

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

ENROULEMENTS MONOPHASES

.....

Nous étudierons en premier les enroulements de moteurs monophasés car la solution des problèmes de recherche, de calcul, de tracé des schémas est la plus simple.

En effet :

La recherche d'enroulements polyphasés répond aux mêmes critères ; en tenant compte :

- *du décalage entre enroulements,*
 - *du nombre de phases,*
 - *...*
-

MOTEURS MONOPHASES

Généralités

- Les moteurs monophasés ne peuvent pas démarrer seuls (voir champ tournant) : Ils sont dotés d'un enroulement de démarrage qui leur permet de démarrer automatiquement. Ils sont, au moment du démarrage comparables à une machine biphase (sauf cas particulier).
- Les principes de démarrage des moteurs monophasés seront traités plus loin. Pour l'instant et pour simplifier l'étude, la recherche, les calculs de schémas, nous traiterons uniquement le problème des enroulements dits « de travail des moteurs monophasés ».
- En général, l'enroulement de travail occupe les 2/3 des encoches, le tiers restant étant réservé à l'enroulement de démarrage.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

APPLICATIONS

- I - ENROULEMENTS A PLAN

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail).
- L'enroulement comprend 4 pôles, le stator 24 encoches dont les 2/3 tiers seront bobinées.
- L'enroulement est à pôles alternés, réparti sur un plan, le couplage entre les bobines est série.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Effectuer les calculs de l'enroulement
- 2) Réaliser le schéma de principe
- 3) Déterminer le schéma numérique
- 4) Tracer le schéma du développement panoramique
- 5) Tracer le schéma sous forme de représentation frontale

NOTA

Nous profiterons de cette application pour définir :

- 1) Les calculs de l'enroulement (voir symboles et définitions)
- 2) Le schéma de principe (voir définitions)
- 3) Le schéma numérique (voir calculs et procédés d'enroulement)
- 4) Le schéma panoramique (voir calculs et procédés d'enroulement)
- 5) La représentation frontale (voir schéma panoramique)

Nous étudierons également les méthodes de tracé de schémas à plan (panoramique et frontale)

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

1) Calcul de l'enroulement

En monophasé 4 pôles alternés → 4 bobines (voir définition)

- Nombre d'encoches utilisées : $N' = N \times \frac{2}{3} = 24 \times \frac{2}{3} = 16$
- Comme pour l'enroulement à plan il y a 1 faisceau par encoche donc 16 faisceaux
- Nombre de faisceaux par bobine : $\frac{F}{4} = \frac{16}{4} = 4$ donc 2 sections par bobine (voir définition)
- Nombre d'encoches par pôle : $N'' = \frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ (voir définition)
- Nombre d'encoches bobinées par pôle : $N''' = \frac{N'}{2p} = \frac{16}{2 \times 2} = 4$

2) Schéma de principe

NOTA

Dans un schéma de principe indiquant le couplage entre bobines, chaque bobine est représentée par un rectangle quels que soient :

- Le type d'enroulement,
- Le nombre de sections par bobine

Stator 4 pôles alternés – couplage série

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

3) Schéma numérique

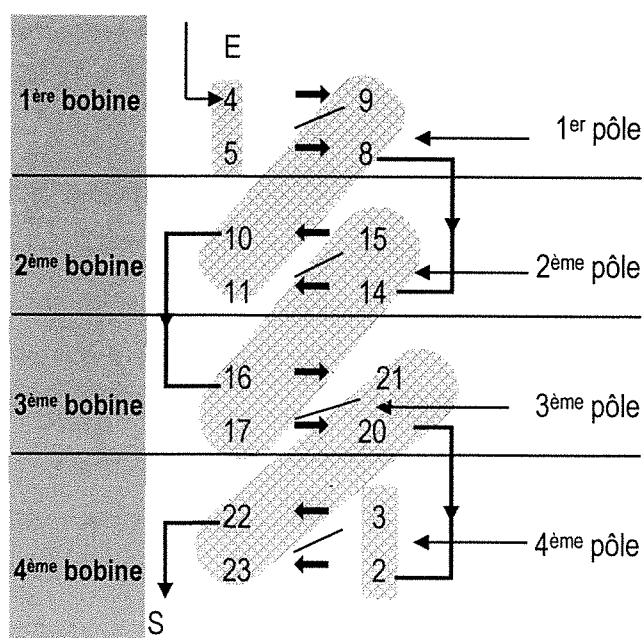
NOTA

La numérotation des faisceaux, des encoches est fictive, sauf, dans les cas où un axe de départ est imposé.

« Ici nous admettrons que la première bobine est placée de la manière indiquée (ci-dessous)

d'où la numérotation sur le schéma de principe (11)

SCHEMA NUMERIQUE



REMARQUE

- 1) La bobine embrase chaque fois les encoches vides d'où la numérotation des faisceaux.
- 2) A Pôles alternés (voir définition), le sens du courant s'inverse à chaque bobine, d'où le fléchage des faisceaux.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

4) Schéma panoramique

Pour tracer un **SCHEMA PANORAMIQUE**, on suppose que l'on coupe le stator et qu'on le développe à plat.

Schéma développement panoramique, enroulement sur un plan.

Stator de moteur asynchrone monophasé, enroulement de travail 4 pôles alternés, couplage série

MODE OPERATOIRE DE TRACE

- 1) Tracer les axes d'encoches
- 2) Tracer les axes polaires (voir calculs)
- 3) Tracer en trait fort les faisceaux
- 4) Flécher les faisceaux (voir calculs)
- 5) Constituer les sections
- 6) Constituer les bobines
- 7) Connecter les bobines entre elles

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

5) Schémas « vue frontale »

Schéma d'enroulement stator monophasé 4 pôles alternés, bobinage à plan
Enroulement de travail, couplage série.

NOTA

- Il est évident que lorsque le nombre d'encoches de bobines est important, un schéma frontal devient alors pratiquement illisible d'où son utilisation presque nulle (sauf en représentation industrielle simplifiée, que nous aborderons plus tard).
- Ce sera le seul schéma frontal que nous étudierons.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail).
- L'enroulement comprend 4 pôles, le stator 24 encoches, dont les 2/3 seront bobinées, le couplage entre bobines est série, l'enroulement est à pôles conséquents et placé sur un plan.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Effectuer les calculs de l'enroulement
- 2) Réaliser le schéma de principe
- 3) Déterminer le schéma numérique
- 4) Tracer le schéma panoramique

Calculs de l'enroulement

- En monophasé 4 pôles conséquents → 2 bobines.
- Nombre d'encoches utilisées : $N' = N \times \frac{2}{3} = 24 \times \frac{2}{3} = 16$ à plan (1 faisceau par encoche) donc 16 faisceaux.
- Nombre de faisceaux par bobine : $\frac{16}{2} = 8$ donc 4 sections par bobine.
- Nombre d'encoches par pôle : $N'' = \frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$
- Nombre d'encoches bobinées par pôle : $N''' = \frac{N'}{2p} = \frac{16}{2 \times 2} = 4$

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

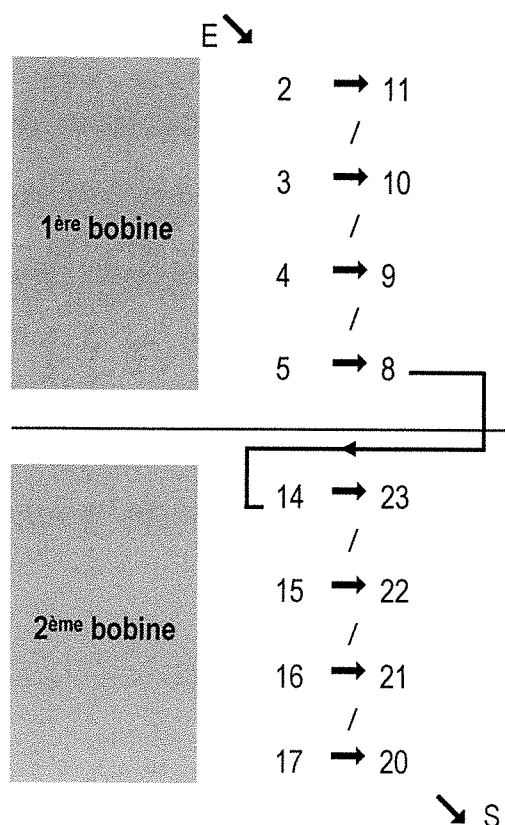
MOTEURS MONOPHASES

Schéma de principe

NOTA

- A pôles conséquents, le sens du courant est le même dans chaque bobine.

