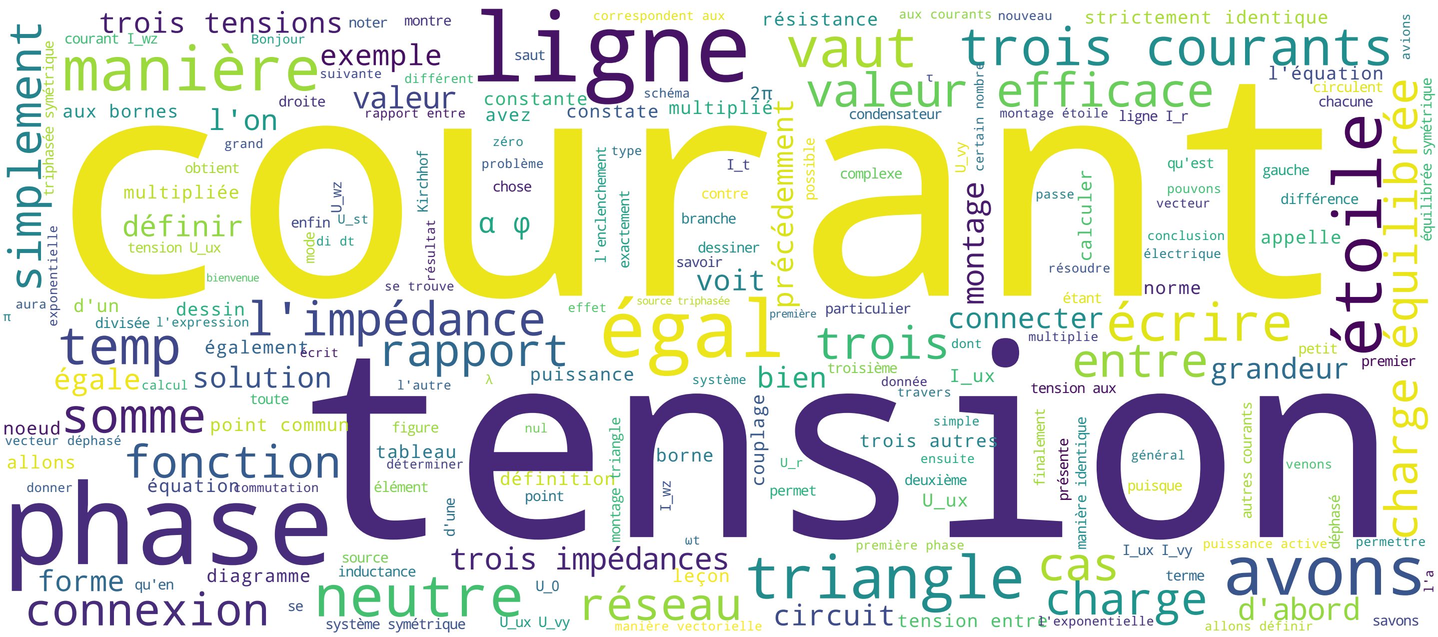
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

SYSTÈMES TRIPHASÉS

CHARGE EN ÉTOILE OU EN TRIANGLE

LEÇON 4

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



Search MOOC

Video

EPFL

INTRODUCTION

- Introduction
- Charge triphasée équilibrée
- Connexion en étoile
- Connexion en triangle
- Conclusion

Electrotechnique II

Bonjour et bienvenue dans cette leçon consacrée aux systèmes triphasés symétriques, et en particulier à la définition de la charge en étoile ou en triangle. Dans cette leçon, après une brève introduction nous allons définir ce qu'est la charge triphasée symétrique puis voir les différents montages étoiles, ou triangles et enfin terminer par une conclusion.

Notes

Summary

0m 04s

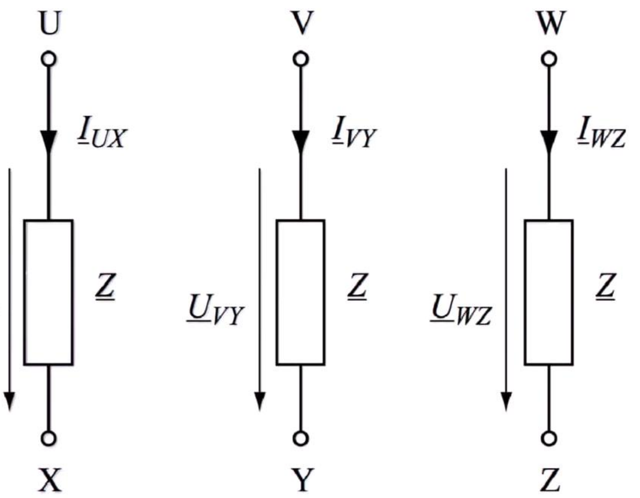
CHARGE TRIPHASÉE ÉQUILIBRÉE

$\underline{Z} = z\, e^{j\varphi}$ phase de l'utilisateur.

