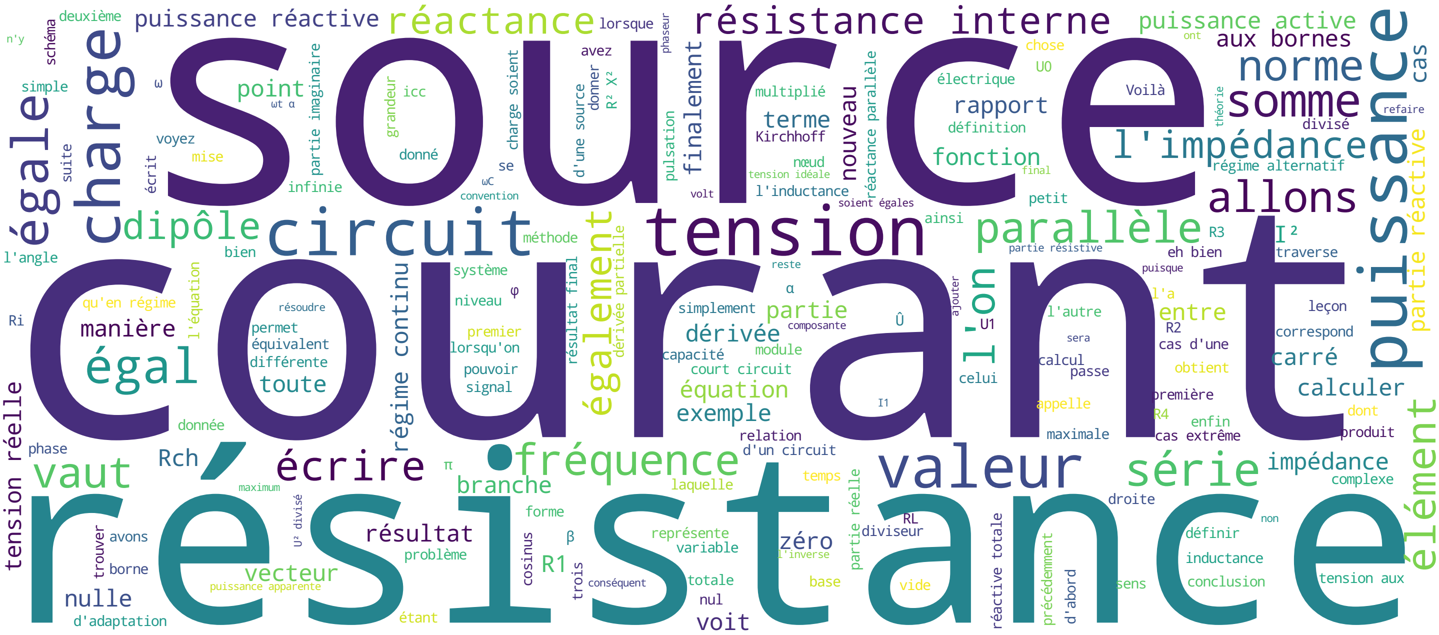
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

