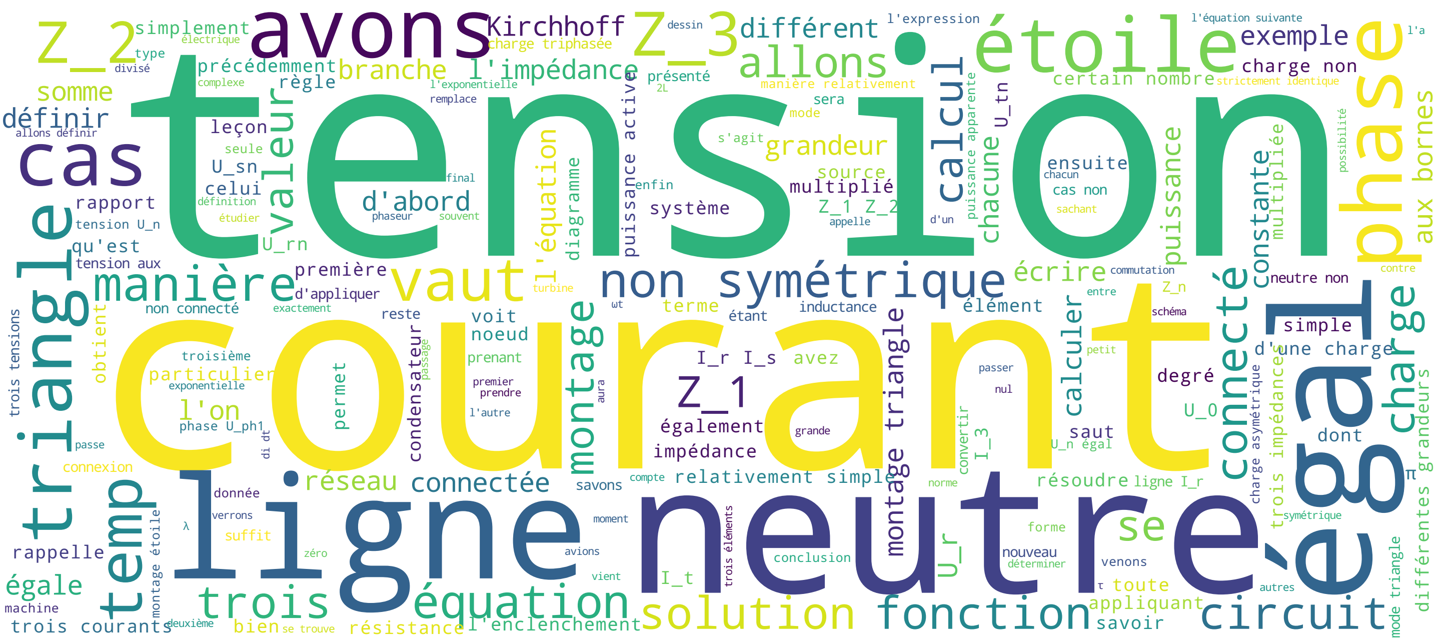
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

