



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département : Génie Electrique

Réf :/MM/2021



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme master

Domaine : ST Filière : Electromécanique

Présenté par : BOUZEGZA IMAD EDDINE / GRIOU ABDELKRIM

Thème

ETUDE D'UN VARIATEUR DE VITESSE

Soutenu le : 06/11/2021

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade		
Mr. KHERCHI MOHAMED	M.C.A	Univ.de Bouira	Présidente
Mme. YASSA NACER	M.C.B	Univ.de Bouira	apporteuse
Mr. HOUASSINE	M.C.A	Univ.de Bouira	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Sommaire

Dédicace.....	
Remerciement	page
Liste des abréviations.....	page 5
Liste des tableaux	page 6
Liste des figures.....	page 7
Sommaire.....	page 8
Introduction générale.....	page10

Chapitre1 : Généralités sur entreprise nationale des peintures, « EPE/E.N.A.P/Spa »

1.1 Introduction.....	page12
1.2 Présentation de l'entreprise.....	page
1.2.1 Dénomination sociale et statuts.....	page
1.2.2 Actionnaire.....	
1.3 Historique de sa création.....	
1.3.1 Forme juridique des biens	
1.3.2 Situation juridique des biens	
1.3.3 Raisons sociales	
1.4 Sa composition	
1.5 Unité de peinture de LAKHDARIA (UPL).....	
1.5.1 Historique de l'ENAP (UPL)	
1.5.2 Situation géographique	
1.6 Organigramme de l'unité de peinture LAKHDARIA.....	
1.7 Description de l'organigramme générale.....	
1.7.1 Département informatique	
1.7.2 Département commercial	
1.7.3 Département d'administration et de finances	
1.7.4 Département de développement et de qualité	
1.7.5 Département de production	
1.7.6 Département technique	
1.7.6.1 Service bureau des méthodes	
1.7.6.1.1 Organigramme	
1.7.6.1.2 Compositions	
1.7.6.2 Service entretien (Maintenance) :	
1.7.6.2.1 Méthodes de la maintenance	
1.7.6.2.2 Organigramme du service entretien :	
1.7.6.2.3 Service Utilité :	
1.7.6.2.3.1 Organigramme	
1.8 Fabrication de la peinture.....	
1.9 Processus de la fabrication de peinture.....	
1.10 Les équipements automatisés et non automatisés.....	
1.10.1 Les équipements automatisés	
1.10.1.1 Broyeur NIEMANN	
1.10.1.2 Silos de stockage	
1.10.1.3 Machine à laver des cuves (RIOBEER)	
1.10.1.4 Dilueuses VIBROMAC	
1.10.2 Les équipements non automatisés (Manuels)	
1.11 Conclusion.....	

chapitre2 : Généralité sur les machines asynchrones et variateur de vitesse

- 2.1. Généralité sur les machines asynchrones
 - 2.1.1. Introduction
 - 2.1.2. Définition :
 - 2.1.3. Constitution de la machine asynchrone
 - 2.1.4. Principe de fonctionnement
 - 2.1.5. Bilan énergétique d'un moteur asynchrone et formules
 - 2.1.6. Plaque signalétique
 - 2.1.7. Plaque à bornes
- 2.2.1. Intérêt de la variation de vitesse
 - 2.2.1.1. Économie d'énergie
 - 2.2.1.2. Performance de la commande
- 2.2.2. Exemples d'utilisation
- 2.2.3. Variateurs électroniques
- 2.2.4. Comment câbler un Variateur VFD
- 2.2.5. Schéma de câblage de base du VFD.....
- 2.2.6. Conclusion

Chapitre 3 : Étude et simulation de Micro-console de l'ACS850

- 3.1 Introduction.....
- 3.2.1 Instructions générales.....
- 3.2.2 Utilisation correcte.....
- 3.2.3 Rayon d'utilisation
- 3.2.4 Broyage
 - 3.2.4.1 Processus de broyage / temps de broyage
- 3.2.5 Caractéristiques de la machine
 - 3.2.5.1 Panier de broyage
 - 3.2.5.2 Besoin d'énergie
 - 3.2.5.2.1 Électrotechnique:
 - 3.2.5.2.2 Eau de refroidissement:
- 3.2.6 Plaque d'identification
- 3.2.7 Vérification et entretien
- 3.3 Micro-console de l'ACS850
 - 3.3.1 Généralités
 - 3.3.2 Caractéristiques
 - 3.3.3 Installation
 - 3.3.4 Fonctionnement
 - 3.3.5 Fonctionnement de base - tout mode
- Conclusion générale
- Résumé

Liste des figures:

Figure 1.1:L'ENAP à partir de Google Earth

Figure 1.2:Vue Globale de L'ENAP.

