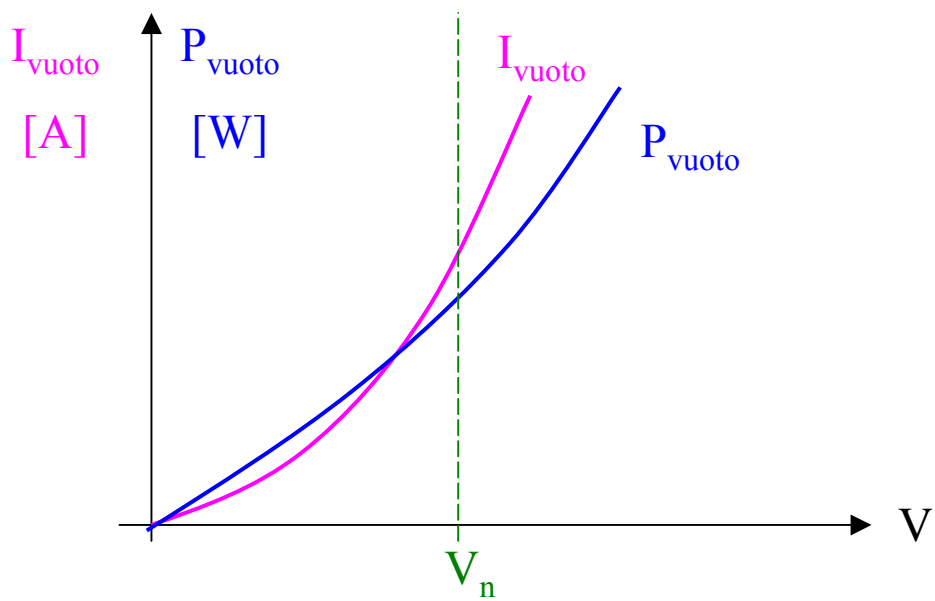


PARAMETRI CARATTERISTICI DEI FUNZIONAMENTI A VUOTO (A REGIME) E DI CORTO CIRCUITO (A REGIME)

FUNZIONAMENTO A VUOTO

(a tensione primaria nominale e a frequenza nominale)

Da misure eseguite sul trasformatore a vuoto si ottengono le seguenti grandezze (al variare della tensione primaria):



FUNZIONAMENTO A VUOTO

Si noti che:

- le perdite a vuoto sono quasi esclusivamente perdite nel ferro e non dipendono dalla scelta del lato di trasformatore alimentato dalla rete (dipendono dal flusso che attraversa il circuito magnetico). Queste perdite si possono considerare indipendenti dalla temperatura;
- il valore della corrente a vuoto dipende dal lato del trasformatore alimentato dalla rete.

Si definisce:

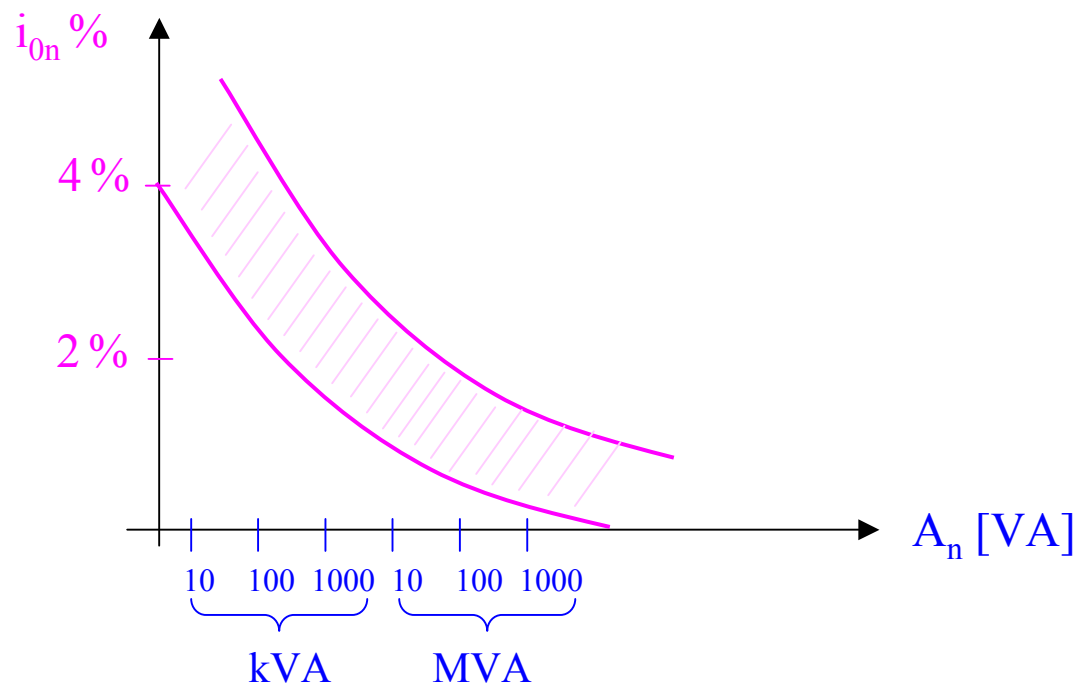
CORRENTE A VUOTO PERCENTUALE:

$$i_{0n} \% = \frac{I_{0n}}{I_n} * 100 = \frac{V_n I_{0n}}{V_n I_n} * 100 = \frac{A_{0n}}{A_n} * 100$$

(si vede che $i_{0n} \%$ è indipendente dalla scelta del lato da alimentare dalla rete)

FUNZIONAMENTO A VUOTO

Per trasformatori trifase il valore di $i_{0n}\%$ varia come riportato nel seguente diagramma:



FUNZIONAMENTO IN CORTO CIRCUITO

Si definisce:

V_{ccn} = TENSIONE DI CORTO CIRCUITO ALLA CORRENTE NOMINALE
= tensione che bisogna applicare alla macchina in corto circuito per avere la corrente nominale

Questo valore varia a seconda che ci si riferisca al lato A.T. o b.t.

Si introduce il valore percentuale:

TENSIONE DI CORTO CIRCUITO PERCENTUALE:

$$v_{cc} \% = \frac{V_{ccn}}{V_n} * 100 = \frac{Z_{cc} I_n}{V_n} * 100 = \frac{Z_{cc}}{Z_n} * 100 = \frac{Z_{cc} I_n}{V_n} * \frac{I_n}{I_n} * 100 = \frac{Z_{cc} I_n^2}{A_n} * 100 = \frac{A_{ccn}}{A_n} * 100$$

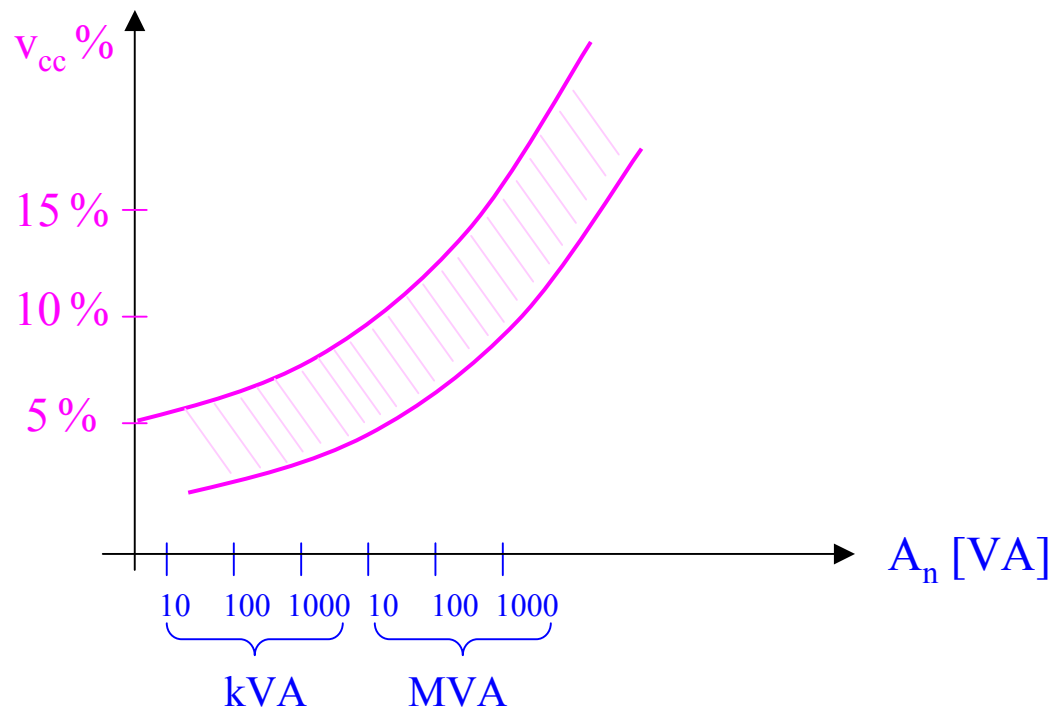
Il valore % è indipendente dal lato del trasformatore che si considera.

