

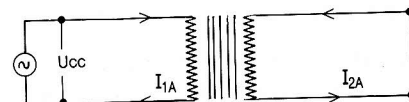
Tension de court-circuit - Chute de tension

Définitions

Tension de court-circuit U_{cc}

C'est la tension qu'il faut appliquer au primaire d'un transformateur, son secondaire étant court-circuité, pour que

circulent les courants assignés primaire et secondaire I_{1A} et I_{2A} . Elle s'exprime en % de la tension assignée U_{1A} .



Nous rappelons ci-contre le diagramme en charge du transformateur dans lequel :

$$OC = AD = \frac{U_{1A}}{\lambda} = U_{2A} \text{ à vide}$$

avec

λ = rapport de transformation à vide

φ = décalage de la tension et du courant

AC = tension secondaire U'_{2A} en charge sous $\cos \varphi$

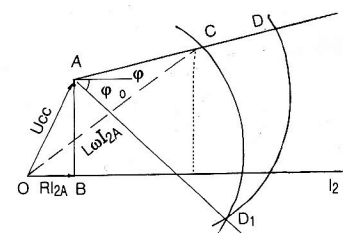
Chute de tension $\Delta U = AD - AC = CD$

La tension de court-circuit U_{cc} est la

résultante de 2 tensions en quadrature :

RI_{2A} = composante active

$L\omega I_2$ = composante inductive

Chute de tension CD

Elle est positive dans la généralité des cas pratiques et peut s'annuler pour une valeur φ_0 de l'angle φ au-delà de laquelle elle peut devenir négative.

Elle est donnée par la formule :

$$\Delta U \% = RI_{2A} \cos \varphi + L\omega I_{2A} \sin \varphi + \frac{(RI_{2A} \sin \varphi - L\omega I_{2A} \cos \varphi)^2}{200}$$

dans laquelle la tension de court-circuit U_{cc} étant généralement imposée, si PA est

la puissance assignée et PC les pertes dues à la charge, on a :

$$RI_{2A} = \frac{PC}{PA} \times 100 \text{ et } L\omega I_{2A} = \sqrt{U_{cc}^2 - RI_{2A}^2}$$

Dans les appareils de puissance élevée ($PA > 1,6 \text{ MVA}$) la composante active est négligeable devant la composante inductive.

Exemple :

Un transformateur de 10 MVA 63/20 kV a une tension de court-circuit $U_{cc} = 10 \%$ et des pertes dues à la charge $PC = 70 \text{ kW}$. Quelle est la chute de tension sous $\cos \varphi = 1$ et $\cos \varphi = 0,8$?

$$(\Delta U)_1 = 0,7 + \frac{9,975^2}{200} = 1,20 \%$$

$$(\Delta U)_{0,8} = 0,7 \times 0,8 + 9,975 \times 0,6 + \frac{(0,7 \times 0,6 - 9,975 \times 0,8)^2}{200} = 6,83 \%$$

Influence de la tension de court-circuit sur le dimensionnement du transformateur

La valeur de la tension de court-circuit d'un transformateur est très généralement imposée par un impératif de fonctionnement en parallèle avec un appareil existant, ou encore la nécessité de limiter le courant de court-circuit au secondaire du transformateur pour sauvegarder l'appareillage existant. Nous examinerons ces deux aspects dans les chapitres qui leur sont consacrés, mais dès à présent voyons l'incidence de la tension de court-circuit sur le dimensionnement du transformateur. On assimilera U_{cc} à la réactance $L\omega I_1$.

Ci-contre nous représentons la coupe d'un bobinage dans laquelle :

Σ_1 = épaisseur du bobinage BT

Σ_2 = épaisseur du bobinage HT

α = distance entre bobinages HT et BT

H = hauteur des bobinages

ϕ_m = diamètre de la spire moyenne

N_1 = nombre de spires HT

U_1 = tension assignée HT

I_1 = courant assigné HT

La formule de la réactance $L\omega I_1$ % est :

$$4,2 \pi (N_1)^2 \frac{\phi_m}{H} \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2 + \alpha}{3} \right) \omega \frac{I_1}{U_1} 10^{-7}$$

que nous pouvons simplifier en remplaçant toutes les valeurs constantes par k :

$$= k (N_1)^2 \frac{\phi_m}{H} \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2 + \alpha}{3} \right)$$

On en tire les enseignements suivants :

- le facteur prépondérant est le nombre de spires qui entre au carré.

- la valeur de $L\omega I_1$ est inversement

proportionnelle à la hauteur H et

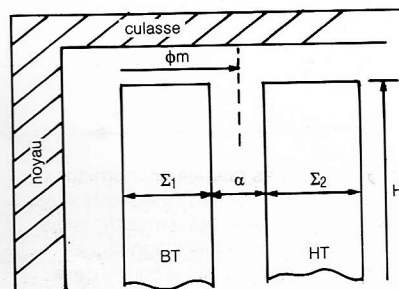
proportionnelle à ϕ_m dont les variations sont faibles.

A volume de cuivre constant, en augmentant H on réduit $L\omega I_1$, d'autant que

Σ_1 , Σ_2 et ϕ_m diminuent également et accentuent légèrement le phénomène.

Dans le cas inverse on peut augmenter $L\omega I_1$ par la réduction de H et l'augmentation de Σ_1 , Σ_2 et ϕ_m .

La cote α , qui joue en vraie grandeur, a aussi une influence notable et permet également d'ajuster la valeur de U_{cc} lorsque le choix des autres paramètres est fait.



Application : on a vu l'influence du nombre de spires N_1 .

Les volts par spire v sont donnés par la formule de Boucherot :

$$v = 2,22 \times B \times Sf$$

avec B = induction et Sf = section du noyau

$$N_1 = U_1/v = U_1/2,22 \times B \times Sf$$

B et U_1 étant des valeurs constantes (B lié à la qualité de la tôle, U_1 imposé) on voit que N_1 est inversement proportionnel à la section de fer du noyau.

Conséquence pratique

Si les variations de U_{cc} sont raisonnables et si la hauteur H reste sensiblement constante :

- pour augmenter U_{cc} il faut augmenter N_1 donc réduire Sf . Le volume de fer est donc réduit. Les pertes dans le fer P_v sont réduites, les pertes dues à la charge P_c augmentent,

- pour réduire U_{cc} il faut réduire N_1 donc augmenter Sf et le volume de fer. Les pertes dans le fer P_v augmentent, les pertes dues à la charge P_c diminuent. Le dimensionnement général de l'appareil augmente.

Nous pouvons résumer ainsi :

U_{cc}	P_v	P_c	Dimensionnement
↗	↘	↗	↘
↘	↗	↘	↗