Tension de phase : $\underline{U}_{ux}$, $\underline{U}_{vy}$, $\underline{U}_{wz}$

Courant de phase : $\underline{I}_{ux}$, $\underline{I}_{vy}$, $\underline{I}_{wz}$

Pour un système symétrique : $I_{ph} = \dfrac{U_{ph}}{z}$



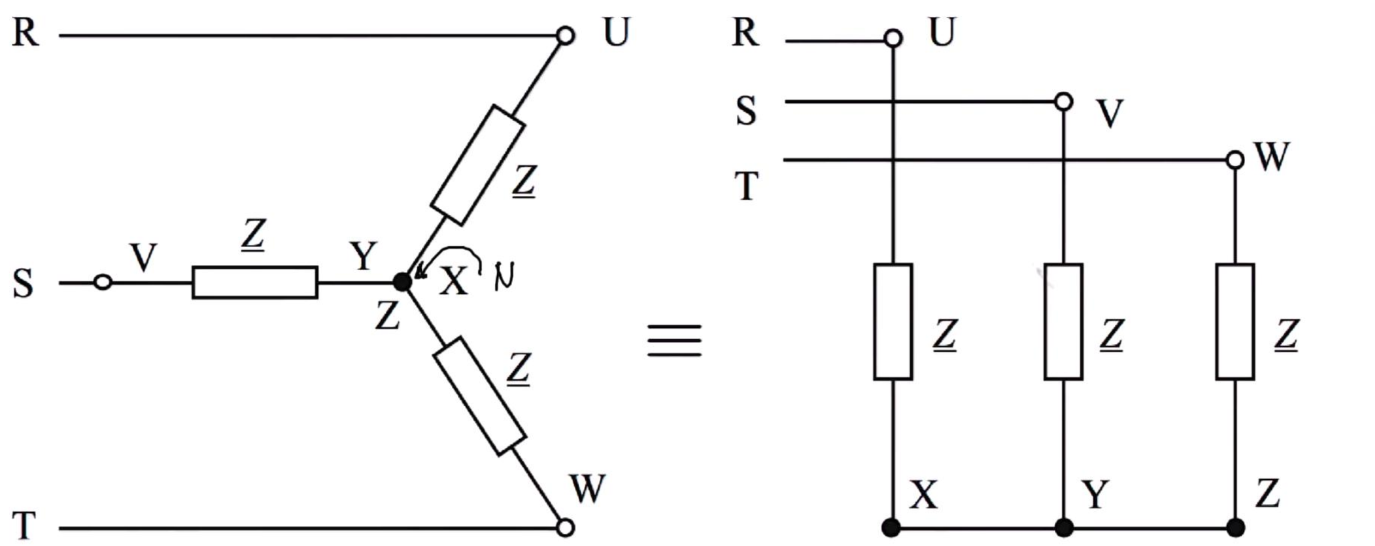
Electrotechnique II

Par définition, une charge équilibrée est un ensemble de trois impédances strictement identiques que nous avons ici noté Z Trois impédances identiques parcourues par trois courants I_ux, I_vy, I_wz trois tensions définies U_ux, U_vy et U_wz. L'impédance Z commune aux trois branches est définie comme étant ze^(jφ) et qu'on appelle communément phase de l'utilisateur. On définit alors dans ce diagramme ce qu'on appelle la tension de phase, et ce qu'on appelle le courant de phase. Tout d'abord, la tension de phase et bien, cette tension de phase est la tension aux bornes de chacune des branches de l'impédance Z, on en a trois et donc on a U_ux U_vy et U_wz. De même on peut définir un courant de phase et ces courants de phase sont les courants qui circulent à travers ces impédances soit : I_ux I_vy et I_wz Etant donné que les trois impédances Z sont strictement identiques la valeur efficace des trois tensions de phase, comme des trois courants de phase, sera toujours identique. Seul le déphasage entre ces grandeurs pourra être différent définissant ainsi de quelle branche nous sommes en train de parler. Pour un système symétrique on peut alors définir ce qu'on appelle le courant de phase en valeur efficace qui vaut la tension de phase divisée par la norme de l'impédance Z.