N.B.: $Z_{cc} = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$

$$\overline{A}_{ccn} = \underbrace{(R_1 + R'_2) I_n^2}_{P_{ccn}} + \underbrace{j(X_1 + X'_2) I_n^2}_{Q_{ccn}}$$

FUNZIONAMENTO IN CORTO CIRCUITO

I valori medi di $v_{cc}\%$ per i trasformatori trifase sono riportati nel seguente diagramma:



N.B.: Z_{cc} = impedenza di corto circuito

$I_{cc} = V_n / Z_{cc}$ = corrente di corto circuito a tensione nominale

$V_{ccn} = Z_{cc} I_n$ = tensione di corto circuito a corrente nominale

DATI DI TARGA DI UN TRASFORMATORE TRIFASE

<u>Dati nominali:</u>	POTENZA NOMINALE	A_n	[VA]
	FREQUENZA NOMINALE	f_n	[Hz]
	TENSIONE CONCATENATA NOMINALE PRIMARIA	V_{1n}	[V]
	TENSIONE CONCATENATA NOMINALE SECONDARIA	V_{2n}	[V]

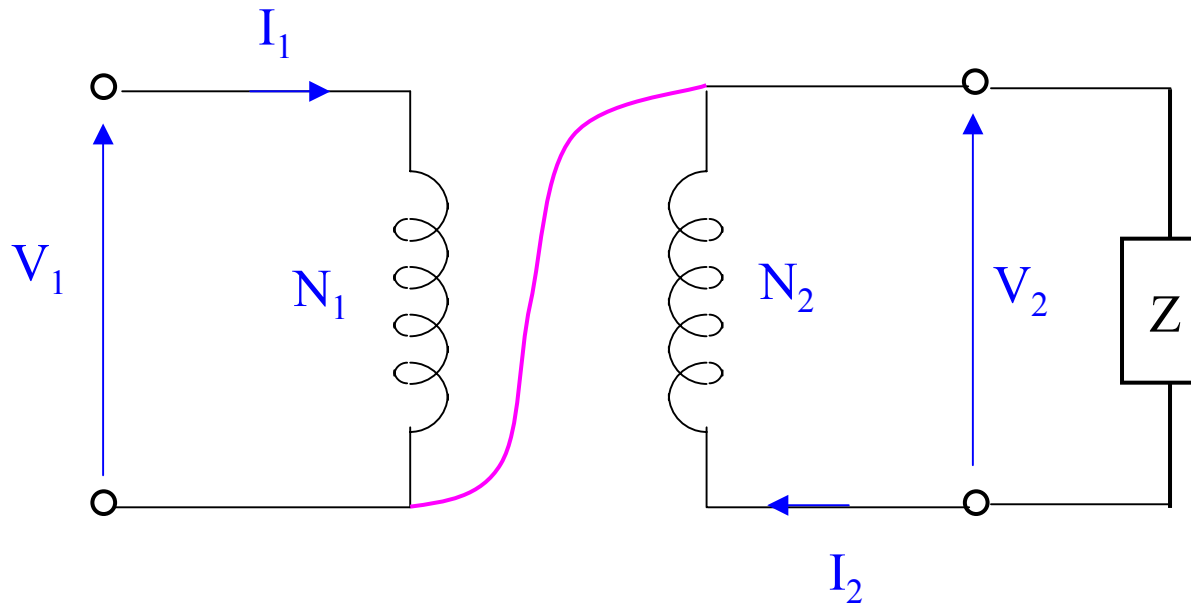
Tipo di collegamento e indice orario

Tipo di raffreddamento e tipo di servizio

<u>Risultati di prove:</u>	a vuoto	$i_{0n} \%$	$P_{0n} \%$
	in corto circuito	$v_{ccn} \%$	$P_{ccn} \%$

