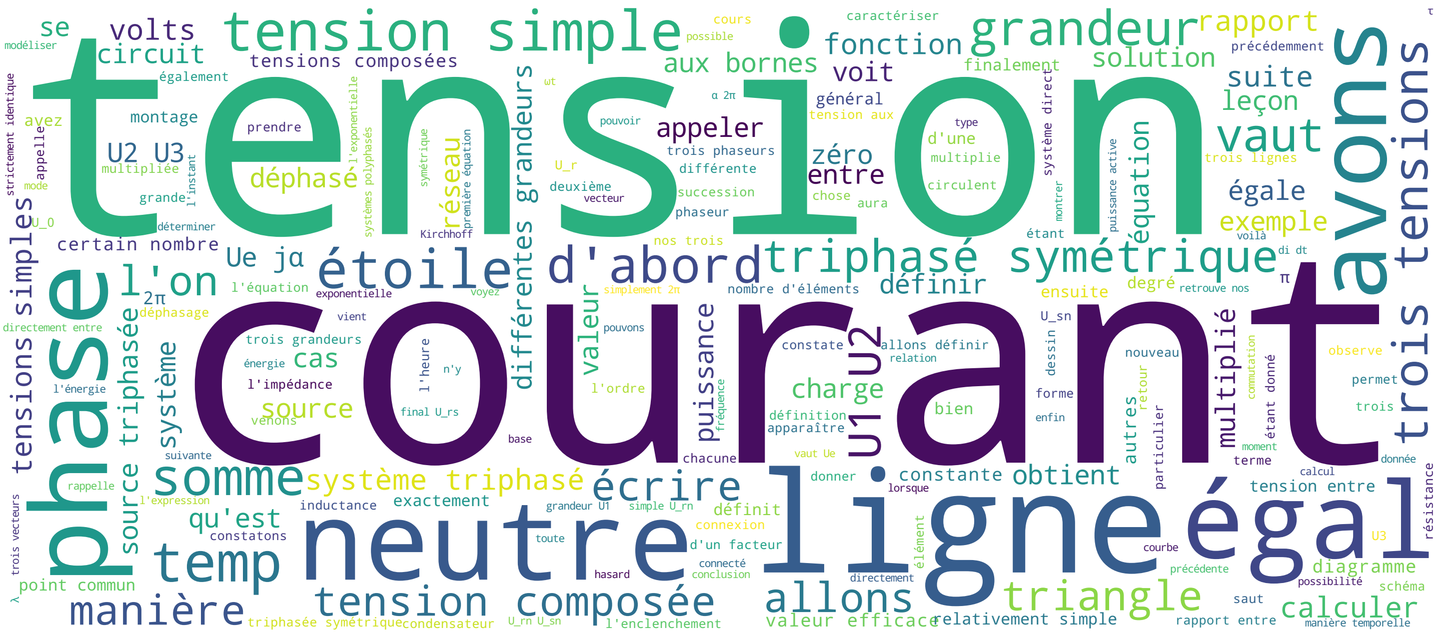
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

SYSTÈMES TRIPHASÉS

SYSTÈMES TRIPHASÉS SYMÉTRIQUES

LEÇON 3

Électrotechnique II
Yves PERRIARD & Paolo GERMANO
Laboratoire d'Actionneurs Intégrés



Search MOOC

Video

EPFL

Bonjour Après avoir parlé des systèmes polyphasés en général nous allons maintenant nous focaliser, et étudier plus particulièrement le système triphasé symétrique. Dans cette leçon après avoir fait une brève introduction, nous allons définir ce qu'est un système triphasé symétrique définir ce qu'est une tension de ligne une tension composé de même pour les courants, et calculer le rapport qu'il y a entre ces différentes grandeurs. Pour finir par une conclusion.

