Transformateur Triphasé - 1

v5

1 Donnée

Un transformateur triphasé est connecté au réseau 20kV et est dimensionné pour transformer le 20kV en 400V.

Ce transformateur alimente une charge couplée en étoile.

Le réseau a une chute de tension de 2.5% et tombe donc, au primaire, à 19.5kV.

1. Dans ce cas, quelle est la puissance apparente au primaire du transformateur ?
2. Que vaut le courant primaire en p.u. dans ce cas ?

Le transformateur triphasé a les caractéristiques suivantes :

- Puissance apparente nominale : $S_n = 250kVA$
- Tension nominale au primaire/secondaire : $U_{1nligne} = 20kV/U_{2nligne} = 0.4kV$
- Groupe de couplage : Yy
- Tension de court-circuit : $u_{cc} = 4\%$
- Les résistances sont négligées vis-à-vis des réactances.

L'impédance de la charge n'est pas directement connue mais nous savons que

- lorsqu'elle est alimentée à 400 V
- elle dissipe 200 kW
- avec un cos$\varphi = 0.85$ (inductif).

2 Préambule

Le but de cet exercice est de comprendre l'utilisation du schéma équivalent par phase, avec hypothèse de Kapp, pour un transformateur triphasé.

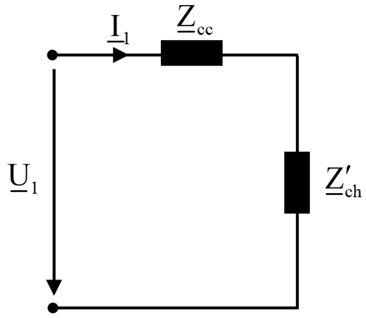
Pour l'utilisation de l'hypothèse de Kapp, il faudra comprendre l'utilisation de la tension de court-circuit, de son lien avec l'impédance de court-circuit et de l'impédance nominale pour calculer l'impédance équivalente du transformateur en vraies grandeurs.

Pour la charge, le but est de vous faire calculer l'impédance charge a partir de données provenant d'un point de fonctionnement. Il faudra comprendre que la charge est définie par un point de fonctionnement et que ce point de fonctionnement n'est donné que pour calculer les valeurs de la charge, car le point de fonctionnement lorsque la charge est connectée au transformateur n'est pas le même.

3 Corrigé

1. Puissance apparente au primaire sous 19.5 [kV]

Le schéma équivalent par phase est le suivant :



Ainsi, afin de pouvoir calculer la puissance apparente et le courant au primaire, les différents paramètres du schéma doivent être établis.

Pour calculer l'impédance de court-circuit du transformateur en vraie grandeur, il faut calculer l'impédance nominale à partir de la connaissance de la tension et du courant de phase nominaux.

Tension de phase primaire nominale :

$$U_{1n} = \frac{U_{1nligne}}{\sqrt{3}} = 11.55 \ \ [kV] \tag{1}$$

Courant de phase primaire nominal :

$$I_{1n} = \frac{S_n}{3\,U_{1n}} = 7.22 \ \ [A] \tag{2}$$

Impédance nominale primaire :

$$Z_{1n} = \frac{U_{1n}}{I_{1n}} = 1600 \ \ [\Omega] \tag{3}$$

Nous savons qu'en p.u. la tension de court-circuit est égale à l'impédance de court-circuit.

$$x_{cc} = u_{cc} = 0.04 \ \ [p.u.] \tag{4}$$

L'impédance de court-circuit vaut :

$$\underline{Z}_{cc} = j\,x_{cc}\,Z_n = j\,64 \ \ [\Omega] \tag{5}$$

Il faut maintenant déterminer l'impédance de la charge, puis la rapporter au primaire. Le point de fonctionnement donné nous permet de calculer les valeurs de l'impédance.

$$U_{ch} = \frac{U_{chligne}}{\sqrt{3}} = 230.94 \ \ [V] \tag{6}$$

On rappelle que :

$$P_{ch} = 200 \ [kW] \tag{7}$$

$$\cos\varphi_{ch} = 0.85 \tag{8}$$

Le courant pour ce cas vaut :

$$I_{ch} = \frac{P_{ch}}{3\,U_{ch}\cos\varphi_{ch}} = 339.62\ \ [A] \tag{9}$$

et donc la norme de l'impédance de charge vaut :

$$Z_{ch} = \frac{U_{ch}}{I_{ch}} = 0.68\ \ [\Omega] \tag{10}$$

Pour calculer sa vraie valeur complexe, il nous faut encore :

$$\sin\varphi_{ch}\ \ = \ \sin\left(\cos^{-1}\left(\varphi_{ch}\right)\right) = 0.5268 \tag{11}$$

et de là nous avons l'impédance complexe de la charge

$$\underline{Z}_{ch} = Z_{ch}\ \left(\cos\varphi_{ch} + j\ \sin\varphi_{ch}\right) = 0.578 + j\,0.358\ \ [\Omega] \tag{12}$$

Il faut encore rapporter cette valeur au primaire, pour cela il nous faut le rapport de transformation

$$\ddot{u} = \frac{U_{1nligne}}{U_{2nligne}} = 50 \tag{13}$$

et de là

$$\underline{Z}'_{ch} = \ddot{u}^2\ \underline{Z}_{ch} = 1445 + j\,895.5\ \ [\Omega] \tag{14}$$

Maintenant que l'impédance du transformateur ainsi que l'impédance rapportée de la charge sont connues, l'impédance équivalente du schéma vaut :

$$\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_{cc} + \underline{Z}'_{ch} = 1445 + j\,959.5\ [\Omega] \tag{15}$$

et sa norme :

$$Z_{eq} = 1734.6\ [\Omega] \tag{16}$$

Avec tous les paramètres sont connus il est aisé de résoudre le problème selon le schéma présenté précédemment.

La tension primaire par phase vaut :

$$U_1 = \frac{U_{1ligne}}{\sqrt{3}} = \frac{19.5kV}{\sqrt{3}} = 11.258\ \ [kV] \tag{17}$$

Le courant au primaire vaut alors :

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_{eq}} = 6.49\ [A] \tag{18}$$

La puissance apparente vaut :

$$S = 3\,U_1\,I_1\ = 219.22\ [kVA] \tag{19}$$

2. Courant primaire en p.u.

Le courant nominal peut être déduit de la puissance nominale et de la tension nominale.

Pour rappel :

$$S = 3\,U_{1nph}\,I_{1nph} \tag{20}$$

La tension nominale de phase a déjà été établie à l'équation (1) rappelée ici.

$$U_{1n} = \frac{U_{1nligne}}{\sqrt{3}} = 11.55 \;\; [kV] \tag{1}$$

Pour le courant nominal de phase nous savons qu'avec le montage étoile le courant de phase est égal au courant de ligne, ainsi :

$$I_{1nph} = \frac{S_n}{3\,U_{1nph}} = 7.22 \; [A] \tag{21}$$

De là, le courant primaire en p.u. pour le cas de charge considéré vaut :

$$I_1 = \frac{I_1}{I_{1nph}} = 0.8994 \cong 0.9 \; [pu] \tag{22}$$

Le courant au primaire est donc 10% plus bas que le courant nominal.