

Three Phase Systems 2.0



	Introduction	3
Fiche de travail 1	AC monophasé	4
Feuille de travail 2	AC triphasé	7
Fiche de travail 3	Plus de Phase Basic	9
Fiche de travail 4	Maintenant le Phaser	11
Feuille de travail 5	C'est une étoile !	13
Feuille de travail 6	Maintenant le Delta	15
Fiche de travail 7	Redressement à demi-onde	17
Feuille de travail 8	Redressement pleine onde	19
Feuille de travail 9	Fournir de la puissance	21
Feuille de travail 10	Correction du facteur de puissance	23

Fiche de travail 1

AC monophasé

L'électricité du réseau est traditionnellement distribuée en courant alternatif. Les raisons en sont les suivantes :

- Les alternateurs qui produisent de l'électricité dans les centrales électriques sont plus légers et moins chers que les générateurs de courant continu équivalents ;
- Les transformateurs peuvent être utilisés pour augmenter ou diminuer la tension, ce qui permet une transmission efficace de l'énergie électrique à haute tension (et à faible courant) sur de grandes distances.



À vous de jouer :

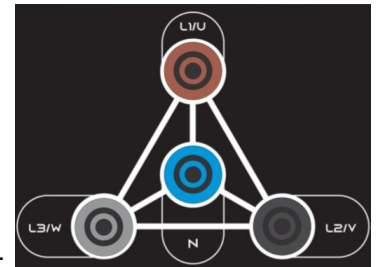
Cette feuille de travail examine les aspects du courant alternatif monophasé, en utilisant le signal obtenu à partir d'une sortie du générateur triphasé.

Mise en place de l'équipement

- Logiciel : Lancer l'application triphasée de la matrice (indiquée par les mentions vertes "Application" et "Comms").
- Circuit requis : Aucune configuration de circuit physique ou virtuel n'est nécessaire pour cet exercice.
-

Procédure : Partie A : 50 Hz, 8 V RMS Configuration

- Réglage de la fréquence :
 - Réglez la fréquence du générateur à 50 Hz en utilisant l'une des méthodes suivantes :
 - Faites glisser le curseur de la fréquence sur 50 Hz.
 - Cliquez sur le bouton "Réglage de la fréquence", entrez 50 et confirmez.
- Réglage de la tension :
 - Réglez l'amplitude à 8 V RMS en utilisant l'une des méthodes suivantes :
 - Faites glisser le curseur de tension jusqu'à 8 V. ou
 - Cliquez sur le bouton "Set Voltage", entrez 8 et confirmez.
- Activer le générateur :
 - Appuyez sur le bouton Run (l'état devient vert).
- Configuration des propriétés des composants :
 - Activer "U Voltage" (réglé sur Oui).
 - Désactiver tous les autres affichages de tension et de courant (réglé sur Non).
- Capture des données :
 - Cliquez sur le bouton Capture pour enregistrer la trace de la sortie AC.
 - Sauvegarder les données :
 - L'application enregistre automatiquement les données dans un fichier CSV.
 - Vous pouvez également faire une capture d'écran pour vos dossiers.
- Arrêter et réinitialiser :
 - Cliquez sur Stop pour arrêter la sortie du générateur.
 - Cliquez sur Effacer pour réinitialiser l'affichage de l'application.



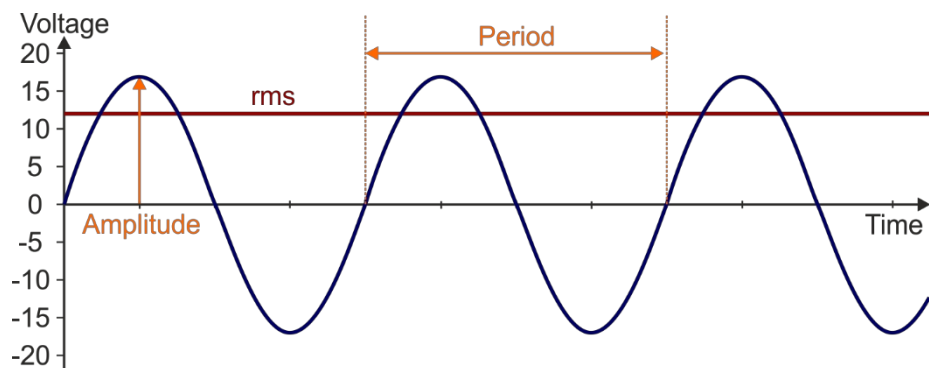
Fiche de travail 1

AC monophasé

Procédure : Partie B : 200 Hz, 12 V RMS Configuration

- Réglage de la fréquence :
 - Réglez la fréquence du générateur à 200 Hz en utilisant l'une des méthodes suivantes :
 - Faites glisser le curseur de la fréquence jusqu'à 200 Hz.
 - Cliquez sur le bouton "Régler la fréquence", entrez 200 et confirmez.
- Réglage de la tension :
 - Réglez l'amplitude à 12 V RMS en utilisant l'une des méthodes suivantes :
 - Faites glisser le curseur de tension jusqu'à 12 V.
 - Cliquez sur le bouton "Set Voltage", entrez 12 et confirmez.
- Activer le générateur :
 - Appuyez sur le bouton Run (l'état devient vert).
- Configuration des propriétés des composants :
 - Dans le menu Propriétés du composant :
 - Activer "U Voltage" (réglé sur Oui).
 - Désactiver tous les autres affichages de tension et de courant (régler sur Non).
- Capture des données :
 - Cliquez sur le bouton Capture pour enregistrer la trace de la sortie AC.
 - Sauvegarder les données :
 - L'application enregistre automatiquement les données dans un fichier CSV.
 - Vous pouvez également faire une capture d'écran pour vos dossiers.
- Arrêter et réinitialiser :
 - Cliquez sur Stop pour arrêter la sortie du générateur.
 - Cliquez sur Effacer pour réinitialiser l'affichage de l'application.

Et alors ?



Amplitude - la tension maximale du signal.

Période - le temps nécessaire pour produire un cycle de l'onde (c'est-à-dire 1 pic plus 1 creux).
- mesurée en secondes.

Fréquence - le nombre cycles de l'onde produite par seconde ;
- mesuré en hertz. (1 Hz signifie qu'un cycle est produit chaque seconde.) La relation entre les deux est la suivante :

$$\text{Fréquence} = 1 / \text{période}$$

Fiche de travail 1

AC monophasé



Fournir de la puissance :

Parfois, une alimentation en courant alternatif délivre une tension nulle. À d'autres moments, elle délivre des valeurs plus ou moins élevées. Fait inutile, la tension moyenne d'une alimentation en courant alternatif (n'importe quelle alimentation en courant alternatif) est nulle !

Cela ne signifie certainement pas que les alimentations en courant alternatif ne font rien, loin de là ! - la puissance moyenne délivrée n'est PAS nulle. (Pour une résistance, R, la puissance délivrée = V^2 / R , c'est-à-dire qu'elle dépend de la tension au carré ! Par conséquent, la tension peut être négative, mais la puissance délivrée reste positive. Une tension négative signifie simplement que le courant circule dans l'autre sens, comme tu l'as vu dans le troisième circuit).

Pour une alimentation en courant alternatif, la tension efficace est une mesure plus significative que la tension moyenne. Bien qu'elle signifie "tension moyenne quadratique", il est préférable de la considérer comme la tension continue qui fournirait la même puissance à une charge.

Pour un signal sinusoïdal, la tension de crête et la tension efficace sont liées par :

$$V_{rms} = 0,7 \times V_{peak}$$

Pour mémoire :

- Recopiez le diagramme du signal CA et expliquez la signification des termes *amplitude*, *période* et la *fréquence*.
- Copiez le tableau et utilisez les mesures que vous avez prises dans la première partie de l'enquête pour le compléter.

Amplitude en	Période en s	Fréquence en

- Recopiez et complétez l'énoncé en calculant la tension efficace :
Dans le premier circuit, la tension efficace était de

AC triphasé

L'énergie électrique est transportée à travers le pays en utilisant un système triphasé plutôt qu'un système monophasé en raison de plusieurs avantages :

- Nécessite moins de cuivre pour les câbles de transmission.
- Fournit une puissance plus régulière, réduisant les vibrations du moteur.
- Les alternateurs triphasés sont plus petits et plus légers que leurs équivalents monophasés.
- Prend en charge les appareils monophasés et triphasés, contrairement aux alimentations monophasées.

