura., NIST / Bureau of Standards, Copper Wire Tables, resistività del rame., NOAA / NCEI, Geomagnetism Frequently Asked Questions, campo magnetico terrestre., FDA / NIBIB, documentazione su risonanza magnetica e campi magnetici MRI.