Schéma numérique



NOTA

- La bobine embrase chaque fois les encoches vides.
- Les encoches bobinées sont au centre du pôle d'où la numérotation des faisceaux.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma panoramique

Schéma développement panoramique,
Stator de moteur monophasé enroulement de travail 4 pôles conséquents couplage série

REMARQUE IMPORTANTE

Compte tenu de l'encombrement que l'on aurait avec une bobine pour un enroulement à 2 pôles conséquents, ceci ne se fait jamais.

Les deux pôles sont toujours réalisés à pôles alternés

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

EXERCICES ET PROBLEMES

- 1/ Faire le schéma de principe de l'enroulement du stator d'un moteur monophasé à 8 pôles
a) pôles alternés b) pôles conséquents

couplage série

- 2/ Faire le schéma de principe de l'enroulement du stator d'un moteur monophasé à 6 pôles alternés. Couplage série-parrallèle (2 groupes en parallèle).
- 3/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage de l'enroulement du stator d'un moteur asynchrone monophasé 2 pôles, couplage en parallèle (enroulement de travail), sur un plan le stator comprend 24 encoches dont les 2/3 sont bobinées.

Travail demandé

- 1) Calculer l'enroulement
 - 2) Faire le schéma de principe
 - 3) Faire le schéma développement panoramique et le flécher
- 4/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage de l'enroulement d'un stator de moteur asynchrone monophasé 6 pôles, couplage série (enroulement de travail), sur un plan, le stator comprend 36 encoches dont les 2/3 sont bobinées.

Travail demandé

- 1) Calculer l'enroulement.
- 2) Faire le schéma de principe.
- 3) Etablir le schéma numérique.
- 4) Faire le schéma panoramique et le flécher.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

- II - ENROULEMENT ENCHEVETRE

A bobines enchevêtrées

Exemple bobine à 2 sections

↳ Mode de bobinage :

On place alternativement les petits faisceaux puis les grands faisceaux de l'autre bobine et ainsi de suite.

NOTA

- Au début du bobinage, un certain nombre de grands faisceaux sont en attente (leur nombre est en fonction du pas), ils seront placés dans les encoches en fin de bobinage.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

A sections enchevêtrées

Exemple : bobine à 2 sections

→ Dans ce cas, les sections sont toujours à pas égaux.

↳ Mode de bobinage

On place alternativement un petit faisceau puis un grand faisceau et ainsi de suite ; le pas **DOIT** donc être **IMPAIR**.

NOTA

- Au début du bobinage, un certain nombre de grands faisceaux sont en attente, ils seront placés dans les encoches en fin de bobinage.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

APPLICATIONS

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail), le circuit magnétique comporte 24 encoches dont les 2/3 sont bobinées, l'enroulement comprend 4 pôles alternés et, est réalisé à bobines enchevêtrées à sections à pas égaux, le couplage entre bobines est série.

Travail demandé

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma du développement panoramique

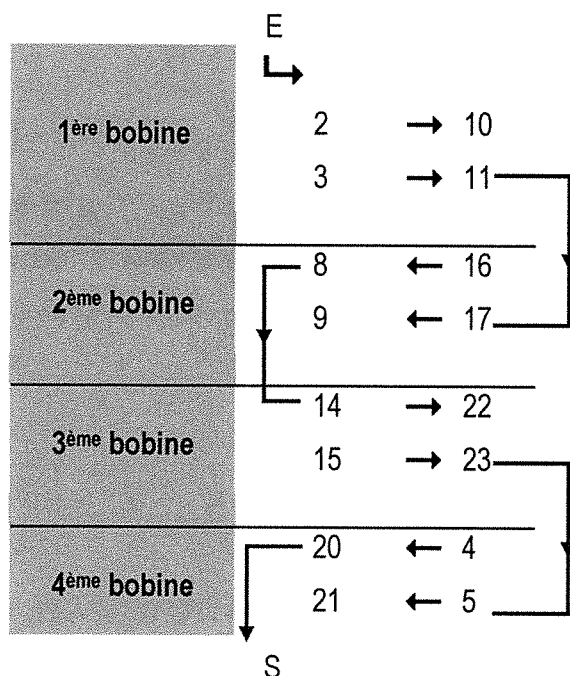
Calculs de l'enroulement

- En monophasé 4 pôles alternés → 4 bobines
- Nombre d'encoches utilisées : $N' = N \times \frac{2}{3} = 24 \times \frac{2}{3} = 16$ donc en enchevêtré 16 faisceaux
- Nombre de faisceaux par bobine : $\frac{16}{4} = 4$ donc 2 sections par bobine
- Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ dont 4 de bobinées

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma numérique



NOTA

- Parce qu'une bobine doit embrasser les deux grands faisceaux d'une autre bobine, les deux petits faisceaux d'une autre bobine, et les encoches vides : Ces considérations justifient la numérotation des faisceaux.

Rappel

- A pôles alternés le sens du courant change à chaque bobine.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma panoramique

Stator de moteur asynchrone monophasé, enroulement de travail, enroulement de travail 4 pôles alternés, couplage série, bobinage à bobines enchevêtrées, bobines à sections à pas égaux.

MODE OPERATOIRE DE TRACE

- 1) Tracer les axes d'encoches
- 2) Tracer les axes polaires
- 3) Tracer les faisceaux
- 4) Relier les faisceaux pour constituer les sections
- 5) Relier les sections pour constituer les bobines
- 6) Flécher l'enroulement
- 7) Réaliser le couplage

NOTA

- Se baser sur les données du problème et sur les calculs du schéma à réaliser pour traiter les différentes étapes du mode opératoire.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail), le circuit magnétique comporte 24 encoches dont les 2/3 sont bobinées, l'enroulement comprend 4 pôles alternés, il est réalisé à sections enchevêtrées ; le couplage entre bobines est série.

Travail demandé

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma du développement panoramique

Calculs de l'enroulement

- En monophasé 4 pôles alternés ➡ 4 bobines
- Nombre d'encoches bobinées $N' = N \times \frac{2}{3} = 24 \times \frac{2}{3} = 16$ donc en enchevêtrées 16 faisceaux
- Nombre de faisceaux par bobine $\frac{16}{4} = 4$ donc 2 sections par bobine
- Nombre d'encoches par pôle $= \frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ dont $6 \times \frac{2}{3} = 4$ encoches bobinées
- Pas polaire aux encoches (nota : il est ici égal au pas polaire aux faisceaux)

$$= Y_p = \frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$$

REMARQUE

- Le pas polaire est ici inutilisable. En effet, dans ce type d'enroulement le pas doit être impair.
- Le pas sera donc allongé.
- Pas réel $= Y_r = Y_p + 1 = 6 + 1 = 7$

