

Chapitre 1 la conception des transformateurs

la fonction d'un transformateur :

un transformateur a pour rôle de modifier la tension ou l'intensité d'un courant alternatif sans nécessité d'organe en mouvement, d'où leur nom : transformateur au lieu machine statique, ces transformateurs sont réversibles et permettent de l'élévation de la tension ou l'abaissement d'où possibilité de choisir, indépendamment l'une de l'autre, le meilleur tension pour la production, le transport, la distribution, l'alimentation de l'énergie électrique et de passer facilement de l'autre, par ex :

- 1- production de l'énergie électrique 10 000 V par un alternateur.
- 2- transformateurs au départ et transport sur réseau national sous 220 KV (HT)
- 3- transformateurs aux postes d'interconnexion et distribution sous 63-150 KV (MT)
- 4- transformateurs aux postes locaux en 240-380 V (BT)

problèmes de construction :

- 1- Réduction des pertes : dans les transformateurs les pertes sont d'origine électrique (pertes dans le cuivre par l'effet joule) et d'origine magnétique (pertes dans le fer par hystérésis et par courant de Foucault). on ne peut réduire les pertes par effet joule que par le choix du matériau conducteur (cuivre) et par l'adoption d'une densité de courant modérée.
- 2- on réduit les pertes dans le fer par utilisation de circuit magnétiques feuilletés et par le choix de tôles à très faibles pertes.
- 3- isolement
- 4- Résistance aux efforts électrodynamiques.
- 5- Réduction de l'encombrement et du poids.
- 6- Résistance aux ondes de choc.
- 7- Réglage de la tension au secondaire.

classification des transfo :

- d'après emploi :
 - transformateurs de puissance
 - transformateurs de mesure
- d'après la nature du courant : monophasé ou triphasé

dans tout transformateur un courant alternatif engendre dans un circuit magnétique un flux alternatif qui à son tour induit dans un bobinage une force électromotrice de même forme et de même période.

constitution :

un transfo assure les fonctions suivantes :

- Fonction magnétique
 - création du champ alternatif
 - canalisation du flux
- Fonction électrique
 - production du courant induit.
- Fonction mécanique
 - support
 - système de refroidissement
 - fixations
 - surveillance et entretien

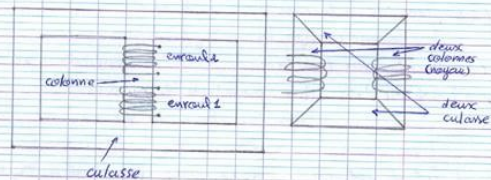
- d'après le mode de refroidissement : refroidissement naturel ou forcé, dans l'air, dans l'huile ... etc.

circuit magnétique :

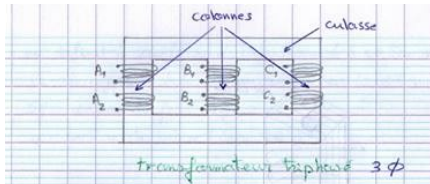
Fonction : la fonction principale du circuit magnétique est de canaliser le flux produit par l'enroulement primaire, d'où choix des matériaux et calcul de la section en vue d'obtenir l'induction désirée. De plus le circuit magnétique sert de support aux enroulements primaire et secondaire.

constitution du circuit magnétique :

- 1- un certain nombre de colonnes (noyaux).
- 2- les colonnes sont réunies par deux culasses



transformateur monophasé



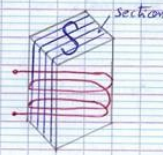
conditions à remplir :

- 1) réduire l'encombrement et le poids de fer :
 - choix de tôles de haute perméabilité
 - réduire le ferraillage des tôles par un serrage énergique
- 2) réduire les pertes :
 - emploi de noyaux et de culasses feuilletés.
 - le plans des tôles étant parallèle à la direction du flux.
 - les tôles étant isolées les unes des autres