SYSTÈMES TRIPHASÉS

SYSTÈMES TRIPHASÉS NON SYMÉTRIQUES

LEÇON 7

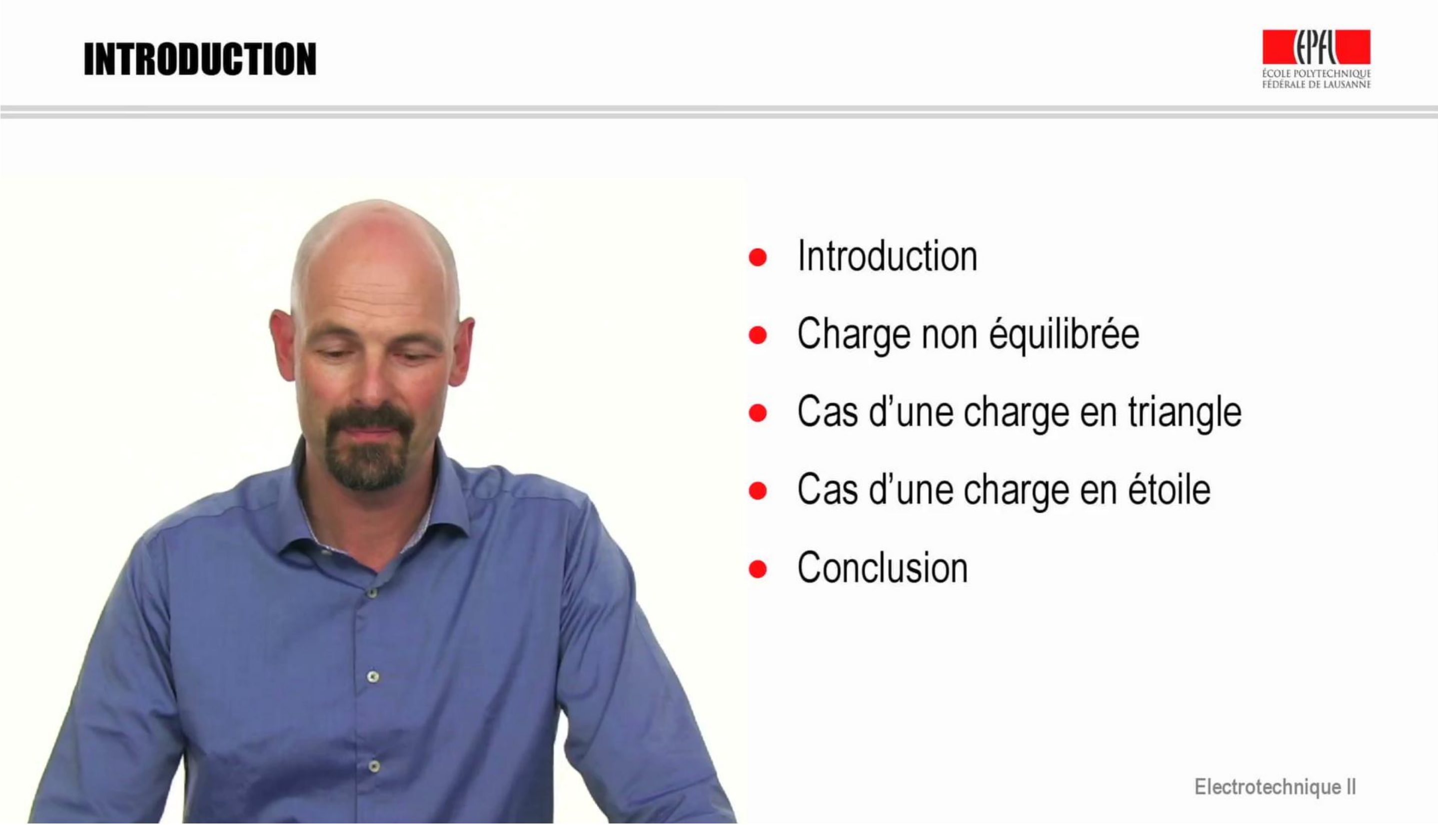
Électrotechnique II
Yves PERRIARD & Paolo GERMANO
Laboratoire d'Actionneurs Intégrés



Search MOOC

Video

EPFL



Bonjour, bienvenue dans cette septième leçon dédiée aux systèmes triphasés non symétriques. Dans cette leçon nous allons définir ce qu'est une charge triphasée non symétrique et nous allons voir comment, en la connectant en étoile ou en triangle sur un réseau nous pourrons calculer et le courant où la tension dans chacune des branches de la charge nous permettant alors de définir les différentes grandeurs d'un réseau triphasé telles que puissance active, puissance réactive, ou puissance apparente.

