



UNIVERSITE HASSAN II-AIN CHOCK

CASABLANCA

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
D'ELECTRICITE ET DE MECANIQUE**



Société d'accueil :

Société Métallurgique d'Imiter (SMI)-Tinghir



Groupe MANAGEM



• **Elaboré par :**

➤ **BALLOUK Soufiane**

Filière :

Génie des Systèmes Electriques

• **Encadrés par :**

➤ **Mr. My lakbir BELGHITI**

➤ **Mr. Rachid ESSAMSAR**

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2010/2011

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail je tiens à exprimer mon vif dévouement aux gens qui m'ont soutenu tout au long de la durée de mon stage. Je remercie aussi, les membres de l'atelier électrique et de l'usine, et tous les autres membres du personnel qui nous ont accueillis à bras ouvert et nous ont fourni le maximum d'information.

J'adresse mes remerciements à tous les enseignants-formateurs de l'école nationale supérieure de l'électricité et de mécanique ainsi que mes anciens professeurs qui grâce eux nous avons pu accumuler un bagage technique nécessaire et utile lors du stage.

Je remercie également toute ma famille, mes amis pour leurs soutien et encouragement ainsi que tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à la réalisation de cet ouvrage.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
-------------------	---

PARTIE 01 : APPERÇU GÉNÉRALE SUR LA MINE D'IMITER.....	7
--	---

I.	Definition de l'existant:	7
1.	Situation géographique de la mine:	7
2.	Histoire de la mine:	7
II.	Produit de l'argent métal :	7
III.	Extraction du minerai :	8
IV.	Organigramme de la SMI :	10
PARTIE 02 : LA MACHINE D'EXTRACTION		12
I.	Introduction :	12
II.	Description de la machine d'extraction de puits centrale :	12
1.	Machine à Courant Continue :	12
2.	tambours d'entraînement:	13
3.	Réducteur à pignon conique :	13
4.	Installation de freinage:	14
5.	Trémie intermediaries:	14
6.	Sinex:	14
7.	Les armoires électronique :	14
a.	L'armoire de puissance :	14
b.	L'armoire de signalisation :	15
8.	Le pupitre de commande :	15
10.	Le générateur d'impulsions(ou codeur) :	15
11.	La génératrice tachymétrique:	16
PARTIE 03:PARTIE ELECTRIQUE		18
I.	PRESENTATION DE L'ATELIER ELECTRIQUE :	18
1.	Composition :	18
2.	Exemple de matériel :	18
II.	LES MOTEURS ASYNCHRONES :	18
1.	Choix du moteurs :	18
2.	Généralités et notion essentielles-utilité d'un démarreur :	19
3.	Les démarrages utilisés dans SMI :	19
a.	Démarrage direct moteur 1 sens de rotation :	19
b.	Démarrage étoile/triangle :	20
c.	Démarrage par résistances statoriques :	21
d.	Démarrage par résistances rotoriques :	22
e.	Tableau récapitulatif des démarrages :	23
III.	Le moteur de l'engin locotracteur(MCC) :	24
1.	Le locotracteur :	24
2.	Définition de ce moteur:	24
IV.	Branchement d'un moteur série :	24
V.	Variation de la vitesse :	25
VI.	Le Transformateur MT/BT :	26
1.	Introduction:	26
2.	Constitution	26

3.	Couplage des enroulements.....	27
a.	Couplage de trois enroulements.....	27
b.	Choix des couplages :	27
4.	Couplage du transformateur.....	28
5.	Indice horaire du transformateur.....	29
a.	Définition.....	29
b.	Détermination théorique de l'indice horaire.....	30
c.	Groupe de couplage	30
d.	Détermination expérimentale de l'indice horaire :	31
6.	Rapports de transformation :	32
7.	Modèle équivalent en régime équilibrée	33
a.	Principe.....	33
b.	Obtention du modèle	33
c.	Prédéterminations :	34
8.	Rendement :	34
9.	Couplage en parallèle :	34
a.	Conditions de couplage :	34
10.	Mode de refroidissement:	35
11.	Le relais BUCHHOLZ.....	36
12.	Exemple de désignations :	37
13.	Diagrammes vectoriels et couplages usuels des enroulements:	37
14.	Fonctionnement en parallèle de transformateurs :	37
VII.	Régime de neutre :	37
1.	Définition des régimes de neutre :	37
2.	Régime de neutre TT.....	38
a.	Câblage.....	38
b.	En cas de défaut.....	38
3.	Régime de neutre TN	38
a.	Câblage	38
b.	En cas de défaut.....	39
c.	A savoir	39
4.	Régime de neutre IT :	39
a.	Câblage :	39
b.	En cas de défaut :	40
c.	En cas de deuxième défaut :	40
	CONCLUSION :	41

INTRODUCTION

Au début de sa formation d'ingénieur, l'élève ingénieur est appelé à passer un stage après sa première année de formation. Ce stage dit « *Stage d'initiation* » est le premier séjour de l'élève ingénieur au sein du monde de l'entreprise.

L'objectif de ce stage, pour le futur ingénieur, tourne autour de deux axes principaux :

La formation de sa personnalité et l'accomplissement de sa formation technique.

L'importance de ce stage fait que l'élève ingénieur veille à passer son stage dans une entreprise où il trouve de bonnes conditions d'apprentissage.

La SMI est un bon milieu pour enrichir ses connaissances .En effet, elle est une grande société qui est composée de plusieurs services .Car, non seulement elle s'intéresse à l'extraction du minerai mais aussi à son traitement dans une usine située dans la mine. Et a sa commercialisation.

Pour bien profiter de ce stage. On a fait un plan en consacrant toute une journée à une activité particulière. Ce qui m'a permis de mieux s'affronter au monde de travail et de vivre l'expérience de travail en tant qu'ouvrier, et en profitant ainsi des conseils du personnel, que ça soit les conseils donnés par les cadres ou par les techniciens et les ouvriers.

Objectif du stage :

Ce stage d'initiation au sein de la société métallurgique d'imiter entre dans le cadre des stages de découverte instaurés par l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique, dont le but est de découvrir le monde professionnel et de se familiariser avec la vie active de l'entreprise. Il consiste à faire une description générale des machines électrique utilisée dans les mines, l'atelier électrique et dans l'usine de traitement d'argent.

PARTIE 01 :

Apperçu générale sur la mine d'Imiter

PARTIE 01 : Apperçu générale sur la mine d'Imiter

I. Définition de l'existant:

1. Situation géographique de la mine:

Le gisement d'Imiter est situé sur le flan septentrional de Jbel Saghro, à une vingtaine de kilomètres environ au sud de l'accident sud atlasique. Les coordonnées moyennes du gisement sont : $X=469,000$ $Y=84,000$ la mine d'Imiter se trouve à 6 km au Sud Est du village d'Imiter, accessible par une piste de 8 Km dont l'embranchement est à mi-distance entre Tinghir et Boumaln Dades sur la route reliant Ouarzazate et Errachidia.

Le gisement se concentre dans une dépression allongée suivant une direction Est West, limitée au Nord par les falaises quartzitiques de l'Acadien, au sud par la série xchisto-gréseuse et la granodiorite de Taouzzakt, à l'Est par les falaises rhyolitiques de Jbel Igoudrane et à l'Ouest par la ceinture rhyolitique de Tissideft Takhatert.

Dans ce sens le plan ci-dessous représente la situation : Echelle non-respect

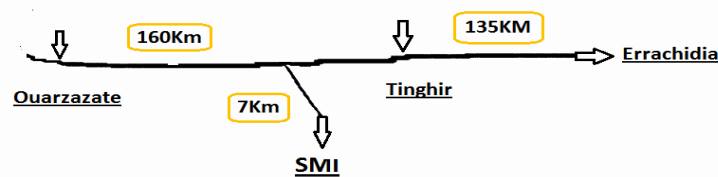


Figure 1 : situation géographique de la mine.

2. Histoire de la mine:

Le gisement d'Imiter a été exploité au moyen âge vers le 8^{ème} siècle. Dans les années soixante, les traces de ces anciens travaux ont été remarquées à la faveur d'une compagnie de photographie aérienne, ce qui a amené à la découverte du gisement.

Les recherches minières et l'étude de valorisation des haltes essentiellement menées par le (BRPM) Bureau de Recherches et de Participation Minière a conduit à la création de la Société Métallurgique d'Imiter (SMI) dont le capital était réparti entre le BRPM (69%) et l'ONA (31%).

De 1970 à 1994, la SMI a produit environs 2000t d'argent métal et depuis 1994 la SMI parviennent à augmenter sa capacité de production à 200t d'argent métal par an, ce qui a permis de placer le Maroc au 1^{ère} rang africain.

II. Produit de l'argent métal :

L'argent natif se présente souvent sous forme d'amalgames en association avec d'autres éléments tels l'Or, le Mercure et l'Antimoine.

De couleur blanche sur les faces fraîches, l'argent est le métal qui possède le plus grand pouvoir réflecteur, c'est-à-dire sa capacité à réfléchir la lumière, ce qui explique son utilisation en miroiterie, mais son prix élevé lui fait préférer l'Etain.

Quoi qu'il puisse sembler, la joaillerie et la frappe des pièces de monnaie ne consomment qu'une faible partie de la production mondiale d'argent. La principale utilisation est liée à la photographie et à la

radiographie. En effet, les films commercialisés comportent une fine pellicule d'un composé d'argent (essentiellement un nitrate) qui ternit sous l'effet de la lumière.

Au Maroc, l'argent natif a été signalé dans plusieurs mines de cuivre et de plomb (Bouskour, Tiouit, Bediane) mais le plus réputé est celui d'Imiter (région de Tinghir) et de Zgounder (région de Siroua), qui ont livré de très belles plaques d'argent natif. Des filets et placages ont été signalés aussi à Bou-Azzer et à Sidi Flah dans la région de Ouarzazate et à Aouli, dans la région de Midelt. En 1991, la production marocaine d'Argent métal était de 160.5t, non comprise l'Argent produit dans la fonderie de Oued El-Himer ni l'Argent contenu dans les concentrés de plomb, zinc et cuivre.

Argent, métal précieux, de symbole Ag et de numéro atomique 47. C'est le meilleur conducteur de chaleur et d'électricité de tous les métaux et l'un des premiers métaux connus. L'argent est un élément de transition. Il est connu et estimé depuis l'Antiquité comme métal d'ornement et de monnaie. Les mines d'argent étaient probablement exploitées avant 2500 av. J.-C. Les alchimistes appelaient l'argent « métal de la lune » ou « métal de Diane ».

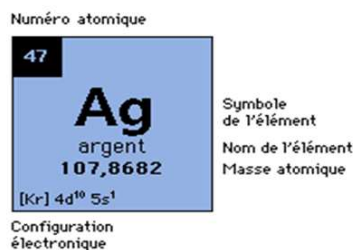


Figure 2 :symbole chimique d'argent.

L'argent est par importance le 68ème élément constituant l'écorce terrestre; celle-ci en contient $7,5 \cdot 10^{-6} \%$ jusqu'à une profondeur de 16 km.

III. Extraction du minerai :

Le gisement comprend quatre secteurs en exploitation, et disposant chacun

D'une infrastructure indépendante :

- Imiter I : situé à l'ouest des anciens travaux, il est composé d'une mine à ciel ouvert et d'une mine souterraine entre les niveaux -120 mètres et -185 mètres du jour.
- Imiter II : distant de 1500 mètres à l'est d'Imiter I et constitué d'une mine souterraine profonde de 300 mètres
- Imiter sud : situé au sud de la mine et renferme le puits E et le puits F.
- Igoudrane : situé à environ 3 km au sud de la mine.