Figure 1.3 : Organigramme de l'unité de peinture de LAKHDARIA

Figure 1.4 : Organigramme du service méthode

Figure 1.5 : Organigramme du service entretien.

Figure 1.6 : Organigramme du service utilité

Figure 1.7: Vue générale du broyeur NIEMANN.

Figure 1.8:Panier de broyage.

Figure 1.9:Automate LOGO.

Figure 1.10: Différents radars utilisés.

Figure 1.11: Automate Allen Bradley micros850.

Figure 1.12 : Silos de stockage.

Figure 1.13 : Machine à laver.

Figure 1.14 : Automate SIEMENS S7-200.

Figure 1.15 : Dilueuse VIBROMAC.

Figure 1.16: Automate SIEMENS SIMATIC S7-300.

Figure 1.17 : Réacteur Résines.

Figure 1.18 : Groupe de refroidissement YORK.

Figure 1.19 : Groupe de refroidissement JACIR.

Figure 2.1 : Plaque à bornes de la machine

Figure 2.2 : constitution d'une machine

Figure 2.3 :Champ tournant de la MAS

Figure 2.4 : bilan de puissance

Figure 2.5 : plaque signalisation opposé sur un moteur

Figure 2.6 : (a) couplage étoile (b) couplage triangle

Figure 2.7 : forme d'onde de sortie VFD

Figure 2.8 : Schéma de câblage de base du VFD

I.1Introduction

La peinture est une composition liquide, liquéfiable ou en mastic, employée pour protéger, décorer ou améliorer la surface d'un objet en le couvrant d'un enduit pigmenté.

Dans le domaine artistique, la peinture est la matière utilisée par les artistes-peintres et composée de différents matériaux (pigments en poudre, liant, résines, encre) ; elle est utilisée selon différentes techniques picturales (huile, acrylique, aquarelle, pastel, gouache, etc.) destinées à l'expression personnelle et à la création d'œuvres d'arts. Le terme peut aussi désigner l'œuvre créée avec cette technique.

Utilisées en décoration intérieure et pour toutes sortes d'objets de la vie quotidienne. Les peintures utilitaires sont des produits vendus au rayon « bricolage ». Les produits spécifiques pour artistes étant vendus au rayon « Beaux-arts ». Depuis le début du XX^e siècle, les artistes ont expérimenté de nouvelles voies et tendent à briser les normes et les tabous en introduisant dans leurs œuvres les matériaux du bricolage.

La peinture se présente en général sous forme liquide et est appliquée selon son utilisation en une ou plusieurs couches, avec un pinceau, un rouleau ou par projection. Les peintures peuvent aussi être sous forme pâteuse et s'appliquer avec un couteau (une petite truelle). Dans la pratique artistique ou domestique, la peinture s'applique parfois à la main (peinture pariétale, art contemporain) mais plus souvent au pinceau, au rouleau, au couteau et même au balai chez certains artistes contemporains qui travaillent à plat sur de très grandes surfaces.

Afin d'obtenir un revêtement solide, il est nécessaire de sécher les peintures liquides par évaporation des solvants ; cette étape est généralement suivie d'une réticulation qui améliore les propriétés physiques du revêtement.

Dans l'industrie, on utilise aussi des peintures en poudre, appliquées par projection électrostatique ou trempage, qui sont par la suite réticulées.

Dans le second œuvre du Bâtiment, la peinture en filière sèche, préfabriquée industriellement, se présente sous forme d'un système de peinture. Il s'applique aux supports (absorbants ou non) grâce à une résine d'assemblage.

I.2 Présentation de l'entreprise

I.2.1 Dénomination sociale et statuts

Entreprise publique économique, société par action, entreprise nationale des peintures, « EPE/E.N.A.P/Spa », a été dénommée ainsi après la modification des statuts en 31 mars 1990.

I.2.2 Actionnaire Alegria chemical specialities (ACS).

I.3 Historique de sa création

L'ENAP, entreprise nationale des peintures est issue à la restructuration de la SNIC société nationale des industries chimiques par décret N°82417 du 04 décembre 1982.

I.3.1 Forme juridique des biens

ENAP est une entreprise publique économique et société à capitaux crée sous forme de société par actions, elle est régie par le droit commercial Algérien.

I.3.2 Situation juridique des biens

L'ENAP dispose des documents juridiques attestant sa pleine propriété des biens fonciers, elle peut opérer toute action de cession, de bail, d'hypothèque ou de location sur ces biens.

I.3.3 Raisons sociales

La recherche, le développement et la production des peintures, vernis, encres et émulsions, résines, colles, siccatifs et dérivés.

I.4 Sa composition

L'ENAP est composé d'une direction générale (Siège) et de 6 unités de production parfaitement implantées sur le territoire national lui conférant ainsi une large couverture de marché.