Notes

Summary

0m 28s



Electrotechnique II

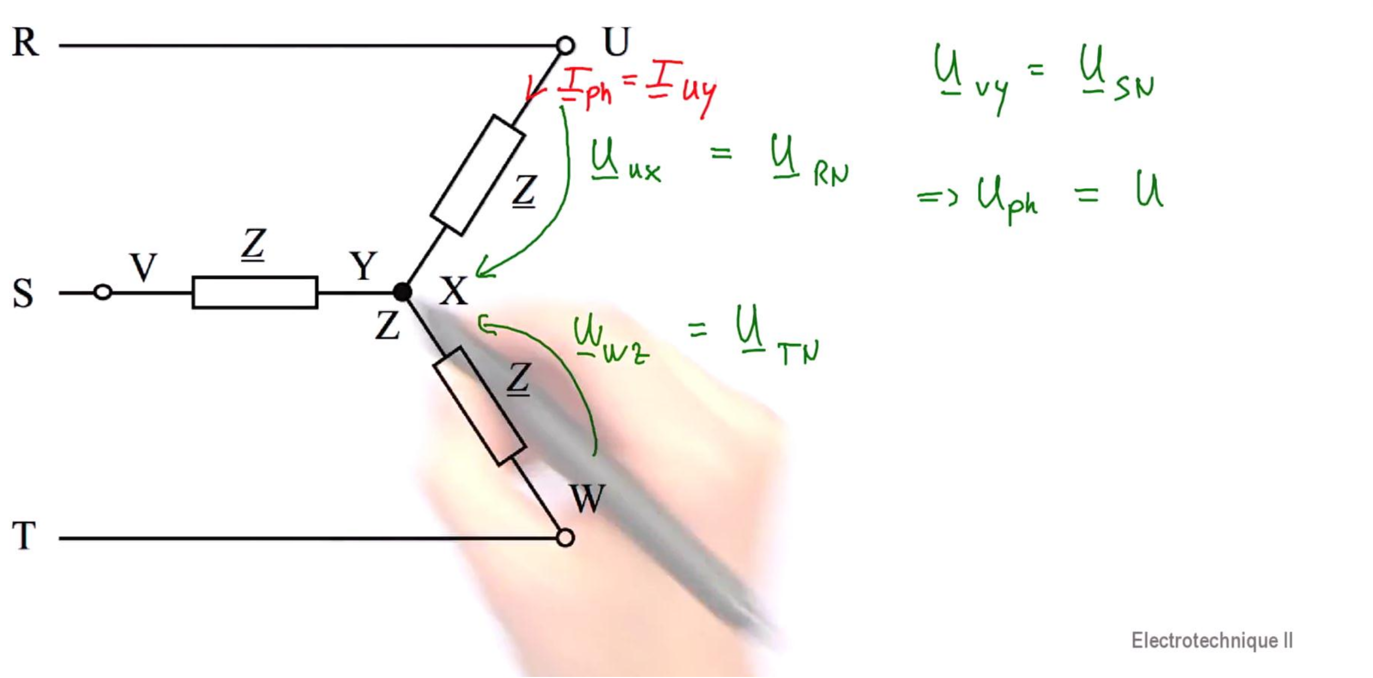
La connexion en étoile est un moyen de connecter cette charge équilibrée, ces trois impédances Z strictement identiques de manière à former une étoile comme le montre le dessin, ici, que vous avez à gauche. les trois impédances sont reliées ici on a un point commun X, Y, Z qu'on nomme souvent le neutre. Il est possible de connecter ce neutre à une borne supplémentaire en général, lorsque la charge est parfaitement symétrique les trois courants qui circulent dans ce noeud commun ici au centre, est nul. Il n'est donc pas nécessaire de brancher ce neutre. Une autre manière de dessiner ce schéma en étoile est reportée à la figure de droite il est strictement identique, c'est simplement une autre manière de dessiner cette connexion en étoile.

Notes

Summary

2m 26s

CONNEXION EN ÉTOILE



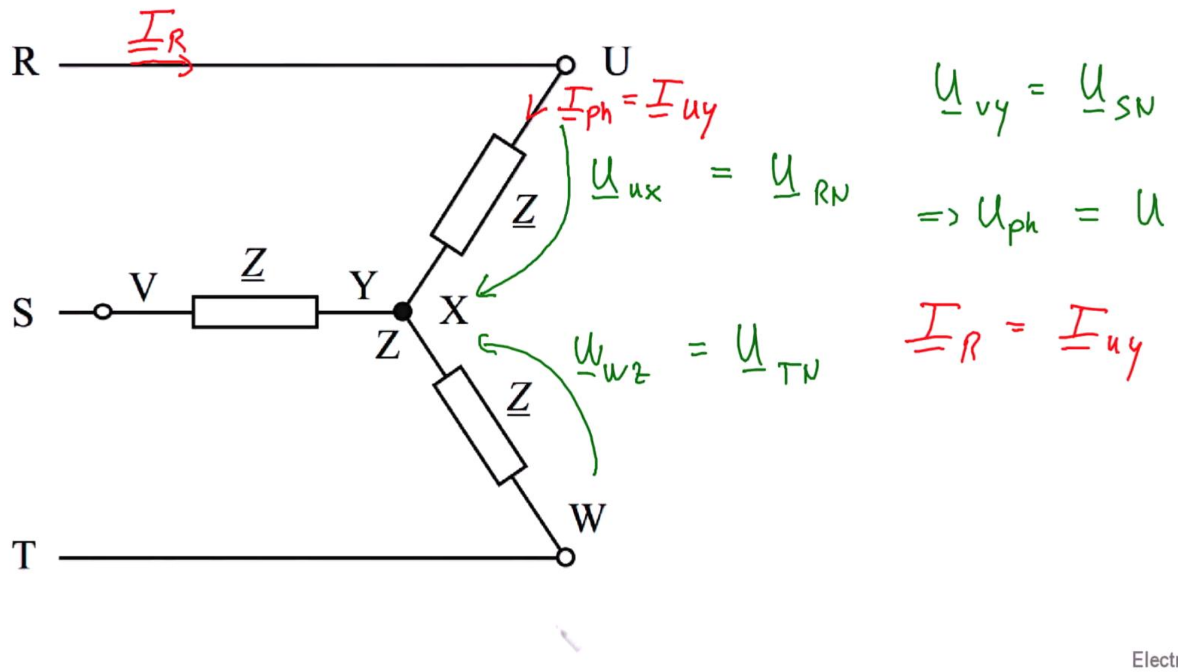
Quelques remarques maintenant par rapport à l'alimentation R, S et T qui définissent la source triphasée symétrique sur laquelle nous venons de connecter notre charge équilibrée symétrique. Ce que nous pouvons dire, c'est que nous avons par définition trois tensions de phase, comme défini juste précédemment, donc ici U_ux par exemple. Ce U_ux correspond à la tension U entre la borne R de la ligne et le point de neutre. On peut écrire pour les trois autres tensions soit U_wz et ce U_wz est égal à U entre le T et le neutre. Et enfin pour le troisième c'est à dire U_vy et ce U_vy est égal à la tension entre S et N. Autrement dit la tension de phase de nos trois impédances ici présentes, est en fait égale à simplement U. C'est à dire la valeur efficace que nous retrouvons dans le réseau. Trois autres éléments importants: les courants. Nous avons ici le courant qui circule dans la phase et cette phase, on pourrait préciser aussi : courant entre U et Y. Si l'on compare ce courant à celui défini précédemment dans d'autres leçons avec le courant que nous avons appelé "de ligne", R nous constatons que ce courant de ligne : I_r est égal au courant de la phrase U_y, pourquoi ?