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma numérique

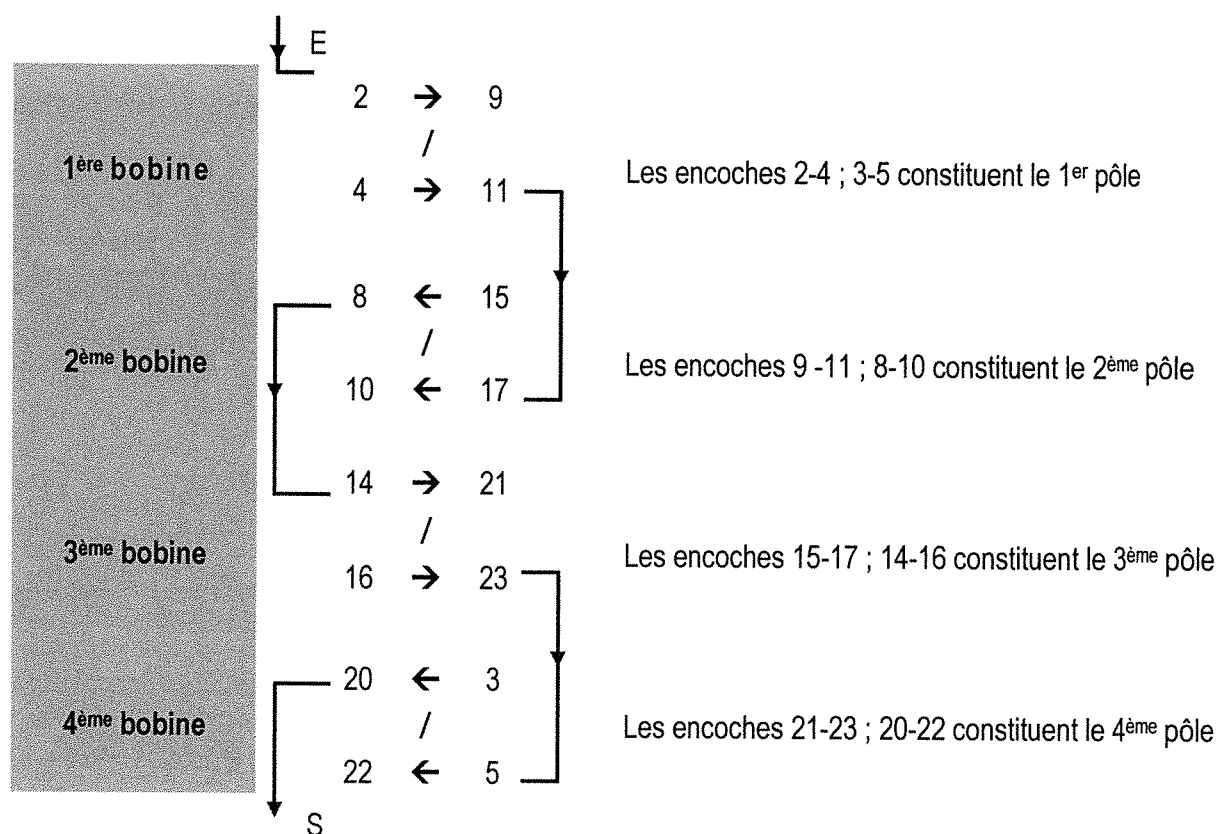


Schéma panoramique

Stator de moteur asynchrone monophasé, enroulement de travail 4 pôles alternés,
couplage série, bobinage à sections enchevêtrées.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

APPLICATIONS ET PROBLEMES

1/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail), le circuit magnétique comporte 36 encoches, l'enroulement comprend 6 pôles ; les 2/3 des encoches sont bobinées, le bobinage sera réalisé à bobines enchevêtrées à sections à pas égaux, le couplage entre bobines est série.

Travail demandé

- 1) Schéma de principe
- 2) Calculs de l'enroulement
- 3) Schéma numérique
- 4) Schéma du développement panoramique

NOTA

Le problème sera résolu

- à pôles conséquents
- à pôles alternés

2/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail), le circuit magnétique comprend 48 encoches dont les 2/3 sont bobinées, l'enroulement comprend 8 pôles alternés, le bobinage sera réalisé à sections enchevêtrées, le couplage entre bobines est série-parallèle (2 groupes en parallèle).

Travail demandé

- 1) Schéma de principe
- 2) Calculs de l'enroulement
- 3) Schéma numérique
- 4) Schéma du développement panoramique

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

- III - ENROULEMENT EN MANTEAU

Rappel

- Les bobines sont toujours à sections à pas égaux.
- Il y a deux faisceaux par encoche.

NOTA

- Les enroulements en manteau sont toujours à pôles alternés.
- On travaille soit au pas polaire appelé également pas diamétral, ou pas électrique, soit à pas raccourci.

Convention de représentation

On suppose que l'encoche est basculée vers la gauche donc, lors d'une représentation panoramique

- Le faisceau à gauche de l'axe de l'encoche est le faisceau haut,
- le faisceau à droite de l'axe de l'encoche est le faisceau bas.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

On numérote par convention pour un schéma panoramique et surtout pour un schéma numérique les faisceaux suivant cette convention :

- FAISCEAU HAUT	→	CHIFFRES IMPAIRS
- FAISCEAUX BAS	→	CHIFFRES PAIRS

Schéma numérique

La recherche du schéma numérique peut être faite :

- Soit aux encoches (pas aux encoches)
- Soit aux faisceaux (pas aux faisceaux)

NOTA

- Le pas aux faisceaux est égal au pas aux encoches multiplié par 2 + 1

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail).
- Le stator comprend 24 encoches dont les 2/3 sont bobinées.
- L'enroulement comprend 4 pôles , il est réalisé en manteau (au pas polaire) ; Le couplage entre bobines est série.

Travail demandé

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
 - a) aux encoches
 - b) aux faisceaux
- 3) Schémas du développement panoramique

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Calculs de l'enroulement

- En monophasé et en manteau : 4 pôles → 4 bobines.
- Nombre d'encoches bobinées : $N' = N \times \frac{2}{3} = 24 \times \frac{2}{3} = 16$
- Nombre de faisceaux : $F = N' \times 2 = 16 \times 2 = 32$
- Nombre de faisceaux par bobine : $\frac{32}{4} = 8$ donc 4 sections par bobine
- Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ dont 4 encoches bobinées par pôles
- Nombre d'encoches aux encoches $Y_{pe} = \frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$
- Pas polaire aux faisceaux : $Y_p = (Y_{pe} \times 2) + 1$
 $f = (6 \times 2) + 1 = 13$