- ✓ Unité peinture de LAKHDARIA wilaya de Bouira (UPL).
- ✓ Unité peinture d'oued SMAR wilaya d'Alger (UPA).
- ✓ Unité peinture de CHERAGA wilaya d'Alger (UPC).
- ✓ Unité peinture d'ORAN wilaya d'ORAN (UPO).
- ✓ Unité peinture de SIG wilaya de Mascara (UPS).

✓ Unité peinture de SOUK AHRAS willaya de SOUK AHRAS (UPSA).

I.5 Unité de peinture de LAKHDARIA (UPL)

I.5.1 Historique de l'ENAP (UPL)

L'unité de LAKHDARIA est rentrée en exploitation en 1972. La transformation de l'ENAP en Spa a eu lieu en mars 1990 avec un capital social de 100 millions de DA qui est passé à 500 millions de DA en 1995 répartis en 5000 actions de 100.000 DA chaque une détenue en totalité par la société de gestion des participations chimie pharmacie.

L'unité de production de LAKHDARIA (UPL) emploi 360 travailleurs répartis en différents départements (département techniques, production, commercial, informatique...).

L'unité contient aussi un département qualité et développement pour l'amélioration de la production et de la recherche des nouvelles formules. Cette structure est dotée d'un laboratoire dont le rôle principal est le développement de nouveaux produits finis et le suivi du développement des peintures à l'échelle internationale.

I.5.2 Situation géographique

L'unité de production de LAKHDARIA connue par ces initiations UPL est située au village de ZBERBOURA à côté de la route nationale N°05 à la distance de :

- 05 Km EST de LAKHDARIA.
- 40 Km à l'OUEST de BOUIRA.
- 77 Km à l'EST de la capitale wilaya d'ALGER.

Par ailleurs on trouve une unité économique ENAD SIDET (entreprise nationale des détergents) juste à côté.



Figure I.1:L'ENAP à partir de Google Earth.



Figure I.2Vue Globale de L'ENAP.