MÉTHODES EN RÉGIME ALTERNATIF

PUISSANCE MAXIMALE ET ADAPTATION

LEÇON 19

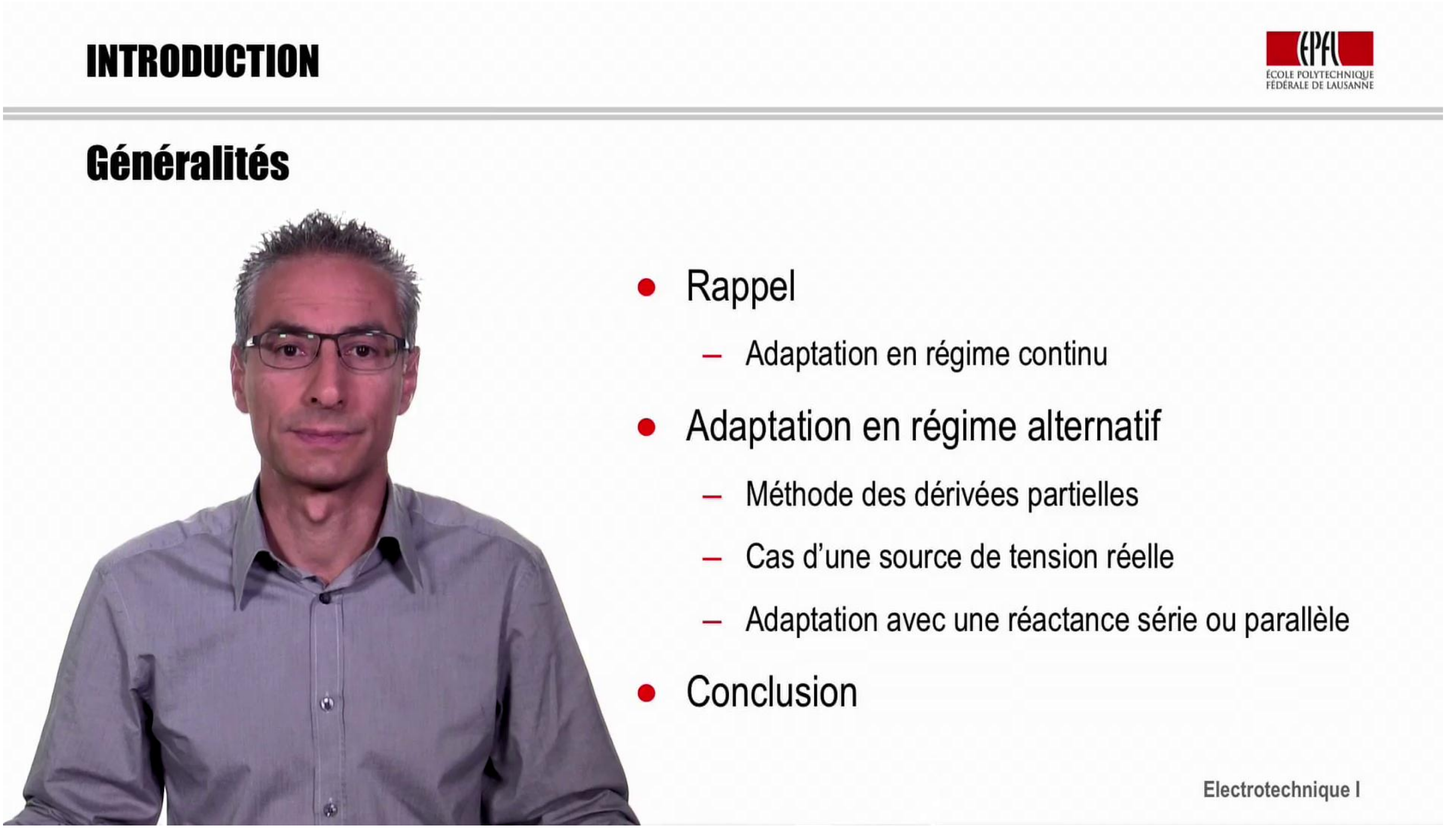
Électrotechnique I
Yves PERRIARD & Paolo GERMANO
Laboratoire d'Actionneurs Intégrés