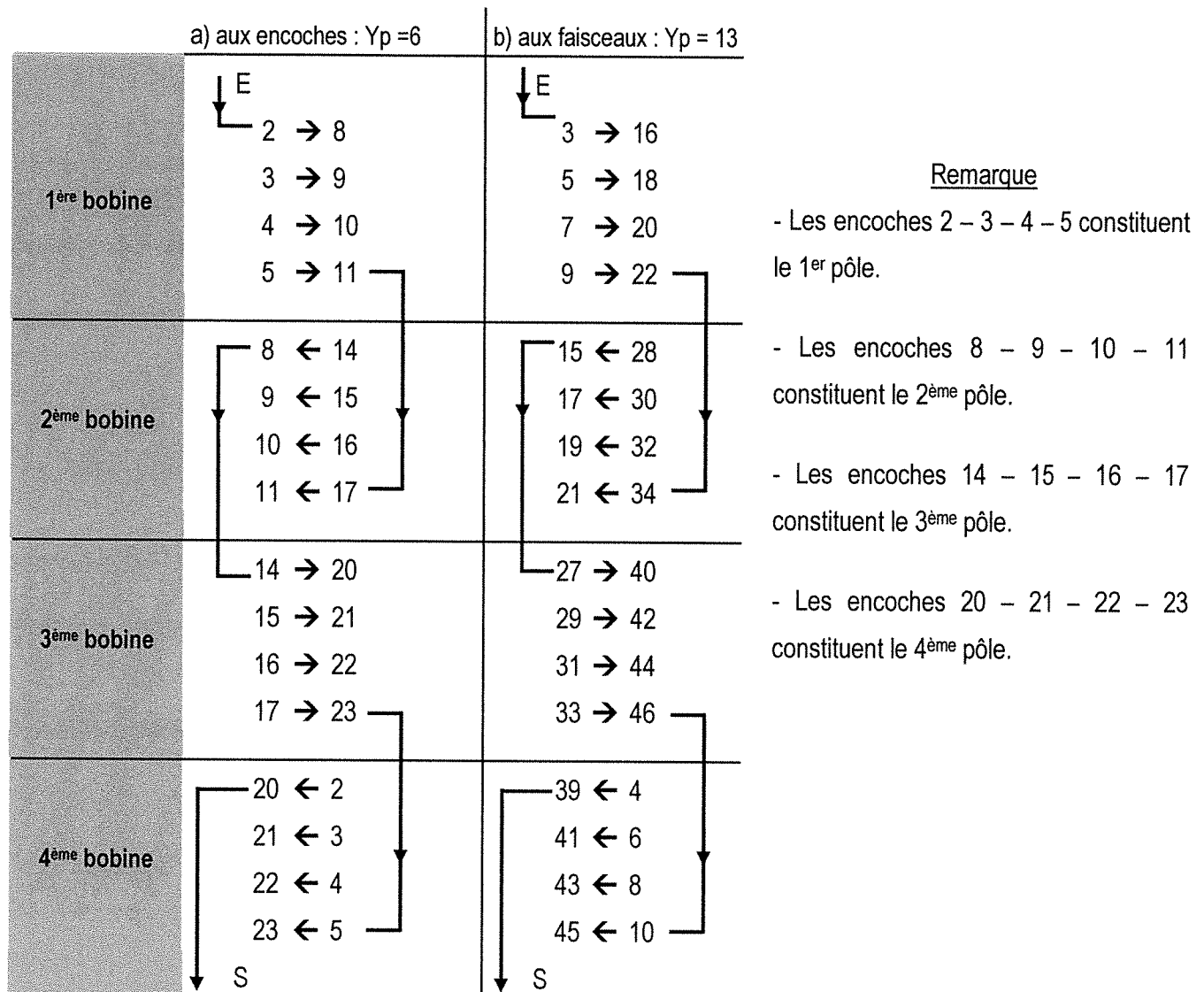
NOTA

- En manteau, le pas aux encoches peut être pair ou impair entier ou raccourci. Il n'existe aucun problème.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma numérique



Lors de l'établissement d'un schéma numérique aux faisceaux, afin de respecter la convention,

- ▶▶ Les chiffres impairs se trouveront toujours à gauche
- ▶▶ Les chiffres pairs se trouveront toujours à droite.

Parce qu'une section est constituée d'un faisceau haut et d'un faisceau bas.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail) Bobinage en manteau 4 pôles – couplage série

MODE OPERATOIRE DE TRACE :

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1) Tracer les axes d'encoches | 4) Flécher l'enroulement (voir calculs) |
| 2) Tracer les faisceaux | 5) Réaliser le couplage |
| 3) Constituer les sections (voir pas) | |

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

APPLICATIONS ET PROBLEMES

- 1/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du stator d'un moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail) .
- Le circuit magnétique comprend 18 encoches dont les 2/3 sont bobinées.
- Enroulement en manteau 2 pôles, couplage série, pas entier.

Travail demandé

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique aux encoches
- 3) Schéma numérique aux faisceaux
- 4) Schéma développement panoramique

- 2/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du stator d'un moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail).
- Le circuit magnétique comprend 36 encoches dont les 2/3 sont bobinées.
- Enroulement en manteau 6 pôles, au pas polaire, couplage série-parallèle (trois groupes en parallèle).

Travail demandé

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma de principe
- 3) Schéma numérique aux encoches
- 4) Schéma numérique aux faisceaux

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

MOTEUR MONOPHASE BI-TENSION

Le moteur doit fonctionner dans les mêmes conditions c'est-à-dire : même vitesse, même puissance, quelle que soit la tension d'alimentation.

NOTA

- Pour simplifier nous dirons que la puissance d'un moteur à courant alternatif est fonction du produit $N.I$.
 - $N \Rightarrow$ nombre de spires
 - $I \Rightarrow$ intensité par bobine
- Le produit $N.I$. doit rester constant ; d'où puissance constante.
- La vitesse de rotation d'un moteur est fonction de la polarité de l'enroulement et de la fréquence des courants d'alimentation (ceux-ci étant constants), la vitesse est donc fonction de la polarité, qui doit être la même quelle que soit la tension d'alimentation. Par conséquent, si **polarité constante \Rightarrow vitesse constante**.

Remarque

Nous étudierons dans les chapitres suivants les paramètres qui définissent la vitesse des machines à courant alternatif.

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé (enroulement de travail).
- La puissance apparente du moteur est 880 Volts Ampères. Il sera alimenté soit
 - sous 110 Volts
 - sous 220 Volts
- L'enroulement comprend 4 pôles alternés, le stator comprend 24 encoches dont les 2/3 sont bobinées, le bobinage est réparti sur un plan.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Calculs pour le schéma de principe

- Intensité absorbée sous 110 Volts : $I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{880}{110} = 8 \text{ ampères}$
- Intensité absorbée sous 220 Volts : $I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{880}{220} = 4 \text{ ampères}$

RAPPEL

Il faut que l'intensité dans chaque bobine soit la même sous les deux tensions ; le nombre de spires par bobine est évidemment le même.

Schémas de principe

- 1) Sous 220 Volts ; I en ligne = 4 Ampères dans l'exemple.

Rappel :

- 4 pôles alternés → 4 bobines

Sous 220 Volts couplage série; par conséquent, l'intensité en ligne est égale à l'intensité par bobine = 4 Ampères

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

2) Sous 110 volts ; I en ligne = 8 Ampères dans l'exemple

Sous 110 Volts couplage série-parallèle : (2 groupes en parallèle)

Rappel

- Loi des nœuds $I_{\text{bobine}} = \frac{I_{\text{en ligne}}}{2} = \frac{8}{2} = 4$ ampères donc 2 demi-enroulements en parallèle

NOTA

On couple en série

- 1) Les bobines impaires
- 2) Les bobines paires

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

- 3) En possibilité de fonctionnement en bi-tension (soit 220V, soit 110V) ; 2 demi-enroulements (chaque demi-enroulement couplé en série) Les deux demi-enroulements seront couplés :
- En série pour alimentation sous 220 Volts
 - En parallèle pour alimentation sous 110 Volts

Fonctionnement

- 1) L'alimentation se fait toujours par les bornes repérées E1 et E2
- 2) Sous 220 Volts → couplage série ; une barrette relie les bornes E2 et S1
- 3) Sous 110 Volts → couplage série parallèle
 - Une barrette relie les bornes E1 et E2
 - Une barrette relie les bornes S1 et S2

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

RECHERCHE DU SCHEMA

Rappel

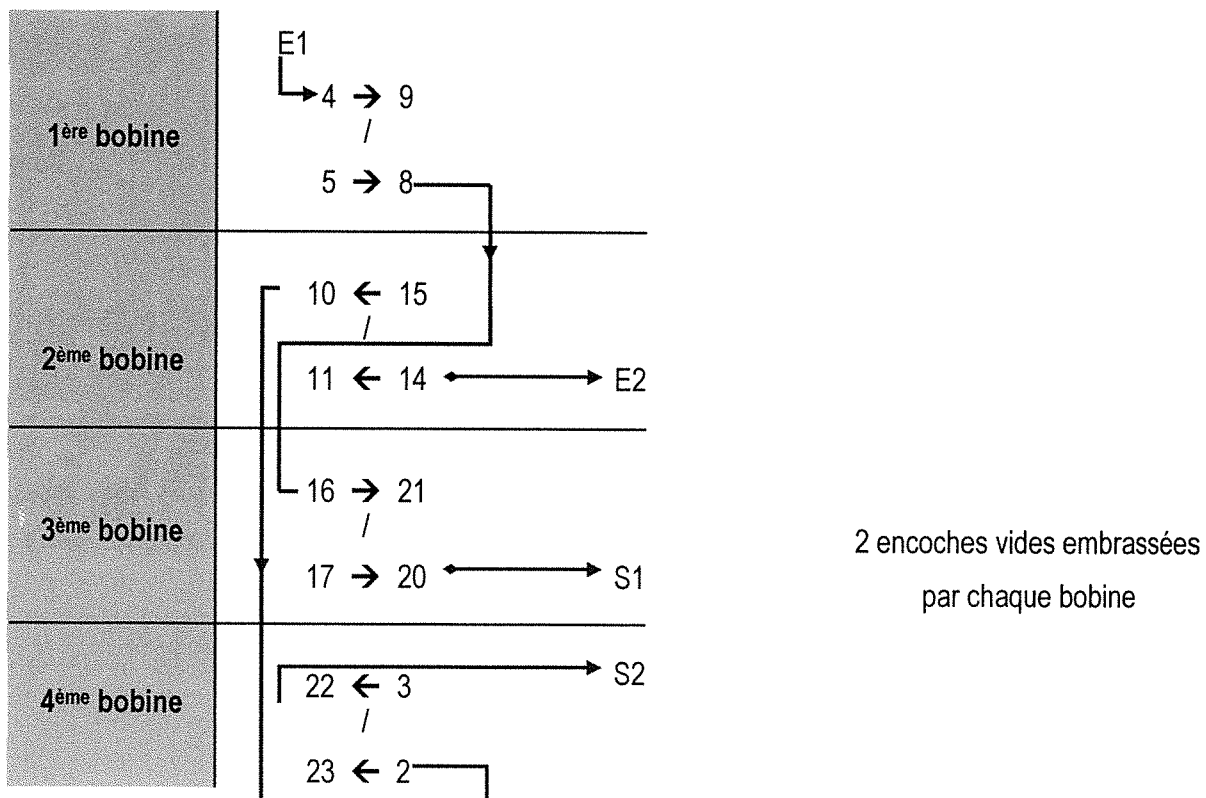
- Stator 24 encoches, 2/3 des encoches bobinées, 4 pôles alternés sur un plan
- Moteur bi-tension