Cette feuille de travail couvre les principes fondamentaux de la distribution d'énergie triphasée.



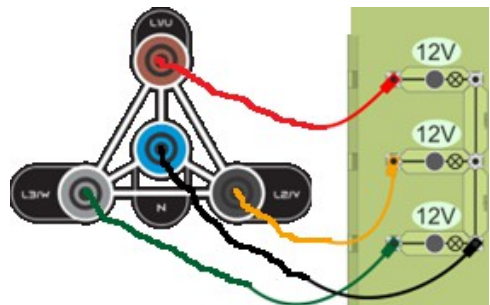
À vous de jouer :

Cette étude explore les raisons pour lesquelles un système "triphase" est ainsi nommé. Elle consiste en deux expériences : une à basse fréquence utilisant des lampes et une autre à plus haute fréquence.

Expérience 1 : Observation des basses fréquences (0,1Hz)

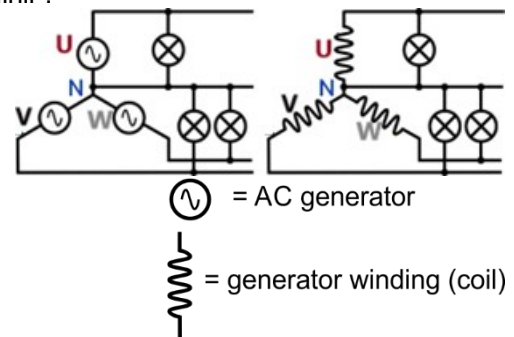
Matériel nécessaire :

- Trois ampoules MES 12V avec supports
- Générateur triphasé
- Logiciel triphasé Matrix



1 Procédure :

- Assemblez le circuit en utilisant les trois ampoules MES 12V et les supports.
- Réglez les paramètres du générateur triphasé, à l'aide d'App, comme suit :
 - Fréquence : **0,1Hz** (fixe)
 - Amplitude : **10V**
- Allumez le générateur et observez les ampoules.
 - Remarquez que les ampoules ne sont ni complètement synchronisées, ni complètement .
 - Chaque ampoule atteint sa luminosité maximale à des moments différents.
 - Dans le logiciel Matrix Three Phase :
- Cliquez sur **Capture** pour enregistrer les données.
 - Observez l'**axe des x** pour déterminer le temps nécessaire à un cycle complet.
 - Dans les **propriétés de configuration du composant**, définir :
 - **Tension U, tension V, tension W** : Oui
 - **Courant U, courant V, courant W** : Non
- Cliquez sur **Effacer** pour réinitialiser le graphique.



1 Expérience 2 : Observation des hautes fréquences (50Hz)

2 Procédure :

- Répéter la configuration de l'expérience 1.
- Régler les paramètres du générateur triphasé :
 - Fréquence : **50Hz**
 - Amplitude : **10V**
- Mettez le générateur en marche et observez à nouveau les ampoules.

Feuille de travail 2

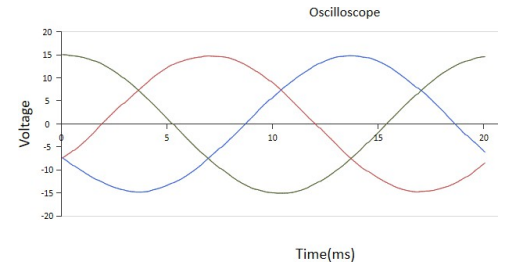
AC triphasé

Analyse et observations :

- Comparez le comportement des ampoules à **0,1 Hz** et à **50 Hz**.
- Observez comment la relation de phase affecte le modèle d'illumination.
- Analyser les formes d'onde enregistrées dans le logiciel Matrix Three Phase.

Et alors ?

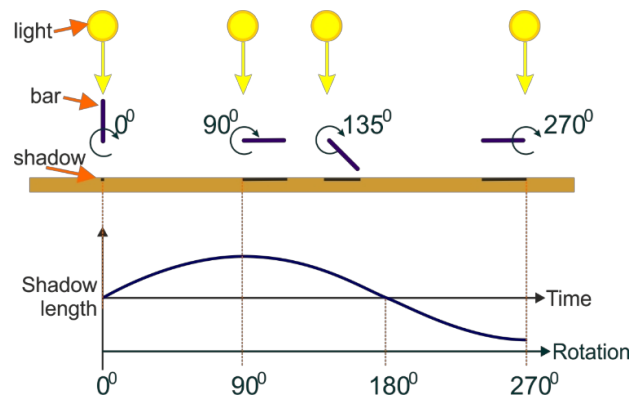
Le diagramme ci-contre illustre une sortie typique de l'application. Chaque phase, représentée par des couleurs différentes, a une période de temps identique de 20ms (correspondant à 50Hz). Les pics de ces phases se produisent à des intervalles de $20/3 \approx 6,67$ ms, ce qui correspond à une phase.



Angle de phase :

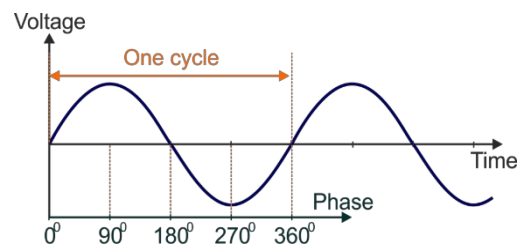
Imaginez une barre tournant autour d'une extrémité. Au-dessus d', une lumière brille vers le bas, créant une ombre de la barre.

Au fur et à mesure que la barre tourne, l'ombre s'allonge, puis se raccourcit, puis se réduit à zéro, puis s'allonge dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. dans l'autre sens, et ainsi de suite. La séquence d'ombres se répète au fur et à mesure que la barre continue tourner. Une rotation complète de la barre crée un cycle de la séquence.



Nous pouvons utiliser la même idée pour décrire la phase des signaux de tension alternative. Ici, le point de départ et le point d'arrivée d'un cycle du signal sont séparés par une différence de phase de 360°.

En utilisant les informations données ci-dessus, un cycle de chaque phase dure 20 ms, de sorte que les points séparés de 20 ms ont un angle de phase de 360° entre eux. Les pics des trois phases sont séparés de 6,66 ms. En d'autres termes, les phases sont séparés par des angles de phase de $(360/20) \times 6,66 = 1200$.



Pour mémoire :

- Décrivez cinq avantages de la transmission d'énergie triphasée par rapport à la transmission monophasée. (Il se peut que vous deviez faire quelques recherches à ce sujet, en utilisant l'internet, par exemple).
- Dessinez deux cycles d'un signal sinusoïdal. Ajoutez un deuxième signal dont l'angle de phase est de 180°.
- Refaire la même chose, avec un angle de phase de 270° entre les deux signaux.

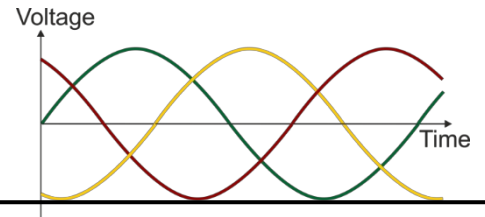
Feuille de travail 3

Plus de notions de base sur les phases

C'est compliqué !

Les tensions et les courants changent de taille et de direction au fil du temps. Il semble y avoir trois sources distinctes, qui atteignent toutes leur maximum à des moments différents.

Il nous faut un mot pour décrire tout cela : la phase.



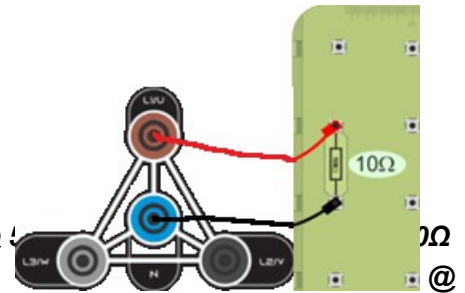
À vous de jouer :

Ces études se concentrent sur la relation entre le courant et la tension dans trois types de charge différents : résistive, capacitive et inductive. La charge inductive est créée en reliant en série les bobines du moteur triphasé.