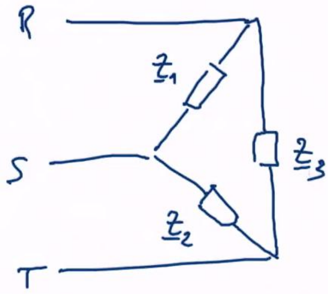
Notes

Summary

0m 00s

CHARGE NON ÉQUILIBRÉE

$\underline{Z}_1 \neq \underline{Z}_2 \neq \underline{Z}_3$



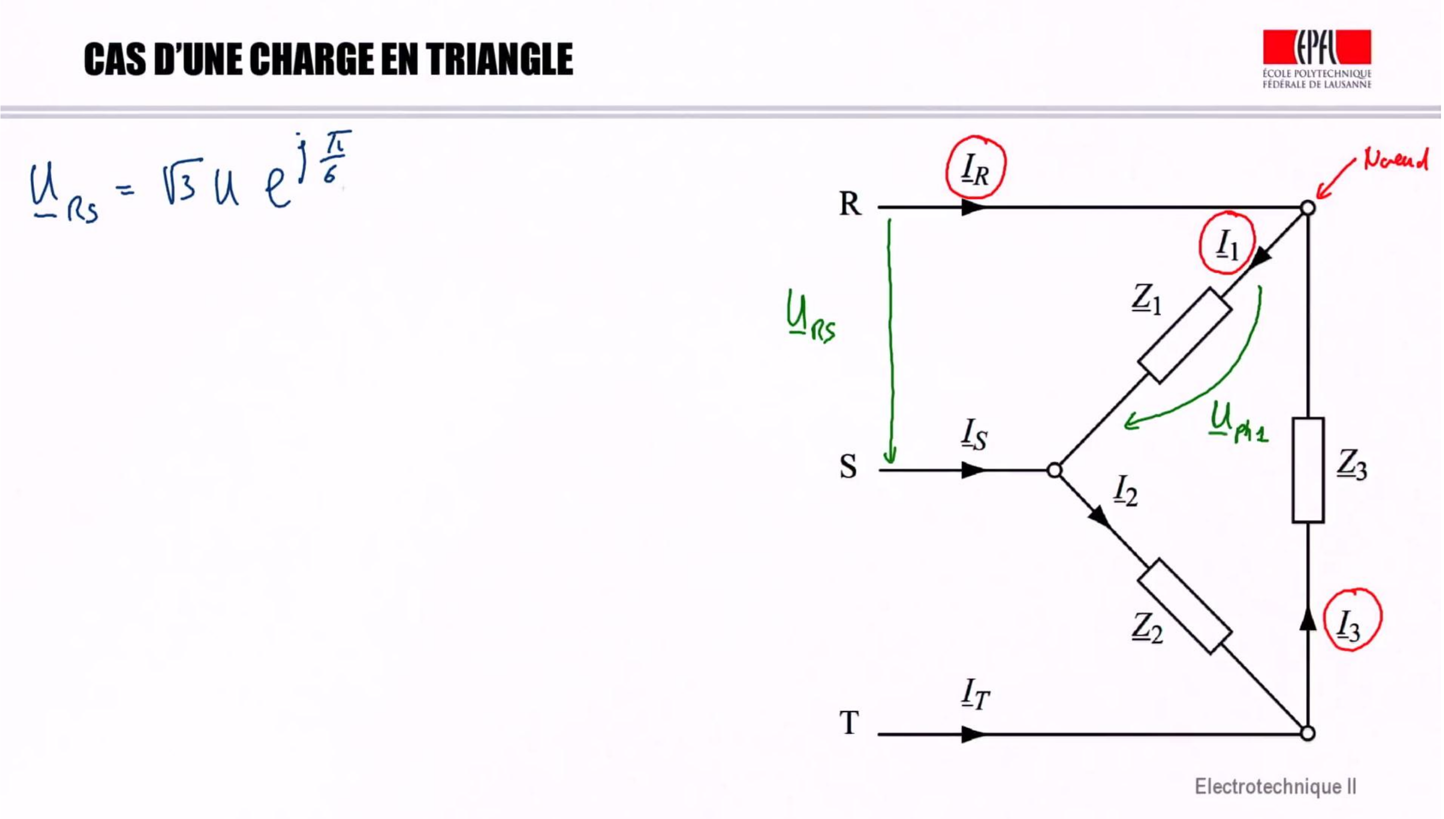
Electrotechnique II

La charge non équilibrée, ou non symétique est facile à définir il s'agit, en fait, d'une charge triphasée dont les trois impédances ne sont pas strictement identiques. On aura, ainsi que Z_1 est différent peut-être, de Z_2, est différent de Z_3 dans un montage par exemple, dans lequel en triangle nous avons les trois impédances ici avec R S et T Z_1 Z_2 et Z_3. Quand ceci peut-il arriver ? Ceci peut arriver d'abord par le défaut d'une machine une machine ou une charge dont on a volontairement modifié une des impédances sur les trois ou alors d'un défaut par exemple lorsque le raccordement d'une des charges est défectueux et que une des impédances, tout d'un coup est déconnectée. Cela sous-entend que Z_2 et Z_3 devraient être identiques, Z_1 est alors déconnecté et passe à 0. On se trouve alors en face d'un cas de charge non symétrique ou non équilibré.