L'exploitation du gisement se fait par mine souterraine .La méthode d'exploitation utilisée est celle des tranches montantes remblayées (TMR). Le découpage se fait en étage de 25 m de hauteur et en chambres et piliers de 4 m de largeur. Les piliers sont repris entre deux chambres remblayées. La méthode est complètement mécanisée et suit les étapes suivantes :

- **Abattage** : première étape du cycle de production, consiste en la destruction de la roche compacte en blocs de tailles restreintes. Il se fait en trois sous étapes ; la foration, le chargement en explosifs et le tir.
- **Déblayage** : évacuation des produits abattus du front vers les cheminées de jet.
- **Roulage** : transport du produit par des locotracteurs de capacité de 80 tonnes à partir des cheminées de jet vers la cheminée silo.
- **Remblayage** : après exploitation de la zone minéralisée dans une même taille, on procède au remplissage de cette dernière par du remblai cimenté ou du remblai mécanique ou les deux.
- **Extraction** : évacuation du produit des cheminées silo vers le stock usine. Elle est de deux types : extraction à la carrière et extraction au fond.

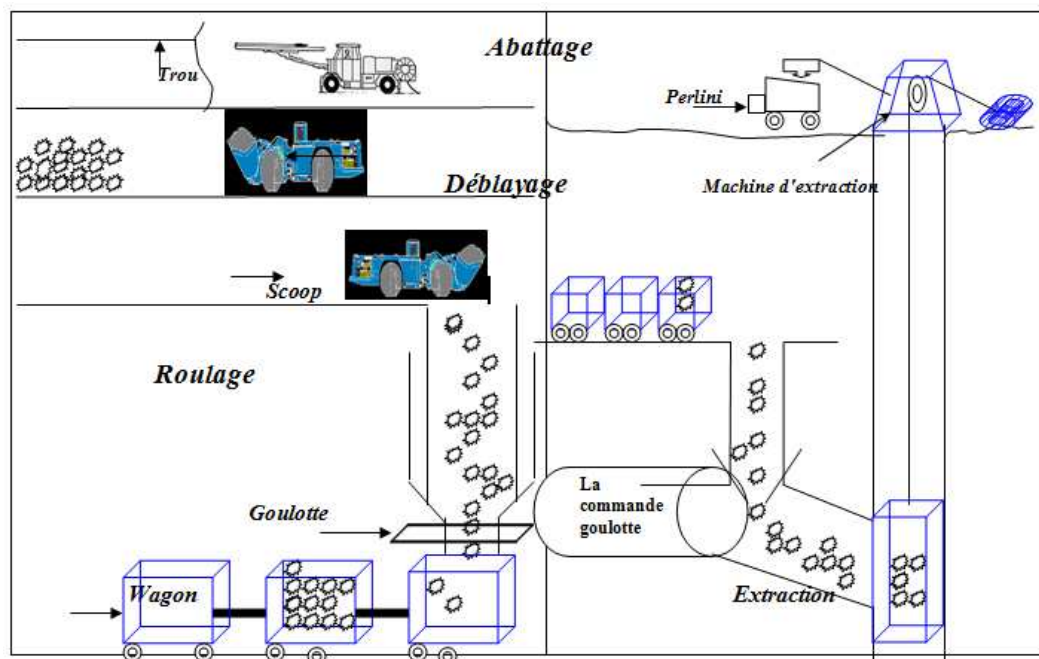
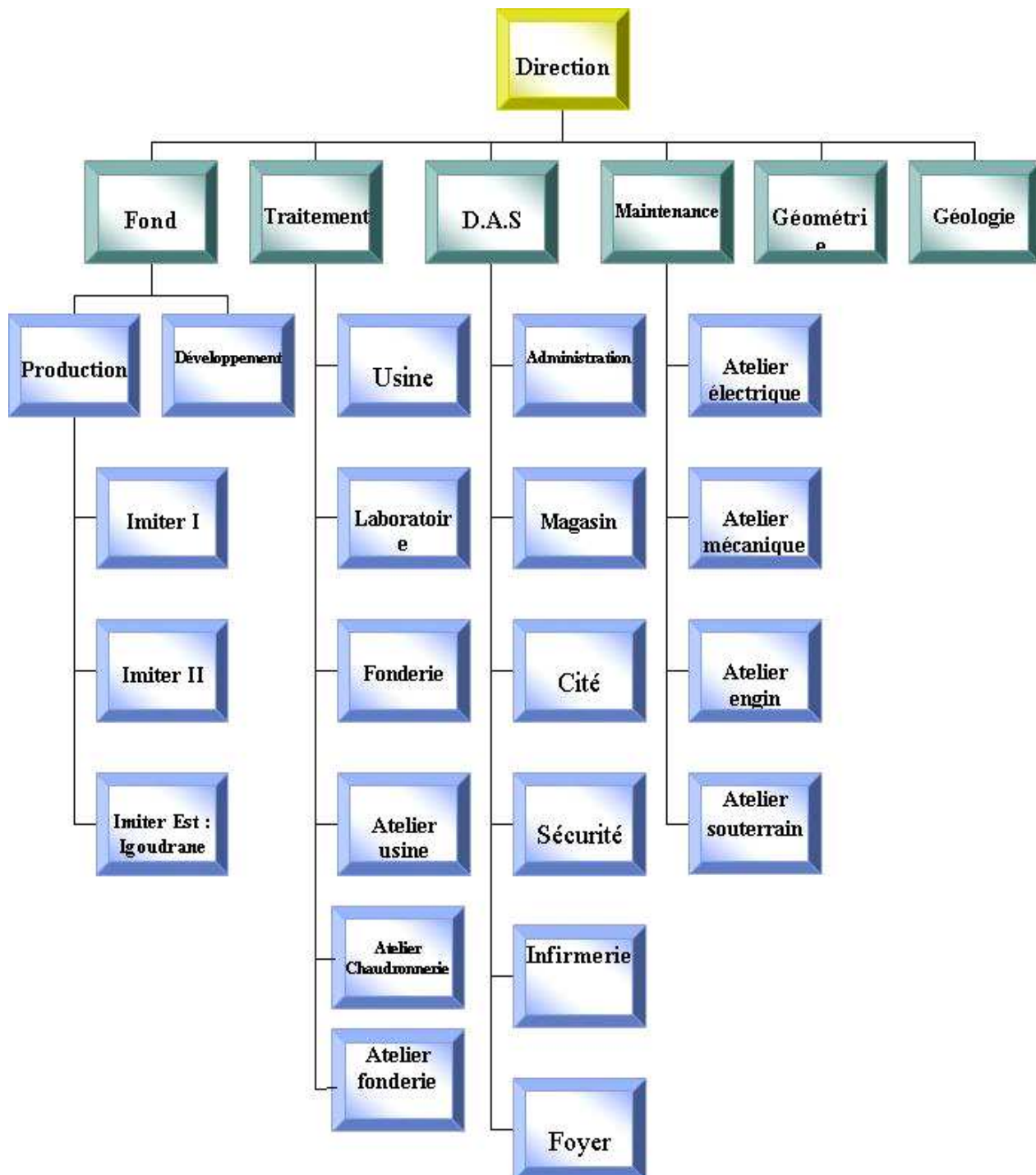


Figure 3 : cycle d'exploitation de la mine .

IV. Organigramme de la SMI :



PARTIE 02:

la machine d'extraction

PARTIE 02 : la machine d'extraction

I. Introduction :

La machine d'extraction de puits central de la mine d'Imiter est une machine à poulie koepe à 4 câbles installée au sol, avec l'entraînement direct par moteur à courant continu et réducteur à engrenage droit. La machine est conçue essentiellement pour le transport des matériaux (minerais ou stériles); l'extraction se fait moyennant SKIP à un compartiment avec contrepoids. L'extraction des matériaux s'effectue en manuel ou en automatique (6m/s). Le personnel et les équipements sont transportés en mode cordée (4m/s). Enfin l'inspection du puits et des câbles se fait à vitesse réduite (2m/s). L'installation est conçue selon les règlements TAS actuels en vigueur. En abordant explicitement la partie mécanique de la machine, l'élaboration de sa supervision se facilitera par la suite.



Figure 5 : La machine d'extraction de puits central.

II. Description de la machine d'extraction de puits centrale :

1. Machine à Courant Continue :

C'est l'élément essentiel pour le fonctionnement de la machine, c'est un moteur électrique à courant continu à fixation pattes b3, de puissance de 480 kW, de 1500 tr/min et a ventilation forcé.

Le courant de l'induit est 1783/780A et de l'inducteur 121.8/17.6A. La tension dans l'induit est U650/650V, dans l'inducteur U 310/127V l'excitation de ce moteur est de type séparée, et parmi ses avantages, l'indépendance de la vitesse de la charge, mais il existe un inconvénient de ce type d'excitation qui est l'emballement, et qui arrive lors de l'annulation de courant dans l'inducteur et l'induit et sous tensions.

Ce moteur a deux sens de rotation qui se fait par inversion du courant dans l'induit, comme il a plusieurs vitesses selon le mode de fonctionnement choisi, cette variation de vitesse est assurée par un variateur de vitesse par lequel on branche l'induit du moteur.



Figure 6 : machine à courant continue.

2. tambours d'entraînement:

Le tambour d'entraînement est composé de deux parties, une partie sert pour enrouler le câble attaché au skip. La deuxième partie sert à enrouler le câble solidaire au contre poids, le sens d'enroulement est inversé pour les deux parties c'est-à-dire un câble est enroulé vers la droite l'autre vers la gauche;

Le freinage du tambour est un frein à friction, en effet le frein est actif au repos une fois la pression d'huile est déclenchée les deux disques s'éloignent, et le tambour est libéré.



Figure 7 : Le tambour d'entraînement.

3. Réducteur à pignon conique :

Le réducteur a été doté d'un système combiné réunissant une lubrification par huile en circuit fermé et une installation de refroidissement de l'huile.

Caractéristiques :

Réduction : 30.25 :1

Moment de réduction maxi. 300 KNm.

Vitesse de réduction : 49.59 tr/min.



Figure 8 :Le réducteur à pignon conique.

4. Installation de freinage:

Le frein de la machine d'extraction est un frein combiné de service et de sécurité, réalisé sous forme d'un appareil de freinage à disque, et qui fonctionne selon le principe du débouché.

L'installation de freinage se compose de ce qui suit :

- L'installation hydraulique de commande
- Une paire de disque de friction

L'appareil de commande a été conçu comme installation compacte et se compose d'un réservoir d'huile, des deux unités de pompage, des électrovannes.. ect



Figure 9:installation de freinage.

5. Trémie intermediaries:

La Trémie intermédiaire est une trémie où le skip des charges se produisent après attendre le niveau jour. Elle est munie d'un sinex.

La maintenance la préventif

- changement des blindages
- élimination les fuites de charge

6. Sinex:

Un vibreur qui permet de faire sortir les produits de la trémie intermédiaire par le biais d'un moteur électrique et d'une table à secousse, vers la bande transporteuse (élevateur) .

7. Les armoires électronique :

a. L'armoire de puissance :

Il contient plusieurs éléments électriques nécessaires au fonctionnement de la machine. Ces éléments sont :

- Un sectionneur général à commande manuelle.
- Un contacteur principal triphasé.
- Un contacteur à déclenchement rapide à courant continu lié à l'induit du moteur à courant continu.
- Un contacteur à courant lié à l'inducteur de ce moteur.
- Un contacteur de la ventilation forcée du moteur.
- Un variateur de vitesse d'une entrée triphasée, et d'une sortie continu, il est composé d'un pont redresseur à base de thyristors et d'un hacheur pour varier la tension d'alimentation du moteur. Ce variateur a plusieurs bornes qui assurent sa liaison avec d'autres éléments comme le générateur d'impulsion, la dynamo tachymétrique, l'excitation du moteur...
- L'automate programmable équipé d'une carte de comptage rapide liée au codeur, de deux cartes à 16 entrées (soit 32 entrées) liées aux différents contacteurs ou relais.
- Plusieurs relais comme celui de l'arrêt d'urgence, de la descente, de la montée.
- Des transformateurs de courant.
- Des borniers de raccordement.

b. L'armoire de signalisation :

Il contient un automate programmable destiné à la signalisation des différents défauts et l'état des différents capteurs, comme il contient aussi des relais auxiliaires.