I.6 Organigramme de l'unité de peinture LAKHDARIA

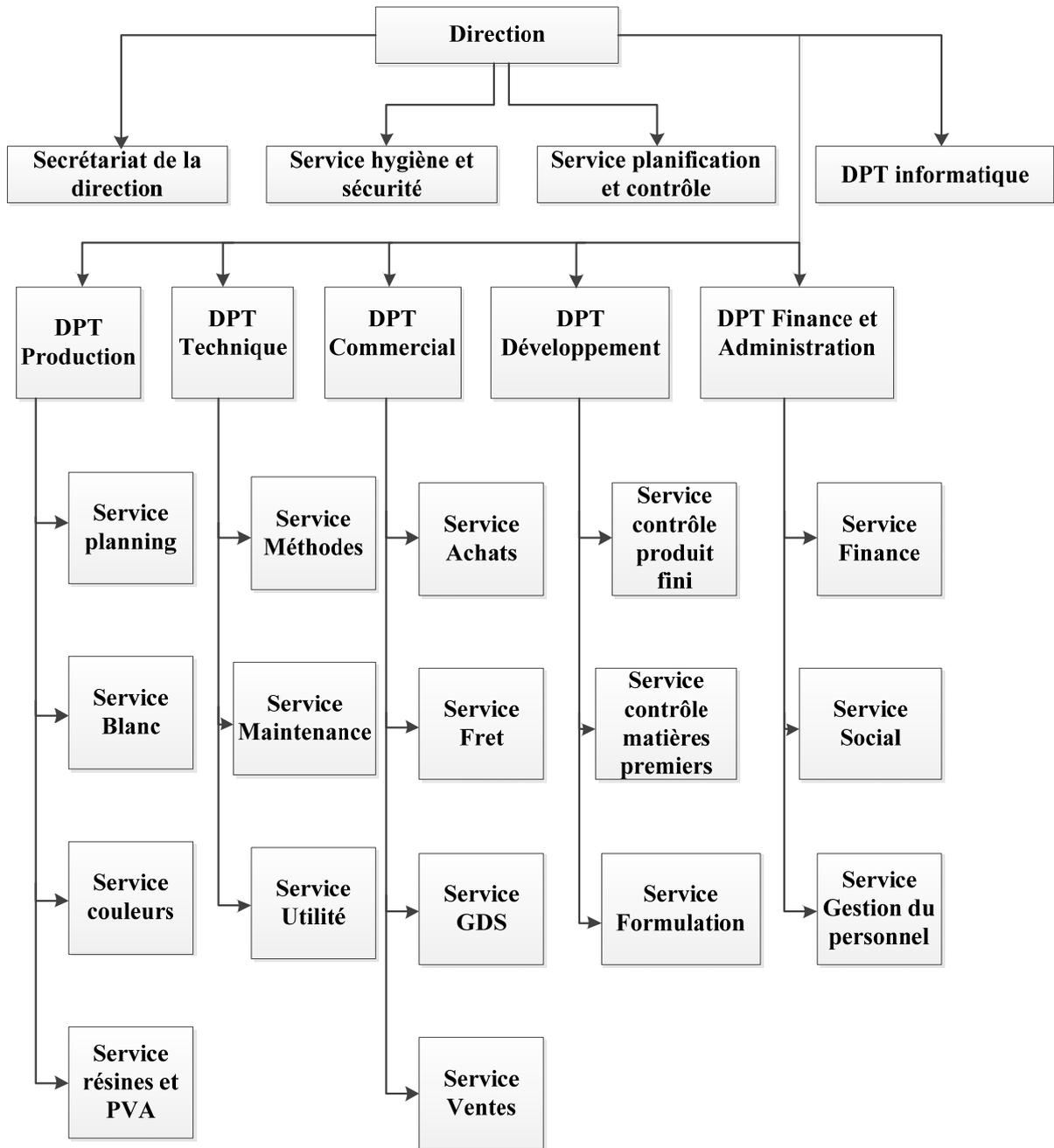


Figure I.3 Organigramme de l'unité de peinture de LAKHDARIA.

I.7 Description de l'organigramme générale

I.7.1 Département informatique

Il a pour rôle

- L'informatisation de toutes les fonctions de l'unité.
- L'assurance de la maintenance des différents logiciels en exploitation.
- La facilité de gestion de l'unité car il permet d'utiliser l'outil informatique dans des opérations diverses.
- Assure la sécurité totale aux bases de données de l'unité, la structure informatique devra mettre en place un système de gestion de réseau.
- Assistance du personnel.

I.7.2 Département commercial

Le département commercial a une grande importance en relation commerciale vu qu'il représente le noyau entre l'unité et le monde extérieur.

Il est composé de trois services :

- ✓ **Service ventes** c'est l'interface avec le client, leur fonctions et commercialisation des produits.
- ✓ **Service achats** matières premières, emballages.
- ✓ **Service de gestion des stocks** (matière première, emballages, semi-fini).

I.7.3 Département d'administration et de finances

La comptabilité est une nécessité absolue et vitale dans une entreprise, elle permet de faire connaître aux dirigeants d'une entreprise sa situation. Elle donne toutes les informations d'une manière compréhensible de l'ensemble des opérations de l'année.

I.7.4 Département de développement et de qualité

C'est à cette structure qu'il revient d'homologuer la qualité des matières premières et des produits finis.

L'unité de production de LAKHDARIA est dotée d'un laboratoire équipé dont le rôle principal est d'assurer :

- En aval, le contrôle de la qualité des matières premières, et en amont la qualité des produits semi-finis, et le suivi de la clientèle, comme il assure le service après-vente répondant à toute réclamation émanant des clients sur la qualité
- De plus ce département assure l'amélioration de la formulation technique des produits finis dans le cadre du développement des peintures.

I.7.5 Département de production

Ce département a pour rôle la fabrication des peintures suivant un programme préétabli en fonction des moyens de production et des matières premières mises à sa disposition.

Ce département est divisé en quatre (4) services

- **Service planning.**
- **Service production blanc.**
- **Service production couleur.**
- **Service résines.**

I.7.6 Département technique

Le département technique organise les moyens techniques nécessaires à la bonne marche de l'entreprise et coordonne les services connexes à l'activité de l'entreprise. Les responsables des services techniques sont chargés d'organiser les moyens nécessaires pour soutenir la production à réaliser son programme et atteindre son objectif.

Il est divisé en trois services

- 1. Service méthodes.**
- 2. Service maintenance.**
- 3. Service Utilités.**

I.7.6.1 Service bureau des méthodes

I.7.6.1.1 Organigramme

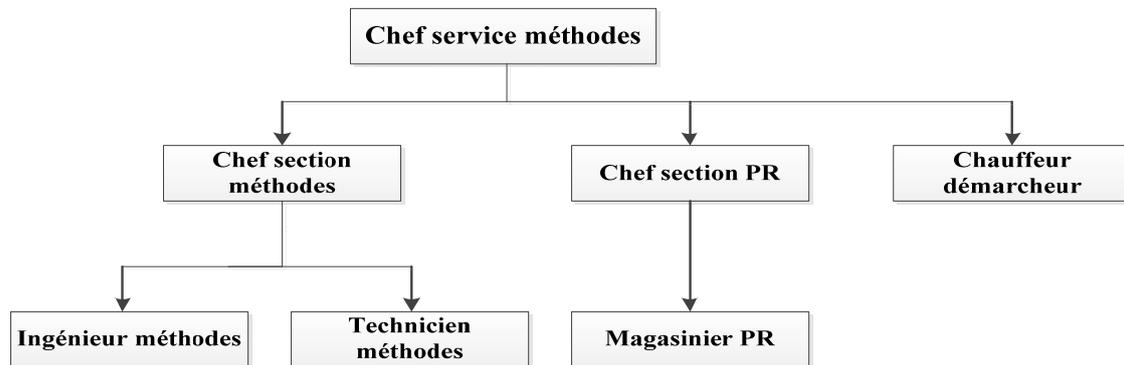


Figure I.4 : Organigramme du service méthode.

