

Lycée(s)	Général	Technologique	Professionnel	
Niveau(x)	CAP	Seconde	Première	Terminale
Enseignement(s)	Commun	De spécialité	Optionnel	
Physique-chimie				

Moteur asynchrone

Les enseignements de physique-chimie permettent d'aborder les différents domaines du programme de manière cohérente et progressive, et ainsi d'enrichir les compétences métiers. Certaines notions des programmes spécifiques des spécialités peuvent être approfondies dans le cadre du module de poursuite d'études. Cette ressource permet d'aborder les notions complémentaires du groupement 2 en lien avec le montage équilibré étoile ou triangle des moteurs asynchrones. On répondra à la question « Pourquoi certains moteurs triphasés démarrent en deux temps (couplage étoile dans un premier temps puis couplage triangle dans un deuxième temps) ? »

Mots-clés

Moteur asynchrone, couplage étoile, couplage triangle, glissement

Références au programme

Électricité : Comment obtenir et utiliser efficacement l'énergie électrique ?

Groupements 1 et 2.

Module : Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique synchrone¹ ou asynchrone

Connaissances :

- connaître les caractéristiques d'un réseau triphasé équilibré
- systèmes équilibré « en étoile » et « en triangle »

Capacités :

- représenter les couplages étoile et triangle
- mesurer, dans le cas d'un montage équilibré étoile ou triangle, l'intensité du courant de ligne et de l'intensité du courant dans une des branches
- calculer, dans le cas d'un montage triangle équilibré, l'intensité du courant de ligne à partir de l'intensité du courant dans une branche et réciproquement

Liens avec le programme de seconde, de première et/ou terminale (capacités)

Programme de Seconde

- Réaliser un montage à partir d'un schéma
- Mesurer l'intensité d'un courant électrique
- Mesurer la tension aux bornes d'un dipôle
- Connaître les appareils de mesure de l'intensité et de la tension

Programme de Première et Terminale

¹ Cette ressource ne compare que les moteurs à courant continu et les moteurs asynchrones. Les moteurs synchrones étant obsolètes.

- Pour un moteur, mettre en évidence expérimentalement le principe de conversion d'énergie électromécanique par un bilan de puissance.
- Pour un moteur asynchrone, vérifier expérimentalement l'influence de la fréquence de la tension d'alimentation sur sa fréquence de rotation.

Objectif pédagogique

Cette activité a pour objectif de mesurer les tensions aux bornes des enroulements et les intensités des courants circulant dans les enroulements d'un moteur asynchrone lorsque ce dernier est branché en étoile puis en triangle.

Dans un premier temps, l'élève réalise des mesures de fréquences de rotation à l'aide d'un tachymètre afin d'établir le glissement pour chaque couplage du moteur triphasé.

Dans un second temps, l'élève mesure les tensions électriques et les intensités du courant de ligne ainsi que ceux dans une branche.

À l'issue de l'activité expérimentale, l'élève devra analyser et comparer les mesures expérimentales afin de comprendre le phénomène de démarrage étoile-triangle et de conclure sur son intérêt.

L'exemple proposé peut être adapté à d'autres contextes et objectifs.

Structuration de l'activité

Situation déclenchante

Le moteur asynchrone est le plus populaire des moteurs électriques, il est adapté à une grande variété d'applications. Les **moteurs triphasés** s'utilisent pour des applications nécessitant plus de puissance, et notamment pour des applications industrielles, dans l'entraînement de grosses machines ou dans de nombreuses applications du transport (métro, trains, propulsion des navires, automobiles électriques). Sa simplicité de construction en fait également un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. On peut coupler les trois phases d'un moteur triphasé en triangle ou en étoile : le démarrage étoile-triangle est très utilisé en électrotechnique pour la mise en marche en deux temps des moteurs électriques asynchrones. Nous pouvons nous interroger sur l'intérêt ou l'inconvénient d'un tel démarrage.