Notes

Summary

3m 23s

CONNEXION EN ÉTOILE



Electrotechnique II

Parce qu'en ce noeud, ici nous n'avons aucune possibilité d'une disparition d'une partie du courant, donc tout le courant qui entre dans la lignée I_r va forcément passer dans la phase. ici présente, Z. Et nous allons retrouver exactement la même configuration pour les trois autres courants de ligne.

Notes

Summary

5m 36s

CHARGE TRIPHASÉE ÉQUILIBRÉE

$$\underline{I}_{ux} = \frac{\underline{U}_{ux}}{\underline{Z}} = \frac{\underline{U}_{RN}}{\underline{Z}} = \frac{U}{Z} e^{j(\alpha-\varphi)} = \underline{I}_R$$

$$\underline{I}_{vy} = \frac{U}{Z} e^{j(\alpha-\varphi-\frac{2\pi}{3})} = \underline{I}_S$$

$$\underline{I}_{wz} = \frac{U}{Z} e^{j(\alpha-\varphi-\frac{4\pi}{3})} = \underline{I}_T$$

Electrotechnique II

On peut donc écrire pour ces trois courants de ligne tout d'abord que I_ux la première branche est U_ux la tension de phase sur Z, l'impédance. Nous venons d'écrire que ce U_ux, la tension entre U et X est la tension entre R et le neutre toujours divisée par l'impédance Z. On peut écrire que ceci est simplement U sur Z valeur efficace et norme de Z multipliée par e^j(α-φ). Ceci pour le premier courant le courant qu'on va aussi noter comme courant de ligne puisqu'il est égal nous avons dit avant, à I_r. On peut écrire exactement la même chose pour les deux autres courants. Tout d'abord, I_vy. On simplifie immédiatement, on écrit le résultat final: U/Z e^j et nous avons ici (α - φ) et ceci est déphasé de 2π/3. Et le même résultat pour le troisième courant I_wz = U/Z (α - φ - 4π/3). On peut également écrire que ceci est égal à I_s, et que ceci est égal à I_t, soit les trois courants de ligne. On constate donc que dans un montage en étoile nos courants de ligne correspondent aux courants de phase et que les tensions de ligne ne sont pas égales aux tensions de phase.