I.7.6.1.2 Compositions

Le service est composé de

- **Chef de service méthodes.**
- **Chef de section méthodes.**
- **Ingénieur méthodes.**
- **Technicien méthodes.**

Et doit assurer

- ✓ Réception et classement par famille de la documentation générale.
- ✓ Prise en charge des dossiers techniques.
- ✓ Mise à jour des dossiers techniques (historiques) des équipements.
- ✓ Etablissement des plannings d'entretien et de graissage.
- ✓ Etablissement (participation) des bilans de l'activité maintenance.
- ✓ Réception et analyse des rapports mensuels émis par le service entretien.
- ✓ Lancement des dossiers de commande de pièces de rechange (achats locaux et étrangers).
- ✓ Planification, ordonnancement et lancement des différentes prévisions.
- ✓ Participer à l'étude des dossiers des opérations de travaux neufs et investissement.
- ✓ Gestion des opérations de la maintenance et de la pièce de rechange.

I.7.6.2 Service entretien (Maintenance)

Tout matériel de l'industrie qui fonctionne s'use, donc, il doit être suivi contre les usures, les ruptures, et incidents imprévus.

Il faut de l'entretien pour assurer la fiabilité de l'exploitation et conserver sa performance et lui assurer une longue durée de vie de matériel.

I.7.6.2.1 Méthodes de la maintenance

- **Méthode curative**

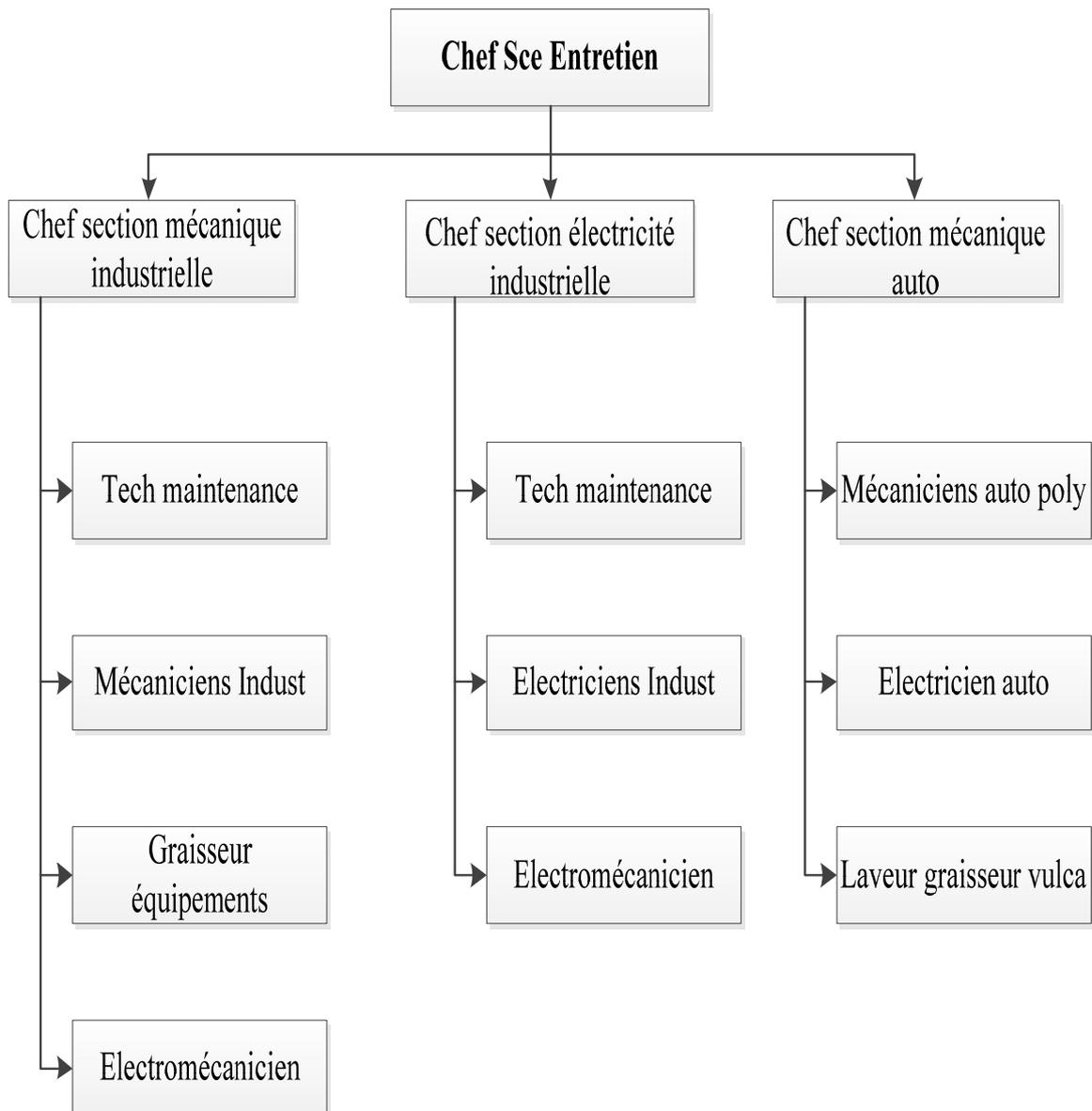
Ça correspond à toute intervention non programmée.