Notes

Summary

0m 31s



Le premier cas d'étude va être le cas de cette charge dissymétrique qui va être connectée en triangle. On verra que c'est le plus simple à étudier cette charge en triangle, ça peut paraître paradoxal mais nous verrons que ce mode de connexion en triangle est finalement assez facile à résoudre, même dans un cas non symétrique. On rappel les grandeurs élémentaired que nous avions vu précédemment à savoir que nous avons ici la tension de ligne le U_rs qui va être égale à cette tension de phase que je vais noter U_ph1. Par contre comme nous l'avons déjà vu en étudiant le mode triangle le courant de ligne I_R va être égal par Kirchhoff à la soustraction entre I_1 et I_3 du fait de ce noeud que nous avons ici. Donc les équations de Kirchhof vont nous aider grandement pour résoudre un tel problème de charge non symétrique puisque, finalement sachant que Z_1, Z_2 et Z_3 sont différents il nous suffit d'appliquer de manière relativement simple Kirchhof. Ainsi on rappelle ce que valent les trois tensions de lignes U_rs, U_st et U_tr dans un réseau symétrique. On a donc U_rs qui vaut √3*U*e^j(π/6). On a ensuite un décalage de 120 degrés pour U_st avec √3*U*e^j(-π/2) et la troisième U_tr √3*U*e^j(5π/6).

Notes

Summary

1m 52s

CAS D'UNE CHARGE EN TRIANGLE

$$\underline{U}_{RS} = \sqrt{3}\, U\, e^{j\frac{\pi}{6}}$$

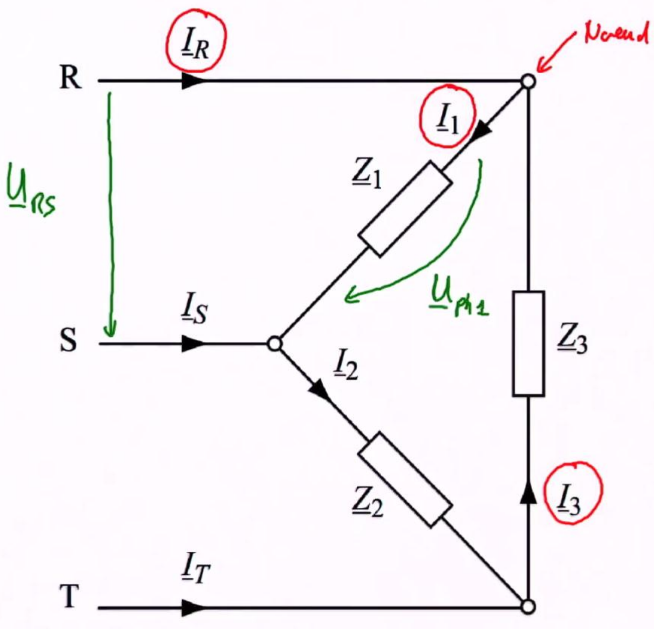
$$\underline{U}_{ST} = \sqrt{3}\, U\, e^{j\left(-\frac{\pi}{2}\right)}$$

$$\underline{U}_{TR} = \sqrt{3}\, U\, e^{j\frac{5\pi}{6}}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_{ph1}}{\underline{Z}_1} = \frac{\underline{U}_{RS}}{\underline{Z}_1}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_{ST}}{\underline{Z}_2}$$

$$\underline{I}_3 = \frac{\underline{U}_{TR}}{\underline{Z}_3}$$



Electrotechnique II

Ceci étant dit, et sachant que la tension de phase aux bornes de chaque impédance Z est égal à la tension de ligne on peut calculer, chaque fois, pour les trois grandeurs cette fois-ci de manière individuelle, puisque nous avons un système non symétrique nous pouvons calculer I_1 qui est égal à la tension de phase U_ph1 sur Z_1 mais cette tension de phase U_ph1, comme indiqué sur le dessin, c'est aussi U_rs sur Z_1. Ceci me donne le courant de phase, I_1 et de la même manière nous allons pouvoir calculer I_2 U_st sur Z_2, et I_3 U_tr sur Z_3. Fort de ce calcul, en ayant maintenant I_1, I_2, I_3 on peut, sur chacun des noeuds calculer les courants de ligne I_r I_s et I_t.

