

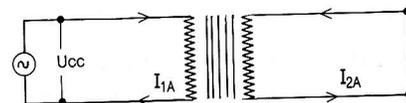
Tension de court-circuit - Chute de tension

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}.



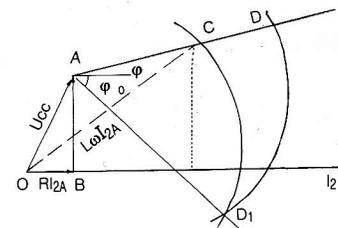
Nous rappelons ci-contre le diagramme en charge du transformateur dans lequel :

OC = AD = $\frac{U_{1A}}{\lambda} = U_{2A}$ 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. φ

Chute de tension ΔU = AD-AC = CD
La tension de court-circuit U_{cc} est la résultante de 2 tensions en quadrature :
RI_{2A} = composante active
LωI₂ = composante inductive



Chute de tension CD

Elle est positive dans la généralité des cas pratiques et peut s'annuler pour une valeur φ₀ 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 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 kW. Quelle est la chute de tension sous

cos φ = 1 et cos φ = 0,8 ?
(ΔU)₁ = 0,7 + $\frac{9,975^2}{200} = 1,20 \%$

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

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 LωI₁.

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

- Σ₁ = épaisseur du bobinage BT
- Σ₂ = épaisseur du bobinage HT
- α = distance entre bobinages HT et BT
- H = hauteur des bobinages
- φm = diamètre de la spire moyenne
- N₁ = nombre de spires HT
- U₁ = tension assignée HT
- I₁ = courant assigné HT

La formule de la réactance LωI₁ % est :

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

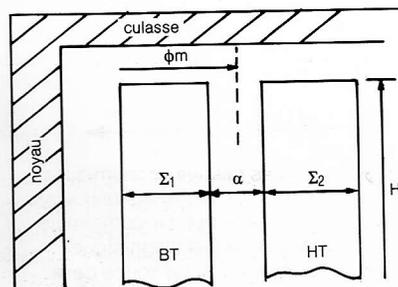
que nous pouvons simplifier en remplaçant toutes les valeurs constantes par k :

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

On en tire les enseignements suivants :
- le facteur prépondérant est le nombre de spires qui entre au carré.
- la valeur de LωI₁ est inversement proportionnelle à la hauteur H et proportionnelle à φm dont les variations sont faibles.

A volume de cuivre constant, en augmentant H on réduit LωI₁, d'autant que Σ₁, Σ₂ et φm diminuent également et accentuent légèrement le phénomène. Dans le cas inverse on peut augmenter LωI₁ par la réduction de H et l'augmentation de Σ₁, Σ₂ et φm.

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 N₁.

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

N₁ = U₁/v = U₁/2,22 × B × Sf
B et U₁ étant des valeurs constantes (B liée à la qualité de la tôle, U₁ imposé) on voit que N₁ 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 N₁ donc réduire Sf. Le volume de fer est donc réduit. Les pertes dans le fer Pv sont réduites, les pertes dues à la charge Pc augmentent,

- pour réduire U_{cc} il faut réduire N₁ donc augmenter Sf et le volume de fer. Les pertes dans le fer Pv augmentent, les pertes dues à la charge Pc diminuent. Le dimensionnement général de l'appareil augmente.

Nous pouvons résumer ainsi :

U _{cc}	Pv	Pc	Dimensionnement
↗	↘	↗	↘
↘	↗	↘	↗