- 3) favoriser le refroidissement :
 - prévoir des canaux permettant la circulation de fluide.

colonnes :

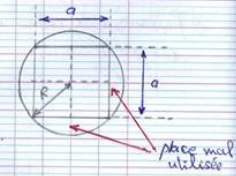
1. Section :



la section circulaire étant celle qui résiste le mieux aux efforts électrodynamiques, on a été conduit à adapter des bobines enroulées sur un cylindre de révolution. Le problème est de loger la colonne à l'intérieur de ce cylindre et de donner à la section une forme et des dimensions donnant une aire maximale (maximum de fer pour un encombrement donné).

1.1) section carrée :

les tôles sont identiques d'où la simplicité de construction, mais la place disponible est mal utilisée (emploi uniquement pour le petit matériel).



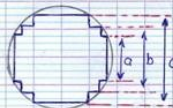
- on définit le coefficient d'utilisation de la section de fer C : le rapport de la section de fer sur la section de la bobine.
- S_f : section du fer ($S_f = a^2$)
- S_b : section de bobine ($S_b = \pi R^2$)

$$C = \frac{S_f}{S_b}$$

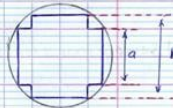
Exp : calculer le coef C pour une section carrée de fer

$$C = \frac{S_f}{S_b} = \frac{a^2}{\pi R^2} = \frac{a^2}{\pi R^2} \Rightarrow C = \frac{a}{\pi R}$$

1.2) section à deux gradins :



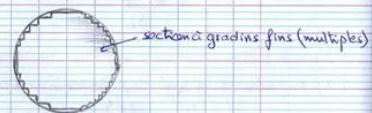
section à 2 gradins



section à 2 gradins

1.3) section à gradins multiples :

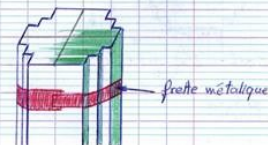
au fur et à mesure que la puissance du transformateur augmente la section droite de la colonne croît également, et l'emploi correct de la place disponible exige la multiplication des gradins (on va jusqu'à quinze à vingt pour le gros matériel).



2. Serrage des tôles de la colonne :

le serrage est nécessaire pour faire occuper aux tôles un volume minimal, et réduire le ferraillage on y parvient par l'un des moyens suivants :

2.1) Serrage par frettes :

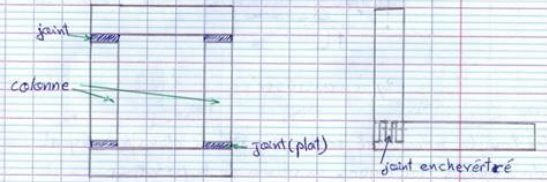


- 2.2) serrage par tiges feuilletées et écrous ou rivets.
2.3) serrage par collage

Construction d'un transformateur :

- circuit électrique (bobinage)
- circuit magnétique : les colonnes qui portent les enroulements (primaire et secondaire).

les culasses ne portent pas les bobinages il n'est pas nécessaire que la section soit inscrite dans un cercle, on adopte en générale une section plus simple que les colonnes (rayons) soit rectangulaire, soit avec un nombre réduit de gradins.

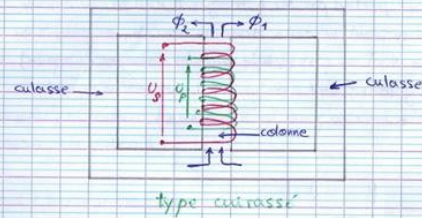


- 3 - les joints : a) joint plot b) joint enchevêtré

Circuit magnétique monophasé :

- pour le petit matériel on utilise deux rayons N_1 et N_2 et deux culasses.