Search MOOC

Video

EPFL



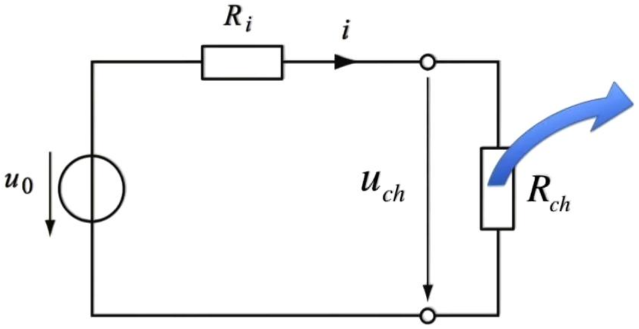
Bonjour, bienvenue à cette nouvelle leçon du cours d'électrotechnique. Aujourd'hui, nous allons parler d'un dernier point de théorie que nous avions développé dans le cadre des circuits alimentés en régime continu, et nous allons le traiter pour le régime alternatif. Il s'agit de l'adaptation de puissance. Nous allons tout d'abord commencer par rappeller les résultats que nous avions trouvé pour le régime continu. Nous allons ensuite développer la même théorie, mais adaptée au régime alternatif. Nous allons voir le cas d'une source de tension réelle qui alimente une impédance de charge, c'est-à-dire avec une partie réactive. Finalement, nous allons voir le cas d'une adaptation avec une réactance série et celui avec une réactance parallèle.

Notes

Summary

0m 03s

Puissance maximale et adaptation - Rappel



$$P_{ch} = \frac{u_0^2 \cdot R_{ch}}{\left(R_{ch} + R_i\right)^2} \qquad Max \rightarrow \frac{\mathrm{d}P_{ch}}{\mathrm{d}R_{ch}} = 0$$

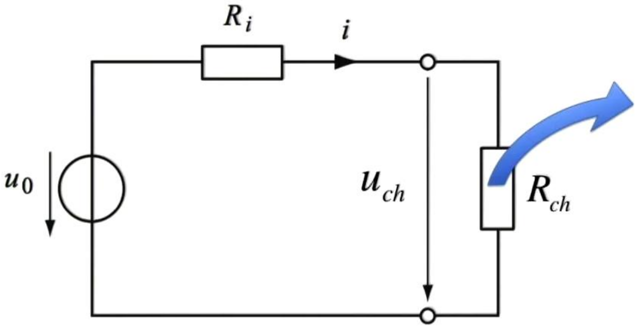
Alors, on rappelle ici le circuit qu'on avait utilisé pour le régime continu. Il s'agit d'une source de tension réelle qui est constituée d'une source de tension idéale et d'une résistance interne. Cette source de tension réelle alimente une charge résistive. Par conséquent, un courant circule dans le circuit. Ce courant est ici. Ce qui nous intéressait, c'était de calculer la puissance qui était dissipée dans la résistance de charge. Pour ce faire, on calcule cette valeur de puissance de charge qui est, en fait, la résistance multipliée par le courant au carré. On la représente ici dans cette équation, la résistance est ici, et le courant au carré, c'est la tension divisée par la somme des résistances, elles sont en série ici. Donc le I², c'est le u sur R total au carré. On voit bien dans cette équation qu'on a deux cas extrêmes. Une puissance qui est nulle lorsque la résistance de charge est nulle. Donc si Rch est nul, la puissance est également nulle. Un cas extrême : si la résistance de charge est infinie, alors le courant est nul. Il n'y a pas de courant qui passe dans le circuit, la puissance est également nulle. Entre ces deux points, il y a un maximum, et pour trouver ce maximum, qu'est-ce-qu'on fait ?

Notes

Summary

0m 45s

Puissance maximale et adaptation - Rappel



$$P_{ch} = \frac{u_0^2 \cdot R_{ch}}{\left(R_{ch} + R_i\right)^2} \qquad Max \rightarrow \frac{\mathrm{d}P_{ch}}{\mathrm{d}R_{ch}} = 0$$

Condition : $R_{ch} = R_i$

La condition d'adaptation de puissance est donc réalisée lorsque la valeur de la résistance de charge et celle de la résistance interne de la source sont égales