Notes

Summary

4m 00s

CAS D'UNE CHARGE EN TRIANGLE

$$\underline{I}_R = \underline{I}_1 - \underline{I}_3$$

$$\underline{I}_S = \underline{I}_2 - \underline{I}_1$$

$$\underline{I}_T = \underline{I}_3 - \underline{I}_2$$

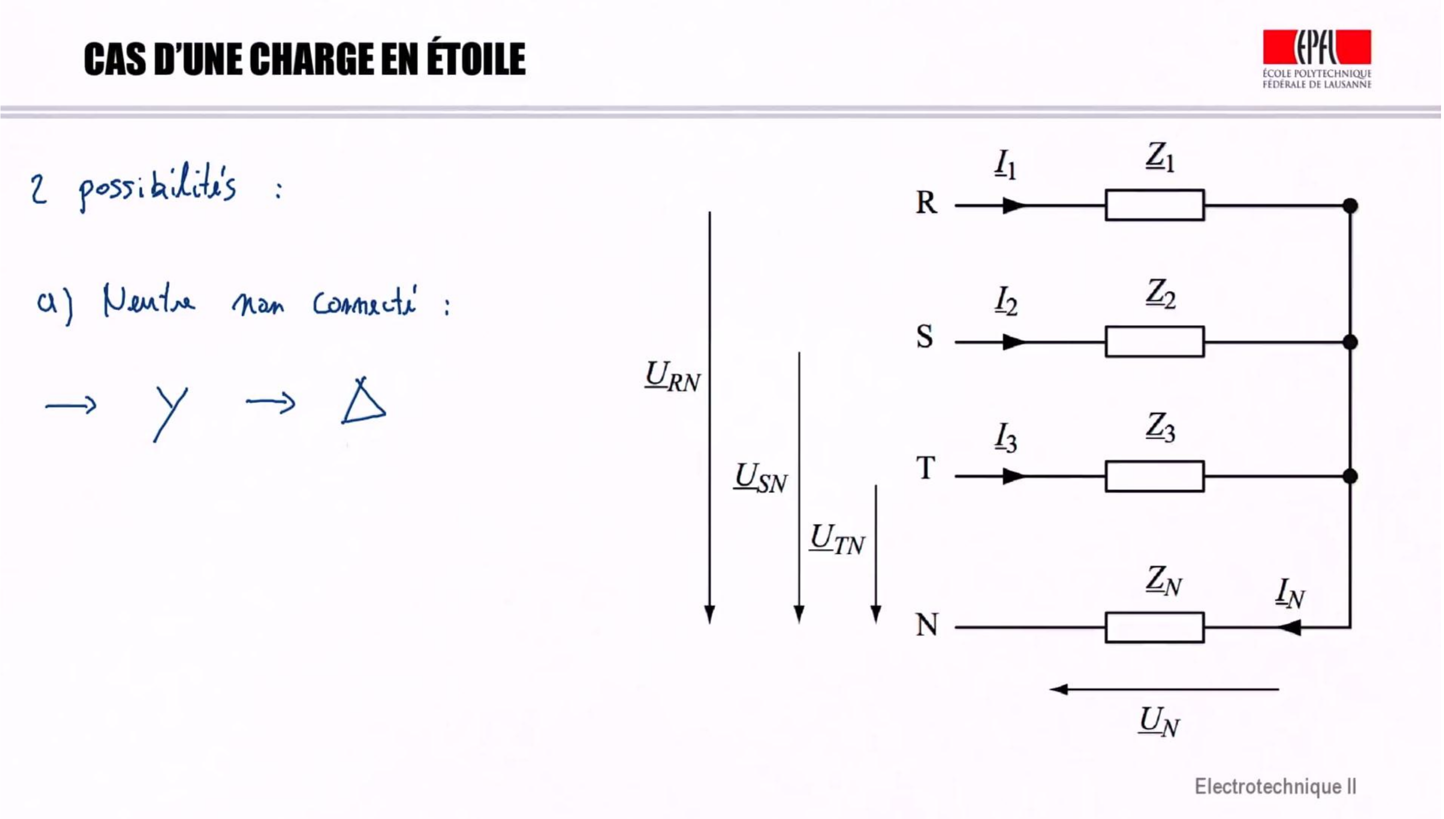
Electrotechnique II

Ces trois courants de ligne se calculent en appliquant de nouveau Kirchhof, sur le noeud, comme indiqué précédemment et donc I_r vaut I_1 moins I_3. Je rappelle que c'est une soustraction vectorielle. I_s est égal a I_2 moins I_1 et I_t est égal à I_3 moins I_2. Les calculs sont donc relativement longs, mais restent tout de même relativement simples et nécessitent le calcul pour chacune des branches doivent être prises séparément, étant donné de la non symétricité. Il est évident que dans le cas symétrique on ne s'intéresse qu'à une seule des branches et toutes les autres branches sont simplement déphasées de 120 degrés. Ça n'est plus le cas ici et dans chaque branche doit être calculée individuellement.