8. Le pupitre de commande :

C'est l'endroit où se fait la commande et le contrôle du fonctionnement de la machine d'extraction grâce aux différents éléments qu'il contient et qui sont :

- Des voyants de différents défauts et aussi d'autres voyants tels que : le stop, le frein serré, l'arrêt d'urgence.
- Des boutons poussoir comme l'arrêt d'urgence, la sonnette, le départ cycle de la marche automatique.
- Des afficheurs tels que l'indicateur de niveau de skip, l'indicateur de l'intensité de courant dans l'induit et dans l'indicateur de la vitesse de skip.
- Un écran qui affiche les appels du personnel dans les niveaux de puits, le niveau d'où il fait l'appel, le niveau qu'il veut atteindre, l'état des portes des niveaux, ouvertes ou fermés, et l'état des stops, appuyé ou non.
- Un commutateur de 4 positions qui désigne le mode de fonctionnement voulu
- Un commutateur qui met le variateur sous tension.
- Un combinatoire à contact dit "homme mort", c'est un potentiomètre à point milieu, ses deux sens de variation correspondent à la montée et à la descente du skip.

9. Les coffrets de commandes des niveaux

Le puits central contient 7 niveaux, appelés aussi recettes, chaque recette contient un coffret qui est constitué de plusieurs voyants et boutons poussoir.

10. Le générateur d'impulsions(ou codeur) :

Monté au bout de l'arbre du moteur, il permet de localiser à tout moment le skip dans le puits grâce au nombre d'impulsions qu'il génère et qui sont proportionnelles à la distance parcourue par le skip. Le codeur a aussi une fonction qui est le contrôle de la vitesse du skip.

Le générateur d'impulsion est relié à une carte appelée carte de comptage qui contient deux entrées de 8 bits pour chacune, cette carte permet de transformer les impulsions arrivées au codeur vers deux sorties, l'une pour la localisation du skip et l'autre pour le contrôle de sa vitesse et qui sont reliées à l'automate.

11. La génératrice tachymétrique:

Elle permet de mesurer la vitesse du moteur, cette vitesse est fixée soit par le variateur de vitesse, dans la marche automatique, soit par le combinateur potentiométrique, dans la marche manuelle. La machine contient deux tachymètres, l'un branché à l'arbre du moteur, l'autre à l'axe du tambour, et ils sont différentes, le frein de sécurité se déclenche et arrête la machine.

PARTIE 03:

Partie électrique

PARTIE 03:Partie électrique

I. PRESENTATION DE L'ATELIER ELECTRIQUE :

1. Composition :

L'atelier électrique est composé d'une équipe de 14 personnes, dont Mr L.EL BELGHITI est chef de service électrique. Et Mr SAMSSAR RACHID est chef de l'atelier électrique

Fonctionnalités

Le rôle de cet atelier est de garder en permanence le fonctionnement de toutes les machines électriques. Ainsi, l'équipe de cet atelier doit être toujours prête à réparer les machines en panne.

Que ça soit dans l'atelier si la machine est facile à déplacer vers l'atelier ou sur le champ dans le cas contraire, et dans ce cas le chef de l'atelier désigne ceux qui vont se déplacer vers la machine.

2. Exemple de matériel :

- ✓ Machines asynchrones MAC.
- ✓ Machine à courant continu MCC.
- ✓ Transformateurs.
- ✓ Les pompes.
- ✓ Les armoires de démarrage des moteurs.
- ✓ Variateurs de vitesse.
- ✓ ...etc.

II. LES MOTEURS ASYNCHRONES :

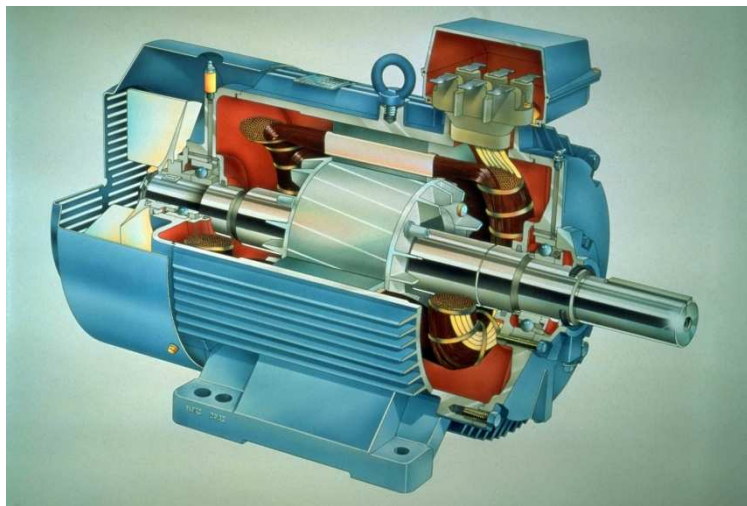


Figure 10 : machine asynchrone.

Le moteur asynchrone constitue la grande majorité des moteurs dans la SMI.

1. Choix du moteurs :

En règle générale, il est important de connaître les limites de pointes d'intensité supportables par le réseau ou le générateur, facteur déterminant dans le choix des types de moteur.

A partir de là, deux critères principaux permettent de fixer le choix du type de moteur, et donc son mode de démarrage en fonction du résultat à obtenir, ce sont :

- La limite maximale pour les pointes de courant.
- La valeur du couple de démarrage, assurant dans les plus mauvaises conditions le décollage et l'accélération normale, en sachant qu'avec un moteur à cage, le couple moteur est croissant avec la vitesse, et qu'il est décroissant pour une valeur donnée de résistance dans le rotor dans le cas du moteur à rotor bobiné.

D'autre part, la question du coût global restant tout de même importante, il faut savoir que le prix d'un moteur à cage est nettement inférieur à celui d'un moteur à bagues ou à celui d'un moteur à courant continu de même puissance

2. Généralités et notion essentielles-utilité d'un démarreur :

Le courant initial de démarrage est le courant qui s'établit après amortissement des phénomènes transitoires éventuels, lorsqu'on applique à l'ensemble constitué du démarreur et du moteur, et à vitesse nulle, la tension nominale prévue pour ce dernier. Ce courant est appelé courant de démarrage.

A un courant initial correspond le couple initial obtenu à la mise sous tension (vitesse nulle) appelé couple de démarrage.

Dans un grand nombre de cas, et pour des raisons diverses, nous sommes amenés à réduire l'une de ces grandeurs afin de rentrer dans une certaine fourchette de tolérances. Ce sera le rôle du démarreur.

3. Les démarrages utilisés dans SMI :

Le moteur asynchrone d'induction possède un fort couple de démarrage, mais il a l'inconvénient d'absorber de 4 à 8 fois son intensité nominale. Pour réduire cet appel de courant on dispose de différents procédés de démarrage.

a. Démarrage direct moteur 1 sens de rotation :

C'est le mode de démarrage le plus simple. Le moteur démarre sur ses caractéristiques "naturelles". Au démarrage, le moteur se compose comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage.

Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissance devant celle du réseau, ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive. Le couple est énergétique, l'appel de courant est important (5 à 8 fois le courant nominal).

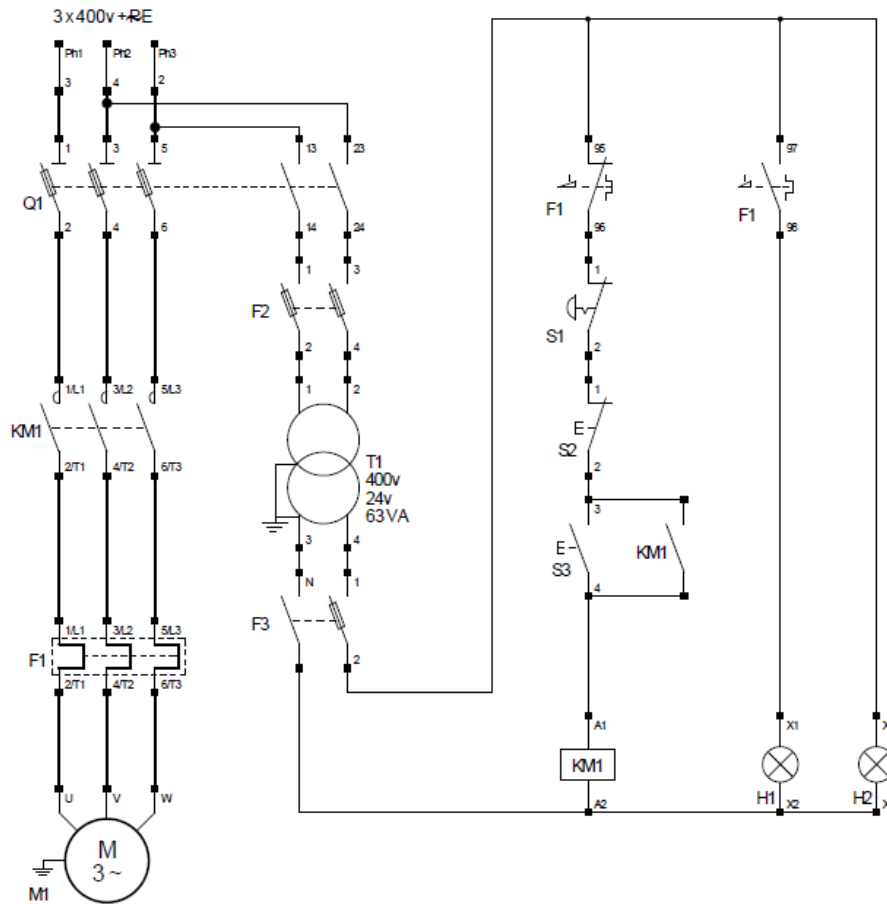


Figure 11 :démarrage direct d'une MAS.

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, coût faible), le démarrage direct convient dans les cas où :

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble)
- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide
- Le couple de démarrage doit être élevé

Ce démarrage ne convient pas si :

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux
- Le confort et la sécurité des usagers sont mis en cause (escalier mécanique)

b. Démarrage étoile/triangle :

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé d'une puissance importante nécessitant

Ce type de démarrage, qui permet de limiter le courant d'appel au démarrage, Le moteur est commandé par un bouton marche et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire.