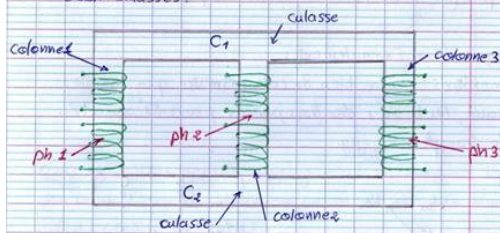
- pour le gros matériel le circuit magnétique est en général ~~couronné~~ cuirassé avec colonne centrale bobinée.



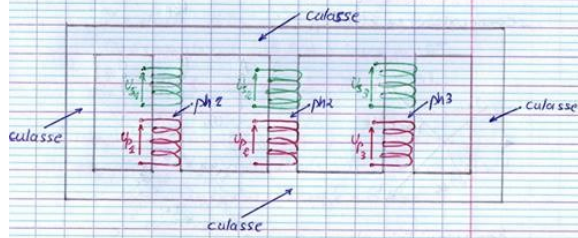
les transfo monophasé sont moins utilisés dans le transport de l'énergie électrique. en raison de la présence du secteur diphasé.

Circuit magnétique triphasé :

on utilise trois colonnes verticales recevant le bobine et deux culasses.



pour le réseau du transport, le type cuirassé est souvent utilisé avec trois colonnes intermédiaires bobinées.

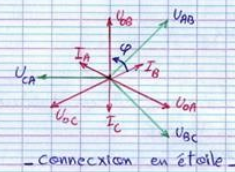


ph1	ph2	ph3	
•	•	•	← secondaire
•	•	•	← primaire

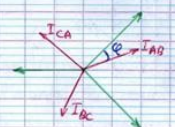
- plaque à borne d'un transfo 3φ -

Couplage des Enroulement :

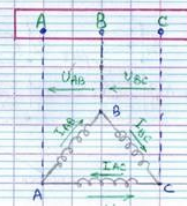
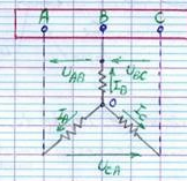
- a) connexions : aussi bien du côté primaire que de côté secondaire, les bobines des trois phases peuvent être connectées en étoile, triangle, zigzag.



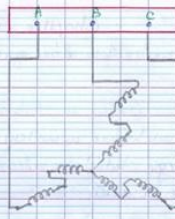
- connexion en étoile -



- connexion triangle



connexion zigzag :



Couplage : on appelle couplage du transformateur l'association des connexions de deux enroulements exécutée dans l'ordre (HT/MT), (MT/BT).

Exemple : Etoile-triangle.

Symbole :

Y : étoile HT / y : étoile BT
D : triangle / d : triangle BT
Z : zigzag / z : zigzag BT

Exemple :

couplage Yd pour étoile-triangle.
Dy pour triangle-étoile.

b) canalisations du flux par :

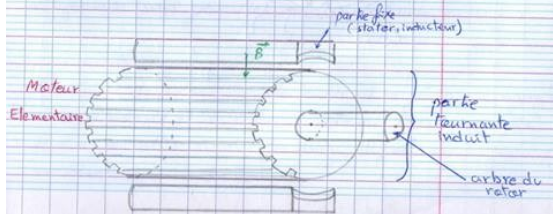
- la culasse et le noyau des pôles inducteurs (partie fixe).
- partie mobile (l'induit ou rotor).

2. Fonction électrique :

- production courant continu induit
- Réception du courant induit et envoi dans le circuit extérieur (c'est le rôle du collecteur).

3. Fonction mécanique :

- Support et guidage des parties tournantes.
- protection des organes et des enroulements
- Refroidissement
- fixation



Chapitre 2

Construction d'une machine à courant continu

machine fonctionnant en moteur → traction électrique -
si déurgie - industries mécaniques pour la commande des machines à outils.

machine fonctionnant en génératrice → les exciterices des alternateurs - les dynamos de charge des batteries de véhicules routiers.