Notes

Summary

5m 10s



Passons au cas d'une charge qui est, cette fois-ci, connectée en étoile. En étoile, vous avez ici le diagramme qui vous est présenté un schéma d'une impédance non symétrique, connectée en étoile avec classiquement, ici un point neutre qui apparaît et qui peut, ou ne pas, être connecté au neutre du réseau. Alors il va y avoir deux cas, deux solutions, si vous voulez en partant de ce schéma, ici et on doit préciser, maintenant, dans ces deux cas ce que nous faisons. Deux possibilités donc. La première c'est que nous avons cette charge étoile dont le neutre n'est pas connecté. Très souvent, le neutre n'est pas connecté au réseau, et donc il est possible d'avoir un cas comme celui-ci si le neutre n'est pas connectée, ce sera notre cas a) neutre non connecté, alors la manière la plus simple de résoudre un problème comme celui-ci, c'est de prendre le circuit qui est en étoile, la charge qui est en étoile et de la convertir en triangle. Lorsqu'elle est en triangle, c'est d'appliquer la technique précédente à savoir l'application des règles de Kirchhof sur le circuit cette fois-ci, en triangle.

Notes

Summary

6m 13s

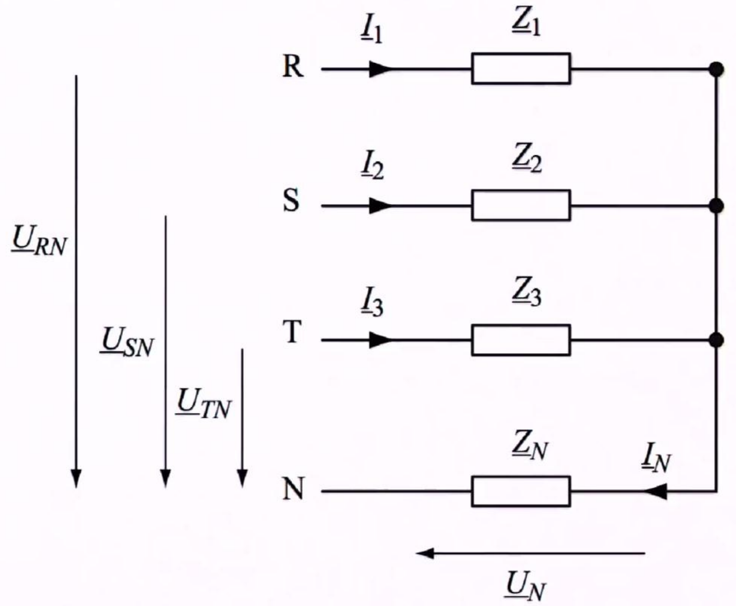
CAS D'UNE CHARGE EN ÉTOILE

2 possibilités :

a) Neutre non connecté :

→ Y → Δ

→ appliqué la technique précédente : Kirchhoff



Electrotechnique II

Et donc, le passage d'étoile à triangle se fait comme on l'a vu dans les leçons précédentes avec les règles de calcul pour les impédances Z_1, Z_2 et Z_3 qui passent dans un mode étoile, ou dans un mode triangle. Ça, c'est le plus simple. Une fois qu'on a le neutre non connecté, il suffit donc de convertir ce circuit monté ou cette charge montée en étoile, et de la passer en en montage triangle, puis d'appliquer la technique Kirchhoff.

Notes

Summary

7m 47s

CAS D'UNE CHARGE EN ÉTOILE

b) Neutre est connecté :

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}_{RN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_1}$$

$$\underline{I}_S = \frac{\underline{U}_{SN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_2}$$

$$\underline{I}_T = \frac{\underline{U}_{TN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_3}$$

$$\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_N}{\underline{Z}_N}$$

Electrotechnique II

Dans le deuxième cas b), ou le neutre est connecté. Alors ici, évidemment, les choses changent puisque nous avons une impédance Z_n, c'est à dire, l'impédance par laquelle passe le courant de neutre va circuler, pour retourner à la source qui doit être prise en compte. On doit donc calculer un certain nombre de grandeur qui vont dépendre de cette tension du neutre. En particulier, on a donc le courant de ligne qui qui se calcul, et ça en appliquant toujours Kirchhoff en prenant le U_rn moins et ceci, divisé par l'impédance Z_1. On peut dire, de même manière pour I_s U_sn moins U_n sur Z_2, et enfin le troisième le courant dans la branche t, ou dans la ligne t c'est U_tn donc, tension de phase, moins U_n sur Z_3. On peut aussi dire que le courant du neutre, dans le neutre qui, normalement, est nul dans une charge symétrique mais qu'ici va être non nul dans le cas non symétrique vaut cette tension U_n, sur l'impédance de retour du neutre Z_n. On peut aussi dire que, et nous le savons ce courant de neutre, par Kirchhoff, c'est la somme des trois courants de ligne, qui s'y rejoignent.