Choix de materiel:

- 3 contacteurs LCID95(110V)
- 1 Temporisateur
- 1Sectionneur 125A/690v
- disjoncture 25A/230V(DT40)
- Relais de niveau 380v
- commutateur
- coffret

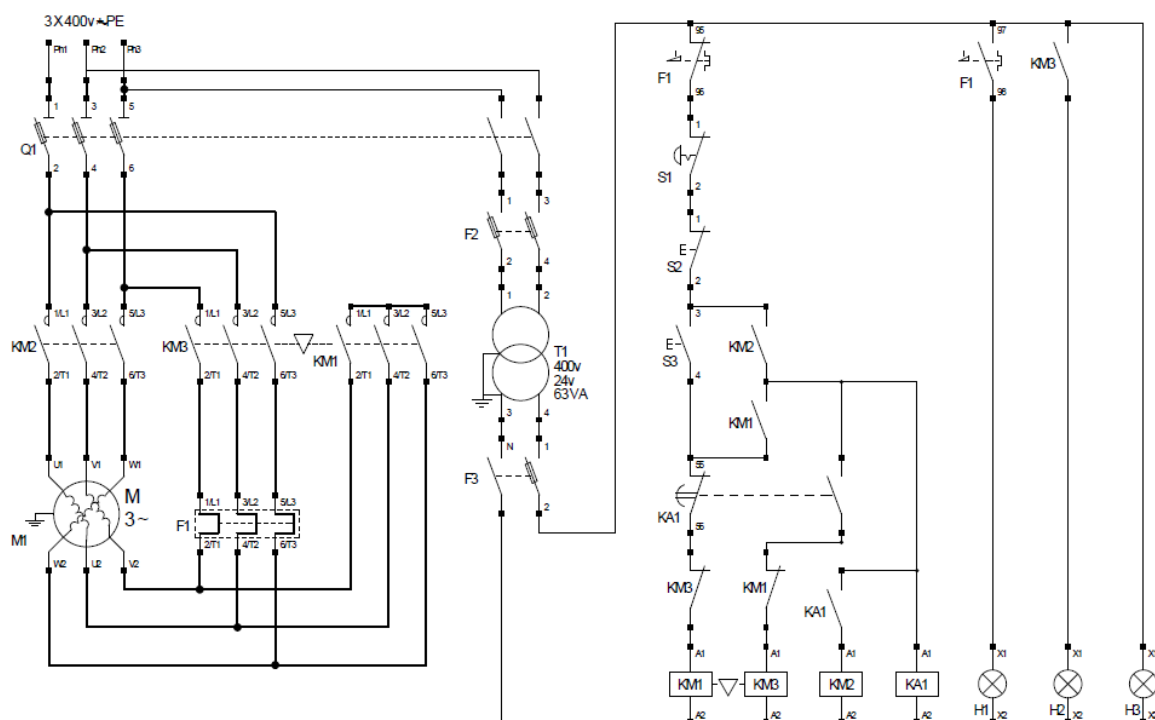


Figure 12 :démarrage étoile/triangle d'une MAS.

c. Démarrage par résistances statoriques :

Ce type de démarrage a des caractéristiques comparables au démarrage étoile triangle Il n'y a pas de coupure de l'alimentation du moteur entre les deux temps de démarrage.

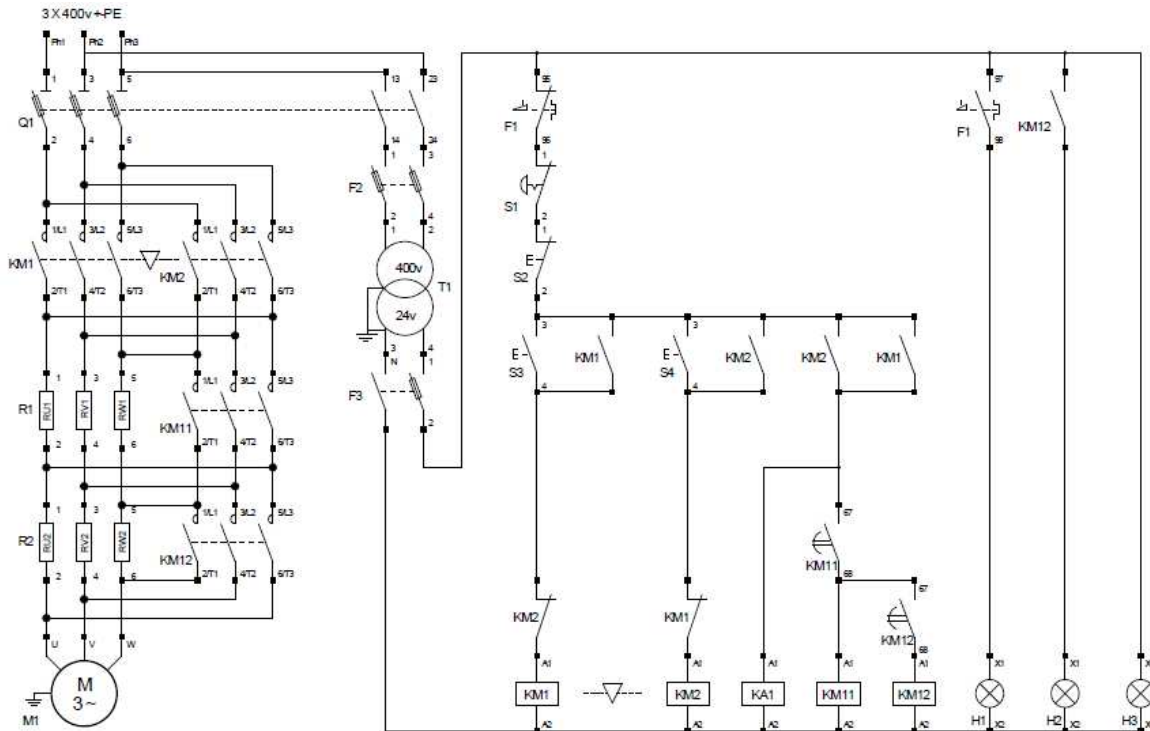


Figure 13 :démarrage statorique d'une MAS.

Ce dernier démarreur peut être associé au dispositif de démarrage étoile-triangle. On démarre en étoile, puis on passe en couplage triangle avec les résistances, et enfin on termine en couplage triangle direct.

Pour les moteurs de grosse puissance, les résistances sont remplacées par un démarreur à résistances électrolytiques. Des barres sont plongées progressivement dans une cuve remplie de liquide. Au fur et à mesure que les barres plongent, la résistance diminue progressivement, et en fin de démarrage, on court-circuite les résistances.

d. Démarrage par résistances rotoriques :

Dans tous les démarreurs précédents, nous n'avons utilisé que des moteurs à cage d'écureuil. Pour ce démarreur, nous avons besoin d'avoir accès au conducteur rotorique. Le fait de rajouter des résistances au rotor provoque une limitation de la pointe de courant au démarrage. En plus, il a l'avantage, si les résistances sont bien choisies, de démarrer avec le couple maximal du moteur.

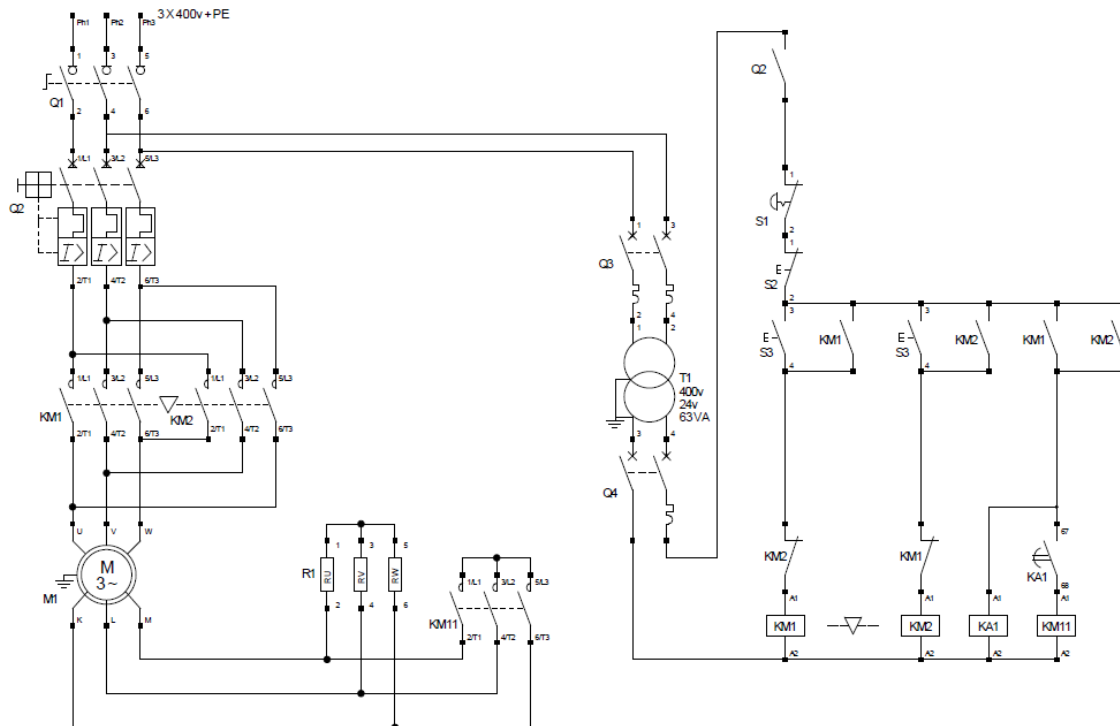


Figure 14 :démarrage rotorique d'une MAS

e. Tableau récapitulatif des démarrages :

	Démarrage direct	Démarrage étoile triangle	Démarrage statorique	Démarrage rotorique
Courant de démarrage	100%	33%	50%	70%
Surcharge en ligne	4 à 8 In	1.3 à 1.6 In	4.5 In	<2.5 In
Couple en % de Cd	100%	33%	50%	
Couple initiale au démarrage	0.6à 1.5 Cn	0.2 à 0.5 Cn	0.6 à 0.85 Cn	0.4 à 0.85 Cn
commande	T.O.R	T.O.R	1 cran fixe	De 1 à 5 crans
avantages	- démarreur simple et économique -couple au démarrage important	-économiques -bon rapport couple/courant	-possibilités de réglages des valeurs au démarrage -	-très bon rapport couple/courant -possibilité de réglage des valeurs au démarrage
inconvénients	-pointe de courant très importante -démarrage brutal	-couple de démarrage faible -coupure d'alimentation au changement de couplage -moteur 6 bornes	-faible réduction de la pointe de courant au démarrage -nécessite des résistances volumineuses	-moteur à bague plus onéreux

III. Le moteur de l'engin locotracteur(MCC) :

1. Le locotracteur :

C'est un engin qui joue un rôle très principal dans l'exploitation à la mine qui est conçu du roulage, c'est le transport de la minerie des différents chantiers vers les cheminées pour les extraire au niveau jour. Le moteur de cet engin c'est un moteur à courant continu.

2. Définition de ce moteur:

Un moteur à courant continu est une machine qui transforme l'énergie électrique qui lui est appliquée en une énergie mécanique entraînant une charge mécanique.

- Le couple : développé par un moteur à courant continu est proportionnel au courant d'induit et au flux magnétique.
- La vitesse : de rotation est proportionnelle à la tension d'alimentation et inversement proportionnelle au flux magnétique.
- Le rendement : est le rapport entre la puissance développée par le moteur ou puissance utile (puissance mécanique) et celle qui lui est appliquée ou puissance absorbée (puissance électrique).

Le moteur de la locomotive est un moteur à courant continu à excitation série caractérisé par :

- Une puissance de: 12,3Kw.
- Une tension maximale de: 110v.
- Un courant nominal de: 130A.
- Une vitesse de rotation de: 590tr/min.

IV. Branchement d'un moteur série :

Le moteur série, comme son nom l'indique, signifie que le bobinage de l'inducteur est branché en série avec l'induit .La figure suivante montre le branchement d'un moteur série:

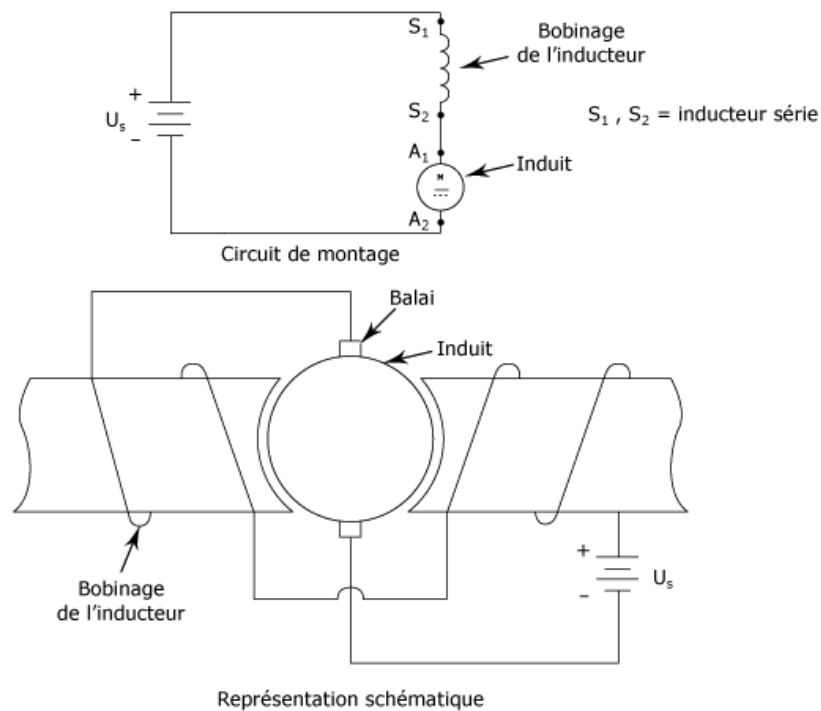


Figure 15 :branchement d'un moteur série.