Electrotechnique I

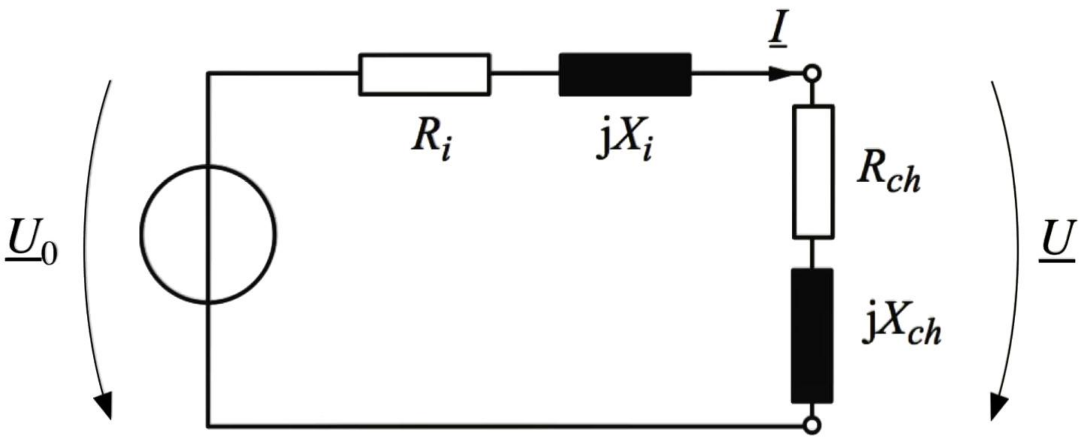
On prend cette fonction, une puissance de charge, et on va la dériver par rapport à la variable, c'est-à-dire Rch. Et on regarde pour quelles valeurs de Rch cette dérivée est nulle, et ça nous permettra de trouver la valeur Rch pour laquelle la puissance est maximale. On avait trouvé que pour que la puissance soit maximale, on parle aussi d'adaptation de puissance, la condition était que la valeur de la résistance interne de la source et la valeur des résistances de charges soient égales. Et la condition d'adaptation de puissance est donc réalisée lorsque la valeur de résistance de la charge et de la résistance interne sont égales.

Notes

Summary

2m 14s

Puissance maximale et adaptation - AC



Electrotechnique I

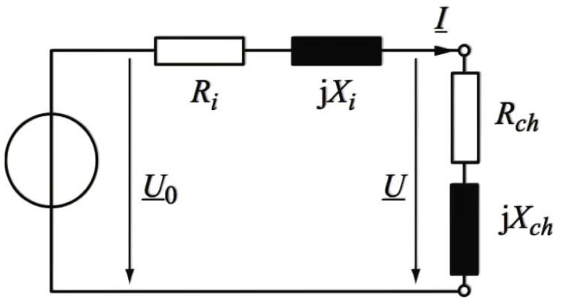
Dans le cadre d'un circuit en régime alternatif, on effectue la même démarche, en considérant, pour rester dans un cas général, une source de tension réelle avec une charge comportant chacune, une partie résistive, la résistance interne, ici, de la source, et la résistance de la charge, première chose. Et une partie réactive, c'est une réactance interne de la source et la réactance de charge.

Notes

Summary

2m 59s

Puissance maximale et adaptation - AC



$$P_{ch} = R_{ch} \cdot I^2 = \frac{U_0^2 R_{ch}}{(R_i + R_{ch})^2 + (X_i + X_{ch})^2}$$