- Construisez le circuit ci-contre.

Cette fois, nous contrôlons la tension alternative aux bornes de la résistance de 10Ω et le courant qui la traverse.

- **Vérifier que le générateur triphasé est réglé sur la sortie "6V" @ 50 Hz, sinon la résistance de 10Ω risque de chauffer !**



- Cliquez sur "Exécuter"
- Cliquez sur Capture pour obtenir un tracé comparant la tension alternative aux bornes de la résistance avec le courant qui la traverse.
- Obtenir une capture d'écran
- Remarquez que les deux signaux CA (la tension aux bornes de la résistance et le courant qui la traverse) sont en phase l'un avec l'autre.
- Coupez le générateur triphasé.

Un défi :

En utilisant la même approche, modifiez circuit pour obtenir des traces de tension et de courant pour :

- un condensateur de $33\mu F$;
- un inducteur, fabriqué en utilisant l'une des bobines du moteur.

Feuille de travail 3

Plus de notions de base sur les phases

Et alors ?

Un tracé d'oscilloscope typique pour la résistance est illustré ci-contre.

Le tracé rouge indique le courant qui traverse la résistance et le tracé bleu la tension qui la traverse. Elles augmentent et diminuent progressivement. Elles sont en phase.

Lorsque vous avez modifié le circuit pour étudier la d'autres composants, vous devriez avoir obtenu des traces comme celles présentées ci-contre.

- Dans le condensateur, le courant atteint sa valeur maximale lorsque la tension est nulle !
- Dans l'inducteur, la tension est maximale lorsque le courant est nul.

Angle de phase :

En utilisant les angles de phase, nous pouvons affiner nos déclarations

- Dans un condensateur, le signal de courant précède le signal de tension d'un angle de phase de 90° .
- Dans l'inducteur, la tension précède le courant d'un angle de phase de 90° .

Tension de phase par rapport à la tension de ligne :

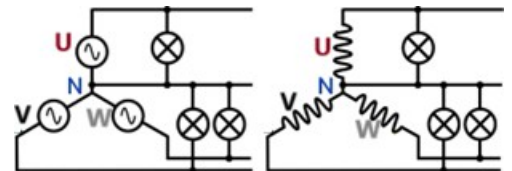
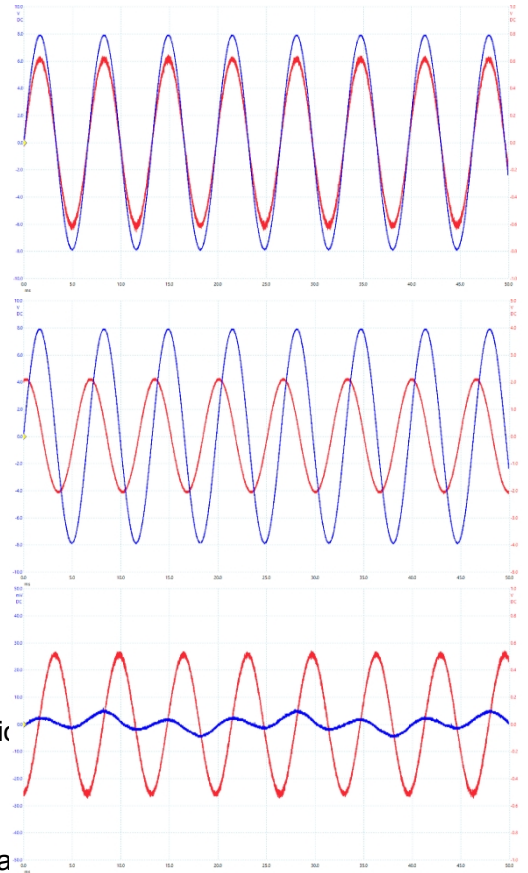
Lorsque l'on parle de systèmes triphasés, on utilise deux mesures différentes de la tension : la tension de phase et la tension de ligne.

- Tension de phase - mesurée entre une borne de phase et la borne commune ("N").
- Tension de ligne - mesurée entre une phase et autre.

Le circuit que vous avez mis en place précédemment mesurait les tensions de phase.

Pour mémoire :

- Copiez le diagramme montrant la différence entre la tension de phase et la tension de ligne.
- Copiez et complétez la déclaration :
Pour une charge résistive, la tension et le courant alternatifs sont
- Quel est l'angle de phase entre le courant et la tension dans une résistance ?
- Copiez les deux points décrivant les angles de phase dans les condensateurs et les inductances.



Feuille de travail 4

Et maintenant le phasateur

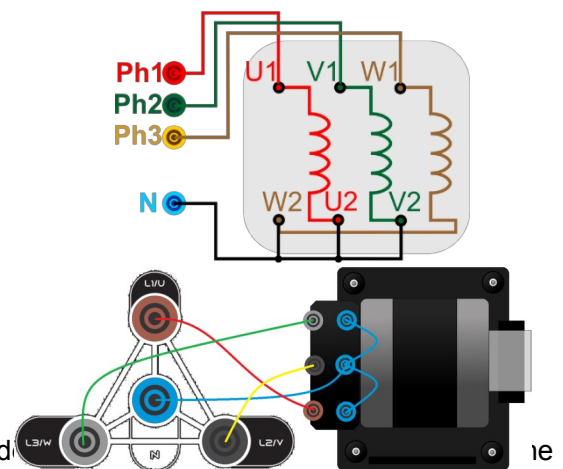
C'est encore plus compliqué que ce que nous avons ! Nous avons vu que le courant qui traverse le composant peut ne pas être en phase avec la tension qui le traverse. Pire encore, la taille et la direction des deux changent avec le temps ! La feuille de travail commence par l'utilisation du moteur triphasé, sur une alimentation triphasée, puis sur une phase unique, avant de s'intéresser aux phasateurs et à leur interprétation.



À vous de jouer :

Alimentation triphasée :

- Construisez le premier circuit, illustré ci-contre.
- Réglez la fréquence à 50 Hz et l'amplitude à 6V.
- Mettez l'alimentation triphasée sous tension.
- Quel est l'effet de l'augmentation de l'amplitude à 9V ?
- Quel est l'effet de l'augmentation de la fréquence à 60 Hz ?
- Que se passe-t-il lorsque vous augmentez la fréquence à 120 Hz ?

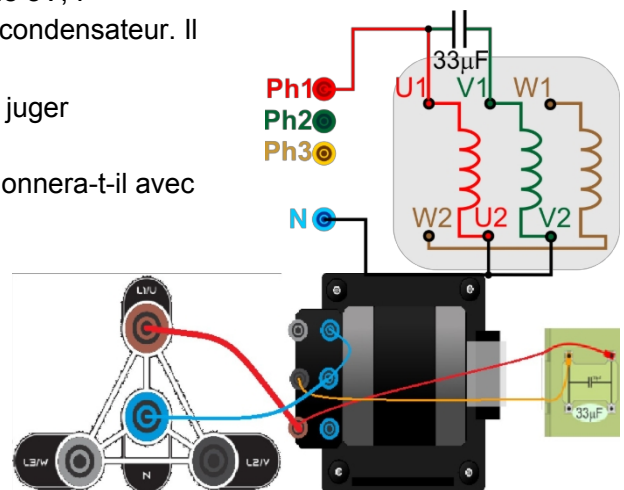


Défis :

Examinez ce qui se passe lorsque vous changez les connexions du moteur. Le moteur est déconnecté. Pouvez-vous inverser le sens de rotation ?

Alimentation monophasée :

- Construisez le deuxième circuit, illustré ci-contre. Il n'utilise qu'une seule phase de l'alimentation pour piloter deux ensembles de bobines, les bobines "U" et "V" (si elles sont configurées comme sur le schéma). Le condensateur ajoute un déphasage entre les alimentations des deux bobines.
- En utilisant la même fréquence et la même amplitude de 8V, .
- Lorsque le moteur tourne, déconnectez l'un des fils du condensateur. Il devrait continuer à fonctionner.
- Là encore, posez un doigt sur le volant du moteur pour juger de la souplesse du couple appliqué.
- Le moteur a-t-il besoin de la deuxième bobine ou fonctionnera-t-il avec l'alimentation d'une seule bobine ? (Tester en déconnectant l'un des fils du condensateur).
- Étudiez les effets de la modification de la fréquence et de l'amplitude de l'alimentation, avec et sans le condensateur connecté.