V. Variation de la vitesse :

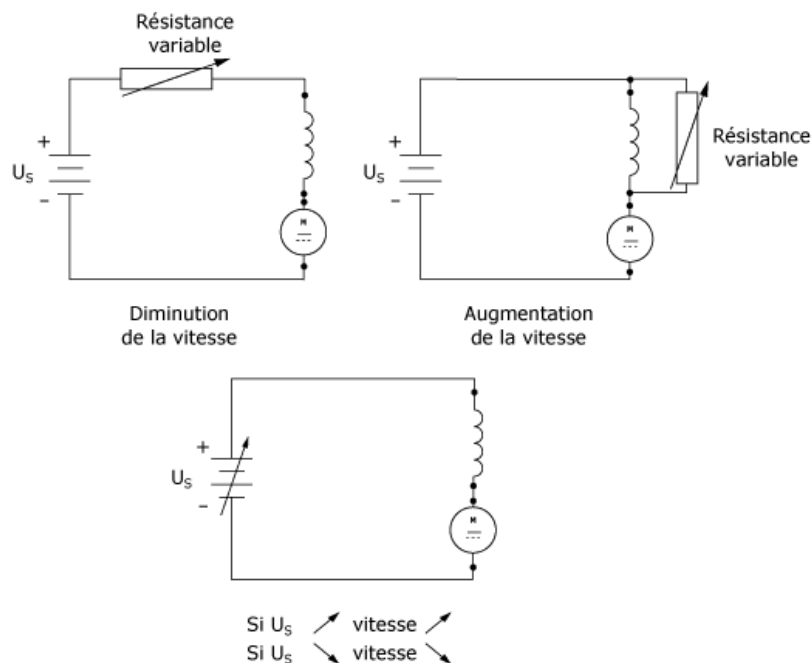


Figure 16 :Variation de vitesse d'un moteur série .

• Avantages et inconvénients du moteur série :

Le principal avantage de ce type de moteur est qu'il possède un fort couple de démarrage, ce qui lui permet d'entraîner une bonne charge dès le départ. Il peut également supporter facilement des surcharges temporaires.

En ce qui a trait aux inconvénients, on peut souligner le fait que la vitesse du moteur série varie avec

la charge. Ainsi, une augmentation de celle-ci aura tendance à faire diminuer la vitesse de rotation du moteur.

D'autre part, ce type de moteur ne doit jamais tourner sans charge, car cela entraîne une dangereuse augmentation de sa vitesse qui, à la limite, pourrait le détruire.

VI. Le Transformateur MT/BT :

1. Introduction:

Le transformateur MT/BT est le maillon essentiel dans la distribution de la SMI, il doit faire l'objet d'une attention particulier. Il doit être protégé convenablement contre les surcharges et les courts-circuits. Pour cela, il faut connaître les intensités débitées par phase de chaque gamme de puissance.

2. Constitution

Nous pourrions constituer un transformateur triphasé en utilisant un transformateur monophasé pour chacune des trois phases; nous perdriions un des avantages de la distribution triphasée qui est de réduire le volume des lignes et des appareillages; de plus les trois transformateurs placés au voisinage les uns des autres présenteraient des couplages parasites entre les phases par rayonnement électromagnétique. Ce montage présenterait également des défauts importants pour un couplage étoile : mauvais fonctionnement en régime déséquilibré, apparition d'harmoniques de rang trois dans les tensions simples en raison de la non linéarité du circuit magnétique et donc de la déformation du courant magnétisant.

Dans un transformateur monophasé les bobinages primaires et secondaires sont placés l'un au dessus de l'autre sur une même colonne, l'autre colonne n'est pas bobinée. Nous pouvons alors n'utiliser que quatre colonnes dans un transformateur triphasé en confondant les trois colonnes non bobinées.

Pour respecter la même géométrie pour les circuits magnétiques des trois phases, les bobinages sont portés par trois colonnes placées aux trois sommets d'un triangle équilatéral, la colonne commune étant placée au centre .

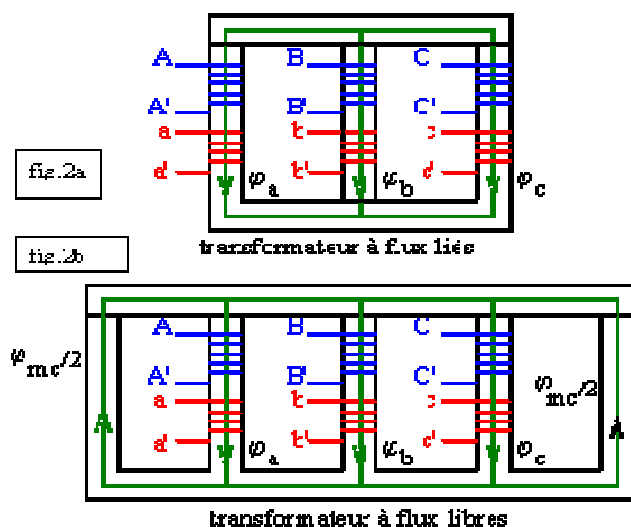


Figure 17 : transformateur MT/BT.

En régime triphasé équilibré, tous les types de transformateurs ont le même fonctionnement; en régime déséquilibré ou dans le fonctionnement en alimentation d'un commutateur de courant, la possibilité de faire circuler le flux de mode commun dans le circuit magnétique modifiera le fonctionnement.

3. Couplage des enroulements :

a. Couplage de trois enroulements :

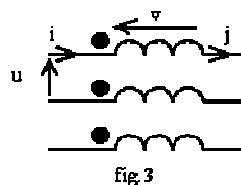
Le primaire et le secondaire du transformateur triphasé comportent chacun trois phases à coupler pour être reliés à des lignes trois ou quatre fils.

Le couplage des enroulements doit respecter les bornes homologues: l'entrée des trois phases doit se faire du côté du point repérant le sens de bobinage ou du côté opposé au point.

b. Choix des couplages :

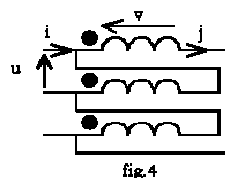
- La présence du neutre dans les installations basse tension permet d'obtenir 2 types de tension : simple pour les usages domestiques usuels ou composée pour l'alimentation des petits moteurs.
- Il est intéressant en haute tension d'avoir un couplage qui fait apparaître le neutre. Le neutre, les parties métalliques et magnétiques sont mises au potentiel de la terre ce qui réduit l'isolement des bobines hautes tension.
- On évite d'avoir le même couplage au primaire et au secondaire pour ne pas transmettre intégralement le déséquilibre éventuel des courants. Sinon le neutre est nécessaire des deux côtés alors le montage Yz ou Zy est alors communément employé.

➤ Couplage étoile



La tension par enroulement, égale à la tension par phase est $v = -n.e$. La tension composée en ligne a pour valeur efficace $U = \sqrt{3}V$. Les intensités en ligne et par enroulement sont égales : $i = j$.

➤ Couplage triangle

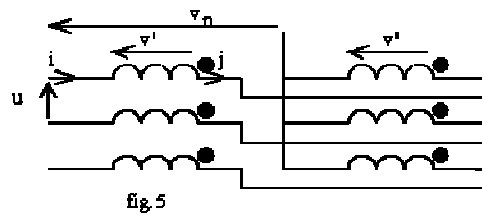


La sortie d'un enroulement est reliée à l'entrée d'un autre enroulement. Nous avons deux façons de faire le couplage : numérotions les phases A B C A B C ... nous pouvons relier la sortie de A à l'entrée de B en progressant vers la droite dans la numérotation, puis B à C et C à A, nous dirons que nous faisons un **triangle à droite**. Nous pouvons aussi relier la sortie de A à l'entrée de C en progressant vers la gauche dans la numérotation, puis B à A et C à B, nous dirons que nous faisons un **triangle à gauche**.

La tension par enroulement $v = -n.e$ est égale en valeur efficace à la tension en ligne U.

Pour les courants, il vient : $I = \sqrt{3}.J$.

➤ Couplage zig-zag



Chaque colonne porte deux enroulements de n spires. Nous avons $v' = v'' = n.e$.

Chaque phase est formée en reliant les bornes homologues de deux enroulements situés sur deux colonnes différentes. Nous pouvons faire un zigzag à droite comme sur la figure (colonne A vers colonne B) ou à gauche (colonne A vers colonne C).

Les trois phases ainsi constituées sont ensuite couplées en étoile.

La tension phase neutre v_n est la différence de deux tensions v' et v'' de même valeur efficace et déphasées de $\pm 2.\pi/3$; en valeur efficace, il vient : $V_n = \sqrt{3}.V' = \sqrt{3}.n.E$. Le couplage étant ensuite de type étoile, nous avons $U = \sqrt{3}.V_n = 3 .n.E$. Pour les intensités $I = J$.

4. Couplage du transformateur

Au lieu de distinguer primaire et secondaire, nous distinguons les enroulements haute tension (HT) et les enroulements basse tension (BT). Les notations des enroulements HT se font avec des lettres majuscules et ceux des enroulements BT par une lettre minuscule.

Les bornes des bobines d'une même colonne sont désignées par une même lettre : AA' pour une bobine HT; aa' ou $a_1a'_1$, $a_2a'_2$ pour des bobines BT.