Notes

Summary

5m 58s

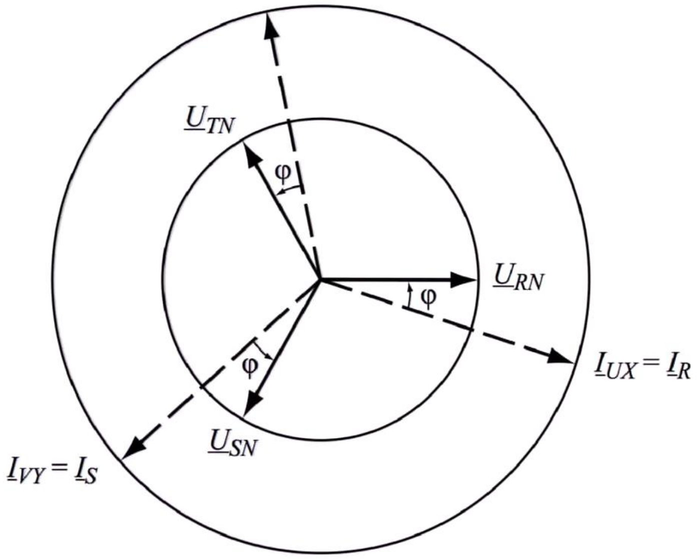
CONNEXION EN ÉTOILE

$$\underline{I}_{ux} = \underline{I}_R$$

$$\underline{I}_{vy} = \underline{I}_S$$

$$\underline{I}_{wz} = \underline{I}_T$$

$$I_\ell = I_{ph} = \frac{U}{Z}$$



Electrotechnique II

Ceci peut être vu dans ce diagramme où l'on a représenté les trois tensions de phase U_rn U_tn, U_sn et on découvre ici les vecteurs des courants qui sont en général plus grands que les vecteurs de tension puisque ces courants correspondent aux courants de ligne. On peut donc écrire que I_ux, comme dit précédemment est le courant de ligne, I_r I_vy est le courant de ligne I_s et I_wz est le courant I_t. En somme le courant dit, de ligne, en valeur efficace est égal au courant qui passe dans la phase en valeur efficace, et qui est égal à la tension divisée par l'impédance Z.

Notes

Summary

7m 46s

Le Neutre ?

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

$$= \frac{U}{Z}\left[e^{j(\alpha-\varphi)} + e^{j(\alpha-\varphi-\frac{2\pi}{3})} + e^{j(\alpha-\varphi-\frac{4\pi}{3})}\right]$$

$$= 0$$

Electrotechnique II

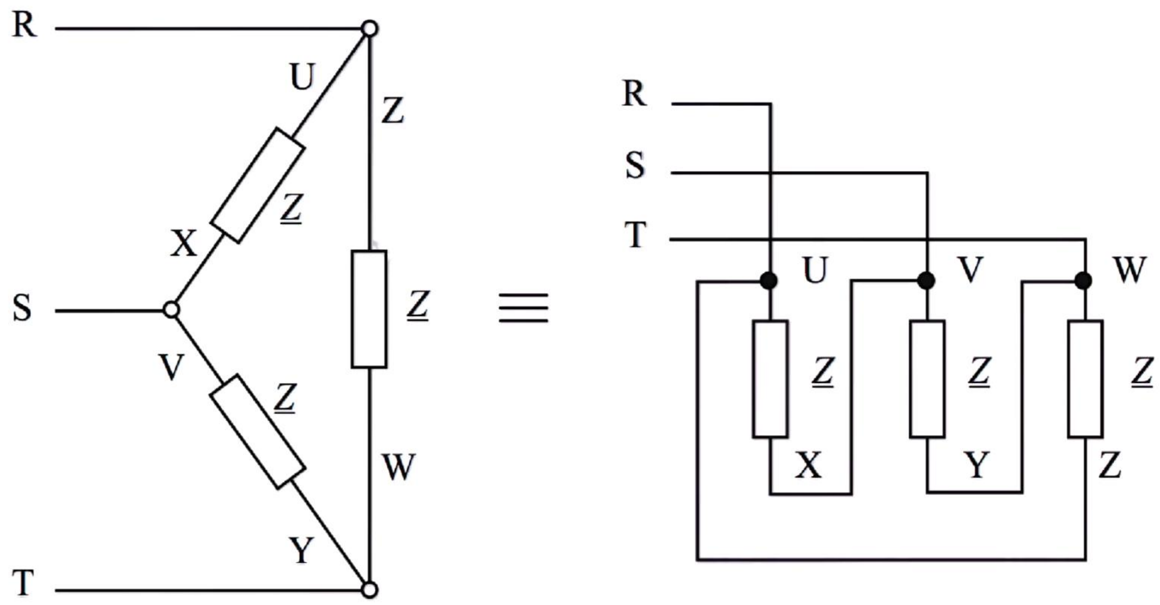
Qu'en est-il du neutre ? Question importante sur ce point commun que nous avons remarqué entre la connexion X, Y et Z. Pour le savoir, il suffit d'additionner les trois courants qui convergent sur ce point commun sur ce noeud et on peut, par Kirchhof, écrire de manière assez évidente que c'est la somme des trois courants de ligne répertoriés. Nous savons et nous avons défini ce qu'étaient, ou ce que sont ces courants de ligne. On peut donc simplement les additionner de manière vectorielle et on a pour le premier I_r e^j(α-φ) un deuxième vecteur déphasé de 2π/3 et le troisième phaseur, vecteur déphasé de 4π/3. et ceci nous donne 3 vecteurs parfaitement déphasés de 2π/3 et le total vaut 0. Et donc ceci, comme je le disais précédemment ne rend pas forcément nécessaire la connexion du neurte, puisque de toute manière, dans ce neutre, ou dans ce point commun, ne circule normalement aucun courant. Ceci est donc vrai uniquement si la charge est bien une charge équilibrée et si le réseau est bien symétrique.