Feuille de travail 4

Et maintenant le phasateur

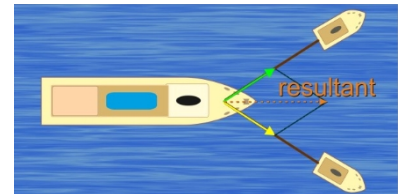
Et alors ?

Pour comprendre les circuits à courant alternatif contenant des condensateurs et des inductances, vous devez comprendre les phasateurs. La première étape consiste à examiner les vecteurs :

Vecteurs - les quantités vectorielles, telles que les forces et les , ne sont décrites complètement que lorsque la taille et la direction sont données. Il n'est pas facile de les combiner !

Par exemple, le diagramme montre deux remorqueurs tirant un navire. La force exercée par chaque remorqueur est représentée par une flèche.

- sa longueur représente la taille de la force ;
- sa direction est celle de la force.

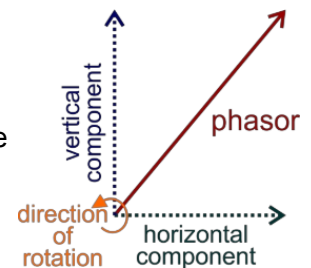


Pour trouver la force totale (**résultante**), il faut compléter le parallélogramme et construire la diagonale, comme indiqué. Sa longueur donne la taille de la force résultante, sa direction, la direction de la force résultante.

Phases - Le courant et la tension ont une taille et une direction, comme des vecteurs, mais ils changent avec le temps ! Ils peuvent également être représentés par des flèches, mais celles-ci tournent !

La longueur de la composante horizontale donne la taille de la tension ou du courant à cet instant. Au fur et à mesure que le phasateur tourne, cette longueur augmente jusqu'à un maximum, diminue jusqu'à zéro, augmente et ainsi de suite (comme la barre tournante de la feuille de travail 2).

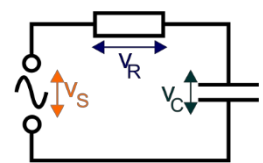
le diagramme, le courant circule vers la droite, disons, et lorsque le composant se trouve sur le côté gauche, il se déplace vers la droite. s'écoule vers la gauche.



Combinaison des phases - utilise également la règle du parallélogramme, mais le courant est "tiré" par un certain nombre de tensions !

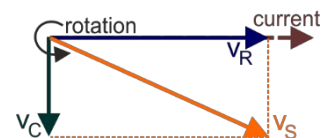
Par exemple, dans le circuit décrit par schéma ci-contre :

- la tension d'alimentation, v_s , est répartie entre la résistance et le condensateur ;
- le courant traversant les deux est le même s'ils sont en série ;
- est en phase avec la tension de la résistance, v_R , mais devance la tension du condensateur, v_C , de 90° .



Cela conduit au diagramme de phase ci-contre. (Les longueurs de v_R et v_C sont arbitraires). Bien que tous les phasateurs tournent (à la fréquence d'alimentation), le diagramme montre la situation lorsque le courant est maximal.

- Vérifiez le diagramme pour vous assurer que vous pouvez voir les informations concernant v_R , v_C et le courant. La règle du parallélogramme vectoriel donne v_s comme la résultante de v_R et v_C .
- Pour mémoire :



Décrire comment un phasateur de courant contient des informations sur sa taille et sa direction.

Copiez le schéma du circuit et le diagramme de phase donnés ci-dessus. Expliquez le lien entre eux.

Une inductance pure (sans résistance) est ajoutée en série avec la résistance et le condensateur. Dessinez le schéma du circuit et le diagramme de phase pour le nouveau circuit. Choisissez des tailles égales pour v_C et v_L . (Lorsqu'ils sont additionnés, ils s'annulent !)

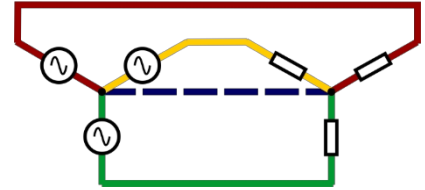
Feuille de travail 5

C'est une étoile !

Il existe deux façons de connecter des alimentations et des charges triphasées : la configuration en étoile (ou "Wye", en raison de sa ressemblance avec la lettre "Y") et la configuration en triangle.

Le schéma montre une alimentation triphasée connectée en étoile et alimentant une charge configurée en étoile.

Dans la configuration en étoile, il existe un point "neutre", où toutes les phases ou charges sont connectées ensemble.



À vous de jouer :

- Construisez le circuit ci-contre.
- Sur le générateur triphasé, réglez la fréquence à 60 Hz et l'amplitude à 10 V et mettez-le en marche.

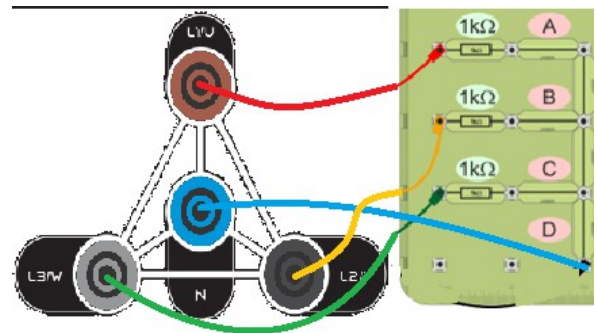
Tensions dans une configuration en étoile :

Tensions de phase :

- Utiliser un multimètre pour mesurer le "brun". tension de phase, V_U , aux bornes de la résistance supérieure.
- De même, mesurez la tension de phase "noire", V_V , aux bornes de la résistance centrale et la tension de phase "grise", V_W , aux bornes de la résistance inférieure.
- Inscrivez toutes les valeurs dans le tableau.

Tensions de ligne :

- Avec les mêmes réglages, mesurez la tension de ligne, V_{UV} , entre la phase "Brown" et la phase "Black".
- De même, mesurez les tensions de ligne V_{VW} et V_{UW} .
- Inscrivez toutes les valeurs dans le tableau.



Tension	Valeur en V
Tension de la phase "brune", V_U	
Tension de la phase "noire", V_V	
Tension de la phase "grise", V_W	
tension de ligne V_{UV}	
tension de ligne V_{VW}	
tension de ligne V_{UW}	

Courants dans une configuration en étoile :

- Enlever la liaison A. Avec un multimètre en marche, mesurer le courant de phase I_U , et inscrire le résultat dans le tableau.
- Remplacer la liaison A.
- Mesurez de la même manière les courants de phase I_V et I_W . Inscrivez leurs valeurs dans le tableau.
- Retirer le lien de connexion D. Mesurer le courant dans le fil neutre, I_N et inscrire sa valeur dans le tableau.

Actuel	Valeur en mA
Courant de la phase "brune", I_U	
Courant de phase "noir", I_V	
Courant de phase "gris", I_W	
Courant neutre, I_N	

C'est une étoile !

Et alors ?

Tensions de phase - Les amplitudes des trois tensions de phase sont pratiquement identiques. Cela est dû à la façon dont le générateur triphasé est construit.

Tensions de ligne - La théorie prédit la relation :

$$\text{Tension de ligne} = \sqrt{3} \times \text{Tension de phase}$$

- Complétez le tableau en utilisant les mesures de la page précédente.

Tension	Valeur en V	$\sqrt{3}$ x tension de phase
Tension de la phase "rouge", V_R		
Tension de la phase "jaune", V_Y		
Tension de la phase "bleue", V_B		
tension de ligne V_{RY}		
tension de ligne V_{YB}		
tension de ligne V_{BR}		

- Les résultats confirment-ils cette relation ?