Notes

Summary

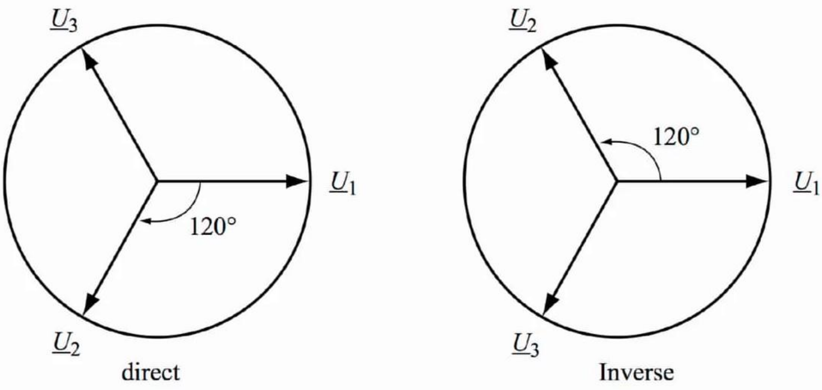
0m 04s

SYSTÈMES TRIPHASÉS SYMÉTRIQUES

$k = 1 \qquad U_1 = U_2 = U_3$

$m = 3$

$\underline{U}_1 = Ue^{j\alpha}$



Electrotechnique II

Nous avons ici le cas classique d'un système triphasé symétrique que nous avons reporté sur le diagramme d'un phaseur avec ici la tension U1 U2 U3, dans un système direct où la tension U1, U2, U3 dans le système inverse que nous avons vu dans la leçon précédente. Donc ici nous avons clairement pour l'ordre de succession des phases, un k égal à 1. Le nombre de phases égal à 3 et le système est symétrique parce que les trois grandeurs U1, U2, U3 son égales. Nous voyons en particulier que l'ordre de succession des phases, ou plutôt, le déphasage entre ces différentes phases, est de 120 degrés, soit 2π/3. On va pouvoir donc maintenant caractériser ces trois phaseurs et écrire l'équation des trois phaseurs de ce système triphasé symétrique. Tout d'abord, le premier phaseur U1 est égal à Ue^(jα). Je laisse volontairement l'angle α pour nous permettre toute liberté par la suite sur la position de U1 dans le plan complexe. Alors que sur le dessin que vous avez ici, dans les deux dessins pour le système direct ou inverse on a bien U1 avec un angle nulle. mais laissons de manière générale α ainsi les deux autres phaseurs U2 et U3 deviennent tout d'abord Ue^j(α - 2π/3), on a un déphasage de 2π/3 et le dernier également encore encore de 120 degrés.

Notes

Summary

0m 33s

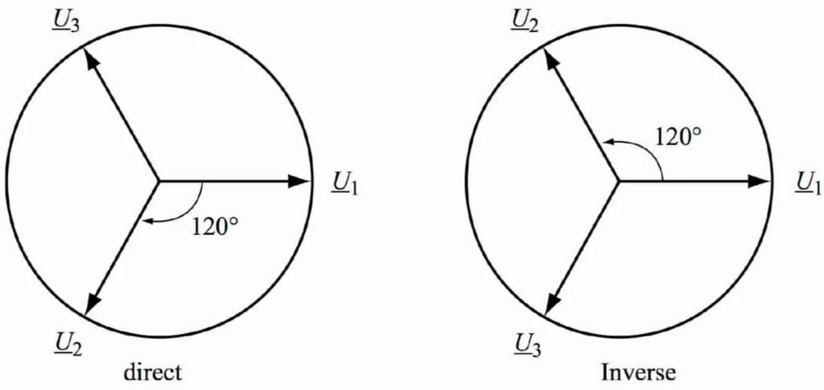
SYSTÈMES TRIPHASÉS SYMÉTRIQUES

$k = 1 \qquad U_1 = U_2 = U_3$

$m = 3$

$$\underline{U}_1 = U e^{j\alpha}$$
$$\underline{U}_2 = U e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)}$$
$$\underline{U}_3 = U e^{j\left(\alpha - \frac{4\pi}{3}\right)}$$

$$\underline{U}_1 + \underline{U}_2 + \underline{U}_3 = 0$$
$$U_1 + U_2 + U_3 = 0$$



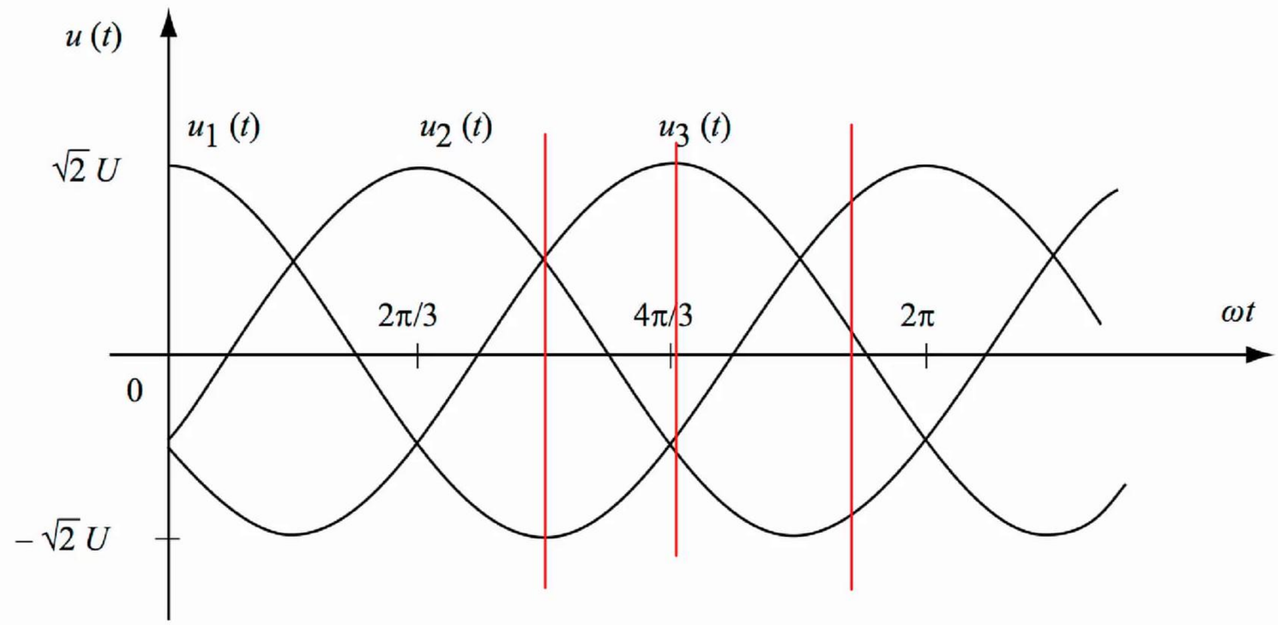
Electrotechnique II

Donc voilà les trois phaseurs qui vont être la base de notre système symétrique triphasé. Maintenant si on regarde de manière temporelle ce que valent ces trois grandeurs on va se rendre compte d'une chose. Déjà sur ce diagramme des phaseurs vous le voyez ici si je somme ces trois vecteurs je vais retomber sur le zéro. C'est-à-dire que, en tout instant, à chaque moment ces trois vecteurs sont égal à zéro si je les additionne. Autrement dit, on peut écrire en tout temps le phaseur 1 de la tension, plus la deuxième tension, plus la troisième tension sont toujours égal à zéro. Plus étonnant encore on peut même le faire pour la partie temporelle, c'est que en tout temps les trois tensions instantanées sont également égales à zéro.