Calculs de l'enroulement

- 4 pôles alternés 4 bobines

- Nombre d'encoches bobinées : $N' = N \times \frac{2}{3} = 24 \times \frac{2}{3} = 16$ donc ici 16 faisceaux
- Nombre de faisceaux par bobine : $\frac{F}{4} = \frac{16}{4} = 4$ donc 2 sections par bobine
- Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ dont 4 encoches bobinées

Schéma numérique



MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma panoramique

Stator monophasé, 4 pôles alternés, moteur bi-tension

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

MOTEUR A CAGE AUTOMATIQUE

Remarque

- Un moteur monophasé ne peut démarrer seul (voir champ tournant), il est donc nécessaire pour qu'il puisse démarrer seul d'utiliser un artifice.
- Nous étudierons plus loin, certains procédés de démarrage particulier. Ici, nous allons étudier le principe de démarrage en biphasé, donc création d'une phase artificielle déphasée de 90° électrique par rapport à la phase principale ; ce déphasage est généralement créé par un condensateur.
- Le stator du moteur comporte dans ce cas deux enroulements :
 - 1. Un enroulement dit de travail toujours alimenté
 - 2. *Un enroulement de démarrage alimenté au travers d'un condensateur, cet enroulement n'est alimenté que pendant un court instant (temps de démarrage).

CAS PARTICULIER

Certains moteurs monophasés comportent deux enroulements identiques dont l'un est alimenté au travers d'un condensateur permanent ; ils sont dans ce cas assimilables à un moteur biphasé.

NOTA

- 2.* La coupure d'alimentation de l'enroulement de démarrage s'effectue automatiquement. Elle est produite par un rupteur centrifuge fixé sur l'arbre du rotor ; les masselottes en s'écartant agissent sur un contact fixé sur un flasque palier.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

MOTEURS A DEMARRAGE AUTOMATIQUE

Schéma de principe (en mono-tension)

- ① Enroulement de travail
- ② Enroulement de démarrage
- C. Condensateur
- R. Rupteur

L'enroulement de démarrage est en parallèle avec l'enroulement de travail.

NOTA

- Le sens du courant dans l'enroulement de démarrage définit le sens de dotation (voir champ tournant), pour inverser le sens de rotation, il suffit d'inverser la position du condensateur et de le placer en "S" démarrage.

Schéma de principe (en bi-tension)

Rappel

1. Revoir le moteur monophasé bi-tension
2. Revoir la disposition des barrettes de couplage suivant la tension d'alimentation

Remarque

L'enroulement de démarrage est en parallèle avec un demi-enroulement de l'enroulement de travail, il est donc toujours alimenté sous la plus petite tension d'alimentation

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

MOTEUR A DEMARRAGE AUTOMATIQUE

- En général, sur ces moteurs, l'enroulement de travail occupe les 2/3 des encoches du stator, l'enroulement de démarrage occupe le tiers restant.
- L'enroulement de démarrage comprend un nombre de spires par section qui est en général égal au double du nombre de spires par section de l'enroulement principal.
- La section du conducteur utilisée pour l'enroulement de démarrage est la moitié de la section du conducteur de l'enroulement de travail.

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un stator de moteur asynchrone monophasé à démarrage automatique et fonctionnant soit sous 220V ou sous 110V.
- L'enroulement comporte 4 pôles alternés et sera réparti sur 2 plans (1 pour l'enroulement de travail, 1 pour l'enroulement de démarrage). Le stator comporte 24 encoches.

Travail demandé

- 1) Calcul de l'enroulement
- 2) Schéma de principe
- 3) Schémas numériques
 - a) enroulement de travail
 - b) enroulement de démarrage
- 4) Schéma panoramique

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

SOLUTION DU PROBLEME

Calcul de l'enroulement

- 4 pôles alternés → 4 bobines par enroulement

TRAVAIL	DEMARRAGE
<ul style="list-style-type: none">Nombre d'encoches utilisées $N' = \frac{N \times 2}{3} = \frac{24 \times 2}{3} = 16$ donc 16 faisceauxNombre de faisceaux par bobine $16/4 = 4$ donc 2 section par bobineNombre d'encoches par pôle $\frac{N'}{2p} = \frac{16}{2 \times 2} = 4$	<ul style="list-style-type: none">Nombre d'encoches utilisées $N'' = \frac{N \times 1}{3} = \frac{24 \times 1}{3} = 8$ donc 8 faisceauxNombre de faisceaux par bobine $8/4 = 2$ donc 1 section par bobineNombre d'encoches par pôle $\frac{N''}{2p} = \frac{8}{2 \times 2} = 2$
Au total, il y a 6 encoches par pôle (4 travail + 2 démarrage)	

Remarque importante

Le décalage entre la position de l'entrée de l'enroulement de travail et la position de l'entrée de l'enroulement de démarrage est de 90° électrique.

Calcul

- Nombre de degrés électriques (au stator) → $180 \times 4 \times = 720^\circ$ électrique
- Nombre de degrés électriques par encoche → $720/24 = 30^\circ$ électrique
- nombre d'intervalles entre les entrées → $90/30 = 3$