Courant en étoile -

Dans ce circuit, la source d'alimentation triphasée est connectée en étoile et les charges sont connectées en étoile. Les points neutres de chaque étoile sont connectés ensemble. Dans ce cas, la charge dite **équilibrée**, car l'impédance (dans ce cas, la résistance) de chaque phase est identique ($1k\Omega$).

- Comme le montre le circuit, le courant de phase et le courant de ligne sont identiques.
- Remarquez que les courants dans les trois phases sont identiques - ce qui n'est pas surprenant, puisque les tensions de phase sont identiques et que les charges sont identiques.
- Ce qui peut surprendre, c'est la valeur du courant dans le fil neutre : elle est pratiquement nulle ! C'est le résultat des différences de phase entre les courants.
 - Ils ne sont pas en phase.
 - Ils n'atteignent pas tous les maxima en même temps.
 - Ils ne s'additionnent pas arithmétiquement.

Un défi - Retirez le fil neutre. Cela change-t-il quelque chose à vos relevés ?

Étudiez ce qui se passe lorsque la charge est déséquilibrée. (Remplacez l'une des résistances de $1k\Omega$ par une valeur différente, par exemple $2,2k\Omega$).

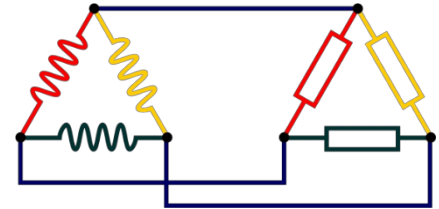
Pour mémoire :

- Dessinez le schéma du système que vous avez construit pour cette enquête.
- Résumer les résultats présentés dans la section précédente.
- Expliquez le mystère "courant manquant" lors de l'utilisation d'une charge équilibrée. Où est-il passé ?
- Expliquez pourquoi l'électricité est généralement transmise à l'aide d'un système à quatre fils plutôt qu'un trois. système de fil de fer.

L'autre façon de configurer les circuits triphasés est d'utiliser la connexion "delta" (appelée ainsi en raison de la similitude de sa forme avec la lettre grecque "delta" (Δ)).

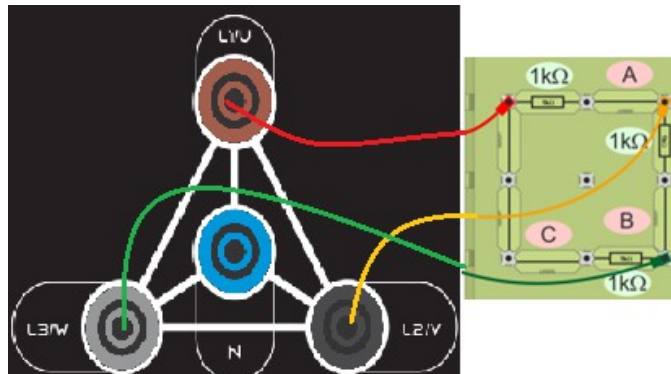
Le diagramme montre une source d'énergie triphasée, connectée en configuration triangle à une charge, également en configuration triangle.

Cette fois, il n'y a pas de point neutre et seulement trois fils relier la source d'alimentation et la charge.



À vous de jouer :

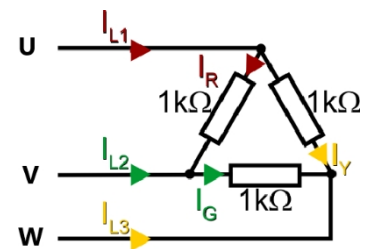
- Réalisez le circuit ci-contre. La connexion en triangle n'est peut-être pas évidente au premier coup d'œil. Comparez-la avec le schéma de circuit qui suit :
 - Les phases sont reliées entre elles par des charges de $1k\Omega$;
 - les trois résistances de charge sont connectés en boucle.
- Sur le générateur, réglez la fréquence à 50 Hz et l'amplitude à 6 V et mettez-le en marche.



Tensions dans une configuration en triangle :

Comme le montre le diagramme, la tension de phase et la tension de ligne sont désormais identiques.

- Utilisez un multimètre pour mesurer les tensions de ligne aux bornes des trois charges de $1k\Omega$ et inscrivez-les dans le tableau.



Courants dans une configuration en étoile :

- Enlever le lien de connexion A. Avec le multimètre sur la gamme 20mA AC, mesurer le courant de phase, I_1 , à travers la résistance de $1k\Omega$ connectée entre les phases **U** et **V**.
- Inscrivez le résultat dans le tableau.
- Remplacer la liaison A. Ensuite, mesurer les courants de phase I_2 et I_3 . Inscrivez leurs valeurs dans le tableau.
- Retirer le fil rouge reliant **U** à la charge.
- Remplacez-le par le multimètre et lisez le courant de ligne I_{L1} . Inscrivez sa valeur dans le tableau.
- Faites de même pour les deux autres courants de ligne, I_{L2} et I_{L3} .

Tension de ligne	Valeur en V
V12	
V13	
V23	

Actuel	Valeur
courant de phase, I_1	
courant de phase, I_2	
courant de phase, I_3	
courant de ligne I_{L1}	
courant de ligne I_{L2}	
courant de ligne I_{L3}	

Et alors ?

La théorie prédit la relation :

$$\text{Courant de ligne} = \sqrt{3} \times \text{Courant de phase}$$

- Complétez le tableau en utilisant les mesures de la page précédente.

Actuel	Valeur en	$\sqrt{3} \times$ courant de phase
courant de phase, I_1		
courant de phase, I_2		
courant de phase, I_3		
courant de ligne I_{L1}		
courant de ligne I_{L2}		
courant de ligne I_{L3}		

- Soutient-il cette relation ?

Résumé :

Dans une configuration delta :

$$\text{Tension de ligne} = \text{Tension de phase}$$

$$\text{Courant de ligne} = \sqrt{3} \times \text{Courant de phase}$$

Un défi -

- Connecter le moteur triphasé en utilisant une configuration en triangle :
 - connecter les trois bobines en formation delta - U2 à V1, V2 à W1 et W2 à U1.
 - connecter les trois phases à U1, V1 et W1.
- Que se passe-t-il lorsque l'on inverse deux des phases ?
- Comparez les performances du moteur en configuration delta avec celles observées précédemment en configuration étoile.

Pour mémoire :

- Copiez le schéma de circuit montrant une alimentation triphasée configurée en triangle, alimentant une charge triphasée configurée en triangle.
- Résumer les résultats de cette enquête.
- À l'aide d'un moteur de recherche sur Internet ou de manuels, dressez un tableau des avantages et des inconvénients relatifs des configurations en étoile et en triangle.
- Dessinez le schéma de circuit du moteur configuré en triangle sur l'alimentation triphasée.
- Comparez les performances du moteur en configuration étoile et en configuration delta.

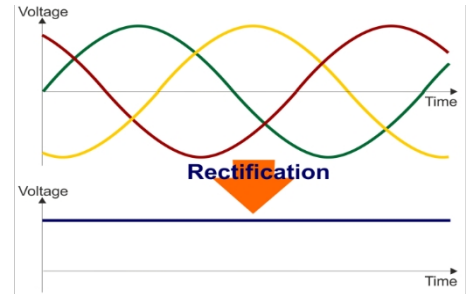
Redressement à demi-onde

Certains appareils électriques nécessitent une alimentation en courant continu et ne fonctionnent pas en courant alternatif.

La rectification est le processus de transformation d'une alimentation en courant alternatif en courant continu. Il repose sur le fait que les diodes permettent à un courant appréciable de circuler dans une seule direction. Comparaison entre un courant triphasé redressé et un courant monophasé :

L'avantage est que le résultat est beaucoup plus lisse.

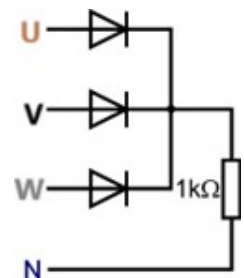
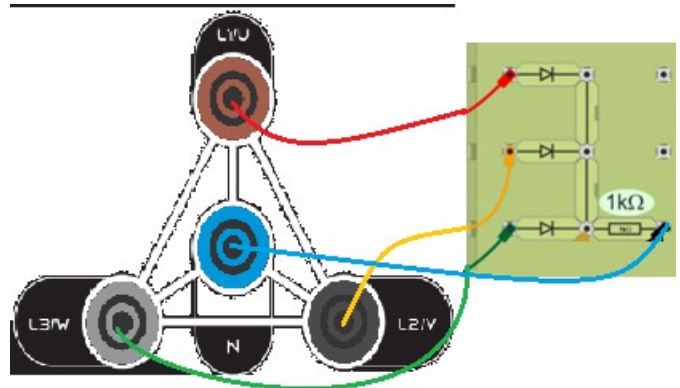
L'inconvénient est qu'il faut plus de diodes pour y parvenir.