Constitution :

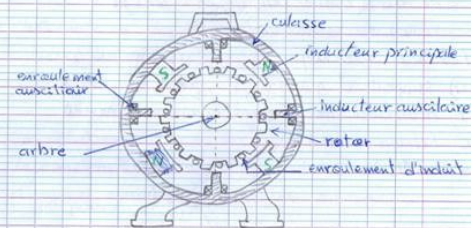
la construction d'une MCC nécessite la réalisation d'organes assurant les fonctions suivantes :

1. Fonction magnétiques :

- création d'un champ magnétique radial par les bobinages des pôles inducteurs principaux

les différents parties d'une machine à CC :

- 1) circuit magnétique fixe : culasse - pôles inducteurs
- 2) circuit magnétique mobile : induit
- 3) Enroulement de l'inducteur et de l'induit
- 4) collecteur, Balais, porte balais
- 5) organes mécaniques
- 6) refroidissement



1- circuit magnétique fixe:

1-1 / culasse: elle a deux fonctions:

- canaliser le flux entre les pôles inducteurs
- porter les pôles principaux et les pôles auxiliaires
- la matière de construction: matériau magnétique à base de fer (fonte, acier moulé ou acier forgé)
- la forme: soit polygonale ou circulaire.

2- pôles principaux:

Fonction: créer le flux inducteur

construction: tôles en acier isolées entre elles.

3- pôles auxiliaires:

Fonction: canaliser le flux secondaire entre culasse et induit afin d'obtenir une bonne commutation, leur emploi est général, sauf pour les moteurs de faible puissance.

4- circuit magnétique tournant:

Fonction: le rotor complète le circuit magnétique comprenant déjà la culasse et les pôles inducteurs. il canalise donc le flux magnétique entre les pôles, il porte les enroulements d'induit.

Forme: cylindre.

2) Bobinages Inducteurs d'une MCC:

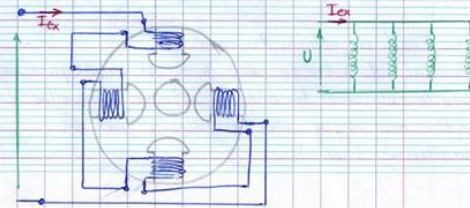
les bobinages inducteurs peuvent être de deux sortes

1/ **Bobinage principal**: → création du champ magnétique radial.

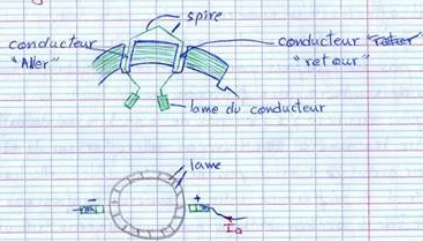
2/ **Bobinage auxiliaire**: → produit un flux secondaire pour améliorer la commutation.

* Alimentation:

- les bobinages principaux peuvent être connectés: en série, ou en shunt.
- les bobinages auxiliaires sont toujours montés en série dans le circuit général et parcourus par le courant principal. Ils sont donc réalisés en gros fil ou en barre de cuivre.



2) Bobinages Induit d'une MCC:



Définitions:

Spire: est formée par un conducteur "aller" et un conducteur "retour".

Section: est la partie du bobinage que l'on peut parcourir entre deux lames du collecteur. une section peut comporter une ou plusieurs spires.

faisceau: c'est la partie d'une section qui est placée dans un encaixe. si N est le nombre de sections, F le nombre de faisceau. on $F = 2N$: F est toujours pair.

bobine: une bobine est constituée par l'ensemble des sections qui occupent une demi-encaixe.