- **Méthode Préventive**

Elle repose dans sa totalité sur un plan de travail pré établi.

En étroite collaboration avec le service bureau des méthodes, ce service (entretien) assure les tâches suivantes :

- ✓ Assurer (exécuter) tout dépannage et réparation.
- ✓ Contrôle des paramètres de fonctionnement des équipements.
- ✓ Réalisation physique des programmes d'entretien élaboré par le service bureau des méthodes.
- ✓ Participation à la réalisation et suivi des opérations de travaux neufs, d'investissements et de renouvellement.
- ✓ Fournir toute information technique concernant l'outil de production.
- ✓ Veiller en permanence au respect des consignes d'exploitation des équipements et des installations.

I.7.6.2.2 Organigramme du service entretien**Figure I.5** Organigramme du service entretien.

I.7.6.2.3 Service Utilité

I.7.6.2.3.1 Organigramme

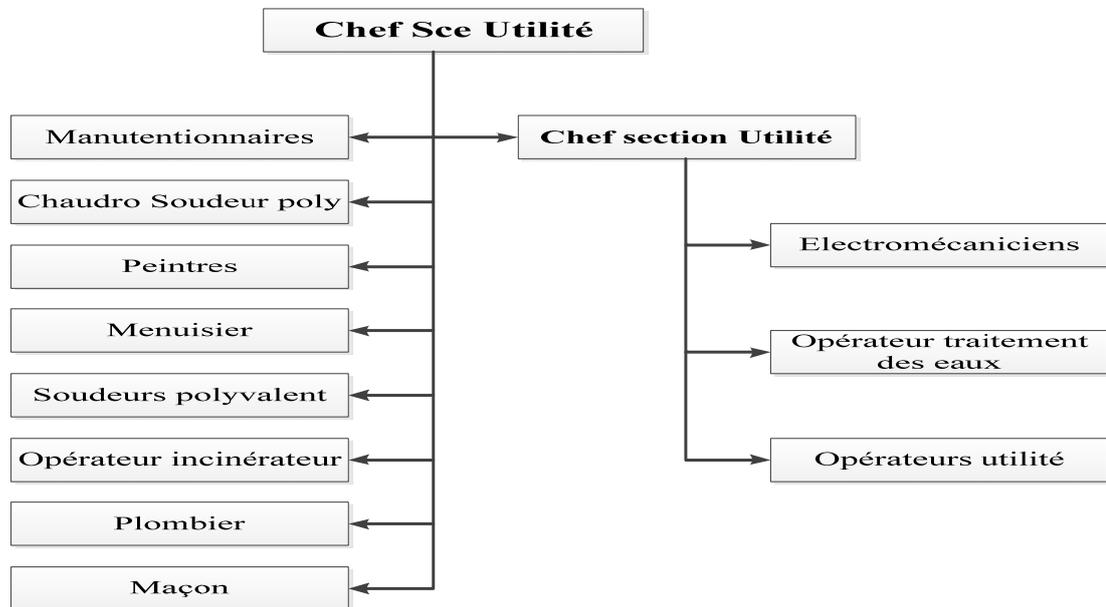


Figure I.6 Organigramme du service utilité.

I.8 Fabrication de la peinture

La peinture est un produit appliqué sur un support en vue de le protéger et d'augmenter sa résistance mécanique et améliorer son esthétique. La peinture est essentiellement constituée de plusieurs éléments

- **Résine** c'est un polymère synthétique qui sert à éloigner les grains de produit à fin d'évité l'assemblage de ces derniers à nouveau.
- **Pigment** c'est une substance naturelle solide colorée, son rôle est de donner la couleur et augmenter la résistance mécanique du support, produit par les organismes animaux ou végétaux.
- **Solvant** le solvant est capable de dissoudre un corps et qui sert aussi comme diluant ou dégraissant.
- **Additif** les additifs modifient et améliorent certaines propriétés de la peinture.