À vous de jouer :

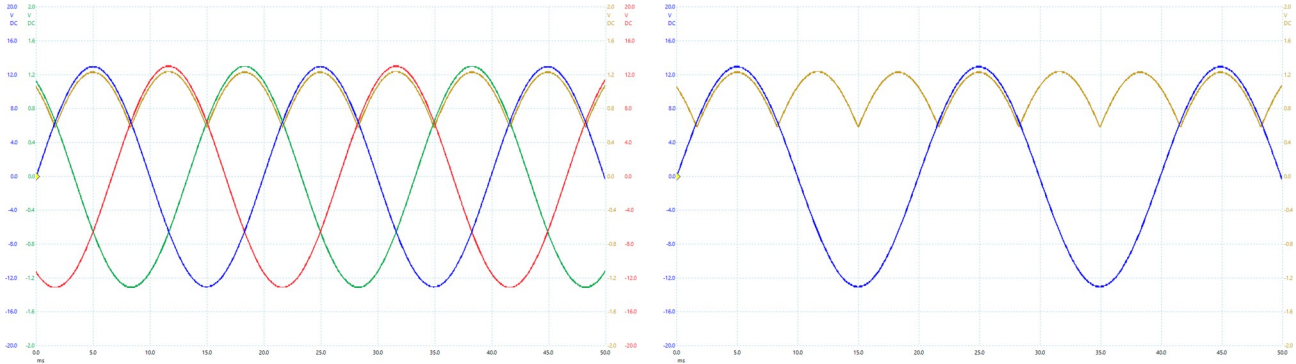
- Construisez le circuit ci-contre. (Le schéma du circuit est donné en dessous).
Il utilise le générateur triphasé, en configuration étoile, pour faire passer le courant à travers une charge de $1k\Omega$. Chaque phase possède une diode en série pour s'assurer que le courant ne circule que dans un sens à travers la charge. Remarquez la pince de masse de l'oscilloscope !
- Sur le générateur triphasé, régler :
 - la fréquence à 50Hz ;
 - l'amplitude à 9V.
- Utilisez les paramètres suivants de l'oscilloscope :

Base de temps	5ms/div
Canaux A, B, C et D	
enclenchement automatique	Décl Auto
Seuil	0V
Pré-déclenchement	0%
- Mettre en marche le générateur triphasé.
- Obtenez un tracé montrant les trois phases alimentant la charge et la sortie redressée demi-onde qui lui est appliquée.
- Conservez-la pour vos archives.
- Pour mieux comprendre ce qui se passe, éteignez les canaux B et C sur l'oscilloscope et obtenir une autre trace, montrant les sorties sur les canaux A et D, c'est-à-dire une phase d'entrée et la sortie.
- Conservez-la pour vos archives et expliquez ce qu'elle montre.



Et alors ?

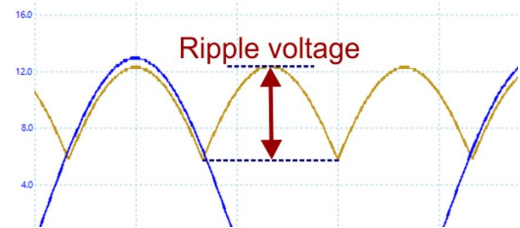
Les diagrammes montrent des signaux typiques. La sortie redressée se trouve sur le canal D, représenté en or.



Remarquez qu'il se situe en dessous du signal de phase CA correspondant. Cela est dû à la chute de 0,7 V (environ) dans une diode au silicium conductrice. La trace est toujours positive il s'agit donc d'un signal CC, mais pas d'un CC lisse.

Dans un cycle de courant alternatif, le signal redressé présente trois pics, un pour chacune des trois phases. Cela indique qu'il s'agit d'un redressement à demi-onde uniquement

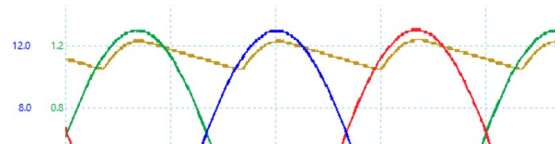
- le demi-cycle négatif de chaque phase est ignoré. (Comparez avec la feuille de travail suivante !)



La variation de la tension de sortie (à travers la charge) est connue sous le nom de tension d'ondulation.

Défis -

- Connectez un condensateur non électrolytique de $33\mu\text{F}$ en parallèle avec la charge de $1\text{k}\Omega$.
- Obtenir de nouvelles traces d'oscilloscope pour voir l'effet sur la tension d'ondulation. Une sortie typique est illustrée ci-contre. Remarquez l'ondulation réduite !
- Quel est l'effet sur la tension d'ondulation de l'utilisation de différentes valeurs de résistance de charge ? Vous pouvez augmenter la résistance de charge en connectant plusieurs résistances de $1\text{k}\Omega$ en série, la réduire en connectant en parallèle. (Deux résistances de $1\text{k}\Omega$ en parallèle ont une résistance combinée de $0,5\text{k}\Omega$, quatre en parallèle ont une résistance combinée de $0,25\text{k}\Omega$).



Pour mémoire :

- Dessinez le schéma de circuit d'un redresseur triphasé demi-onde et incluez le lissage du condensateur.
- Expliquez pourquoi la sortie de ce circuit est considérée comme étant en courant continu.
- Expliquez le terme "tension d'ondulation" et expliquez pourquoi l'ajout d'un dispositif de lissage (ou "réservoir") est nécessaire. réduit l'ondulation.

Feuille de travail 8

Redressement pleine onde

La rectification est couramment utilisée dans les véhicules à moteur. Ceux-ci génèrent de l'électricité triphasée à l'aide d'alternateurs, qui sont plus petits et plus légers que les générateurs de courant continu équivalents,

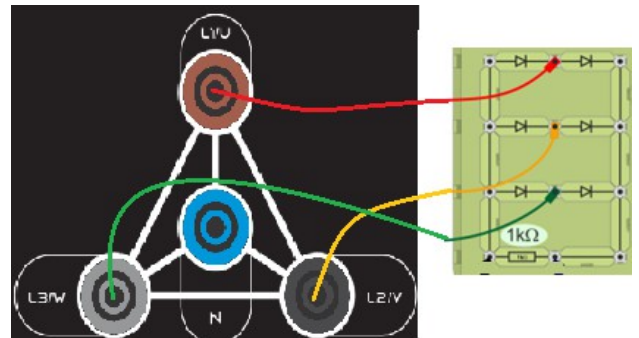
L'alternateur est équipé d'un redresseur pleine onde. La feuille de travail précédente portait sur le redressement semi-onde, qui produit une tension de sortie continue, mais avec une tension d'ondulation. Cette dernière est souvent indésirable, car elle peut provoquer un "bourdonnement" audible dans les équipements audio et des effets parasites dans les systèmes numériques.



À vous de jouer :

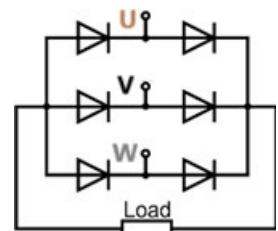
- Construisez le circuit ci-contre. Remarquez la pince de masse de l'oscilloscope ! Assurez-vous que toutes les diodes sont connectées dans le bon sens !

Sans sondes spécialisées, vous ne pouvez pas obtenir simultanément des traces de toutes les phases ET de la sortie pleine onde - cela court-circuiterait une partie du circuit. Au lieu de cela, utilisez une seule sonde pour surveiller la sortie à travers la charge, comme indiqué.