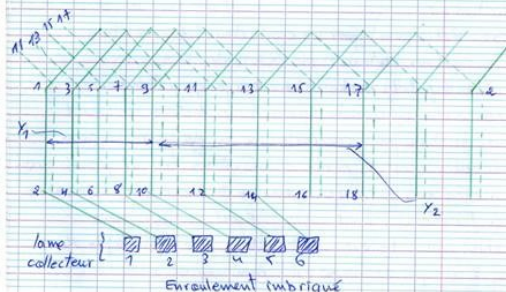
pas: on numérote les faisceaux. les faisceaux "Aller" sont affectés d'un numéro impair.

les faisceaux "Retour" d'un numéro pair.

les pas sont définis par la différence algébrique entre les deux numéros des faisceaux.

le pas arrière Y_1 : au pas de la section est la différence entre les numéros des faisceaux aller et retour de même section.

le pas avant Y_2 : est le pas mesuré du côté collecteur c-à-d la différence entre les numéros du faisceau "Aller" de la section du rang n et du faisceau "retour" de la section précédente.



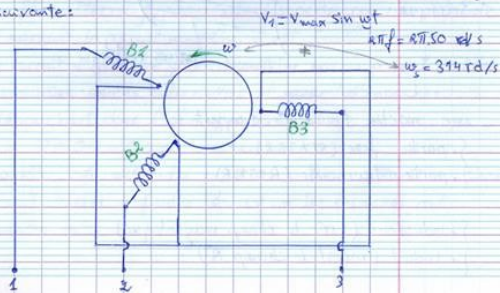
$$Y_1 = 10 - 1 = 9$$

$$Y_2 = 3 - 10 = -7$$

Etude de construction d'une machine Asynchrone :
un moteur Asynchrone comporte deux circuits magnétiques concentriques.

1. Circuit magnétique fixe (STATOR)
2. Circuit magnétique tournant (ROTOR)

- le circuit magnétique fixe reçoit des bobinages alimentés en courant triphasé.
- la disposition la plus élémentaire est représentée sur la figure suivante :

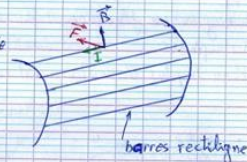


• dans ces conditions chaque bobine donne un champ radial, et les trois champs radiaux admettent pour résultante un champ constant H qui tourne à vitesse constante ω .

- le circuit magnétique tournant reçoit aussi un bobinage le plus simple comporte deux anneaux reliés par des barres rectilignes, anneaux et barres forme une "cage d'écureuil" et sont en métal conducteur.

$$F = i \ell \wedge B$$

L'induction B est créée par les enroulement statorique.



une machine tournante comporte :

- partie fixe (STATOR)
- partie tournante (ROTOR)

- inducteur (crée le champ magnétique)
- induit (reçoit le champ B)

- pour une machine C.C. et Asynchrone l'inducteur est logé dans le STATOR.
- pour une machine Synchronisme l'inducteur est logé dans le ROTOR.

organes mécaniques : Assurent le support du circuit magnétique fixe (carcasse), le support du circuit magnétique tournant et de son arbre (paliers et flasques), le refroidissement.

Principe :

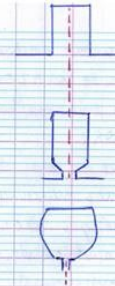
le courant qui parcourt l'enroulement statorique est alternatif, le circuit magnétique est donc parcourue par un flux alternatif, pour éviter les pertes par courant de Foucault, le circuit magnétique est feuilleté.

le circuit magnétique fixe est constitué par un paquet de tôles circulaire isolées entre elles et munies d'encoches débouchant dans l'alésage intérieur.

* le STATOR = Tôles + carcasse

les tôles sont constituées en acier au silicium, laminées à chaud il sont lirrées en feuille de 0.5 mm les encoches sont ouvertes ou semi-fermées.

carcasse : sert de support au circuit magnétique et à l'ensemble du moteur par l'intermédiaire des flasques paliers. Elle sert aussi au guidage du fluide de refroidissement.



la ferme : solide de révolution avec pieds inférieurs ou semelles en haut pour fixation, bête à bornes ... etc.