NOTA

- Revoir les définitions.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

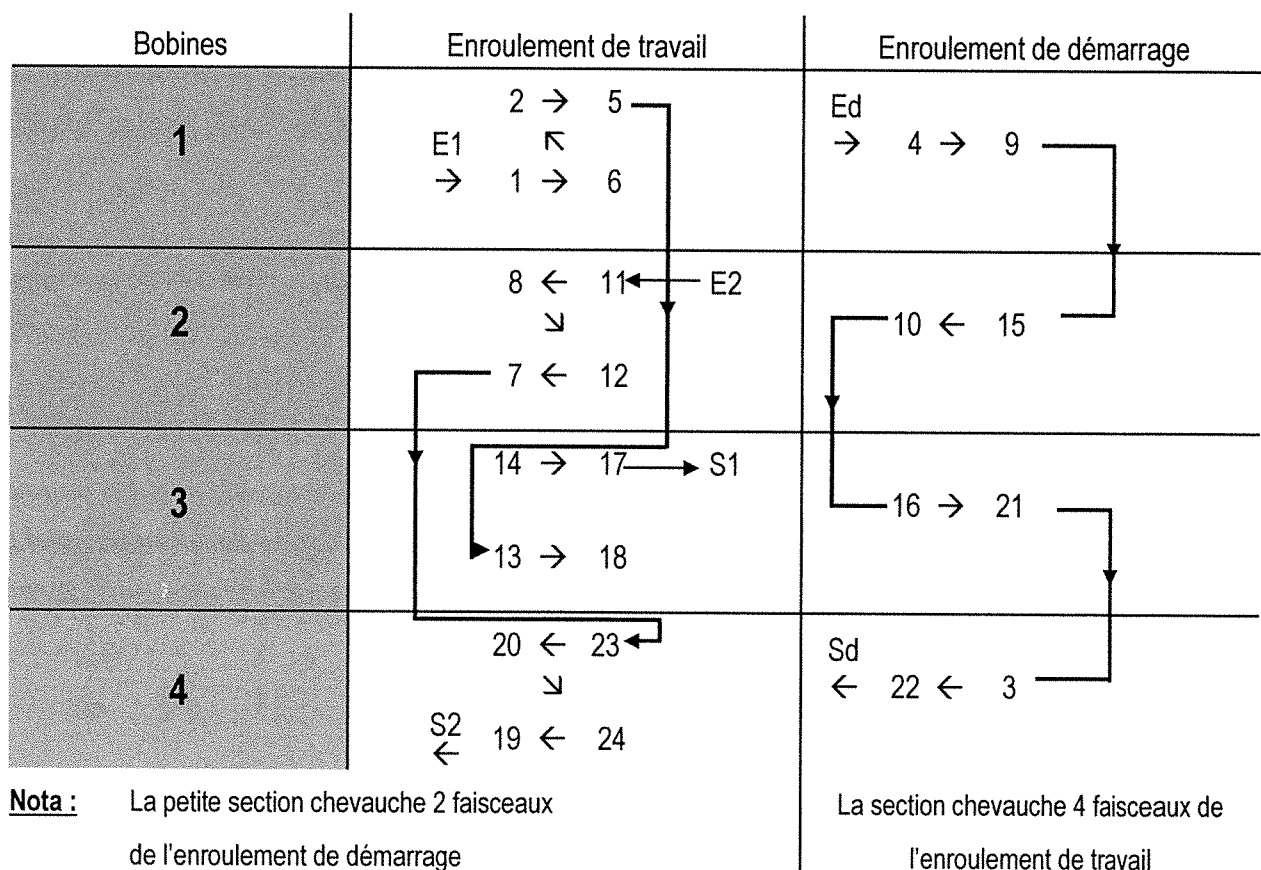
MOTEURS MONOPHASES

Schéma de principe

Remarque

L'enroulement de travail est couplé en série parallèle. L'enroulement de démarrage est couplé en série.

Schémas numériques



MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma développement panoramique stator
4 pôles alternés, moteur monophasé bi-tension,
à démarrage automatique, stator 24 encoches

Bobinage sur 2 plans :

- Un plan enroulement de travail
- Un plan enroulement de démarrage

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

APPLICATIONS, PROBLEMES SUR UN MOTEUR MONOPHASE BI-TENSION A DEMARRAGE AUTOMATIQUE

PROBLEME N°1

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage du stator d'un moteur asynchrone monophasé ; ce moteur est bi-tension et à démarrage automatique. Le stator comprend 36 encoches. Le bobinage sera réparti sur 2 plans et aura 6 pôles alternés pour l'enroulement de travail, 6 pôles conséquents pour l'enroulement de démarrage.

Travail demandé

- 1) Calcul des enroulements
- 2) Schéma de principe
- 3) Schémas numériques
- 4) Schéma panoramique

PROBLEME N°2

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage du stator d'un moteur asynchrone monophasé. Ce moteur est bi-tension et à démarrage automatique. Le stator comprend 36 encoches. L'enroulement aura 6 pôles et sera réalisé en manteau.

Travail demandé

- 1) Calcul des enroulements
- 2) Schéma de principe
- 3) Schémas numériques
- 4) Schéma panoramique

Remarque

Lors du tracé du schéma panoramique, il faut différencier les deux enroulements par un mode de représentation différente.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES ET POLYPHASES

RELATIONS ENTRE VITESSE – POLARITE – FREQUENCE

MACHINE SYNCHRONE

Définition

Une machine synchrone a son rotor qui tourne à la vitesse de synchronisme, c'est-à-dire à la vitesse du champ tournant (voir champ tournant) ; Dans une machine synchrone le rotor est comparable à un ou plusieurs aimants (voir technologie machine électrique).

Exemple

- En sachant que la variation d'intensité dans l'enroulement du stator provoque un changement de polarité magnétique du bobinage (voir magnétisme et champ tournant), la bobine de droite et celle de gauche seront alternativement de polarité Nord et Sud. Le changement de polarité sera fonction du nombre de périodes par seconde ; c'est-à-dire de la **FREQUENCE**.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES ET POLYPHASES

- L'aiguille aimantée, lancée en rotation ; continuera de tourner à la même vitesse que celle de la variation de la polarité donc à la fréquence du courant.

– D'où vitesse en tours par seconde = $\frac{\text{fréquence en Hertz}}{\text{nombre de paires de pôles}}$

→ Donc
$$V \frac{t}{s} / p = \frac{f \text{ en Hertz}}{p \text{ nombre de paires de pôles}}$$

- Comme la vitesse des machines tournantes est donnée en tours par minute on obtient

$$V_{\text{ent}}^{\text{mn}} = \frac{f \times 60}{p}$$

(V = dans ce cas vitesse de synchronisme)

→ Donc
$$p = \frac{f \times 60}{V}$$

V →	en tours par minute
f →	en hertz
p →	nombre de paires de pôles

↳ Exemple

V = 1500 tours par minute

F = 50 Hertz

$$P = \frac{50 \times 60}{1500} = 2 \text{ donc } 4 \text{ pôles}$$

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES ET POLYPHASES

MACHINE ASYNCHRONE

Définition

Une machine asynchrone est un moteur à courant alternatif dont le rotor tourne à une vitesse inférieure à celle du champ tournant ; il y a glissement (voir technologie machine électrique – principe de fonctionnement du moteur asynchrone).

NOTA

- Les mêmes formules que celles énoncées (relatives aux machines synchrones) s'appliquent. Cependant, il faut ramener la vitesse de rotation réelle (en asynchrone) à la vitesse du champ tournant.

$$V_s > V_r$$

- $V_s \rightarrow$ vitesse de synchronisme
- $V_r \rightarrow$ vitesse réelle

Remarque

V_s doit toujours être inférieur ou égal à $f \times 60$ ou sous multiple de $f \times 60$

↳ Exemple

- $V_r = 1470 \text{ t/mn} \rightarrow V_s = 1500 \text{ t/mn}$ avec $f = 50 \text{ Hz}$

$$\text{Polarité : } p = \frac{f \times 60}{V_s} = \frac{50 \times 60}{1500} = 2 \text{ donc 4 pôles}$$

CONCLUSION

Il est donc évident que la vitesse de rotation est proportionnelle à la fréquence des courants et inversement proportionnelle à la polarité de la machine.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

MOTEUR DEUX VITESSES – UN BOBINAGE

(SYSTEME « DALHANDER »)

CES MOTEURS SONT TOUJOURS MONO-TENSION

PRINCIPE

- Pour une fréquence des courants d'alimentation constante, la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone dépend de sa polarité.
- Il faut donc, pour obtenir deux vitesses de rotation, que le moteur puisse changer de polarité en fonction de la vitesse désirée.

RAPPEL

Nous savons que les bobines d'un enroulement peuvent être couplées soit :

- à pôles alternés (1 bobine par pôle)
- à pôles conséquents (1 bobine par paire de pôles)

ce qui modifie la polarité dans le rapport 1 à 2 et ce, pour le même enroulement.

Par conséquent, en modifiant le mode de couplage entre bobines, on modifie la polarité, on change la vitesse de rotation.