Branchement triangle



Branchement étoile



Compréhension du contexte et réactivation des connaissances

Pour s'appropriier le contexte et revoir certaines notions nécessaires pour cette activité, un questionnaire à choix multiples (QCM) peut être mis en place sur différentes connaissances déjà abordées dans le programme spécifique de terminale (groupement 2) : par exemple les deux éléments principaux du moteur asynchrone (stator, et rotor), le phénomène physique d'induction électromagnétique, la grandeur influençant la fréquence de rotation du moteur ou encore la différence entre chaque couplage des enroulements (étoile : chaque enroulement est relié entre une phase et le neutre, triangle : chaque enroulement est relié entre deux phases). Un travail en « classe inversée » peut aussi être envisagé avec une recherche sur internet ou des documents à lire en amont.

Expérimentation

Le matériel utilisé, les schémas des montages ainsi que des photos illustrant ces derniers sont présentés en annexe.

Le glissement

L'élève réalise un couplage étoile puis un couplage triangle en utilisant un générateur triphasé pour alimenter un moteur asynchrone. Pour chaque branchement, à l'aide d'un tachymètre, l'élève relève la fréquence de rotation du moteur.

On demande aux élèves de calculer le glissement de chaque couplage à l'aide de la formule :

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100 \text{ avec } n_s = \frac{f}{p}$$

f étant la fréquence d'alimentation du moteur en Hz, p le nombre de paires de pôles du moteur, n_s la fréquence de rotation du champ tournant en tr/s et n la fréquence de rotation du moteur en tr/s.

Tension électrique et intensité du courant

Pour chaque couplage (étoile et triangle), l'élève mesure la tension aux bornes d'un enroulement (sachant qu'il connaît déjà la tension de ligne) et il mesure ensuite l'intensité de courant de ligne et celle dans une branche (les schémas ci-dessous aident l'élève à positionner correctement l'ampèremètre dans le montage).

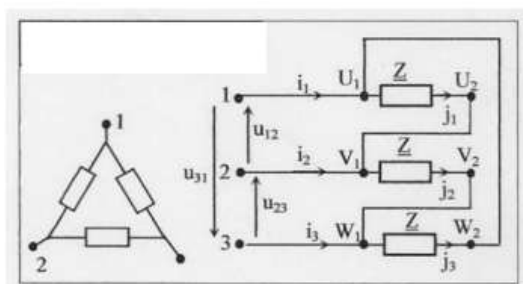


Schéma triangle

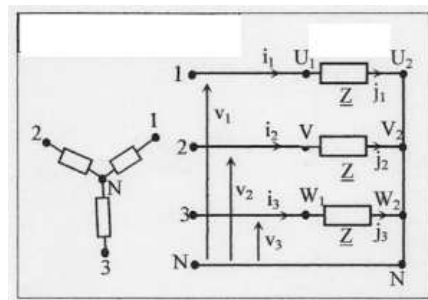


Schéma étoile

Interprétation

L'élève répond à différentes questions de façon à interpréter ses résultats expérimentaux. Il devra comparer la fréquence de rotation du moteur à celle du champ tournant pour arriver au calcul du glissement, et donc comprendre l'intérêt de basculer d'un couplage étoile à un couplage triangle (glissement plus faible en triangle).

La compréhension d'un tel dispositif se fait par l'étude des deux modes de couplage étoile et triangle. La comparaison des grandeurs physiques tension et intensité permet de comprendre l'intérêt de ce démarrage. En effet, celui-ci permet de réduire le courant de ligne et donc de limiter le pic de courant de démarrage (effet de « self ») avec pour effet, un démarrage plus progressif et moins brutal donc un risque moins élevé de détériorer le moteur.