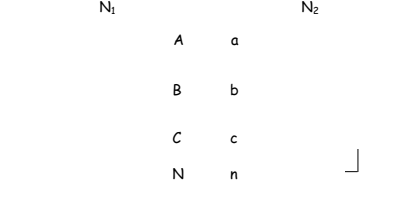
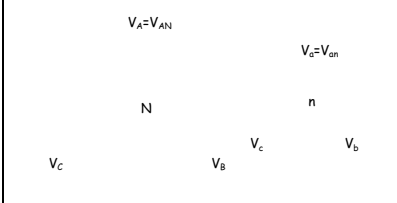
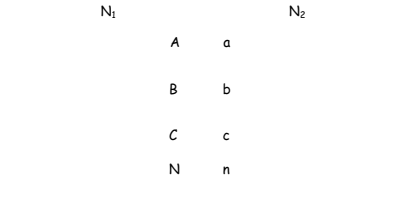
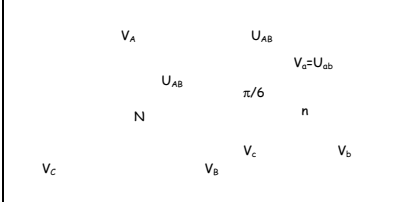
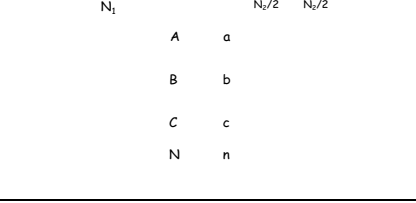
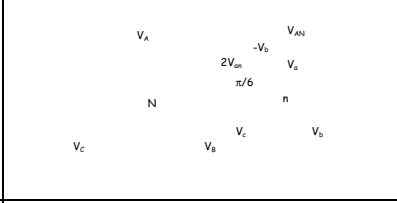
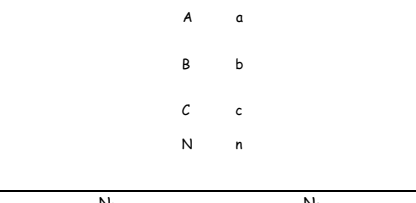
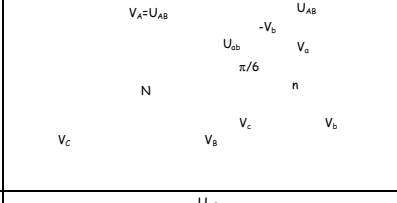
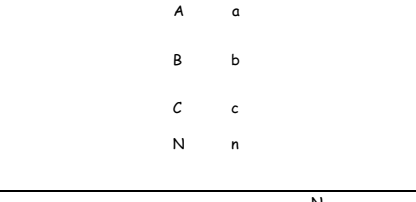
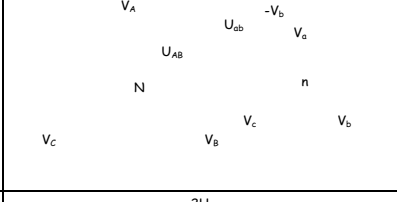
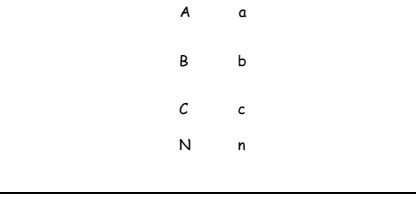
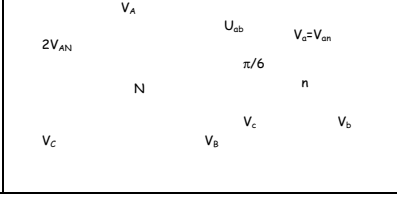
Les modes de couplage de trois enroulements HT ou BT sont désignés par les lettres Y, y pour le couplage étoile, D, d pour le couplage triangle, Z, z pour le couplage zigzag (majuscule pour HT, minuscule pour BT).

Dans les couplages étoile et zigzag nous ajoutons la lettre N ou n si le point neutre est accessible.

Nous désignerons le couplage du transformateur par les lettres du couplage HT suivi les lettres du couplage

BT: $Y_N y_n$, Dy, Yz_n ...

Couplages courants :

Symbole	V_{an}/V_{AN}	Montage	Diagramme Vectoriel
$Yy\ 0$	$\frac{N_2}{N_1}$		
$Yd\ 1$	$\frac{N_2}{\sqrt{3}N_1}$		
$Yz\ 11$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{N_2}{N_1}$		
$Dy\ 11$	$\sqrt{3} \frac{N_2}{N_1}$		
$Dd\ 0$	$\frac{N_2}{N_1}$		
$Zy\ 1$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_2}{N_1}$		

5. Indice horaire du transformateur

a. Définition

Pour un transformateur monophasé les tensions au primaire et au secondaire ne peuvent être déphasées que de 0 ou 180° suivant les sens d'enroulement; pour un transformateur triphasé alimenté par un réseau équilibré, le déphasage des tensions en ligne HT et BT peuvent prendre toutes les valeurs multiples de 30°. Un angle de 30° représentant l'écart entre deux chiffres consécutifs sur le cadran d'une horloge, ce déphasage sera dit d'une heure.

Soit $I_h = (u_{ab}, u_{AB})$ le déphasage, compté dans le sens trigonométrique direct, de la tension composée HT par rapport à la tension BT; nous appelons **indice horaire** du transformateur le nombre

$$I_h = (u_{ab}, u_{AB}) \text{ (en degrés)} / 30.$$

b. Détermination théorique de l'indice horaire

Nous devons représenter sur un diagramme de Fresnel les tensions u_{ab} et u_{AB} pour déterminer leur déphasage.

Connaissant le schéma de couplage du transformateur, nous pouvons déterminer son indice horaire. Pour cela:

- Nous portons sur le schéma les f.é.m des enroulements; par convention, ces f.é.m doivent être orientées positivement en partant du point repérant le sens de bobinage.
- Toutes les spires des enroulements d'une même colonne sont traversées par le même flux; leurs f.é.m. sont donc en phase. Pour deux colonnes adjacentes, les flux donc les f.é.m. sont déphasés de 120° . Nous traçons donc le système triphasé équilibré direct des f.é.m e_A , e_B et e_C des enroulements HT et en phase, celui des f.é.m. e_a , e_b et e_c des enroulements BT.
- En utilisant la loi des mailles, nous exprimons les tensions u_{AB} et u_{ab} en fonction de ces f.é.m. et nous construisons les vecteurs de Fresnel correspondants.
- Nous lisons dans le sens trigonométrique positif l'angle (u_{ab}, u_{AB}) et nous en déduisons l'indice horaire.

Exemple :

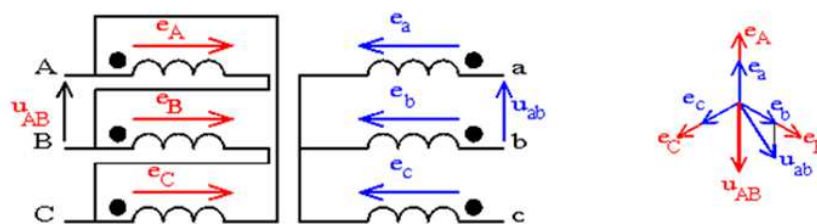


Figure 18 : exemple d'un couplage du transformateur.

Soit le transformateur schématisé sur la figure.

Nous traçons les f.é.m.; nous en déduisons les tensions composées $u_{ab} = e_b - e_a$ et $u_{AB} = -e_A$.

$(u_{ab}, u_{AB}) = 330^\circ$ donne un indice horaire de 11. Nous dirons que nous avons un transformateur Dy11.

c. Groupe de couplage

Pour représenter l'indice horaire, nous pouvons sur le cadran d'une horloge placer A à midi, B à 4 h et C à 8 h.

Dans ce cas, a est sur l'heure indiquant l'indice horaire, b 4 h plus tard et c 8 h plus tard.

Si nous permutons de façon cyclique les phases d'un enroulement, nous déplaçons de 4 h le point de ligne; par exemple avec l'ordre BT abc et l'indice 11, a est à 11 h, b à 3 h et c à 7 h; pour la permutation cab, a prend la place de b à 3 h et l'indice devient 3; pour la permutation bca a prend la place de c à 7 h et l'indice devient 7.

Trois indices différents de ± 4 peuvent être obtenus pour un même couplage par simple permutation des phases.

Ces indices sont regroupés dans un **groupe de couplage**.

Les groupes de couplage sont:

- Groupe I rassemblant les indices : 0, 4, 8.
- Groupe II rassemblant les indices : 2, 6, 10.
- Groupe III rassemblant les indices : 1, 5, 9.
- Groupe IV rassemblant les indices : 3, 7, 11.

Si nous inversons les sens d'enroulement d'un des bobinages HT ou BT, les tensions correspondantes sont déphasées de 180° donc de 6 h; l'indice augmente donc de 6. Nous passons du groupe I au groupe II ou du groupe III au groupe IV en inversant les bobines HT ou BT, sans modifier le couplage.

Notons que seuls les couplages étoile - triangle et étoile - zigzag peuvent donner des indices impairs donc des couplages dans les groupes III et IV.

d. Détermination expérimentale de l'indice horaire :

➤ Méthode impulsionnelle :

A l'aide d'une pile ou d'une batterie et d'un interrupteur, nous appliquons une brève impulsion de tension continue positive entre les bornes BT a et b. Avec un voltmètre continu polarisé, nous relevons à chaque fermeture de l'interrupteur, le signe de la tension créée entre les bornes AB puis BC puis CA.

La loi de Lenz implique que la tension induite entre A et B est proportionnelle à la projection du vecteur de Fresnel associé en régime sinusoïdal à u_{AB} sur le vecteur de Fresnel associé à la tension u_{ab} .

On trace un cadran d'horloge de centre O, gradué en heures; on place A à midi donc B à 4 h et C à 8 h; a est à l'heure indiquée par l'indice horaire. On trace la direction Oa et on projette sur Oa, A en H, B en K et C en L; on note alors les signes des mesures algébriques de OH, OK et OL.

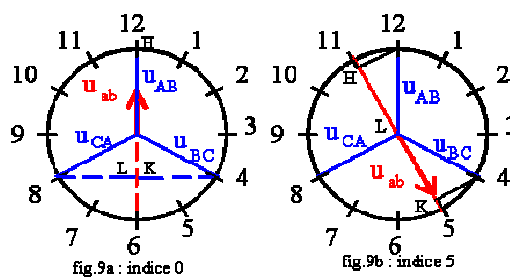


Figure 19 : détermination impulsionnelle de l'indice horaire.

Sur la fig.9a le transformateur est d'indice 0 donc a est placé à 12 h ; OH est positif, OK et OL sont négatifs; la combinaison + - - correspond donc à l'indice 0. Sur la fig.9b, le transformateur a un indice 5; OH est négatif, OK positif, et OL nul; la combinaison - + 0 correspond donc à l'indice 5. On peut ainsi dresser le tableau ci-dessous donnant les combinaisons pour les douze indices:

Indice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
u_{AB}	+	+	+	0	-	-	-	-	-	0	+	+
u_{BC}	-	0	+	+	+	+	+	0	-	-	-	-
u_{CA}	-	-	-	-	-	0	+	+	+	+	+	0

Figure 20 : tableau des douze combinaisons possible.

Cette méthode a l'avantage de la simplicité de mise en œuvre; elle ne nécessite pas une alimentation triphasée adaptée au transformateur. Son inconvénient réside dans l'interprétation difficile des résultats si nous ne disposons pas du tableau ci-dessus.

➤ Méthode des électriciens

Nous relierons les points A et a pour imposer une référence de tension commune aux bobinages HT et BT; le bobinage HT est alimenté par un réseau triphasé équilibré direct. La mesure des tensions AB, BC, CA permet de construire le triangle ABC des tensions HT et son centre de gravité N, en plaçant A à 12 h. Nous mesurons les tensions Ab, Bb, Cb, Ac, Bc et Cc.

Le point a est confondu avec A; pour trouver le point b, nous traçons les cercles de centre A et de rayon Ab, de centre B et de rayon Bb, de centre C et de rayon Cb; l'intersection de ces cercles donne b. De même l'intersection des cercles de centre A et de rayon Ac, de centre B et de rayon Bc, de centre C et de rayon Cc donne le point c.

Soit n le centre de gravité du triangle abc, la direction na indique sur l'horloge l'heure de couplage.

Par exemple nous obtenons les graphes: fig10.a pour un indice 1 et fig.10.b pour un indice 5.

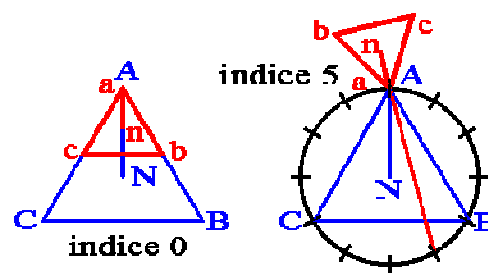


Figure 21 : détermination des électriciens de l'indice horaire.

Cette méthode a l'avantage d'une interprétation simple mais ne peut être appliquée qu'aux transformateurs possédant des bobinages HT et BT isolés; elle ne peut être appliquée à un auto-transformateur car la liaison Aa court-circuiterait une partie du bobinage.

6. Rapports de transformation :

Le rapport de transformation m est défini comme le rapport des tensions efficaces en ligne secondaire et primaire à vide : $m = U_{20} / U_{10}$

Ce rapport de transformation dépend des nombres de spires des bobinages et des couplages du primaire et du secondaire.