Exemple : Enroulement à deux bobines

Couplage à pôle alternés 2 pôles	Couplage à pôles conséquents 4 pôles
Si la fréquence est de 50 Hertz, la vitesse de synchronisme sera de 3000 tours par minute	Si la fréquence est de 50 Hertz, la vitesse de synchronisme sera de 1500 tours par minute

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Il faut que l'enroulement soit couplé soit à pôles alternés (grande vitesse) soit à pôles conséquents (petite vitesse)

NOTA

- Le rapport entre les deux vitesses est de 1 à 2

Schéma de principe

- Moteur 2 – 4 pôles

couplage 4 pôles conséquents

couplage 2 pôles alternés

NOTA

- On couple les bobines à pôles conséquents et on sort un point milieu.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Fonctionnement

- Marche en 4 pôles : alimentation entre E et S, le point M est libre
- Marche en 2 pôles : alimentation entre E et S reliée par un pont et le point M

Schéma de principe

Moteur 4 – 8 pôles

- 8 pôles conséquents.
- 4 pôles alternés.
- Fléchage connexions à pôles conséquents

NOTA

- On coupe en série les bobines impaires, puis, on continue et on couple en série les bobines paires (toujours à pôles conséquents) le point milieu (M) se place entre les bobines impaires et paires.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage du stator d'un moteur asynchrone monophasé. Le rotor tournera soit à 960 tours par minute, soit à 470 tours par minute. La fréquence est de 50 Hertz. Le stator comporte 36 encoches dont les 2/3 sont bobinées. Le bobinage sera placé sur un plan.

Travail demandé

- 1) Déterminer les polarités
- 2) Schéma de principe
- 3) Calculs de l'enroulement
- 4) Schéma numérique
- 5) Schéma panoramique

SOLUTION

↳ Vitesse de synchronisme

$$1) \quad 960 \text{ t/mn} \Rightarrow 1000 \text{ t/mn}$$

$$2) \quad 470 \text{ t/mn} \Rightarrow 500 \text{ t/mn}$$

$$\text{Polarité (calcul du nombre de paires de pôles)} \quad p = \frac{f \times 60}{V_p}$$

$$- \quad 1^{\circ} \text{ polarité } p = \frac{50 \times 60}{1000} = 3 \text{ donc 6 pôles}$$

$$- \quad 2^{\circ} \text{ polarité } p = \frac{50 \times 60}{500} = 6 \text{ donc 12 pôles}$$

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma de principe

Les calculs de l'enroulement s'effectuant à pôles conséquents sur la grande polarité (12 pôles → 6 bobines)

- Marche en 12 pôles → entrée en E, Sortie en S, M est libre
- Marche en 6 pôles : → entrée en E et S reliées, sortie en M

Calculs de l'enroulement

- 12 pôles conséquents = 6 bobines

- Nombre d'encoches bobinées $N' = \frac{N \times 2}{3} = \frac{36 \times 2}{3} = 24$ à plan il y a donc 24 faisceaux
- Nombre de faisceaux par bobine : $\frac{24}{6} = 4$ donc 2 sections par bobine
- Nombres d'encoches par pôle (12 pôles) : $\frac{N}{2p} = \frac{36}{2 \times 6} = 3$ dont 2 bobinées
- Nombre d'encoches par pôle (6 pôles) : $\frac{N}{2p} = \frac{36}{2 \times 3} = 6$ dont 4 bobinées

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma numérique

- 12 pôles conséquents

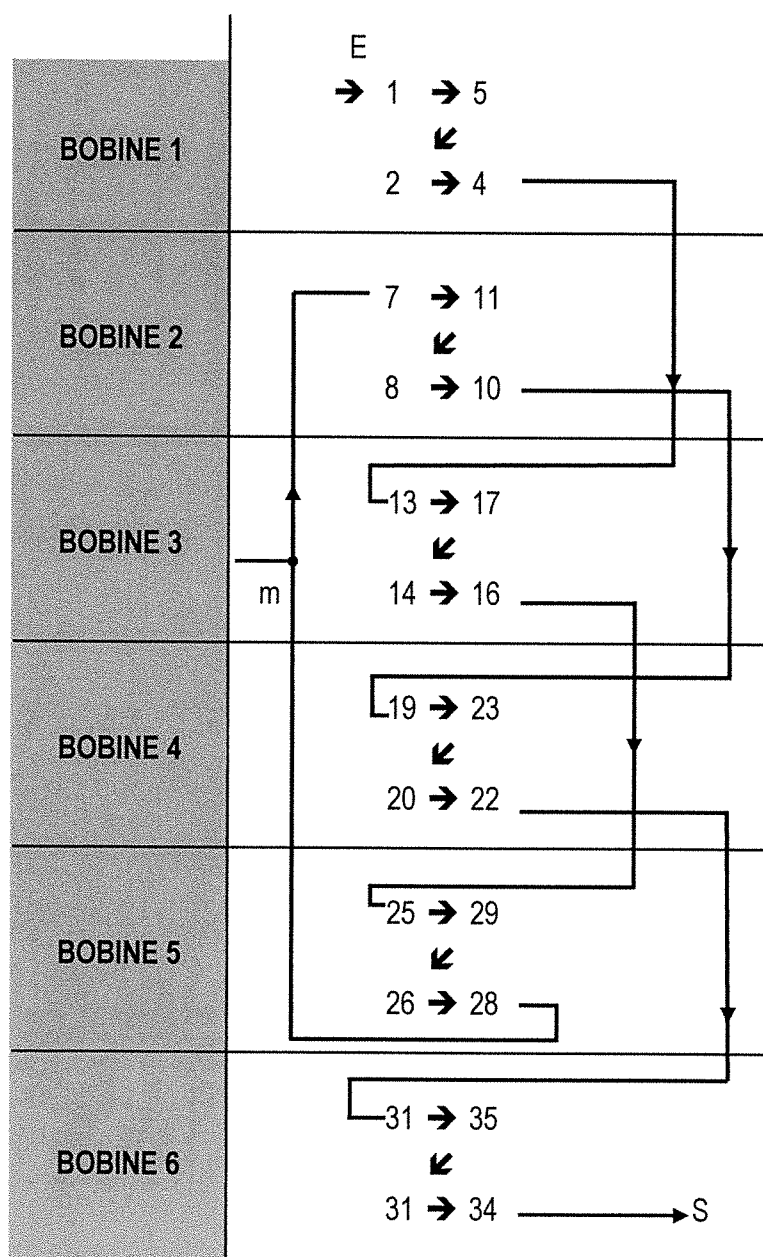


Schéma partiel

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Schéma développement panoramique stator de moteur monophasé
(stator 36 encoches) enroulement à 2 polarités - 12 pôles conséquents - 6 pôles alternés

NOTA

- Fonctionnement (voir schéma de principe)

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

APPLICATION – PROBLEME

- Vous devez réaliser le schéma de bobinage du stator d'un moteur asynchrone monophasé, le rotor de ce moteur tourne soit à 1460 tours par minute soit à 720 tours par minute.
- Le stator comporte 24 encoches dont les 2/3 seront bobinées.
- L'enroulement sera réalisé par bobine à sections enchevêtrées. (à pas égaux)

Travail demandé :

- 1) Déterminer les polarités
- 2) Schéma de principe
- 3) Calculs de l'enroulement
- 4) Schéma numérique
- 5) Schéma du développement panoramique

NOTA

- Dans le cas présent, l'enroulement pourrait être réalisé sur un plan, mais la solution choisie permet de simplifier la réalisation des bobines, tout en présentant les mêmes caractéristiques de bobinage.
- Ces moteurs dits à "pôles commutables" permettent de modifier la polarité dans un rapport de 1 à 2, donc de changer la vitesse de rotation dans le même rapport.

Exemples

- Moteur 4 – 8 pôles, vitesse de synchronisme à fréquence 50 Hertz, 1500 – 750 tours par minute
- Moteur 2 – 4 pôles, vitesse de synchronisme à fréquence 50 Hertz 3000 – 1500 tours par minute

NOTA

- Ils sont très peu utilisés en monophasé. Toutefois, l'étude que nous venons de faire nous sera très utile lors de l'étude, de la recherche de schémas de moteurs à 2 vitesses, 1 bobinage en triphasé.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

Remarque

Si l'on veut réaliser un moteur deux vitesses 1 bobinage à démarrage automatique, l'enroulement de démarrage devra lui aussi être réalisé à pôles commutables.