Notes

Summary

8m 18s

CAS D'UNE CHARGE EN ÉTOILE

b) Neutre est connecté :

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}_{RN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_1} \qquad \underline{I}_N = \frac{\underline{U}_N}{\underline{Z}_N}$$

$$\underline{I}_S = \frac{\underline{U}_{SN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_2} \qquad \longrightarrow \underline{I}_N = \underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T$$

$$\underline{I}_T = \frac{\underline{U}_{TN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_3}$$

$$\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_{RN}}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_{SN}}{\underline{Z}_2} + \frac{\underline{U}_{TN}}{\underline{Z}_3} - \underline{U}_N\left[\frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \frac{1}{\underline{Z}_3}\right] = \frac{\underline{U}_N}{\underline{Z}_N}$$

$$\underline{U}_N = \left[\frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \frac{1}{\underline{Z}_3} + \frac{1}{\underline{Z}_N}\right]^{-1} \left[\frac{\underline{U}_{RN}}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_{SN}}{\underline{Z}_2} + \frac{\underline{U}_{TN}}{\underline{Z}_3}\right]$$

Electrotechnique II

De là, on peut donc remplacer un certain nombre d'éléments qui nous viennent de ce que nous venons d'indiquer précédemment à savoir que I_n = I_r + I_s + I_t et donc, on remplace pas les trois éléments que nous avons calculés ici I_r, I_s et I_t. Ceci nous donne quoi ? Ceci nous donne l'équation suivante. I_n je mets d'un côté les tensions de phase et de l'autre les tensions de neutre, on a donc U_rn sur Z_1 plus U_sn sur Z_2 plus U_tn sur Z_3 moins et on a la tension de neutre qui vient ici, en évidence, et qui multiple 1 sur Z_1 plus 1 sur Z_2 plus 1 sur Z_3. Ceci est égal je le répète, à la tension du neutre sur Z_n. On va donc éliminer le courant I_n, dans cette équation et poser l'égalité entre l'équation du haut, ici et l'équation du bas. On élimine ainsi le courant du neutre et on peut poser l'équation en écrivant U_n égal et donc, en sortant la tension du neutre. Et on trouve U_n égal tout d'abord 1 sur Z_1, plus 1 sur Z_2 plus 1 sur Z_3 plus 1 sur Z_n et tout ceci à la puissance -1 qui multiplie U_rn sur Z_1 plus U_sn sur Z_2, plus U_tn sur Z_3. Pour plus de clarté, j'élimine ce que j'ai mis là, pour avoir équation complète, et alors qu'est-ce qu'il reste à faire?

Notes

Summary

10m 00s

b) Neutre est connecté :

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}_{RN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_1}$$

$$\underline{I}_S = \frac{\underline{U}_{SN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_2}$$

$$\underline{I}_T = \frac{\underline{U}_{TN} - \underline{U}_N}{\underline{Z}_3}$$

$$\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_N}{\underline{Z}_N}$$

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

$$\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_{RN}}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_{SN}}{\underline{Z}_2} + \frac{\underline{U}_{TN}}{\underline{Z}_3} - \underline{U}_N\left[\frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \frac{1}{\underline{Z}_3}\right]$$

$$\underline{U}_N = \left[\frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \frac{1}{\underline{Z}_3} + \frac{1}{\underline{Z}_N}\right]^{-1} \left[\frac{\underline{U}_{RN}}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_{SN}}{\underline{Z}_2} + \frac{\underline{U}_{TN}}{\underline{Z}_3}\right]$$