Electrotechnique I

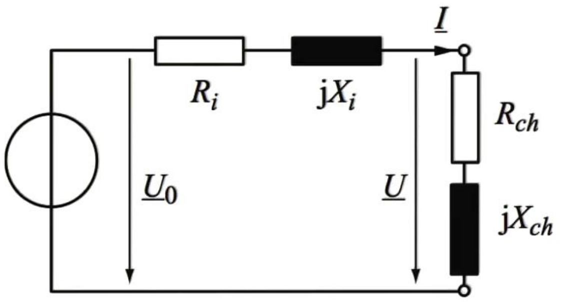
On écrit maintenant l'expression de la puissance active dans la charge, ici, Pch, c'est la grandeur dont on souhaite chercher la valeur maximale. Cette valeur est donnée par Rch fois I², c'est-à-dire : Rch multiplié par I², et donc le module de I², et le module de I est donné par : la tension U0 divisé par la norme de l'impédance totale du circuit, c'est-à-dire, U0², divisé par (Ri + Rch), la partie résistive, au carré, plus la partie réactive de la source, plus la partie réactive de la charge, au carré. Donc, ceci, c'est Z², la norme du vecteur de l'impédance au carré. On réécrit, ici, l'équation un petit peu plus proprement, et on procède, donc, à la dérivée de cette expression de la puissance de charge qu'on aimerait maximiser, par rapport aux deux variables de la charge, c'est-à-dire Rch et Xch, on va devoir faire une dérivée partielle. Premièrement, par rapport à la résistance de charge Rch, le résultat est le même qu'en régime continu, on ne va pas le refaire ici. Et, deuxièmement, une dérivée partielle par rapport à l'autre variable, qui est la réactance de charge. Donc, on va écrire la dérivée partielle de la puissance de charge, par rapport à la variable Xch, qui doit être égale à zéro.

Notes

Summary

3m 27s

Puissance maximale et adaptation - AC



$$P_{ch} = R_{ch} \cdot I^2 = \frac{U_0^2 R_{ch}}{(R_i + R_{ch})^2 + (X_i + X_{ch})^2}$$

$$\frac{\partial P_{ch}}{\partial X_{ch}} = 0 \quad \rightarrow \quad \dots \quad \rightarrow \quad X_i = -X_{ch}$$

Condition : $\underline{Z}_{ch} = R_{ch} + \mathrm{j}X_{ch} = R_i - \mathrm{j}X_i = \underline{Z}_i^*$

En régime alternatif, la condition d'adaptation de puissance est réalisée lorsque la valeur de l'impédance de charge et celle de l'impédance interne de la source sont conjugués complexes

Electrotechnique I

Alors, on va pas refaire le même calcul, parce que c'est exactement le même que pour la dérivée par rapport à Rch, mais on obtient un résultat qui est le suivant, et qui dit que la dérivée est nulle pour la valeur de Xi est égale à moins Xch. C'est-à-dire que la dérivée est nulle, donc la puissance est maximale, lorsque la réactance interne vaut l'opposé de la réactance de charge. Voilà, sur la base de ce résultat final, ici, on peut en tirer la conclusion, c'est qu'en régime alternatif, la condition d'adaptation de puissance est réalisée lorsque la valeur de l'impédance de charge, ici, l'impédance de charge, cet élément-là, et la valeur de l'impédance interne de la source, cette partie-là, cette partie-là, sont conjugués complexes. C'est-à-dire que la partie réelle est la même et la partie imaginaire est opposée. La puissance réactive, vu que ces deux réactances s'annulent, est donc également annulée.

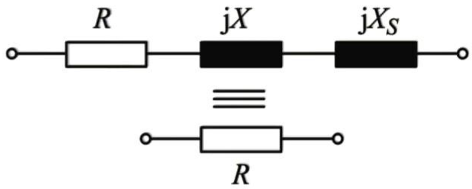
Notes

Summary

5m 12s

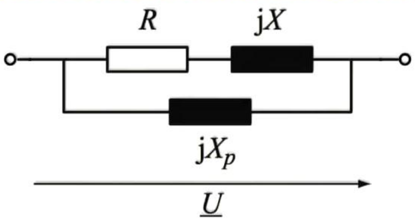
Adaptation par adjonction d'une . . .