Notes

Summary

8m 46s

CONNEXION EN TRIANGLE



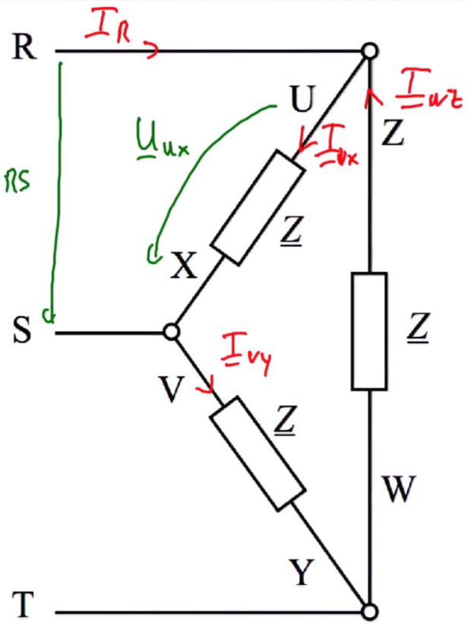
Electrotechnique II

Passons maintenant à une autre forme de connexion. Il est possible de connecter cette charge équilibrée, non pas en étoile, mais en triangle. On voit très bien la différence le mode de connexion ressemble à un triangle, une forme triangulaire, dessinée comme ceci qui peut, selon les cas, être dessinée selon cette figure de droite avec une manière de dessiner un tout petit peu plus complexe, mais qui souvent quand on a que des lignes droites, soit verticales ou horizontales permet de résoudre ces problèmes de dessin. Donc parfois on voit ce dessin sous cette forme et de manière un peu plus clair sur la forme de gauche.

Notes

Summary

10m 10s



Tensions de phases se confondent avec les tensions de ligne

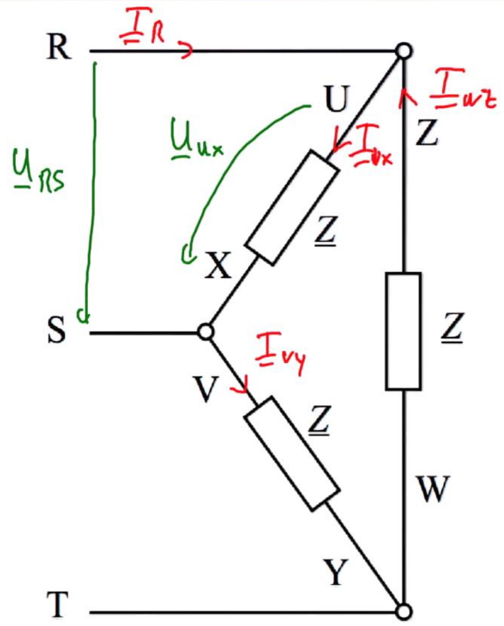
En analysant maintenant de manière plus approfondie ce nouveau diagramme, ou cette nouvelle manière de connecter, on observe un certain nombre d'éléments. Le premier concernant les courants. Le courant de ligne, qui est ici ne pas plus simplement traverser de courant de la première phase U_x. Il va bien se partager ici entre I_ux et l'autre courant I_wz. En effet, nous avons ici un noeud qui fait que le courant n'est pas identique mais se partage. On aura, de même manière le courant ici I_vy et le courant, donc le troisième I_wz. Par contre, pour les tensions on va constater une chose étonnante par rapport à la connexion en étoile. Ici se trouve la tension U_ux on constate que cette tension est prise entre la borne de R et la borne de S et donc on constate que cette tension U_ux est en fait la même que la tension U_rs. Et ceci de manière identique pour les trois phases. On peut donc écrire que les tensions de phase se confondent avec les tensions de ligne. De manière plus rigoureuse, on peut dire que U_ux comme dit précédemment c'est U entre la borne R et S, soit la tension de ligne de même pour les trois autres, U_vy est égal à U_st et pour la troisième U_wz à U_tr.

Notes

Summary

10m 52s

CONNEXION EN TRIANGLE



Tensions de phases se confondent avec les tensions de ligne

$\underline{U}_{UX} = \underline{U}_{RS}$

$\underline{U}_{VY} = \underline{U}_{ST} \Rightarrow U_{ph} = U_\ell = \sqrt{3}\,U$