Paramètres de l'oscilloscope :

Base de temps	5ms/div
Canal A	Auto
Canaux B, C et D	Décl
encheur désactivé	Auto
Seuil	0V
Pré-déclenchement	0%



- Réglez la fréquence du générateur triphasé sur 50 Hz et l'amplitude sur 9 V.
- .
- Obtenez un tracé montrant sortie à travers charge de 1kΩ.
- Conservez-la pour vos archives et expliquez ce qu'elle montre.
- Connectez un condensateur de 33μF en parallèle avec la charge de 1kΩ et répétez le processus. (Pour voir la relation entre la sortie et les phases, déplacez la sonde du canal A de l'oscilloscope pour examiner chaque phase à tour de rôle).

Feuille de travail 8

Redressement pleine onde

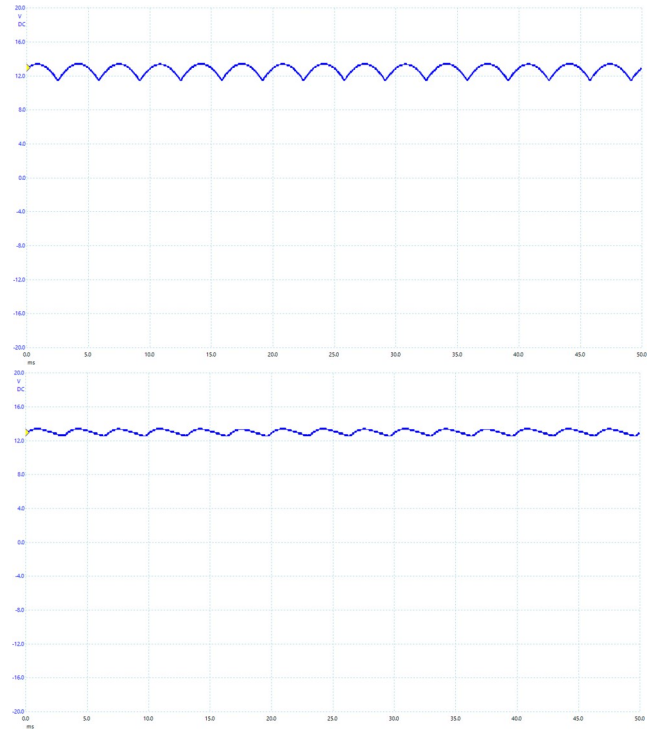


Et alors ?

Les deux traces ci-contre montrent les résultats typiques de l'oscilloscope, sans (trace du haut) et avec lissage (trace du bas).

Comparez-les à ceux obtenus pour le redressement en demi-onde.

L'amplitude de la tension d'ondulation est beaucoup plus faible et la fréquence est plus élevée qu'avec la rectification demi-onde.



Un défi -

Comme dans feuille de travail précédente, étudiez l'effet de la taille de la résistance de charge sur la tension d'ondulation.

Pour mémoire :

- Dessinez le schéma de circuit d'un redresseur triphasé à onde pleine, y compris le lissage du condensateur.
- Lors de l'étude de ce circuit :
 - qu'est-ce qui indique que la sortie est en courant continu ?
 - qu'est-ce qui indique qu'il s'agit d'une sortie redressée à pleine onde, par opposition à une sortie à demi-onde ?
- Décrire *et expliquer* l'effet sur la tension d'ondulation de l'augmentation de la taille ... :
 - la résistance de charge
 - le condensateur de lissage.

En fin de compte, il s'agit de fournir de l'énergie de l'émetteur à la charge. Il n'est pas surprenant qu'il y ait une complication ! La puissance réelle est le produit de la tension et du courant *en phase avec la tension*. Comme nous l'avons vu, pour de nombreuses charges, le courant et la tension ne sont pas en phase.

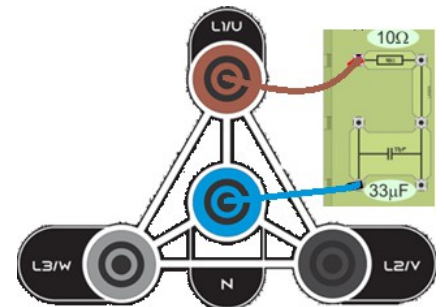
Cette feuille de travail examine comment cette situation est gérée dans trois circuits. Deux d'entre eux utilisent une alimentation monophasée dans des circuits qui contiennent une réactance. Le troisième utilise une alimentation triphasée pour entraîner le moteur triphasé.



À vous de jouer :

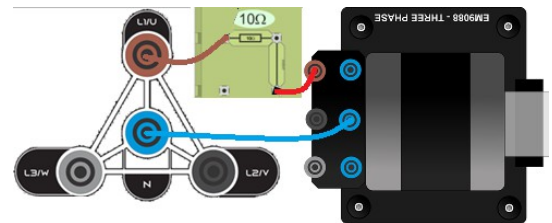
Un circuit R-C :

- Construisez le circuit supérieur illustré ci-contre.
- Réglez la fréquence du générateur triphasé à 150 Hz et l'amplitude à 6 V. Mettez-le en marche.
- Utilisez les mêmes paramètres d'oscilloscope que dans la feuille de travail précédente.
- Obtenez et sauvegardez un tracé montrant la tension d'alimentation et l'intensité du courant dans le circuit.
- Éteindre le générateur.



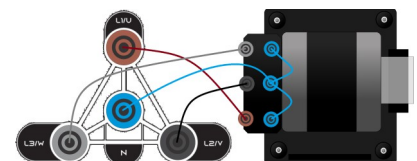
Un circuit R-L :

- Construire le circuit intermédiaire.
- Utilisez les mêmes réglages que précédemment pour le générateur triphasé et pour l'oscilloscope.
- Mettez le générateur en marche.
- Obtenez et enregistrez un tracé montrant la tension d'alimentation et le courant à travers ce circuit.
- Éteindre le générateur.



Le moteur triphasé :

- Construire le circuit inférieur.
- Une fois de plus, utilisez les mêmes paramètres pour le générateur triphasé et pour l'oscilloscope.
- Mettez le générateur en marche.
- Obtenez et enregistrez un tracé montrant la tension d'alimentation et le courant à travers une phase de ce circuit.
- Éteindre le générateur.

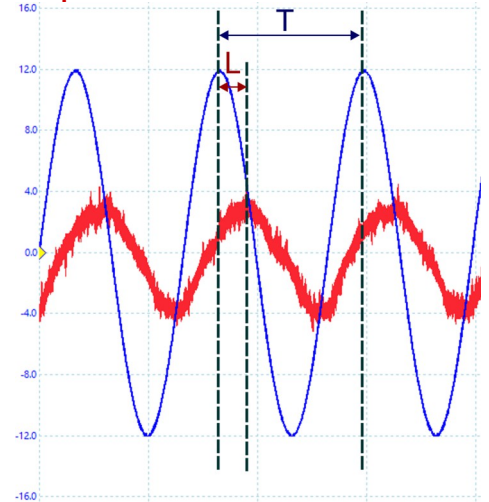


Et alors ?

Les traces produites dans les trois circuits peuvent être analysées pour extraire la puissance réelle fournie aux dispositifs de charge. La procédure est décrite ci-dessous, en utilisant une section d'une trace de courant/tension obtenue pour un circuit R-L afin d'extraire l'angle de phase φ .

La tension appliquée est représentée par la trace bleue, le courant par la trace rouge. L'amplitude de la trace du courant est faible et affectée par le bruit électrique. La tension précède le courant, comme on peut s'y attendre dans un circuit contenant une inductance.

- Tracez des lignes verticales à travers deux pics de tension adjacents et un pic de courant, comme indiqué.
- Utilisez l'échelle de temps pour mesurer les temps **T** et **L**. **T** est la période du signal. **L** est le décalage temporel du courant. Les exemples de résultats sont les suivants : **T** = 6.7ms
L = 1,3ms



- T** est le temps entre des points dont l'angle de phase est de 360° . Par conséquent, 1,3 ms représente une différence de phase de $(1,3 / 6,7) \times 360^\circ$ ou 70° environ. **Dans ce circuit R-L, la tension précède le courant d'un angle de phase d'environ 70° . Cela implique un facteur de phase de 0,34 (c'est-à-dire $\cos 70^\circ$).**

- Des traces,
 - tension de crête = 12.0V donnant $V_{rms} = 8.4V$.
 - lecture du courant de crête = 7mV.
 Avec la pince de courant sur la gamme 20A (c'est-à-dire 1mV/10mA), le courant de crête est de $7 \times 10 = 70mA$, ce qui donne $I_{(rms)} = 49mA$.