Notes

Summary

2m 26s



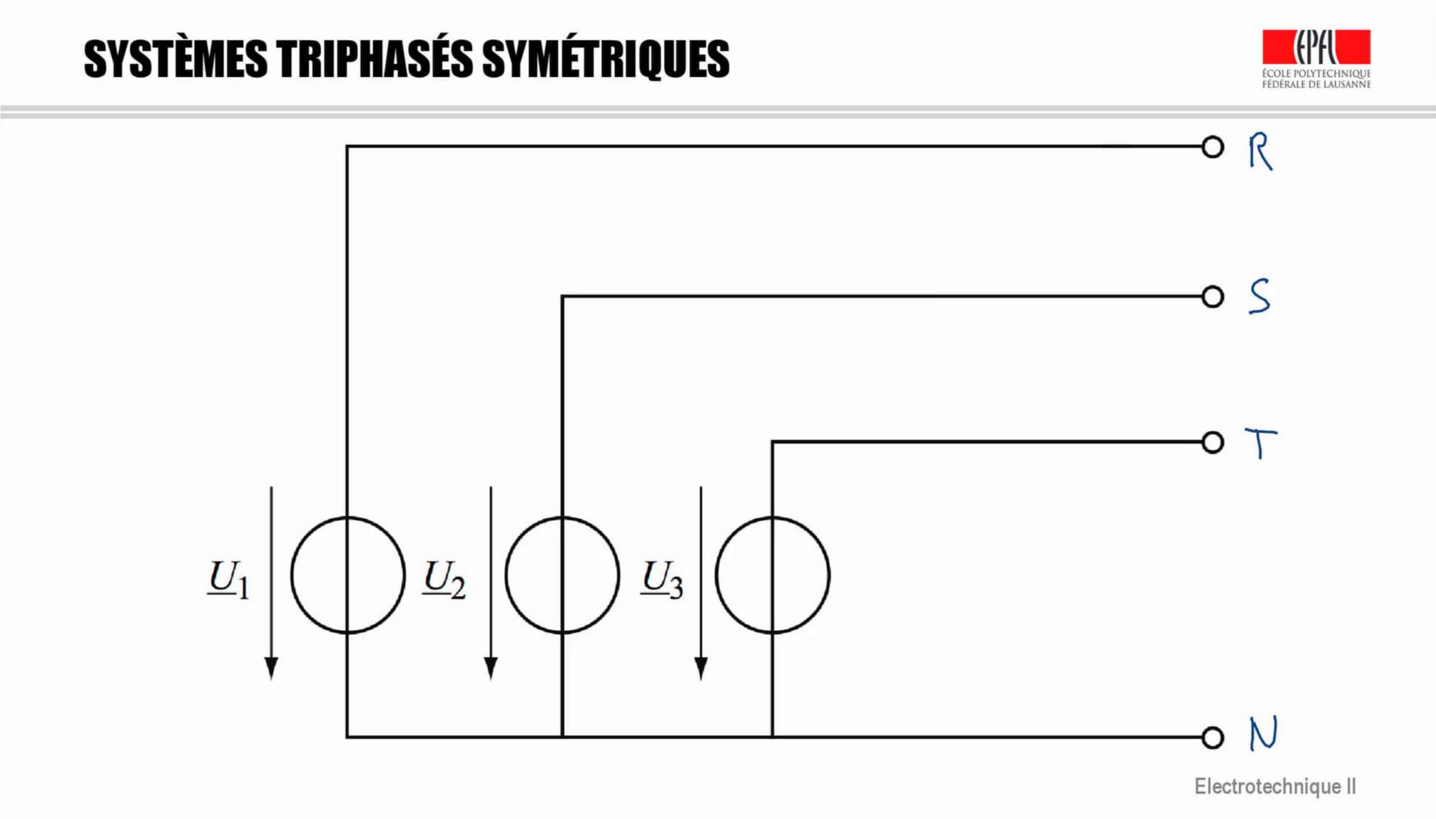
Electrotechnique II

Et ceci nous allons le voir maintenant dans le graphe suivant où on a représenté les trois tensions U1, U2 et U3 mais de manière temporelle. Qu'est-ce qu'on constate? On constate que si au hasard de un temps que je choisis, par exemple, ici sur cette courbe, si j'additionne à l'instant que j'ai marqué par la droite rouge si j'additionne U2 et U3 nous constatons que les deux grandeurs correspondent exactement à la grandeur U1. La somme de ces trois tensions donne bien zéro. Prenons un autre temps et bien de nouveau, ici, la somme de ces trois tensions à chaque grandeur U1, U2, U3 nous retomberons sur un zéro. On peut encore faire un dernier, en prenant vraiment un trait au hasard la somme de cette tension cette tension et cette tension va exactement nous donner zéro. Ce système a donc un avantage indéniable étant donné qu'il est symétrique c'est que finalement on va avoir une sorte de égalisation de l'énergie, par le fait que la somme de ces trois tensions est toujours égale à zéro.