$\underline{U}_{WZ} = \underline{U}_{TR}$

Par Kirchhoff : $\underline{I}_\ell = \sqrt{3}\,\underline{I}_{ph}$

Electrotechnique II

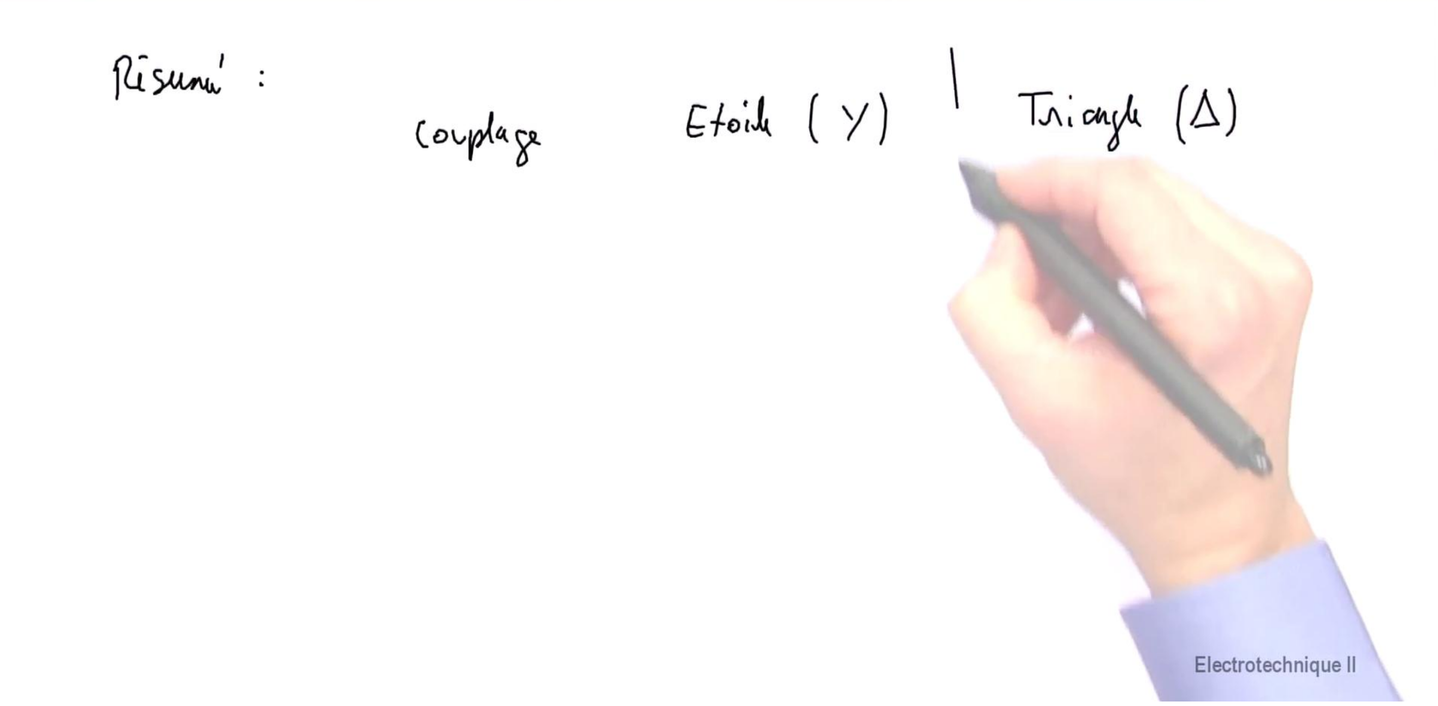
Autrement dit cette tension dite, de phase en valeur efficace, vaut la tension de ligne du réseau, et donc √3*U. Pour les courants par Kirchhof en écrivant les différentes équations des trois courants de ligne et des trois courants de phase, on peut écrire de manière générale que le courant de ligne vaut √3 fois le courant de phase. De plus, ces courants de ligne forment un système symétrique qui va être en retard de π/6 sur les courants de phase.

Notes

Summary

12m 39s

CONNEXION EN TRIANGLE



On a ici le diagramme final qui montre, en somme, le courant de ligne en triangle I_r I_s et vous avez I_t, ici, dans le diagramme et vous avez de manière vectorielle cette démonstration avec I_wz moins I_wy, c'est-à-dire, en somme la manière de faire, par Kirchhof, en additionnant sur le noeud des trois lignes, les courants qui s'y rejoignent. On démontre ainsi que le courant de ligne est bien égal à √3 fois le courant de phase. Autrement dit par exemple pour I_r et la différence avec I_ux, donc dans la phase la première phase Z, I_ux on voit bien un rapport √3 entre les longueurs de ces deux vecteurs. Et le tout est déphasé, comme on l'a dit précédemment, de π/6 créant un nouveau système symétrique déphasé. On peut, pour résumer donner un tableau des couplages, en étoile ou en triangle et ce que cela donne pour la tension de phase et le courant de phase. On va donc noter dans ce tableau le couplage à savoir, si ce couplage tête en étoile qu'on note souvent Y pour ressembler à une étoile ou au triangle que l'on note parfois triangle delta comme ceci. Alors nous opérons, ici, un tableau, qui va nous permettre de donner ce couplage pour les deux valeurs que nous avons vu précédemment, soit la tension de phase et le courant de phase.