AUTOTRASFORMATORE

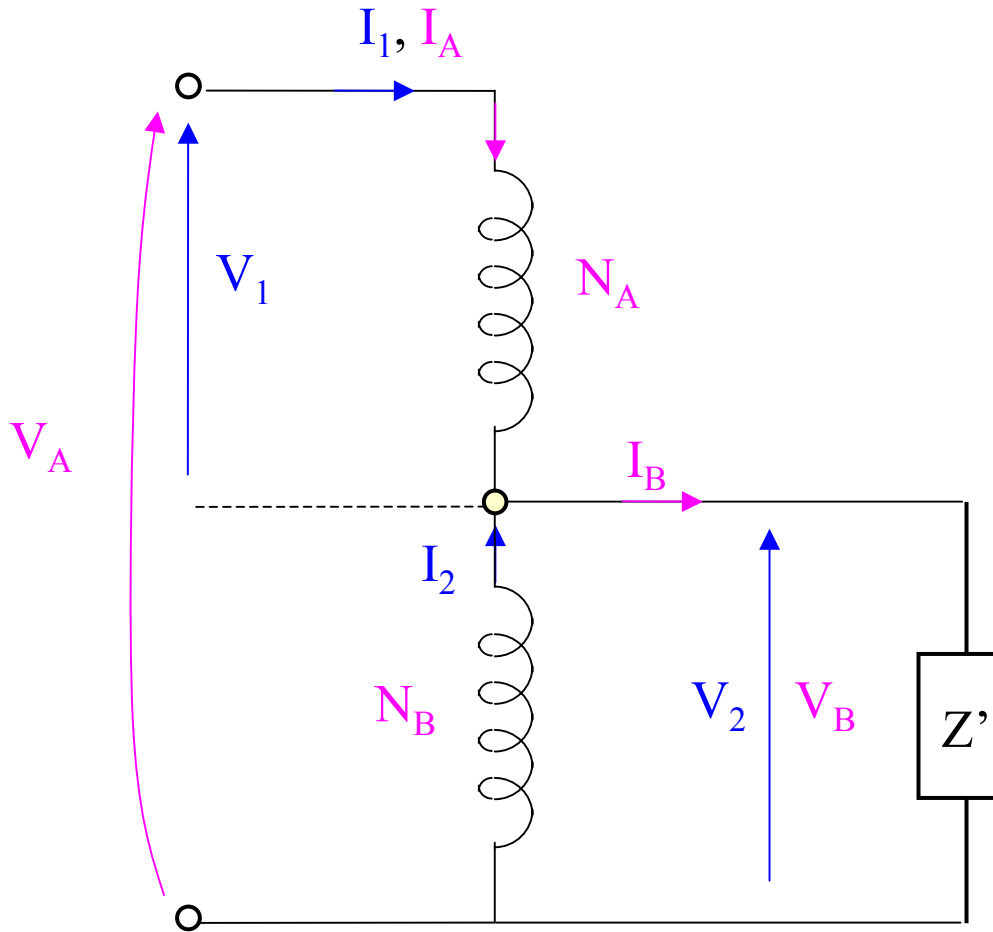
Si consideri un trasformatore monofase nel quale si realizza un collegamento elettrico tra primario e secondario.