- **réactance série :**



$X_s = -X$

- **réactance parallèle :**



L'adapatation d'une impédance tend à la rendre minimale, donc sa norme, par l'adjonction d'une réactance en série ou en parallèle. L'objectif est ainsi d'annuler la partie réactive pour rendre l'impédance résultante purement résistive. En annulant la réactance totale, le courant est alors maximal parce que la norme de l'impédance est minimale, et par conséquent, la puissance active le sera également, donc maximale. En ajoutant, ici, une réactance en série, la solution se trouve aisément. Il suffit d'écrire que Xs, la réactance série, doit être égale à -X. On a donc ces deux termes qui s'annulent, il ne reste plus que la résistance R. En ajoutant une réactance en parallèle, ici, on peut avantageusement travailler avec les puissances. Pour le dipôle considéré, donc, qui est le même que celui de tout à l'heure, on va ajouter une réactance en parallèle, et on souhaite annuler la puissance réactive totale du dipôle. Dans la branche de base, celle-ci, on peut écrire les deux puissances, la puissance active qui vaut R fois I², du courant qui traverse cette branche, donc on a R fois I², et la valeur de I, c'est U sur la norme de Z, c'est-à-dire, U² divisé par R² + X².

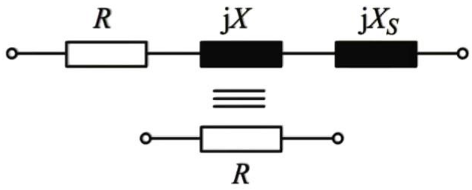
Notes

Summary

6m 29s

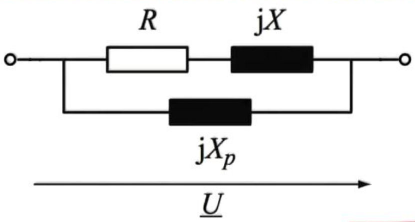
Adaptation par adjonction d'une . . .

- **réactance série :**



$X_s = -X$

- **réactance parallèle :**



$$\begin{cases} P = \dfrac{R\,U^2}{R^2 + X^2} \\ Q = \dfrac{X\,U^2}{R^2 + X^2} \end{cases}$$

$Q_p = \dfrac{U^2}{X_p}$ $\quad Q_{tot} = Q + Q_p = 0$

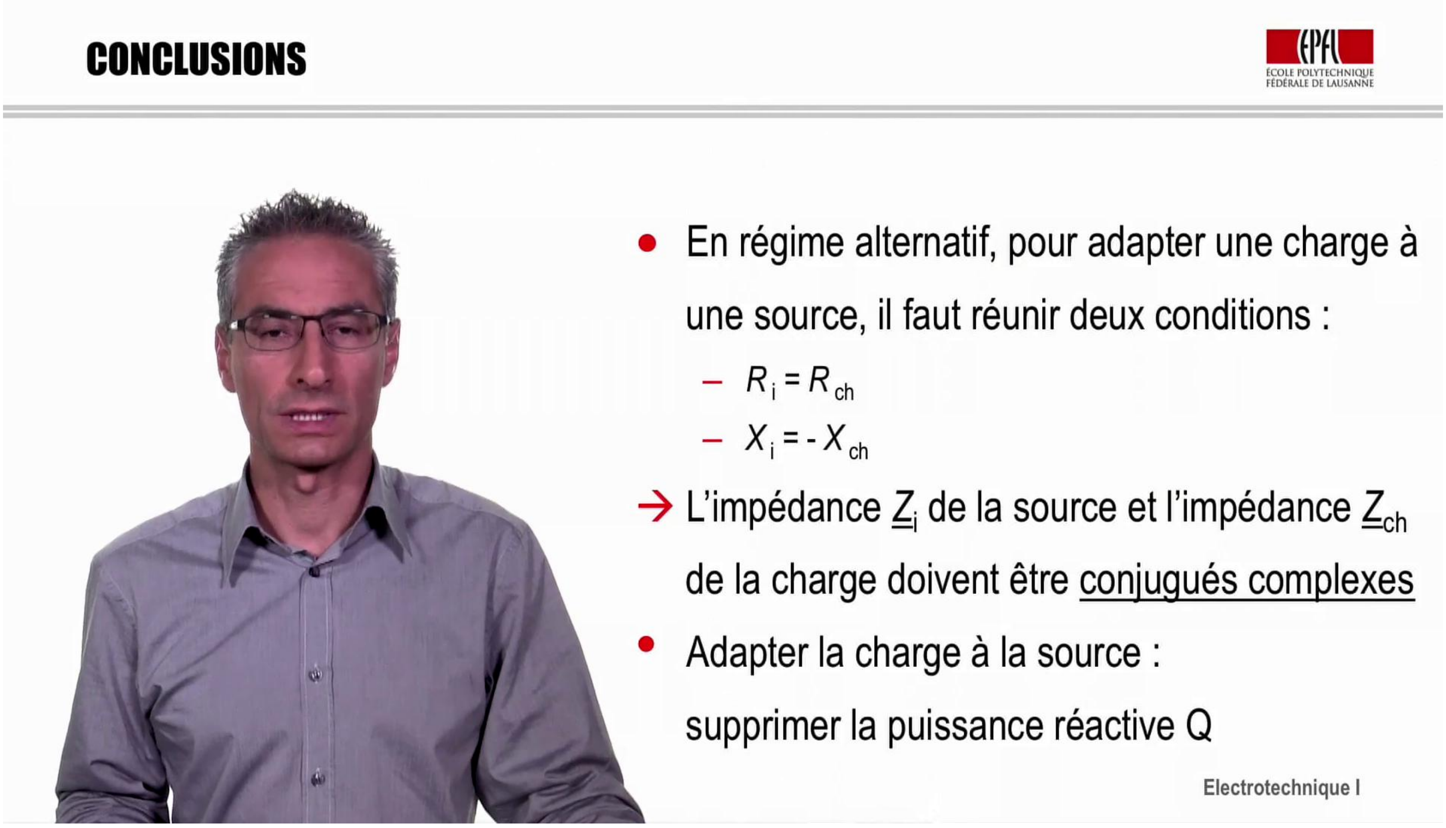
$\cdot \dfrac{1}{U^2} \rightarrow \dfrac{X}{R^2 + X^2} = -\dfrac{1}{X_p} \longrightarrow \boxed{X_p = -\dfrac{R^2 + X^2}{X}}$