Notes

Summary

3m 25s



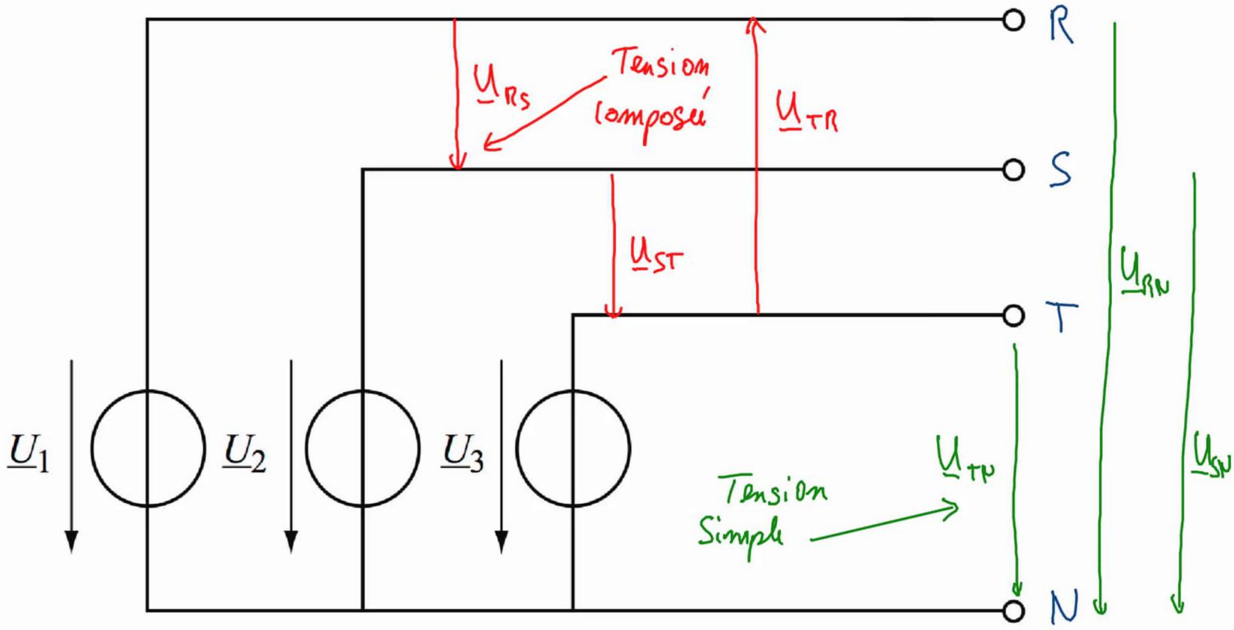
Il nous faut maintenant modéliser cette source et nous allons définir un certain nombre de grandeurs qui sont liées à une source triphasées symétrique que je vous présente tout d'abord selon un modèle que l'on donne ici en étoile. On voit que nos trois tensions, présentées précédemment, sont représentées par des sources, ici, U1 U2 et U3 qu'elles sont toutes connectées entre elles par un point commun et que nous avons trois sortie, si on peut dire, des tensions qu'on appeler des lignes. On va définir, sur ces lignes, différentes grandeurs. Tout d'abord, on appelle c'est lignes par des lettres qui nous permettent de nous y retrouver par la suite avec une source triphasée symétrique. Tout d'abord, ici la ligne R la ligne S, ensuite la ligne T avec le point commun que l'on note n et qui symbolise le neutre. Sur ces différentes grandeurs on peut dire une chose, donc d'abord, U1, U2, U3 auront même grandeur efficace auront même fréquence, et les trois seront donc déphasés de 2π/3. On peut encore caractériser un certain nombre d'éléments. Tout d'abord, nous constatons qu'il y a une tension entre la ligne R et le neutre, S et le neutre, T et le neutre ou encore qu'on peut calculer ou mesurer la tension entre R et S directement, S et T ou T et R.