AUTOTRASFORMATORE

BILANCIO ENERGETICO (trascurando le perdite):

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$



$$\begin{cases} V_A = V_1 + V_2 \\ V_B = V_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_A = I_1 \\ I_B = I_1 + I_2 = I_A + I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_A = N_1 \\ N_B = N_2 \end{cases}$$

AUTOTRASFORMATORE

Risulta quindi:

$$V_A I_A = (V_1 + V_2) I_1$$

$$V_B I_B = V_2 (I_1 + I_2)$$

$$V_A I_A = V_B I_B$$

Si considerino due funzionamenti tipici:

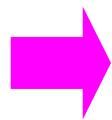
A VUOTO:

$$\frac{V_A}{V_{B0}} \simeq \frac{E_A}{E_{B0}} = \frac{(N_A + N_B) E_{\text{spira}}}{N_B E_{\text{spira}}} = \frac{N_A + N_B}{N_B}$$

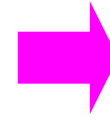
IN CORTO CIRCUITO: (trascurando la corrente a vuoto)

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{nel trasformatore di partenza}$$

$$\frac{I_A}{I_B - I_A} = \frac{N_B}{N_A}$$



$$N_A I_A = N_B (I_B - I_A)$$



$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{N_B}{N_A + N_B}$$

AUTOTRASFORMATORE

Si noti che la potenza sul carico è:

$$V_B I_B = V_2 (I_1 + I_2)$$

AUTOTRASFORMATORE

ed è maggiore della potenza sul carico nel caso del trasformatore di partenza:

$$V_2 I_2$$

TRASFORMATORE

a pari sfruttamento del rame e del ferro.

Il nuovo sistema, visto dai morsetti esterni, si comporta quindi come un nuovo trasformatore che ha un RAPPORTO DI TRASFORMAZIONE:

$$\frac{(N_1 + N_2)}{N_2}$$

AUTOTRASFORMATORE

La potenza nominale del trasformatore di partenza è:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

TRASFORMATORE

ed è per questa potenza che è dimensionato il trasformatore.

La potenza assorbita dal primario dell'autotrasformatore vale:

$$V_A I_1 = (V_1 + V_2) I_1$$

PRIMARIO AUTOTRASFORMATORE

La potenza resa dal secondario dell'autotrasformatore vale:

$$V_B I_B = V_2 (I_1 + I_2)$$

SECONDARIO AUTOTRASFORMATORE

(POTENZA NOMINALE AUTOTRASFORMATORE)

AUTOTRASFORMATORE

È interessante valutare il rapporto tra la potenza nominale dell'autotrasformatore e la potenza nominale del trasformatore di partenza (trasformatore equivalente) :

$$K_T = \frac{V_B I_B}{V_2 I_2} = \frac{V_2 (I_1 + I_2)}{V_2 I_2} = \frac{V_A I_A}{V_1 I_1} = \frac{(V_1 + V_2) I_1}{V_1 I_1} = \frac{V_1 + V_2}{V_1} = \frac{V_A}{V_A - V_B}$$



Per $V_A = V_B$ non si realizza alcuna trasformazione: $K_T \rightarrow \infty$

In pratica, più V_A e V_B sono vicini, tanto più grande è il vantaggio di realizzare un autotrasformatore invece di un trasformatore.

AUTOTRASFORMATORE

N.B.: In conclusione:

Disponendo di un trasformatore di potenza nominale A_T è possibile ottenere un autotrasformatore di potenza nominale A_{AUT} tale che:

$$\frac{A_{AUT}}{A_T} = \frac{V_A}{V_A - V_B} = K_T \quad \text{se } V_A = 2 V_B \Rightarrow K_T = 2$$

La presenza di un collegamento elettrico fa venire meno l'isolamento tra il primario e il secondario.

AUTOTRASFORMATORE

N.B.:

I valori assoluti delle perdite, delle correnti a vuoto e di corto circuito sono uguali a quelli del trasformatore corrispondente.

I valori relativi, riferiti a una nuova potenza nominale sono diversi.

Risulta:

$$(i_0 \%)_{\text{AUT}} = (i_0 \%)_{\text{T}} / K_{\text{T}}$$

$$(v_{\text{cc}} \%)_{\text{AUT}} = (v_{\text{cc}} \%)_{\text{T}} / K_{\text{T}}$$

$$(P_{0n} \%)_{\text{AUT}} = (P_{0n} \%)_{\text{T}} / K_{\text{T}}$$