I.9 Processus de la fabrication de peinture

Le processus général de fabrication de peinture est comme suivi

a) La Première phase (Empattage)

C'est une phase qui consiste à mélanger par agitation les charges et les pigments avec une partie de résines ou PVA dans un empâteur, Comme il consiste à disperser le mélange pour les rendre plus homogène et avec une certaine finesse.

b) La Deuxième phase (Broyage)

Consiste à séparer mécaniquement les gros agglomérats en agglomérats plus petits dispersés dans le liant. Cette opération est réalisée par les forces de cisaillement transmises par les microbilles des broyeurs ou des cylindres.

c) La Troisième phase (Dilution)

Dans cette phase la peinture est mise à la viscosité requise avec le restant de liant, solvant et additifs.

Après le visa du laboratoire, on passe à la troisième phase (aucun produit ne peut être conditionné sans l'accord du laboratoire).

d) La Quatrième phase (Conditionnement)

Cette opération consiste à la mise en boîtes ou bidons du produit fini à l'aide d'une machine de conditionnement semi-automatique ou automatique en fonction du type d'emballage utilisé.

I.10 Les équipements automatisés et non automatisés**I.10.1 Les équipements automatisés**

- ✓ Dilueuses (VIBROMAC, NIEMANN).
- ✓ Conditionneuse DEVREE V230 I.
- ✓ Machine à laver (RIOBEER).
- ✓ Machine à emballée (Cyclrope).
- ✓ Silos de stockage.
- ✓ Broyeur (NIEMANN).

I.10.1.1 Broyeur NIEMANN

Est conçu pour les produits de moyenne à haute viscosité.

❖ Caractéristiques

- Utilisation de diamètres de récipients de mélange différent.
- "SPEED-CONTROL" en fonction de la viscosité.
- Tailles de lots de 1 à 5000 litres.
- Broyage de produits à viscosité faible à moyenne.
- Conduisez par la technologie moderne de convertisseur de fréquence.
- Panier de broyage réglable en hauteur.
- Panier de broyage refroidi.
- Contrôle de refroidissement automatique.
- Vitesse périphérique élevée.
- Mesure de température continue avec valeur limite.
- Utilisation de matériaux spéciaux résistants à l'usure.



Figure I.7 Vue générale du broyeur NIEMANN.



I.8:Panier de broyage.

Automate utilisé

Le broyeur NIEMAN est piloté par l'automate siemens logo DM16 24R qui relié avec un variateur de vitesse ABB ACS850.



Figure I.9:Automate LOGO.

I.10.1.2 Silos de stockage

Le niveau des SILOS est super-visionné avec des indicateurs de niveau de marque KROH de type : BM100A, BM700, Optiflex 1300c, ces radars sont reliés à des automates de marque Allen Bradley, type : PLC-2080-LC50-48QBB, PLC-2080-LC50-24QBB.



Figure .10: Différents radars utilisés.

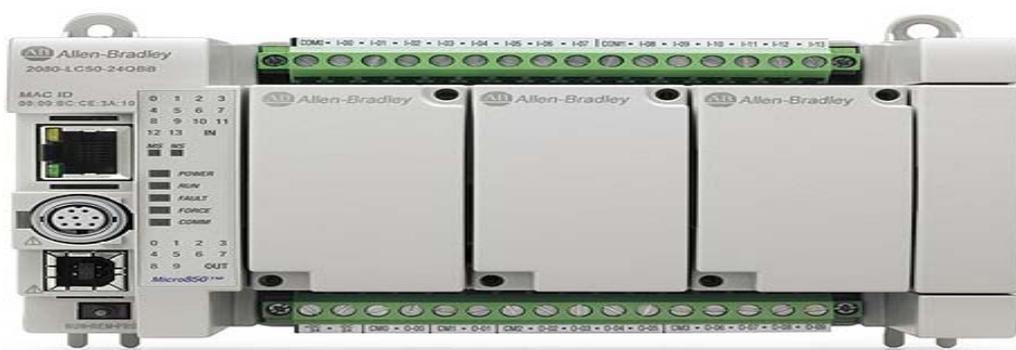


Figure I.11 Automate Allen Bradley micros850



Figure I.12 Silos de stockage.