Si l'on met tout cela bout à bout :

$$\begin{aligned}
 \text{Puissance réelle fournie au système, } P &= V_{rms} I_{rms} \cos \varphi \\
 &= 8,4 \times 49 \times 10^{-3} \times 0,34 \\
 &= \mathbf{0.14W} \\
 \text{Puissance apparente, } S &= V_{rms} I_{(rms)} \\
 &= \mathbf{0,41VA}
 \end{aligned}$$

Pour mémoire :

- De la même, déterminez la puissance réelle et apparente des circuits R-C et R-L que vous avez mis en place dans cette enquête.
- Le moteur triphasé est une charge équilibrée. La puissance totale délivrée = 3 x la puissance délivrée à une phase. Utilisez vos résultats du troisième circuit pour déterminer la puissance réelle fournie au moteur.

Un facteur de puissance faible signifie qu'il faut plus de courant pour transférer une quantité donnée d'énergie utile. Le courant supplémentaire stocke temporairement de l'énergie dans le champ magnétique d'un moteur, par exemple. Il retourne ensuite à l'alimentation électrique peu de temps après. Il fournit la même puissance utile, mais des câbles plus épais, des transformateurs plus lourds, etc. peuvent être nécessaires pour faire face au courant supplémentaire, ce qui peut entraîner des frais supplémentaires le consommateur.

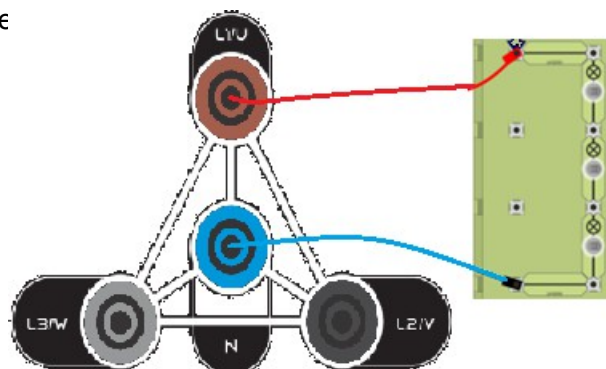


À vous de jouer :

Une charge résistive :

Les trois lampes représentent une charge purement résistive

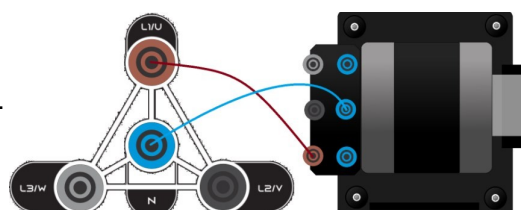
- Construire le circuit ci-contre.
- Réglez la fréquence du générateur triphasé à 150 Hz et l'amplitude à 6 V. Mettez-le en marche.
- Utilisez les mêmes paramètres d'oscilloscope que ceux de la feuille de travail 8.
- Obtenez et enregistrez un tracé montrant la tension d'alimentation et le courant à travers le circuit.
- Éteindre le générateur. Une



charge inductive :

Une bobine du moteur est utilisée charge inductive.

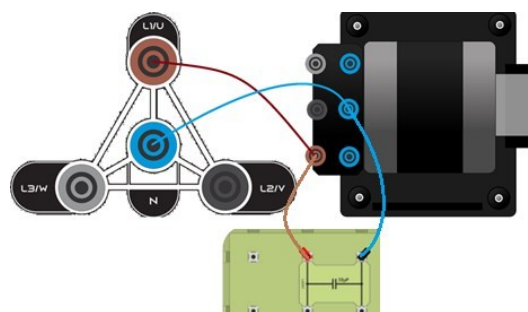
- Construire le deuxième circuit.
- Utilisez les mêmes paramètres de générateur et d'oscilloscope.
- Mettez le générateur en marche.
- Obtenez et enregistrez un tracé montrant la tension d'alimentation et le courant à travers ce circuit.
- Éteindre le générateur.



Une charge inductive avec correction du facteur de puissance :

Un condensateur équilibre réactance inductive de la charge.

- Construire le troisième circuit.
- Utilisez les mêmes paramètres de générateur et d'oscilloscope.
- Mettez le générateur en marche.
- Obtenez et enregistrez un tracé montrant la tension d'alimentation et le courant à travers le circuit.
- Éteindre le générateur.



Et alors ?

Avec une charge résistive, le courant est en phase avec la tension, ce qui constitue l'arrangement optimal pour une distribution efficace de l'énergie.

Pour la charge inductive non corrigée, ce n'est toutefois pas le cas. Dans les inducteurs, le courant est en retard sur la tension. La zone colorée indique le temps pendant lequel la puissance est fournie à la charge. Comme il s'agit d'une période relativement courte, le courant doit être important pour fournir suffisamment d'énergie.

L'objectif de la correction du facteur de puissance est de remettre le courant et la tension en phase, ce qui permet d'allonger la durée pendant laquelle l'énergie est fournie. Le courant nécessaire pour fournir l'énergie requise peut alors être plus faible.

En réalité, la plupart des charges sont résistives ou inductives. En voici quelques exemples :

- résistif - lampe à incandescence, radiateur ;
- inductive - moteurs, relais, transformateurs.

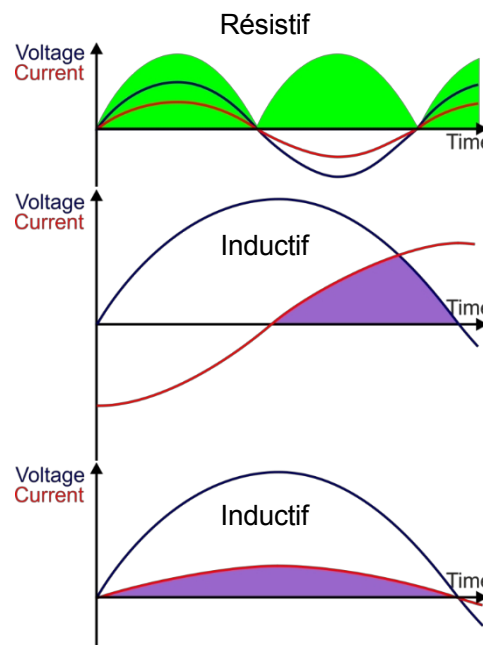
Les charges inductives utilisent des condensateurs supplémentaires pour la correction du facteur de puissance.

Pour un moteur, la valeur condensateur nécessaire dépend d'aspects tels que la vitesse moteur, sa charge et la fréquence de l'alimentation. Cela entraîne des complications lorsque plusieurs moteurs sont alimentés par la même source d'énergie et que leur vitesse et leur charge varient.

Certains sites industriels utilisent des batteries de condensateurs pour ramener le facteur de puissance global vers une valeur d'unité afin de réduire les coûts d'électricité.

Les avantages de la correction du facteur de puissance :

- réduction des frais d'électricité et absence de pénalité financière de la part du fournisseur d'électricité ;
- réduction des pertes de chaleur dans les câbles, les appareillages de connexion, les transformateurs et les équipements de distribution ;
- la prolongation de la durée de vie des équipements de transmission et de production ;
- réduction de la chute de tension dans les câbles, ce qui permet d'utiliser des câbles de plus petit calibre.



Un défi :

Étudiez l'effet de la modification de la fréquence de l'alimentation triphasée. Quelle fréquence donne la meilleure correction du facteur de puissance pour la charge inductive ?

Pour mémoire :

- Expliquer, à l'aide de graphiques tension/temps, la signification du terme correction du facteur de puissance".
- Décrivez deux avantages de la correction du facteur de puissance pour un consommateur industriel.
- Dessinez le schéma du circuit qui utilise une alimentation en courant alternatif monophasé pour faire fonctionner un moteur électrique.
et intègre la correction du facteur de puissance.