Notes

Summary

4m 48s

SYSTÈMES TRIPHASÉS SYMÉTRIQUES



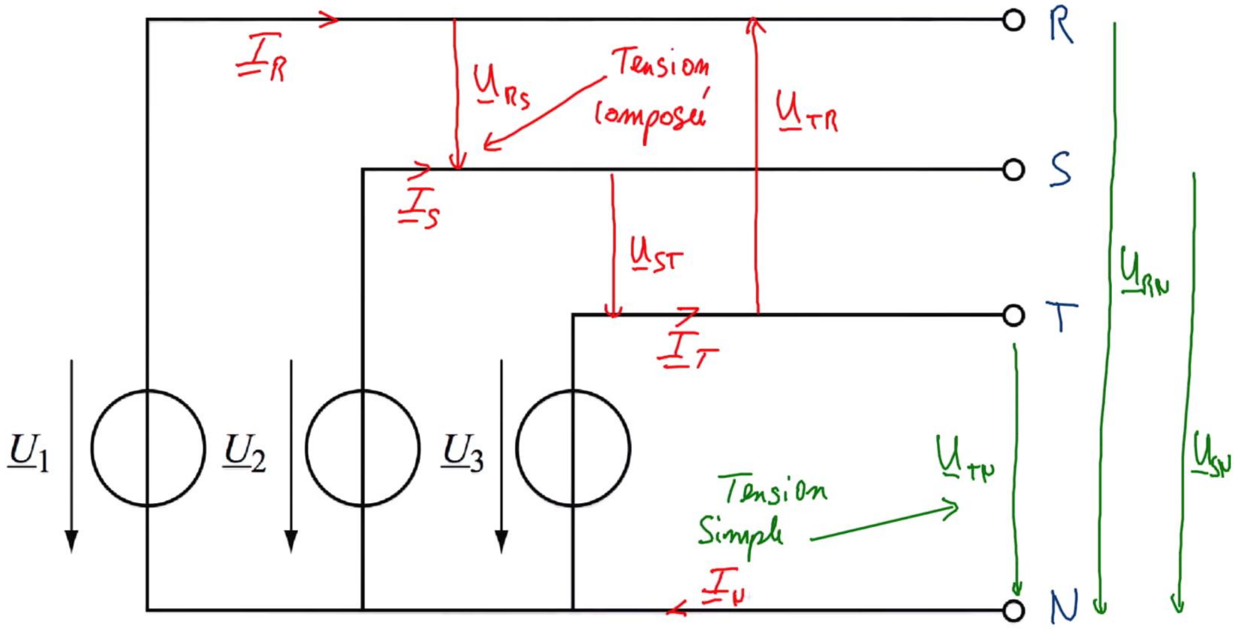
Electrotechnique II

Et bien, entre ces différentes grandeurs il va falloir donner des noms pour pouvoir s'y retrouver et caractériser ces différents éléments. Premier élément qu'on va donner, ce sont les tensions les lignes et le neutre. On va tout d'abord avoir ici une tension qu'on va appeler U_rn puis nous aurons U_sn et enfin U_tn. Ce sont des grandeurs complexes nous soulignons donc les grandeurs. Une autre possibilité, comme je l'ai dit tout à l'heure, c'est de prendre des grandeurs ici directement. On aura donc U_rs on aura ici U_st et enfin la grandeur U_tr. On va appeler les tensions qui sont prises directement entre les lignes tensions composées. Par extension, on va aussi appeler ceci des tensions de ligne. Et pour les tensions entre R, S, T et le neutre On va appeler ces tensions des tensions simples. Par extension également, on va appeler ces tensions soit tensions simples, soit tensions de phase. Trois éléments sont encore à noter une fois que ces tensions sont définies on peut encore définir les courants qui circulent dans ces différentes lignes.

Notes

Summary

6m 25s



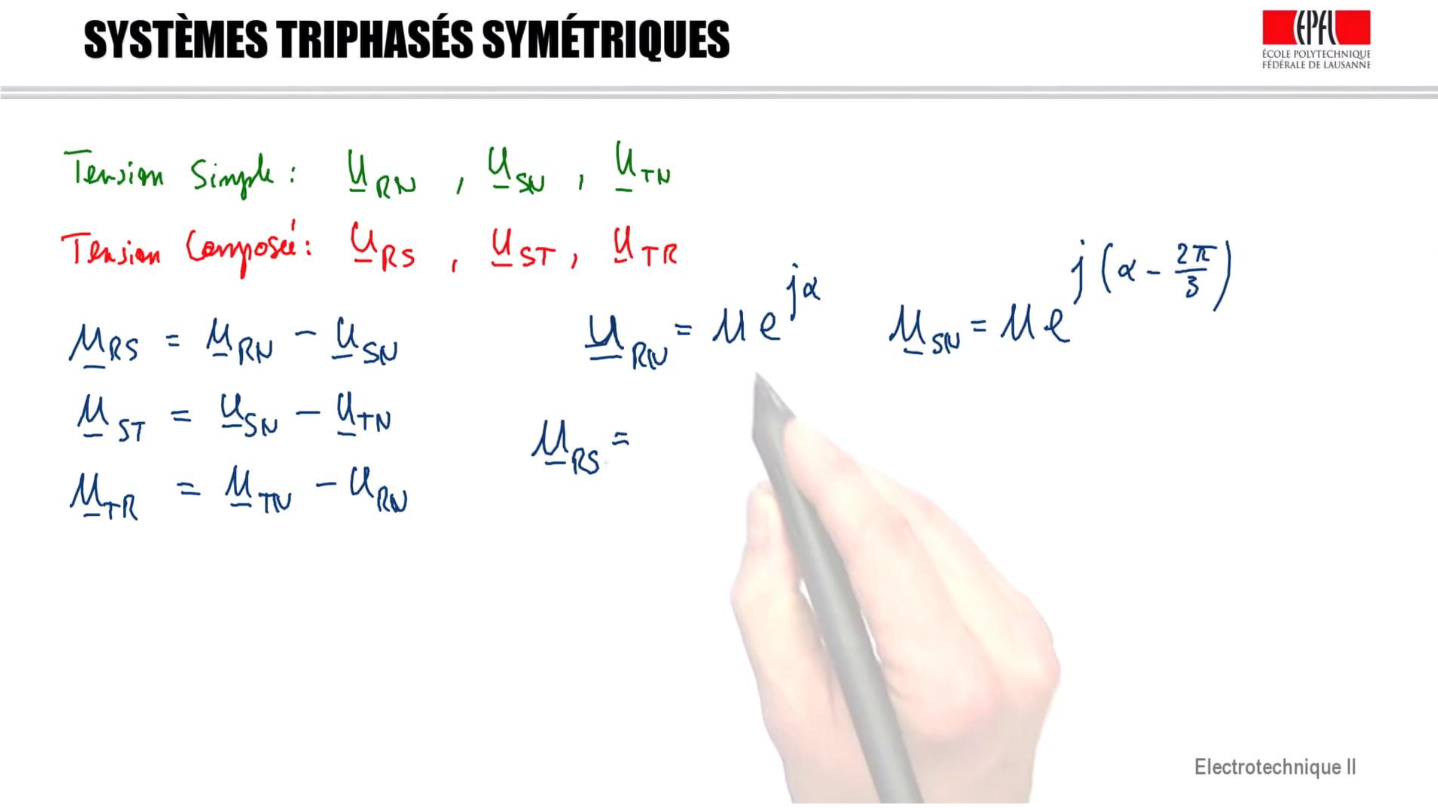
Electrotechnique II

Tout d'abord, on va définir les trois courants qui circulent réellement dans les lignes Ir, Is et It et un quatrième élément peut encore être noté c'est le retour du courant sur le neutre qu'on va appeler In mais nous verrons très vite que ce courant In est souvent nul si tout le système est équilibré et symétrique le courant sera toujours nul voire même le neutre non-connecté.