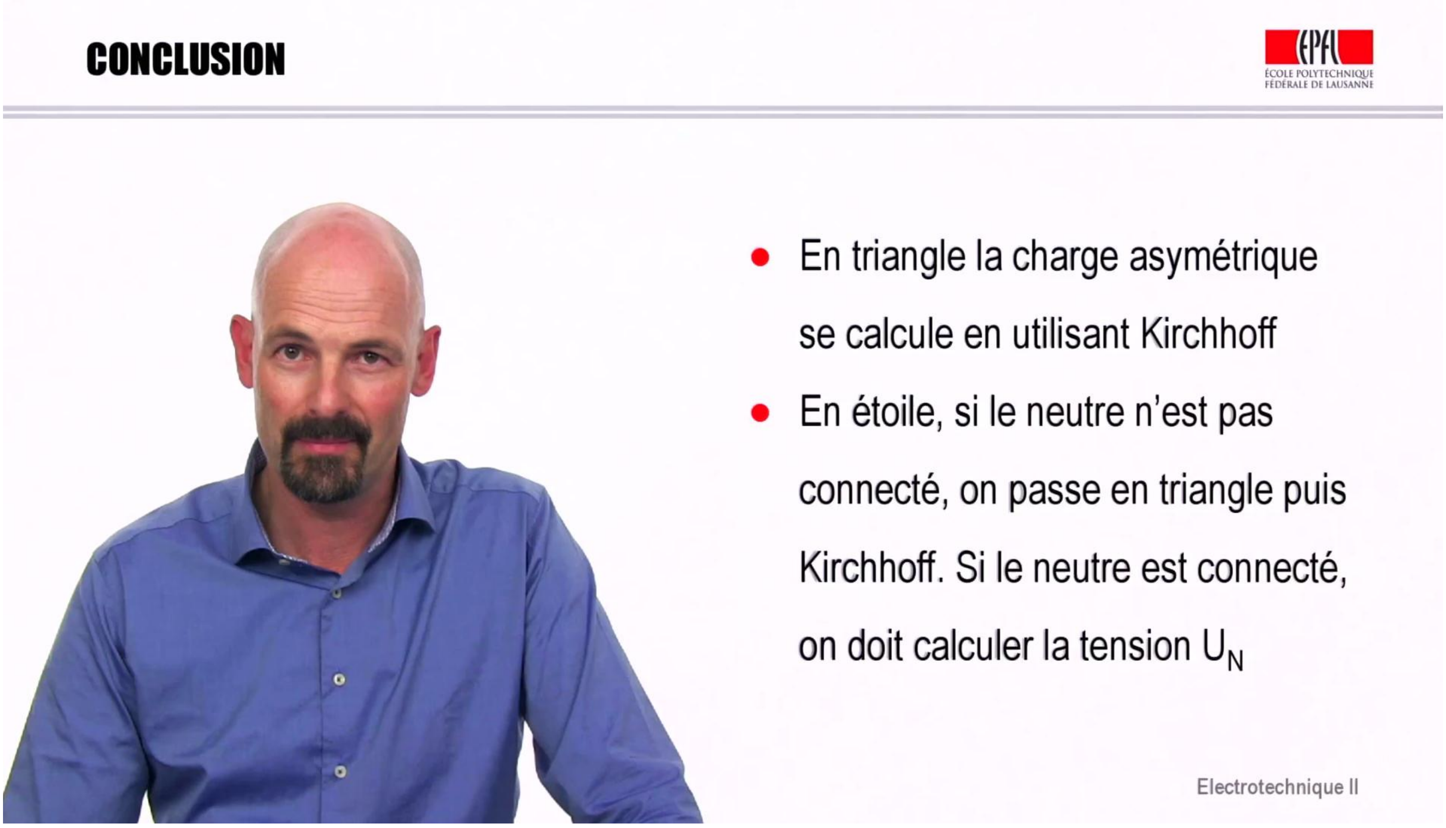
Electrotechnique II

Tout le travail est maintenant de calculer U_rn, en prenant, chaque fois la tension U_rs que nous avons ici et en soustrayant cette tension U_n, du neutre que nous venons de calculer. De manière, évidemment vectorielle. Mais ceci nous permet en calculant U_n tension, donc sur é'impédance du neutre, de déterminer, complètement, les différentes grandeurs d'une charge asymétrique qui aura été connectée en étoile, et dont le neutre est connecté.

Notes

Summary

12m 21s



Voilà, en conclusion, nous avons vu la charge asymétrique, nous avons vu comment en triangle on peut, de manière relativement simple, déterminer les différentes grandeurs par et en appliquant les équations de Kirchhoff que, pour le montage en étoile deux cas se sont présentés, soit le neutre est connecté à ce moment-là nous devons tout calculer, en particulier la tension du neutre et faire un calcul vectoriel relativement complexe sur chacune des grandeurs. Ou alors, le neutre n'est pas connecté et il suffit de faire le passage du montage étoile au montage triangle et de répéter la pratique que nous avons vu pour le montage triangle.

Notes

Summary

12m 56s