Notes

Summary

13m 27s

Résumé :

Couplage	Etoile (Y)	Triangle (Δ)
Tension de phase	$\frac{U_\ell}{\sqrt{3}}$	U_ℓ
Courant de phase	I_ℓ	$\frac{I_\ell}{\sqrt{3}}$

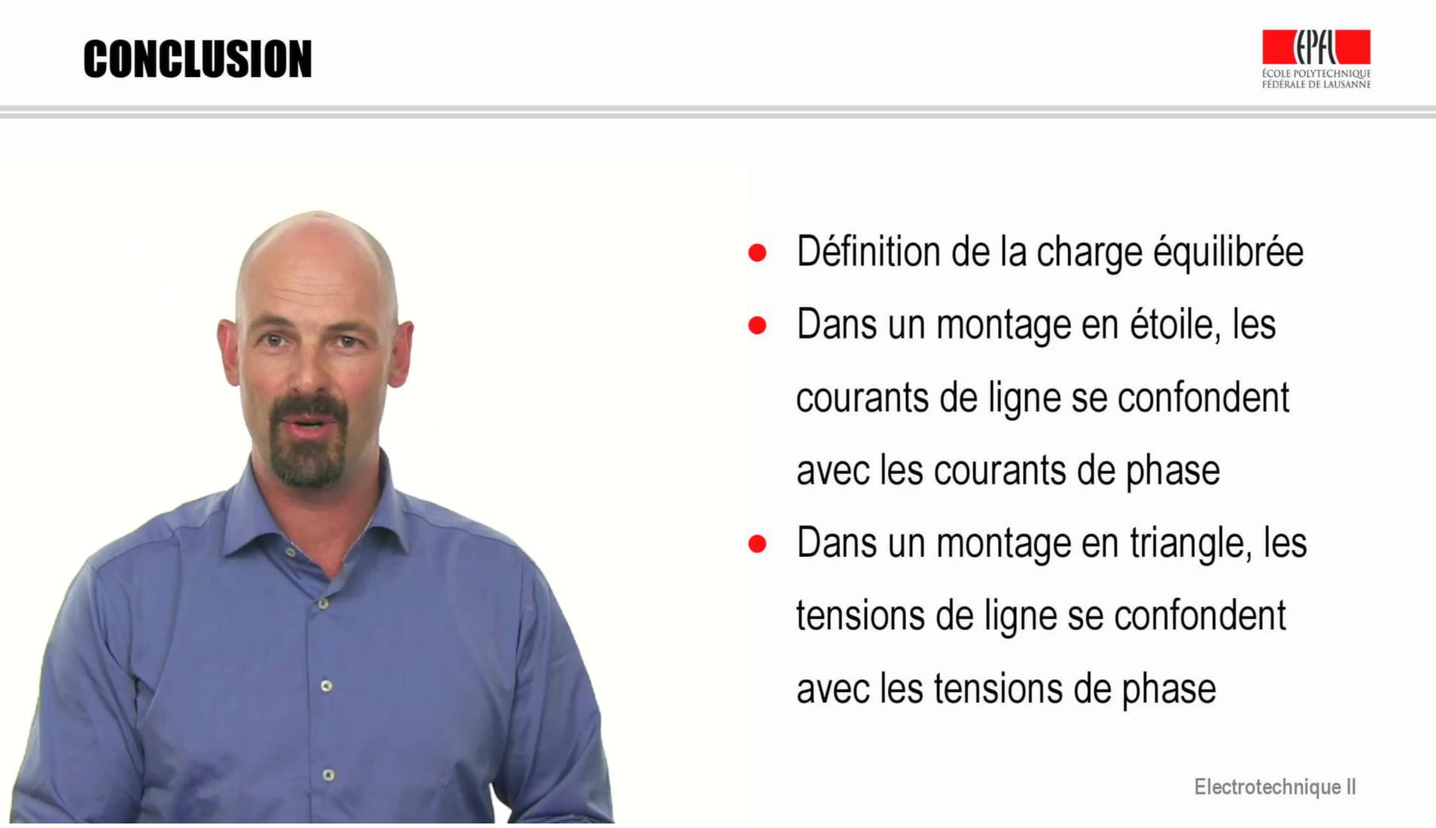
Electrotechnique II

Alors d'abord, dans le cas étoile, on a constaté que le courant de phase est égal au courant de ligne en montage étoile. Par contre pour la tension de phase nous avions un rapport √3, soit la tension de ligne divisée par √3 pour la tension de phase. C'est en fait exactement le contraire pour le montage en triangle, nous avons une tension de phase égale la tension de ligne dans ce montage en triangle et pour le courant un rapport √3.

Notes

Summary

15m 14s



Voilà pour terminer une petite conclusion pour vous dire que nous avons ainsi défini une charge équilibrée, symétrique. Nous avons vu le montage étoilé, le montage triangle pour définir ce que sont les tensions de phase, courants de phase et leurs rapports avec courants de ligne et tensions de ligne. Et enfin que ces rapports seront souvent croisés donc on a souvent un des courants qui est égal à l'autre, ou avec un rapport √3 et de manière identique pour la tension. Merci, et à la prochaine fois.

Notes

Summary

15m 52s