Pour la puissance réactive de nouveau dans cette branche, on peut écrire que Q c'est X fois I² donc, la réactance, multiplié par I² qui a la même valeur, c'est U² divisé par la norme de Z². Alors ce qui nous intéresse c'est surtout ce point-là. Ceci, c'est valable pour cette branche. Au niveau de la réactance ici en parallèle, on peut écrire la puissance Qp qui passe dans la réactance parallèle et c'est tout simplement U²/Xp. Et ce qu'on souhaite, c'est que ces deux puissances réactives s'annulent pour que la somme soit égale à zéro. On peut donc écrire que la puissance réactive totale qui est égale à ce Q + Qp, est égale à zéro. Si on réécrit ceci, on simplifie par U², on obtient que X/(R² + X²), doit être égale à -1/Xp. Et il en découle que la valeur de la réactance parallèle qu'on doit additionner ou ajouter pour annuler la partie réactive, la puissance réactive, doit être égale à -R² + X² divisé par X. Donc, pour cette réactance parallèle qu'on ajoute pour adapter la source, on a le résultat final dans cette fenêtre Xp.

Notes

Summary

8m 09s



Voila, en conclusion, on peut dire qu'en régime alternatif, pour adapter une charge à une source et donc maximiser la puissance active de sortie, il faut deux conditions : comme en régime continu, il faut que les valeurs de résistance interne et de resistance de charge soient égales, c'est ce point-là. De plus, il faut supprimer le réactif total, il faut donc que la réactance de source et celle de charge soient opposées, c'est cette équation-là. Au final, il faut donc que les impédances internes, de la source et celle de la charge, soient conjuguées complexes. Par conséquent, adapter la charge à une source ou inversement, signifie également supprimer la puissance réactive, ici, on l'a vu dans l'exemple traité. Merci de votre attention.

Notes

Summary

10m 13s