

Vitesse de rotation d'un rotor et fréquence du courant électrique

OBJECTIF Relier la vitesse de rotation du rotor et la fréquence du courant électrique.

Dans une centrale électrique, l'alternateur convertit, avec un rendement proche de 100 %, l'énergie mécanique en énergie électrique. En effet, une turbine met en mouvement de rotation un aimant (que l'on appelle rotor), ce qui engendre l'apparition d'un courant électrique alternatif dans une bobine (le stator).

Document 1 Choix de la fréquence du courant alternatif du réseau électrique européen

Au début de l'électrification, à la fin du XIX^e siècle, les pays utilisaient différentes fréquences du courant électrique, comprises généralement entre 40 Hz et 100 Hz. Le développement du réseau électrique européen a peu à peu imposé la nécessité d'une fréquence unique pour permettre l'interconnexion entre les pays. Au début du XX^e siècle, le choix d'une fréquence de 50 Hz s'est fait dans la majorité des pays européens dont la France. Cette valeur de fréquence standardisée permet un bon compromis entre l'efficacité et la taille des transformateurs utilisés pour abaisser ou élever la tension électrique, ceux-ci étant moins efficaces à des fréquences élevées mais plus volumineux à des fréquences basses.

Étude expérimentale

Étude de l'influence de la vitesse de rotation du rotor d'un alternateur sur la fréquence

Matériel à disposition

- Aimant droit mobile (rotor) face à une bobine (stator) (cf. ci-dessous) ou alternateur.
- Oscilloscope ou interface d'acquisition.
- Un tachymètre (pour mesurer la vitesse de rotation).
- Deux fils électriques.

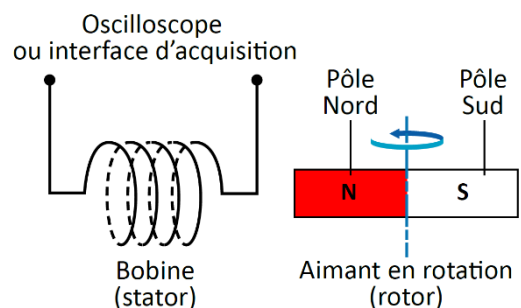
Protocole expérimental

Étude qualitative

- 1 Relier les bornes de la bobine (stator) à celles de l'oscilloscope (ou de l'interface d'acquisition).
- 2 Mettre en mouvement de rotation l'aimant (rotor) afin d'obtenir une tension électrique d'amplitude constante aux bornes du stator.
- 3 Augmenter la vitesse de rotation du rotor : observer l'évolution de la tension électrique aux bornes du stator.

Étude quantitative

- 4 Mesurer la vitesse de rotation du rotor à l'aide du tachymètre.
- 5 Réaliser trois enregistrements de la tension électrique aux bornes du stator pour des vitesses de rotation croissantes du rotor.



(schéma : Coredoc)

Consignes

1. Mettre en œuvre le protocole expérimental.
2. Décrire qualitativement l'évolution de la tension électrique (amplitude et période) aux bornes du stator quand la vitesse de rotation du rotor augmente.
3. Exploiter les trois enregistrements :
 - a. en déterminant précisément, pour chacun, la période T de la tension électrique ;
 - b. en calculant, pour chacun, la fréquence f de la tension électrique.
4. Indiquer comment évolue la fréquence de la tension électrique lorsque la vitesse de rotation du rotor augmente. Est-ce cohérent avec votre réponse à la question 3 ?
5.
 - a. Relever deux arguments permettant d'expliquer le choix d'une fréquence unique de 50 Hz du courant électrique dans la plupart des pays européens.
 - b. Comparer les fréquences mesurées à la fréquence du courant électrique sur le réseau électrique européen.
 - c. Que peut-on en déduire sur la vitesse de rotation du rotor de l'alternateur d'une centrale électrique ?

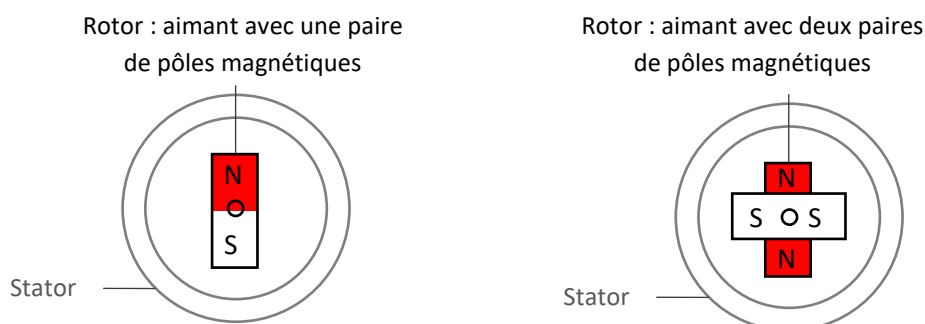
Remarque

La tension aux bornes de la bobine et l'intensité du courant dans la bobine ont la même fréquence.

Pour aller plus loin

Les centrales électriques utilisent généralement des alternateurs synchrones, c'est-à-dire dont la vitesse de rotation v du rotor est liée à la fréquence f du courant alternatif produit. Ces alternateurs comportent un nombre p variable de paires de pôles magnétiques* selon le type de centrale. La vitesse de rotation v exprimée en tours par minute ($\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$) et la fréquence f du courant électrique exprimée en hertz (Hz) sont alors liées par la relation : $v = \frac{f \times 60}{p}$.

Vocabulaire Une paire de pôles magnétiques est constituée d'un pôle nord et d'un pôle sud. Par exemple, un aimant droit comporte une paire de pôles magnétiques.



6. Calculer, dans le cas d'un alternateur comportant une paire de pôles, la vitesse de rotation du rotor permettant de produire un courant électrique de fréquence 50 Hz.

7. Les centrales hydrauliques peuvent avoir des alternateurs avec 4 à 12 paires de pôles magnétiques. La turbine Pelton, inventée en 1879 par l'américain Lester Allan Pelton (1829-1908), entraîne l'alternateur d'une centrale hydraulique avec une vitesse de rotation de $750 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.

Déterminer le nombre de paires de pôles de cet alternateur délivrant un courant électrique de fréquence 50 Hz.

8. Indiquer si un alternateur comportant 3 paires de pôles dont la vitesse de rotation du rotor est $1\,200 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ permet de produire un courant électrique adapté au réseau français. Justifier.

9. a. Pour un même nombre de paires de pôles, exprimer le rapport entre les vitesses de rotation du rotor de deux alternateurs, l'un permettant de produire un courant adapté au réseau français et l'autre au réseau américain pour lequel la fréquence est fixée à 60 Hz.

b. En déduire comment adapter au réseau français un alternateur comportant 3 paires de pôles et dont la vitesse de rotation du rotor est initialement de $1\,200 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.