Notes

Summary

8m 11s



On va donc ici redire ce qu'est la tension simple ou ce qu'est la tension de ligne en fonction du diagramme que nous venons de voir sur la source triphasée. Tout d'abord, la tension simple que l'on a définit comme étant la mesure de la tension ou la définition de la tension entre la ligne R et neutre, et de même pour chacune des lignes. De même, la tension composée est définit cette fois-ci directement entre les lignes soit U_rs U_st et U_tr. Maintenant, si l'on peut calculer le rapport qu'il y a entre la tension simple et la tension composeée on va appliquer simplement Kirchhoff sur le diagramme précédent. On obtient alors 3 équations de mailles relativement simples qui sont U_rs = U_rn - U_sn et de même pour les deux autres équations. On va donc prendre cette première équation et écrire, pour cette première équation, quel est le résultat de la soustraction de ces deux vecteurs ou de ces deux phaseurs. On a donc, par définition, U_rn qui vaut Ue^(jα). Et on a U_sn qui vaut Ue^j(α - 2π/3). On peut donc écrire et mettre en évidence Ue^(jα) pour les deux éléments et écrire au final U_rs =... On met en évidence on a tout d'abord U_rn, d'où le 1 moins et ensuite on a la deuxième partie donc, e^j et simplement -2π/3.

Notes

Summary

8m 42s

SYSTÈMES TRIPHASÉS SYMÉTRIQUES

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Tension Simple : $\underline{U}_{RN}$, $\underline{U}_{SN}$, $\underline{U}_{TN}$

Tension Composée : $\underline{U}_{RS}$, $\underline{U}_{ST}$, $\underline{U}_{TR}$

$$\underline{U}_{RS} = \underline{U}_{RN} - \underline{U}_{SN}$$

$$\underline{U}_{ST} = \underline{U}_{SN} - \underline{U}_{TN}$$

$$\underline{U}_{TR} = \underline{U}_{TN} - \underline{U}_{RN}$$

$$\underline{U}_{RN} = U e^{j\alpha} \qquad \underline{U}_{SN} = U e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)}$$

$$\underline{U}_{RS} = U e^{j\alpha}\left(1 - e^{j\left(-\frac{2\pi}{3}\right)}\right)$$

$$\underline{U}_{RS} = U e^{j\alpha}\left(\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$\underline{U}_{RS} = \sqrt{3}\, U e^{j\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right)} = \sqrt{3}\, \underline{U}_{RN}\, e^{j\frac{\pi}{6}}$$

U_ℓ = Tension de ligne $= \sqrt{3}\, U$

Electrotechnique II

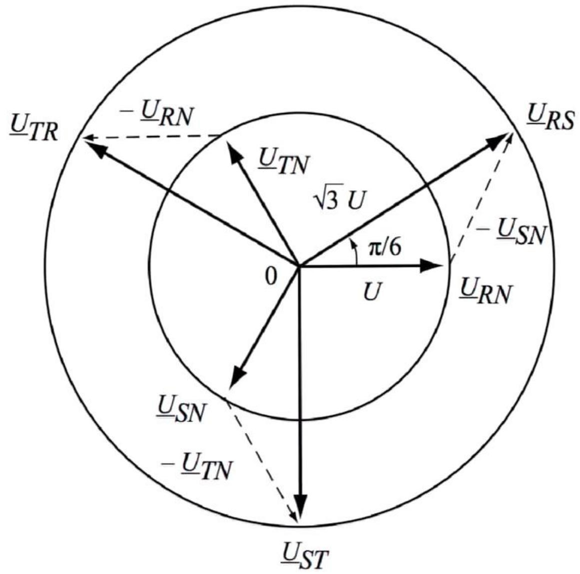
Ceci étant dit on peut transformer cette équation, maintenant, en une relation a+bj, qui va nous donner le résultat suivant U_rs va être égal à Ue^(jα) et qui multiplie 3/2 plus j * (√3/2). En remettant le tout sous forme de phaseurs du type Euler, on a alors au final, U_rs est égal √3U * e^j(α + π/6). On reconnaît ici Ue^(jα) qui est la tension simple et donc la tension composée étant fait √3 fois la tension simple U_rn que le souligne avec un déphasage de π/6. On va voir que pour les trois autres, pour les deux autres tensions de ligne, c'est exactement la même chose, donc chaque fois toutes ces grandeurs sont simplement augmentées d'un facteur √3 par rapport à la tension simple et déphasées d'un facteur π/6. En somme on peut écrire de manière tout à fait générale que la tension de ligne est égale à √3 fois la valeur efficace de la tension simple.

