Transformateur Triphasé - 2

v6

1 Donnée

Dans l'exercice *Transformateur Triphasé 1*, nous avions un transformateur triphasé connecté au réseau 20kV et dimensionné pour transformer le 20kV en 400V.

Ce transformateur alimentait une charge couplée en étoile et une chute de tension de 2.5% intervenait au primaire (19.5kV).

Ce transformateur triphasé (A) 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.

Comparé à l'exercice *Transformateur Triphasé 1*, le nombre d'utilisateurs connectés à ce transformateur a augmenté et la charge dissipe maintenant 50% de puissance active en plus.

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

- lorsqu'elle est alimentée à 400 V
- elle dissipe 300 kW
- avec un cos$\varphi = 0.85$ (inductif).

Un 2ème transformateur est maintenant nécessaire et doit être ajouté en parallèle au premier.

Ce 2ème transformateur triphasé (B) a les caractéristiques suivantes :

- Puissance apparente nominale : $S_n = 200kVA$
- Tension nominale au primaire/secondaire : identiques au premier transformateur
- Groupe de couplage : Yy
- Tension de court-circuit : $u_{cc} = 3\%$
- Les résistances sont négligées vis-à-vis des réactances.

Questions :

1. Que vaut le courant primaire, en p.u, dans chaque transformateur ?
2. Comment se réparti la puissance apparente entre chaque transformateur ?

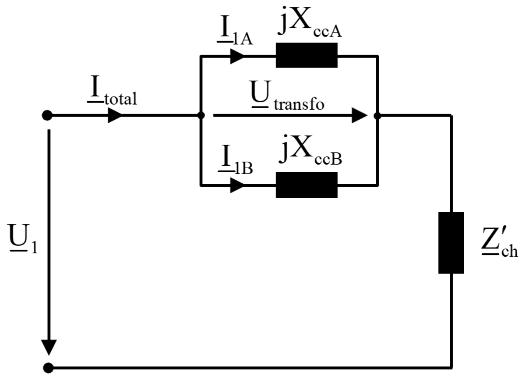
2 Préambule

Le but de cet exercice est de comprendre la facilité avec laquelle il est possible de calculer un cas de charge impliquant la mise en parallèle de 2 transformateurs triphasés, grâce à l'utilisation du schéma équivalent par phase et de l'hypothèse de Kapp.

Hormis le calcul spécifique de l'impédance de la mise en parallèle des 2 transformateurs ainsi que les valeurs de la nouvelle charge, la démarche est similaire à l'exercice *Transformateur Triphasé 1.*

3 Corrigé

Le schéma équivalent par phase est le suivant :



La démarche est très proche de celle de l'exercice *Transformateur Triphasé 1.* La seule grosse différence vient du fait qu'il faudra calculer l'impédance équivalente du circuit en tenant compte de la mise en parallèle des 2 transformateurs.

Tension de phase primaire nominale :

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

Les courants de phase primaire nominaux valent :

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

$$I_{1nB} = \frac{S_n B}{3\,U_{1n}} = 5.77 \ [A] \tag{3}$$

Les impédances nominales primaires valent :

$$Z_{1nA} = \frac{U_{1n}}{I_{1nA}} = 1600 \ [\Omega] \tag{4}$$

$$Z_{1nB} = \frac{U_{1n}}{I_{1nB}} = 2000 \ [\Omega] \tag{5}$$

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

$$x_{ccA} = u_{ccA} = 0.04 \ \ [pu] \tag{6}$$

$$x_{ccB} = u_{ccB} = 0.03 \ \ [pu] \tag{7}$$

Les impédances de court-circuit valent :

$$\underline{Z}_{ccA} = j\, x_{ccA}\, Z_n = j\, 64 \ \ [\Omega] \tag{8}$$

$$\underline{Z}_{ccB} = j\, x_{ccB}\, Z_n = j\, 60 \ \ [\Omega] \tag{9}$$

L'impédance complexe de la mise en parallèle des 2 transformateurs vaut :

$$\underline{Z}_{//} = \frac{\underline{Z}_{ccA}\underline{Z}_{ccB}}{\underline{Z}_{ccA} + \underline{Z}_{ccB}} = j\, 30.97 \ [\Omega] \tag{10}$$

Maintenant, il faut déterminer l'impédance de la charge, puis la rapporter au primaire, cette partie est similaire à celle de l'exercice *Transformateur Triphasé 1.*

Le point de fonctionnement donné nous permet de calculer les valeurs de l'impédance.

$$U_{ch} = \frac{U_{chligne}}{\sqrt{3}} = 230.94 \ \ [kV] \tag{11}$$

On rappelle que :

$$P_{ch} = 300 \ [kW] \tag{12}$$

$$\cos\varphi_{ch} = 0.85 \tag{13}$$

Le courant pour ce cas vaut :

$$I_{ch} = \frac{P_{ch}}{3\, U_{ch} \cos\varphi_{ch}} = 509.43 \ \ [A] \tag{14}$$

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

$$Z_{ch} = \frac{U_{ch}}{I_{ch}} = 0.4533 \ \ [\Omega] \tag{15}$$

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

$$\sin\varphi_{ch} \ = \sin\left(\cos^{-1}(\varphi_{ch})\right) = 0.527\, [-] \tag{16}$$

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

$$\underline{Z}_{ch} = Z_{ch}\ (\cos\varphi_{ch} + j\ \sin\varphi_{ch}) = 0.3853 + j\, 0.239 \ \ [\Omega] \tag{17}$$

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

$$\ddot{u} = \frac{U_{1nligne}}{U_{2nligne}} = 50\, [-] \tag{18}$$

et de là

$$\underline{Z}'_{ch} = \ddot{u}^2\, \underline{Z}_{ch} = 963.33 + j\, 597 \ \ [\Omega] \tag{19}$$

L'impédance équivalente de tout le schéma vaut :

$$\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_{//} + \underline{Z}'_{ch} = 963.33 + j\,628\ [\Omega] \tag{20}$$

et sa norme :

$$Z_{eq} = |\underline{Z}_{eq}| = 1149.9\ [\Omega] \tag{21}$$

1. Courants primaires en p.u.

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

La tension primaire par phase vaut :

$$U_1 = \frac{U_{1ligne}}{\sqrt{3}} = \frac{19.5kV}{\sqrt{3}} = 11.258\ \ [kV] \tag{22}$$

De là, le courant total se calcule aisément :

$$I_{tot} = \frac{U_1}{Z_{eq}} = 9.79\ [A] \tag{23}$$

La tension aux bornes des transformateurs $U_{transfo}$ vaut :

$$U_{transfo} = Z_{//} I_{tot} = 303.2\ [V] \tag{24}$$

Les courants au primaire des deux transformateurs valent :

$$I_{1A} = \frac{U_{transfo}}{|\underline{Z}_{ccA}|} = 4.74\ [A] \tag{25}$$

$$I_{1B} = \frac{U_{transfo}}{|\underline{Z}_{ccB}|} = 5.05\ [A] \tag{26}$$

et en p.u

$$i_{1A} = \frac{I_{1A}}{I_{1n}} = 0.6564\ [pu] \tag{27}$$

$$i_{1B} = \frac{I_{1B}}{I_{1n}} = 0.8752\ [pu] \tag{28}$$

2. Répartition des puissances apparentes entre les 2 transformateurs

$$S_{1A} = 3\,U_1\,I_{1A} = 160\ [kVA] \tag{29}$$

$$S_{1B} = 3\,U_1\,I_{1B} = 170.7\ [kVA] \tag{30}$$