Exemples de résultats obtenus

- Le glissement :
- Avec le moteur asynchrone Jeulin, on obtient les valeurs de glissement suivantes :

$$g_{\text{étoile}} = \frac{25-21,7}{25} = 0,13 = 13 \% \quad \text{et} \quad g_{\text{triangle}} = \frac{25-24,5}{25} = 0,02 = 2 \%$$

- La tension électrique :

Dans le couplage étoile, chaque enroulement est soumis à une tension simple d'alimentation triphasée donc $U_{\text{ligne}} = U_{\text{branche}}$

Expérimentalement, on trouve : $U_{\text{ligne}} = U_{\text{branche}} = 9,1V$

Dans le couplage triangle, chaque enroulement est soumis à une tension composée d'alimentation triphasé donc $U_{\text{branche}} = \sqrt{3} \times U_{\text{ligne, étoile}}$

Expérimentalement, on trouve : $U_{\text{branche}} = 15,8\text{V}$

- L'intensité du courant :

Un point de vigilance

Pour la mesure des intensités (surtout celles de branche), il serait préférable que les élèves puissent s'appuyer sur des schémas donnés préalablement pour insérer correctement les ampèremètres.

Pour le **branchement étoile**, chaque branche est alimentée par l'intensité de courant de ligne lui correspondant, on obtient donc $I_{\text{ligne}} = I_{\text{branche}}$

Expérimentalement, on trouve : $I_{\text{ligne}} = 0,097\text{ A}$ et $I_{\text{branche}} = 0,093\text{ A}$

Pour le **branchement triangle**, chaque sortie de branche est reliée à une entrée d'une autre branche, on obtient donc $I_{\text{ligne}} = I_{\text{branche}} \times \sqrt{3}$.

Expérimentalement, on trouve : $I_{\text{ligne}} = 0,19\text{ A}$ et $I_{\text{branche}} = 0,11\text{ A}$

Prolongements possibles

Réinvestissement en co-intervention

Cette activité peut être réinvestie dans le cadre de la co-intervention car elle donne une dimension concrète aux apprentissages pour l'élève. L'analyse de la situation autour d'un moteur asynchrone (ce moteur se retrouve dans divers domaines de l'industrie comme l'entraînement de machines, l'électroménager, la production de froid, le pompage, la ventilation ou encore l'air comprimé) permet le travail conjoint du professeur de mathématiques et physique-chimie et du professeur professionnel concerné (un professeur d'électrotechnique par exemple). Cela permettra aux élèves d'acquérir des compétences du domaine professionnel et des capacités et connaissances du programme de mathématiques ou de physique-chimie ainsi que de réinvestir des compétences acquises dans l'une ou l'autre matière.

Variabilité de la mesure

Il peut être intéressant de mener une réflexion avec les élèves sur la variabilité de la mesure en identifiant les sources d'erreurs et en quantifiant l'incertitude. Les valeurs mesurées expérimentalement peuvent alors être comparées avec des valeurs de référence, des formules peuvent être fournies pour permettre de conclure qualitativement à la compatibilité ou la non-compatibilité de ces valeurs.

Par exemple, on peut envisager le calcul d'incertitude à partir d'une série de mesures (effectuées par un binôme ou alors par l'ensemble des valeurs de chaque binôme) et les calculs de la moyenne et de l'écart type en faisant le rapport $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ (σ étant l'écart type et N le nombre de mesures) pour vérifier la compatibilité ou non de la relation

liant I_{ligne} et I_{branche} dans un branchement étoile ou triangle. Un regard important sera porté sur le nombre pertinent de chiffres significatifs.

Annexe

Matériel



Générateur triphasé



Moteur triphasé



Tachymètre



Multimètre

Montages



Montage étoile



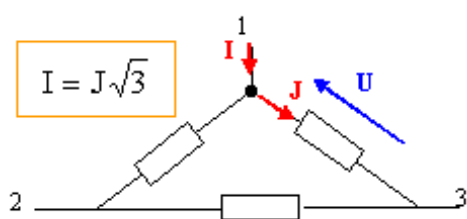
Montage triangle



Schémas

Schémas de câblage de 3 dipôles résistifs de résistance R aux bornes d'un générateur triphasé :

Montage triangle



Montage étoile