Pour deux enroulements sur une même colonne, au primaire de n_1 spires et au secondaire de n_2 spires, le rapport des tensions efficaces aux bornes de ces enroulements est $m_c = E_2 / E_1 = n_2 / n_1$.

Pour un couplage Y, la tension d'enroulement est la tension simple $U = V \cdot \sqrt{3} = E \cdot \sqrt{3}$; pour un couplage triangle, cette tension est la tension en ligne : $U = V = E$. Pour un couplage zigzag de n spires réparties en deux enroulements de $n/2$ spires, soit E la f.é.m aux bornes des $n/2$ spires, $V = E \cdot \sqrt{3}$ et $U = V \cdot \sqrt{3} = 3 \cdot E$.

Nous pouvons déduire de m_c le rapport de tension.

En tenant compte du déphasage $(u_{ab}, u_{AB}) = I_h \times 30^\circ$ introduit par le couplage, nous pouvons en régime sinusoïdal, définir le **rapport de transformation complexe** $\underline{m} = \underline{U}_2 / \underline{U}_1$. Ce rapport a pour module m et pour argument $\pm\pi$, + si le transformateur est élévateur de tension ($u_1 = u_{ab}$), - si le transformateur est abaisseur de tension ($u_1 = u_{AB}$).

7. Modèle équivalent en régime équilibré

Nous étudions le transformateur alimenté au primaire par un réseau triphasé équilibré et chargé au secondaire par un récepteur triphasé équilibré. Nous connaissons le modèle équivalent du transformateur monophasé; en régime équilibré les trois phases fonctionnent avec les mêmes grandeurs efficaces et les mêmes déphasages; nous allons ramener l'étude du transformateur triphasé à celle d'un transformateur monophasé.

a. Principe

Modèle du transformateur étoile - étoile : quel que soit le couplage du transformateur Tr étudié, nous définissons un transformateur équivalent Try de couplage $Yy0$; ce transformateur a des caractéristiques telles que, si nous le substituons au transformateur Tr , les grandeurs en ligne restent identiques tant au primaire qu'au secondaire.

Ce transformateur équivalent peut être modélisé par le modèle monophasé équivalent à une phase.

Ce modèle a l'avantage de convenir à tout type de couplage et de permettre de modéliser simultanément des transformateurs de couplages différents.

L'inconvénient est de ne pas conserver dans le modèle les grandeurs par phase du transformateur Tr et de ne pas conserver le déphasage primaire - secondaire. En effet dans un couplage $Yy0$ les tensions u_1 et u_2 sont en phase alors que dans le transformateur Tr , $(u_{ab}, u_{AB}) = I_h \times 30^\circ$. Le plus souvent, cet inconvénient ne sera pas gênant car les déphasages courant - tension donc les facteurs de puissance sont conservés.

b. Obtention du modèle

Nous faisons les essais du transformateur avec son couplage et nous les interprétons comme si le couplage était Yy pour obtenir le schéma équivalent par phase de la fig.22.

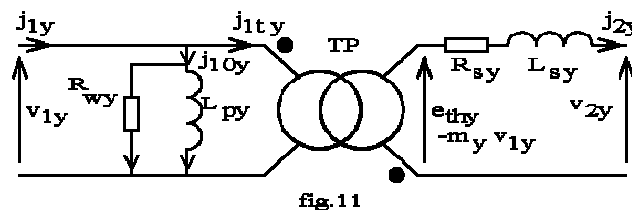


Figure 22 : modèle équivalent d'un transformateur

Pour passer des grandeurs des essais aux grandeurs des modèles, nous utilisons les formules :

$$\begin{aligned} \text{tensions : } V_y &= \frac{U_y}{\sqrt{3}} = \frac{U}{\sqrt{3}}; \text{ courants : } I_y = I_y = I; \text{ puissances : } P_y = \frac{P}{3} = \frac{P}{3}; \\ q_y &= \frac{Q_y}{3} = \frac{Q}{3}; s_y = \frac{S_y}{3} = \frac{S}{3}. \end{aligned}$$

- Essai à vide: mesurer U_{10} , U_{20} , I_{10} , P_{10} .

En déduire les grandeurs du modèle : $V_{10y} = \frac{U_{10}}{\sqrt{3}}$; $J_{10y} = I_{10}$; $P_{10y} = \frac{P_{10}}{3}$; $V_{20y} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}}$;

$$s_{10y} = V_{10y} \cdot J_{10y} ; s_{10y} = \sqrt{s_{10y}^2 - P_{10y}^2}$$

Calculer : $m_y = \frac{V_{20y}}{V_{10y}}$; ce rapport est égal au rapport de transformation m de l'r

Si nous négligeons les pertes par effet Joule à vide, $P_{10y} = P_{fe,y} = \frac{V_{10y}^2}{R_{wy}}$ et $q_{10y} = q_{fe,y} = \frac{V_{10y}^2}{X_{wy}}$

- Essai en court-circuit: mesurer U_{1cc} , I_{1cc} ou I_{2cc} , P_{1cc} .

En déduire les grandeurs du modèle : $V_{1ccy} = \frac{U_{1cc}}{\sqrt{3}}$; $J_{1ccy} = I_{1cc}$ ou $J_{2ccy} = I_{2cc}$; $P_{1ccy} = \frac{P_{1cc}}{3}$;

$$s_{1ccy} = V_{1ccy} \cdot J_{1ccy} ; s_{1ccy} = \sqrt{s_{1ccy}^2 - P_{1ccy}^2}$$

Dans cet essai, la tension primaire est réduite pour limiter le courant de court-circuit; nous pouvons donc négliger les pertes fer active et réactive ainsi que le courant magnétisant :

$$J_{1ccy} = m_y \cdot J_{2ccy} ; P_{1ccy} = P_{jcc} = R_{sy} \cdot J_{2ccy}^2 ; q_{1ccy} = q_{fuites} = X_{sy} \cdot J_{2ccy}^2 \text{ ou}$$

$$Z_{sy} = \sqrt{R_{sy}^2 + X_{sy}^2} = \frac{m_y \cdot V_{1ccy}}{J_{2ccy}}$$

c. Prédéterminations :

Pour effectuer les prédéterminations en charge, nous devons:

- Calculer les grandeurs par phase du modèle Yy à partir des grandeurs en ligne données; pour cela nous utilisons les relations du couplage étoile: $V_y = U/\sqrt{3}$ et $J_y = I$.
- En utilisant le schéma équivalent étoile calculer la chute de tension approchée ou avec terme correctif.
- Revenir aux grandeurs en ligne en utilisant les relations du couplage étoile.

8. Rendement :

Le bilan des pertes est identique à celui du transformateur monophasé.

Le calcul du rendement se fait comme en monophasé en tenant compte des trois phases.

Ses propriétés sont identiques à celles énoncées en monophasé.

On pourra faire le calcul à partir du modèle équivalent :

$$P_{2y} = V_{2y} \cdot J_{2y} \cos \phi_{2y} \text{ avec } \phi_{2y} = \phi_2 ; P_{1y} = P_{2y} + P_{jy} + P_{fe,y} \text{ avec}$$

$$P_{jy} = R_{sy} J_{2y}^2 \text{ et } P_{fe,y} = V_{1y}^2 / R_{wy} \cdot \eta = P_2 / P_1 = P_{2y} / P_{1y}$$

9. Couplage en parallèle :

a. Conditions de couplage :

Nous couplons en parallèle les primaires des deux transformateurs T' et T'' en reliant les bornes homologues A' et A'', B' et B'', C' et C'' pour un montage abaisseur de tension.

Pour pouvoir coupler en parallèle les bornes secondaires, les tensions secondaires doivent être égales en module et en phase pour les trois bobinages. Comme en monophasé, l'égalité des modules impose l'égalité des rapports de transformation: $m' = m''$.

Les tensions primaires étant égales, les tensions secondaires ne pourront être en phase en couplant les bornes homologues que si les indices horaires des deux transformateurs sont identiques.

Cette deuxième condition peut être rendue moins rigoureuse en acceptant une permutation des bornes secondaires (ou primaires) d'un des transformateurs. Une permutation de bornes change l'indice horaire mais pas le groupe de couplage; pour obtenir deux indices horaires identiques en permutant les bornes d'un transformateur, il est donc nécessaire que les deux transformateurs appartiennent au même groupe de couplage.

Pour rechercher les bornes homologues à coupler, nous faisons le montage de la fig.12.

Ayant couplé les bornes a' et a'', les tensions secondaires seront identiques si les deux voltmètres V et V' indiquent simultanément une tension nulle; si ce n'est pas le cas, nous essayons de permuter les bornes primaires de T'' pour obtenir ce résultat. Si aucune permutation ne donne des tensions nulles, T' et T'' n'appartiennent pas au même groupe donc ne peuvent pas être couplés en parallèle.

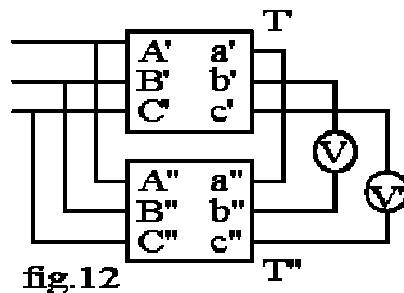


Figure 23 : couplage des transformateurs.

10. Mode de refroidissement:

Les différents modes de refroidissement utilisés dans les transformateurs sont repérés par les symboles du tableau ci-dessous.

Nature de l'agent de refroidissement	Symbole
huile minérale	O
gaz	G
eau	W
air	A
isolant solide	S

Nature de la circulation	Symbole
naturelle	N
forcée	F
forcée et dirigée dans les enroulements	D

11. Le relais BUCHHOLZ

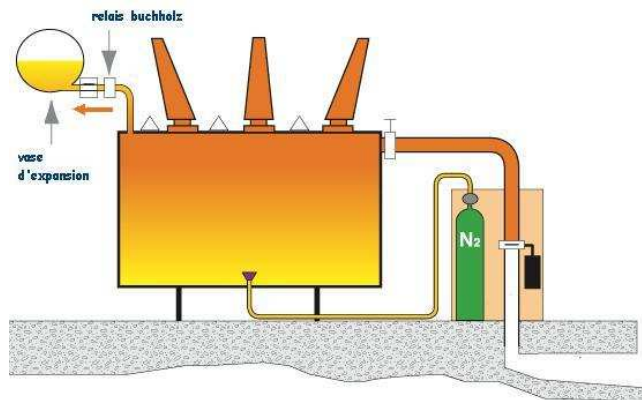


Figure 24 : emplacement du relais BUCHHOLZ.

Les relais Buchholz sont montés essentiellement sur les **gros transformateurs à bain d'huile** sur la tubulure reliant le **réservoir d'expansion** et la **cuve** du transformateur.

C'est un relais de **protection** contre les **incidents** internes au transformateur. Il détecte les **dégagements gazeux** dus aux Claquages internes HT/Masse ou entre enroulements.