Moteurs à plusieurs vitesses :

↳ Moteur 3 vitesses

Dans ce cas, il y a deux enroulements de travail, 1 à pôles commutables, 1 normal

Exemple :

- 1 enroulement 2 – 4 pôles
- 1 enroulement 8 pôles

↳ moteur à 4 vitesses

Dans ce cas, il y a 2 enroulements de travail chacun à pôles commutables

Exemple :

- 1 enroulement 2 – 4 pôles
- 1 enroulement 6 – 12 pôles

NOTA

- Les encoches sont évidemment prévues pour recevoir deux enroulements.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES

COUPLAGE DES MOTEURS MONOPHASES PERMETTANT LE FONCTIONNEMENT SOUS DEUX TENSIONS U ET 2U

- Les moteurs monophasés sont surtout utilisés dans les appareils électroménagers. En général, ils peuvent fonctionner sous 2 tensions et avec 2 sens de rotation.

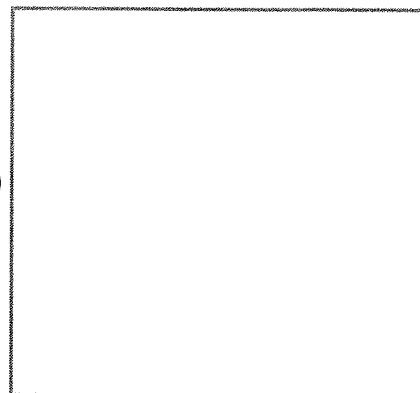
Fonctionnement sous tension U	Fonctionnement sous tension 2U
Les deux moitiés de la phase principale sont montées en parallèle ainsi que la phase auxiliaire.	Les deux moitiés de la phase principale sont montées en série. La phase auxiliaire fonctionne toujours sous tension U.

Le 2 ^{ème} sens de rotation s'obtient comme ci-dessous	

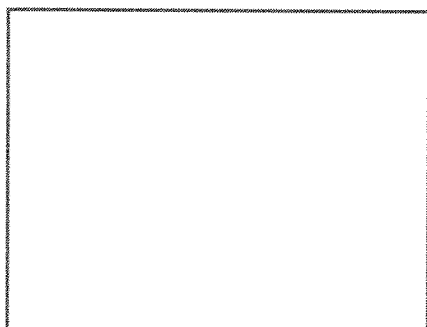
MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES

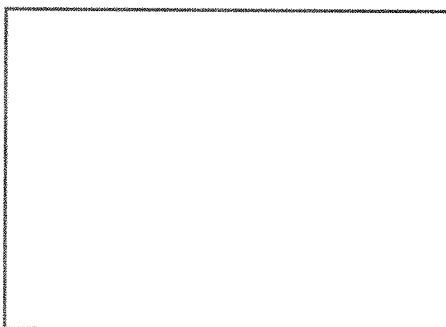
Les 6 fils de sortie (4 pour la phase principale, 2 pour la phase auxiliaire) sont parfois réunis à une plaque à bornes comme ci-contre)



LES DIFFERENTS COUPLAGES SONT ALORS LES SUIVANTS :



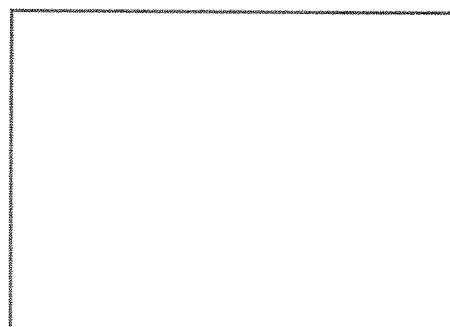
Tension U
Rotation 1



Tension U
Rotation 2



Tension 2U
Rotation 1



Tension 2U
Rotation 2

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES

FONCTIONNEMENT AVEC LE RELAIS TYPE MA (BREVET LEROY SOMER)

- Le contact à force centrifuge est supprimé.

Le fonctionnement du relais R est le suivant :

- Au démarrage le contact « r » du relais est fermé. La f.c.e.m. aux bornes de l'enroulement auxiliaire (E.A.) est nulle. La presque totalité du courant qui traverse la capacité parcourt également l'enroulement auxiliaire (impédance de la bobine du relais très grande).
- La vitesse augmentant, la f.c.e.m. due au champ tournant augmente aux bornes de l'enroulement auxiliaire et atteint la valeur de fonctionnement du relais. Le contact « r » s'ouvre et reste ouvert tant que le moteur est sous tension, la bobine du relais restant alimentée par l'enroulement E.A. qui se comporte comme un secondaire de transformateur dont le primaire serait E.P.
- Ci-contre raccordement à la plaque à bornes. Relais et condensateur sont sur le moteur. Les différents couplages pour tension U et 2U et rotation 1 et 2 sont les mêmes.

MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES

Dans ce dernier cas, le courant passant dans la phase auxiliaire devra être déphasé par rapport au courant principal. Ce déphasage est obtenu en montant en série avec la phase auxiliaire une self ou une capacité.

A/ Petits moteurs monophasés n'ayant à produire qu'un couple de démarrage très faible

- L'enroulement de la phase auxiliaire est constitué par un fil très fin, donc très résistant.
- Le déphasage obtenu entre le courant de la phase principale et celui de la phase auxiliaire est suffisant pour permettre le démarrage.

B/ Emploi d'une self et d'une résistance

[illegible]

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES

DEMARRAGE PAR CAPACITE

c : Contact s'ouvrant dès que la vitesse du moteur atteint une certaine valeur.

Remarque

- Le condensateur peut se trouver à l'intérieur ou à l'extérieur de la carcasse du moteur.
- Lorsqu'il se trouve à l'intérieur, la représentation schématique peut être comme ci-contre.

INVERSION DU SENS DE ROTATION

- On inverse le courant dans une phase, la phase auxiliaire par exemple.

Exemple

Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone monophasé à démarrage par capacité.

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

MOTEURS A DEUX VITESSES – DEUX BOBINAGES

- Nous venons d'étudier les moteurs 2 vitesses 1 bobinage, moteurs à pôles commutables, la vitesse varie donc du simple au double.
- Si l'on désire réaliser un moteur dont les vitesses de rotation différeront du rapport 1 à 2 ; il est nécessaire de placer dans le circuit magnétique du stator deux enroulements distincts 1 par polarité. Il y a donc deux schémas de bobinage.
- Si ce moteur est à démarrage automatique, en théorie, il y aurait deux enroulements de démarrage (1 par polarité).
- Généralement, les constructeurs de ces moteurs placent un seul enroulement de démarrage, il y a deux condensateurs, un pour chaque enroulement de travail.
- Chaque constructeur utilise un mode de couplage qui lui est propre. Il existe donc une multitude de cas particuliers.

Remarque

Avec deux enroulements de travail, on peut avoir non seulement deux polarités différentes, mais aussi deux puissances différentes. C'est le cas des moteurs qui équipent les machines à laver le linge.

Exemple

- ↳ Pour le lavage (avec inversion de sens de rotation)
 - Polarité 16 pôles puissance = x
- ↳ Pour l'essorage (1 sens de marche)
 - Polarité 2 pôles puissance = y

MACHINES A COURANT ALTERNATIF

MOTEURS MONOPHASES

CONCLUSION SUR LES MOTEURS MONOPHASES

- Les divers constructeurs de moteurs monophasés utilisent tous les principes que nous venons d'étudier ; mais ils adoptent, extrapolent, choisissent des solutions rationnelles adaptées aux problèmes qui leur sont posés.

CHACUN REALISE DONC SON MOTEUR

- Il existe donc une multitude de possibilités de réalisation, donc une multitude de schémas possibles, surtout pour les moteurs deux bobinages (2 vitesses – 2 puissances) 1 enroulement de démarrage, avec inversion de sens de rotation sur un des enroulements (généralement celui à petite vitesse).

Seuls les principes fondamentaux ont été étudiés.

Remarque

- Cette étude sur les schéma de moteurs monophasés nous sera très utile pour l'étude, la recherche des schémas des machines polyphasées, couramment utilisées.
 - ➔ Le moteur monophasé n'étant qu'un cas particulier.

MOTEURS MONOPHASES SPECIAUX

Exemples

↳ Moteur monophasé à collecteur Moteur dit série universel

- Moteur monophasé à spire de Frager
- Moteur à répulsion (Thomson)
-

Ces divers moteurs seront étudiés en annexe.