Notes

Summary

11m 16s

$U_l = \sqrt{3}\, U$



Electrotechnique II

En prenant maintenant un diagramme dans lequel on a remis tous ces différents phaseurs les uns après les autres sur un diagramme complexe on va observer un certain nombre d'éléments tout d'abord on retrouve nos trois tensions simples U_rs U_tn et U_sn. On a aligné ici sur 0 la tension simple U_rn. Vous avez ici un cercle qui définit la grandeur de la valeur efficace du réseau U. Si l'on applique, mais ici de manière totalement graphique, ce que nous avons fait tout à l'heure, c'est à dire U_rn - U_sn on observe et on obtient ici un nouveau phaseur qui est la tension composée U_rs que nous venons de calculer. Nous découvrons que cette grandeur est √3 fois plus grande que la valeur efficace du réseau ou de la tension précédente, tension simple et que elle est déphasée de π/6. De même les trois tensions composées vont maintenant former un nouveau système triphasé symétrique dont l'amplitude est √3 fois plus grande que les tensions simples et le tout déphasé de π/6. C'est le fondement de tout système sinusoïdal triphasé symétrique d'avoir ce rapport entre tensions simples et de tensions composées. Je rappelle donc ici l'expression extrêmement importante que la tension de ligne va toujours être √3 fois la tension simple.

Notes

Summary

12m 56s

Tension simple à 220 V (220 – 240 V)

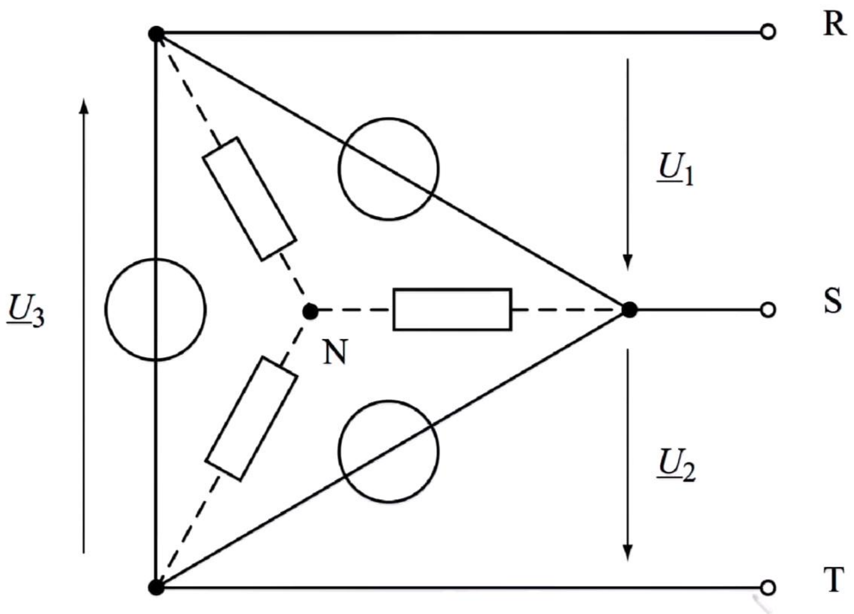
Tension composée à 380 V ($220 \times \sqrt{3} = 380$) (380 – 420)

Dans le réseau d'alimentation de type domestique le plus courant en Europe, le module des tensions simples est en général normalisé à 220 volts. Donc tension simple à 220 volts en général ce 220 volts est compris plutôt entre 220 et 240 volts et peut osciller au cours de l'année on va dire en général et donc si l'on calcule maintenant les tensions composées reliées à ces tensions simples. on observe que si l'on multiplie par √3 la tension composée est maintenant à 380 volts puisque c'est donc 220 multiplié par √3 étant donné qu'on peut avoir une version 220 et 240 volts la tension composée va elle osciller entre 380 et 420 volts. On a donc toujours à disposition dans un système triphasé, soit la tension simple vers 220 volts soit une tension composée de 380 volts.

Notes

Summary

14m 33s



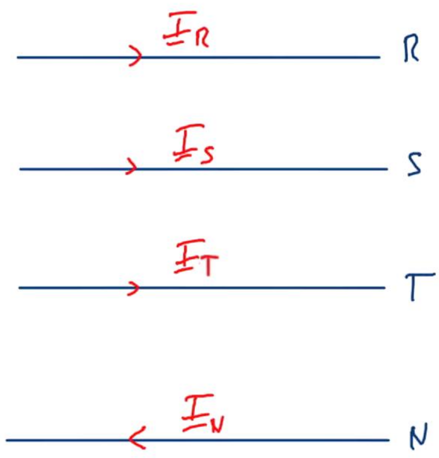
Electrotechnique II

Il existe maintenant une autre manière de montrer ou de modéliser une source triphasée symétrique. Au lieu de le faire comme précédemment avec une connection en étoile il est alors possible de montrer qu'en connectant ces sources, ici U1, U2 et U3 en triangle on obtient également R, S et T aux bornes desquels on retrouve nos trois tensions de ligne et les courants de ligne qui circulent de manière strictement identique par rapport à notre présentation en étoile. La grande différence par rapport à la connexion en étoile c'est qu'ici, dans ce schéma, il n'y a pas de points communs, donc de neutre et pour faire apparaître le neutre, il est nécessaire de fabriquer un système formé de trois résistances de très haute impédance connectées en un point milieu qui recrée un neutre artificiel. Mais au bout du compte la seule chose qui importe c'est de créer finalement trois lignes : R, S, T qui vont nous être utiles pour connecter des charges par la suite et donc finalement que notre source en amont soit connectée en étoile soit ou connectée en triangle ceci ne fera ou n'aura peu d'importance. Donc, je vous conseille pour la suite de la compréhension de ce cours de garder l'image plutôt de cette connexion en étoile qui permet plus simplement également de faire apparaître le point commun du neutre.