FONCTIONNEMENT

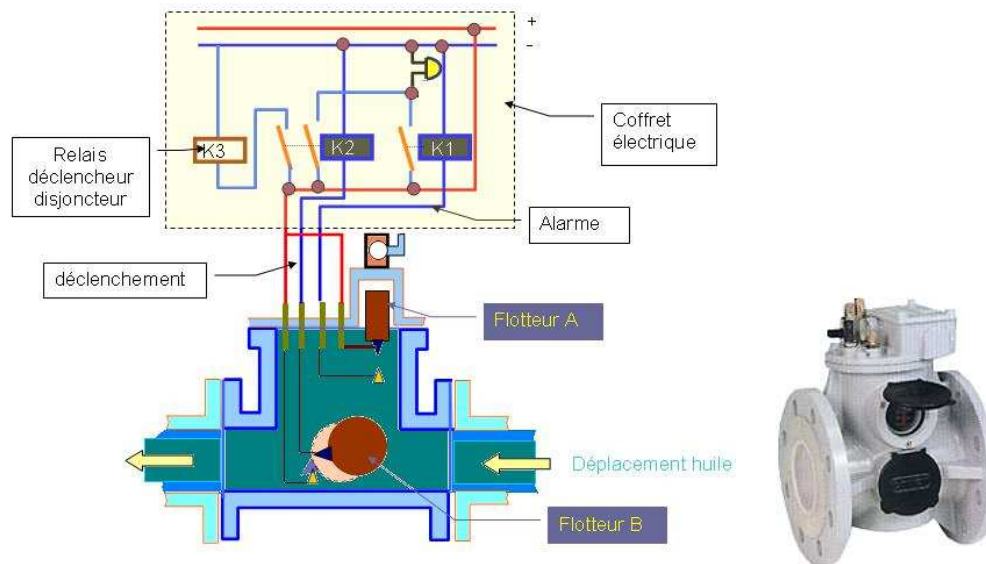


Figure 25 : principe du fonctionnement de relais du BUCHHOLZ

Le corps du relais renferme deux flotteurs.

- Lors d'une avarie de moindre importance, le dégagement gazeux se produit au niveau du **flotteur A** qui s'abaisse alors. **L'alarme** se met en fonctionnement.
- Un dégagement gazeux violent, résultant de défauts graves à l'intérieur du transformateur provoque un mouvement d'huile du transformateur vers le conservateur et donc un pivotement du **flotteur B**. L'action du contact provoque l'activation du relais de **coupure du disjoncteur**.

12. Exemple de désignations :

Transformateur immergé dans l'huile minérale à circulation naturelle: ONAN

13. Diagrammes vectoriels et couplages usuels des enroulements:

Les enroulements de phase d'un transformateur triphasé peuvent être connectés de trois façons différentes:

- en triangle, en étoile, en zigzag, qui est respectivement repérés par les lettres D ou d, Y ou y, Z ou z.

Lorsque le point neutre est sorti (étoile ou zigzag), il est signalé par les lettres N ou n

Le diagramme vectoriel met en évidence le déphasage entre les enroulements haute et basse tension. Ce déphasage est conventionnellement exprimé par l'indice horaire.

La vectrice origine positionnée en O est celui qui correspond à la haute tension.

Exemple:

Couplage Yzn11, étoile zigzag neutre sorti déphasage entre primaire et secondaire 330°

14. Fonctionnement en parallèle de transformateurs :

Pour connecter directement bornes à bornes plusieurs transformateurs, il faut que:

- Leurs rapports de transformation soient identiques,
- Les tensions de court-circuit à courant nominal soient égales,
- Les couplages soient compatibles, c'est à dire que leurs indices horaires soient identiques ou qu'ils appartiennent à l'un des quatre groupes suivants:
 - Groupe I: indices horaires 0, 4 et 8
 - Groupe II : indices horaires 6, 10 et 2
 - Groupe III : indices horaires 1 et 5
 - Groupe IV : indices horaires 7 et 11

VII. Régime de neutre :

1. Définition des régimes de neutre :

En électricité, un **Régime de neutre** définit la façon dont est raccordé la terre de la source de tension (ex : un transformateur de distribution EDF, un groupe électrogène, une éolienne, ...) et des masses côté utilisateur. C'est-à-dire la façon dont les carcasses métalliques de vos appareils (ex : machine à laver, four,...) sont raccordés. Il existe plusieurs régimes de neutre dont les plus connus :

- Le régime de neutre TT : Le premier T indique que le neutre de l'installation est relié à la terre coté générateur et le deuxième indique que les masses (carcasse métallique) sont reliées à la terre.
- Le régime de neutre TN : La première lettre "T" indique que le neutre de l'installation est relié à la terre coté générateur et le "N" indique que les masses (carcasse métallique) sont reliées au neutre.

- Le régime de neutre IT : La première lettre "I" indique que le neutre de l'installation est isolé de la terre (Donc pas de connexion) coté générateur et le deuxième indique que les masses (carcasse métallique) sont reliées à la terre.

2. Régime de neutre TT

a. Câblage

T : liaison du neutre à la terre.

T : liaison des masses à la terre.

C'est le régime le plus simple à l'étude et à l'installation. Il est utilisé par l'ONE pour toute la distribution BTA publique. Le neutre du transformateur de distribution est mis à la terre à travers une prise de terre de résistance R_n . Les masses sont mises à la terre à travers une prise de terre de résistance R_u .

L'emploi d'un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) est obligatoire en tête de l'installation. La coupure a lieu lors d'un défaut d'isolement lorsque le courant de défaut est supérieur à la sensibilité du DDR.

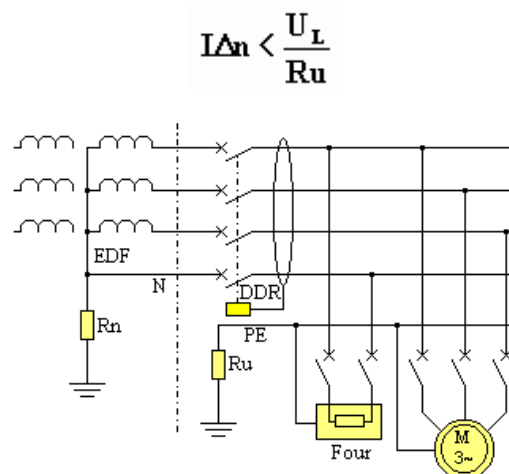


Figure 26 : régime de neutre TT.

b. En cas de défaut

En cas de défaut (**Par exemple la phase L1 de la machine à laver s'est déconnecté suite à la vibration et touche la carcasse métallique**) le courant arrivant dans cette phase passe par la carcasse qui est conducteur de courant pour finir dans le câble de terre.

Le différentiel est un appareil qui fait la soustraction du courant entrant par les phases avec le courant sortant par le neutre. Si le résultat est nul alors rien ne se passe or dans notre cas un peu de courant passe dans la terre (Appelée courant de fuite) ce qui implique que le courant dans les phases est différent du courant dans le neutre, le différentiel se met donc à disjoncter seulement si le courant de défaut est supérieur à celui réglé dans notre cas 30mA.

3. Régime de neutre TN

a. Câblage

T : liaison du neutre à la terre.
N : liaison des masses au neutre.

Le transformateur est la propriété de l'entreprise. Les masses sont reliées au conducteur PE ou PEN mis à la terre en différents points de l'installation.

La coupure se fait lors d'un défaut d'isolement par protection contre les surintensités (disjoncteur, fusibles). La présence de forts courants de défauts entraîne une augmentation des risques d'incendie.

Le montage TNC permet une économie lors de l'installation (suppression d'un pôle sur l'appareillage et d'un conducteur). Il est interdit pour des sections inférieures à 10mm².

Ce régime est utilisé dans des installations à faible isolement, présentant des courants de fuite importants.

Schéma TNC ou TNA

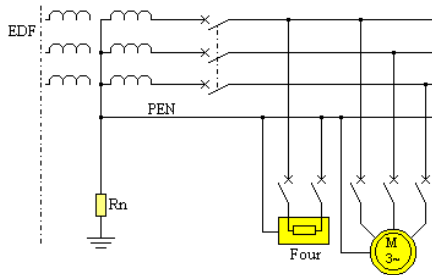


Schéma TNS ou TNB

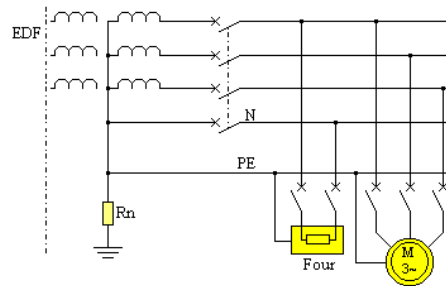


Figure 27 :régime de neutre TN

b. En cas de défaut

En cas de défaut le courant passe dans la phase puis dans la carcasse et arrive dans le neutre qui est donc en court-circuit. Le disjoncteur coupe immédiatement car la résistance du circuit est quasi nul!

c. A savoir

Le régime de neutre TN peut avoir le neutre et la terre confondu (Régime de neutre TNC => Terre-Neutre Confondu) ou la terre et le neutre séparé (Régime de neutre TNS => Terre-Neutre Séparé).

Il existe même une variante TNCS Schéma TN mixte comportant généralement à l'origine de l'installation, un réseau TNC, suivi pour les installations terminales, par des réseaux TNS.

4. Régime de neutre IT :

a. Câblage :

I : neutre isolé de la terre (ou impédant).
T : liaison des masses à la terre.

C'est le régime utilisé par la plupart des grandes entreprises industrielles car il assure la meilleure continuité de service. Le transformateur est la propriété de l'entreprise. La livraison est faite en HT par l'EDF. Le neutre du transformateur est isolé de la terre ou mis à la terre à travers une grande impédance Z_n .

Les masses sont mises à la terre à travers une prise de terre de résistance R_u .

Un contrôleur permanent d'isolement (CPI) est nécessaire pour signaler tout défaut d'isolement (alarme sonore). Le défaut doit être éliminé avant l'apparition d'un second défaut, qui produirait la coupure de l'installation.

La coupure a lieu lors de deux défauts d'isolement simultanés par déclenchement des protections contre les surintensités (disjoncteurs, fusibles).

Un limiteur de surtension C est nécessaire.

Dans le cas de départs longs, une protection différentielle doit être envisagée pour assurer la protection des personnes.

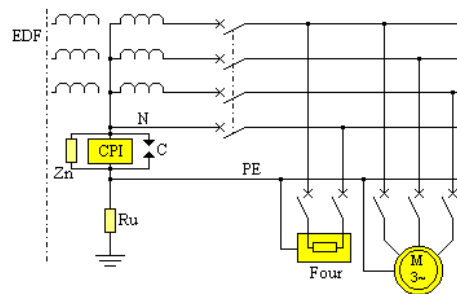


Figure 28 : régime de neutre IT

b. En cas de défaut :

Lors d'un premier défaut il ne se passe rien. Le courant passant dans la carcasse métallique fini dans l'impédance Z_n du neutre se qui implique un courant très faible. C'est pour cela que les hôpitaux, les salles de concert, ... utilise ce régime de neutre afin d'éviter une coupure lors d'un premier défaut. Le CPI (Contrôleur Permanent d'Isolement), quant à lui, détecte cette fuite et le signale grâce à un voyant et/ou une alarme.

c. En cas de deuxième défaut :

Par contre lors d'un deuxième défaut les deux conducteurs se retrouve interconnecté d'ou un court-circuit. C'est ainsi que les systèmes contre les surintensités (Disjoncteur, fusible, ...) se déclenche. Il est à noté que le Régime de neutre IT est à proscrire si vous ne possédez pas de technicien capable d'intervenir 24/24h et 7/7 jours ce qui est obligatoire d'après la norme.

Conclusion

Pendant ce stage d'initiation, j'ai eu l'occasion de me familiariser avec le monde professionnel et aussi intégrer les différentes équipes au sein de la SMI. Ce même séjour il m'a permis de comprendre les étapes par lesquelles passe l'industrie minière ainsi que l'organisation de l'entreprise minière.

Sur le plan technique, j'ai appris le rôle et la démarche de chaque opération minière ainsi que les types d'engins qu'elle utilise et leurs principes de fonctionnement. Au niveau de traitement, j'ai appris les différentes étapes de traitement du minerai. Et j'ai vécu aussi les différents problèmes quotidiens rencontrés dans la mine.

Finalement, je tiens fortement à affirmer l'importance de cette expérience au sein de la SMI dont on a bien apprécié son EFFORT CONTINU et sa VOLONTE DE FER.