Notes

Summary

15m 43s



$$\underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T$$

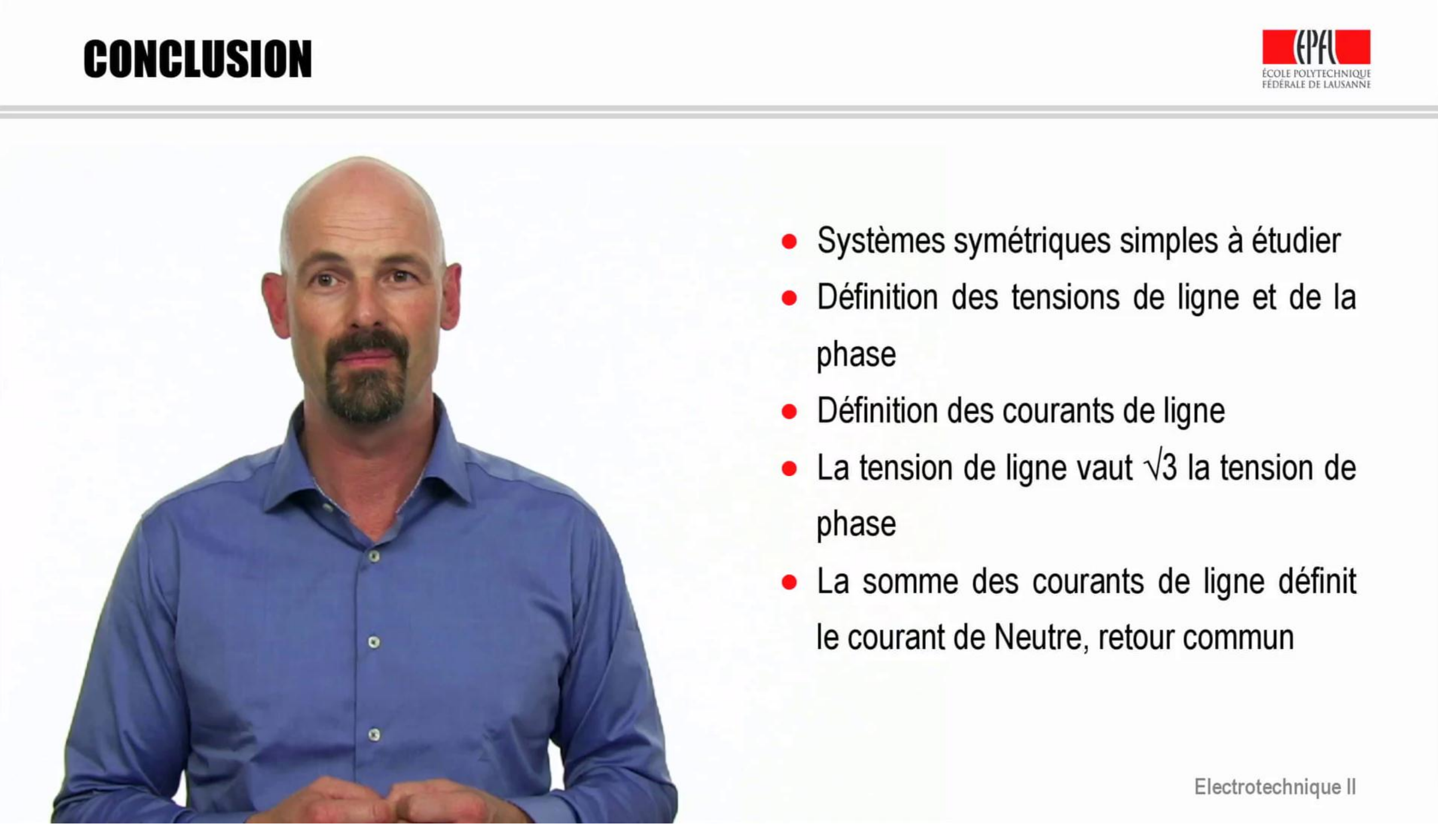
Electrotechnique II

Il nous faut encore dire un mot sur le courant du neutre qui est finalement ce connecteur qui reçoit les trois lignes de manière à récupérer l'énergie qui vient de la charge connectée sur R, S, et T. Je vous re-dessine ici, pour une meilleure compréhension les trois lignes R, S et T qui sortent de notre réseau triphasé symétrique. Nous avons R, nous avons S, nous avons T nous savons également qu'il y a un retour le neutre qui va nous permettre de ramener cette énergie. Si maintenant nous écrivons ici le courant de ligne Ir le courant de ligne Is et le courant de ligne It nous pouvons à écrire qu'à la fin une fois que l'on a connecté une charge R, S, T et un courant de neutre par Kirchhoff, il nous est possible d'écrire cette équation relativement simple c'est que la somme des courants Ir, Is et It est égal à ce courant de neutre. On verra par la suite et on démontrera par la suite que lorsque ces courants sont parfaitement symétriques donc déphasés de 120 degrés et de même amplitude le courant de neutre, comme on l'a dit précédemment, sera nul.

Notes

Summary

17m 14s



Pour conclure on a vu dans cette leçon que le système triphasé symétrique est relativement simple à étudier, puisque nous nous occupons finalement chaque fois que d'un seul élément et les autres sont déphasés de simplement $2\pi/3$ nous avons défini la tension de phase, la tension composée nous avons vu ce qu'est le courant de ligne que la somme de ces courants de ligne nos donnait le courant du neutre et que le rapport entre la tension composée et la tension simple valait $\sqrt{3}$. Nous allons donc, dans la suite des leçons nous occuper des charges connectées sur cette source triphasée symétrique.

Notes

Summary

18m 39s