I.10.1.3 Machine à laver des cuves (RIOBEER)

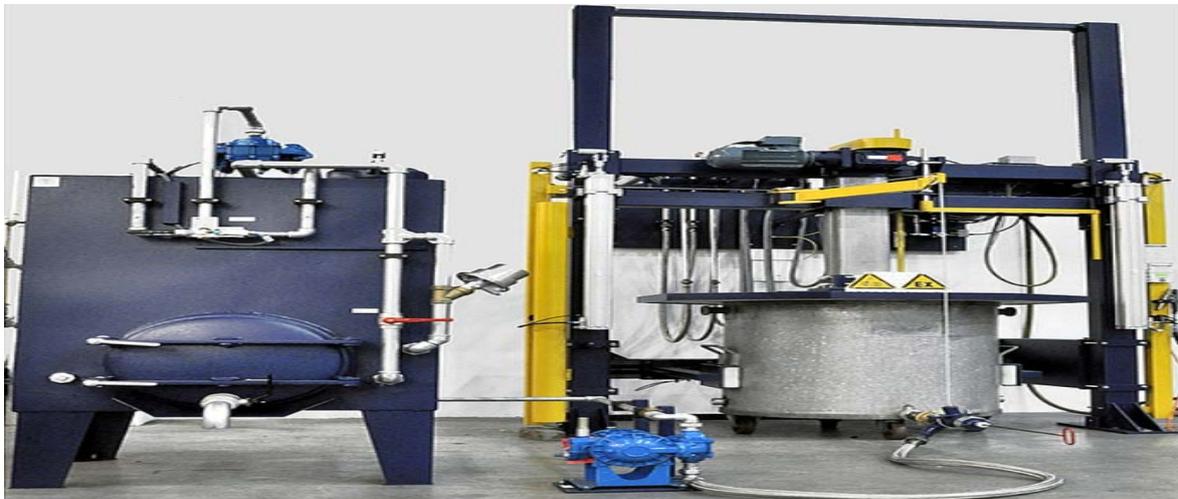


Figure I.13 Machine à laver.

❖ Caractéristiques

- Machine à laver robuste et facile à opérer pour le lavage des surfaces intérieures de cuves et containers avec des brosses et l'aspersion simultanée de solvant ; brosses en matériau conducteur avec attestation de conformité selon ATEX → pas d'enrobage à l'azote nécessaire.

- Très grande efficacité du nettoyage des surfaces intérieures de cuves cylindriques par brosse pliante à force centrifuge.
- Nettoyage des surfaces intérieures de cuves cylindriques par brosse à effet centrifuge à fibres longues ; remplacement aisé par des brosses pliantes à force centrifuge par une simple action sur un accouplement rapide.
- Dispositif d'aspersion de solvant de lavage et rinçage au solvant propre.
- Descente de la brosse dans la cuve et fermeture avec le couvercle de la machine par commande pneumatique.
- Détection automatique de position du couvercle, projection et rotation des brosses possibles uniquement avec le couvercle en place.
- Réserve de solvant dans un réservoir à proximité ; contacteurs de niveau pour le remplissage et la vidange.
- Filtre avec panier amovible pour protection de la pompe de vidange et du réservoir de solvant.
- Programme automatique de lavage : lavage – égouttage – rinçage – aspiration interne ; chacune des séquences du programme étant réglable.

❖ **Automate utilisé**

La machine à laver est piloté par l'automate siemens S7-200.



Figure I.14 Automate SIEMENS S7-200.

I.10.1.4 Dilueuses VIBROMAC**Figure I.15** Dilueuse VIBROMAC.**❖ Automate utilisé**

Les Dilueuses VIBROMAC sont piloté par l'automate siemens S7-300.

**Figure I.16** Automate SIEMENS SIMATIC S7-300.

I.10.2 Les équipements non automatisés (Manuels)

- ✓ Réacteurs (Résines, PVA)



Figure I.17 Réacteur Résines.

- ✓ Groupe de refroidissement YORK



Figure I.18 Groupe de refroidissement YORK.

✓ Tours de refroidissement JACIR :



Figure I.19 Groupe de refroidissement JACIR.

I.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'entreprise nationale des peintures, unité de production de LAKHDARIA, connaître son organisation, ces différentes structures et leurs missions et on se focalise sur le département technique puis on a visité plusieurs équipements automatisés et non automatisés que possède l'entreprise pour nous faire une idée du parc d'équipements de cette entreprise.

2.1. Introduction

Le moteur asynchrone a été inventé par Nikola Tesla en 1887. De par sa structure simple, son utilisation et sa maintenance, sa robustesse et son faible coût, les moteurs asynchrones sont aujourd'hui très couramment utilisés :

- Comme moteur avec une plage de puissance de quelques centaines de watts à plusieurs milliers de kilowatts.
- En tant que générateur dans les éoliennes, les turbines marémotrices et les systèmes de production d'électricité à vitesse variable [1]

2.2. Définition

Nous l'appelons un moteur asynchrone (MAS), un moteur à courant alternatif à vitesse variable. Il a deux enroulements, dont un seul enroulement (stator) est alimenté par la grille s pulsée; et le second (rotor) lui-même est enfermé (ou utilisé Squirrel type cage), ce type de machine est généralement davantage utilisé comme moteur asynchrone (triphasé). [2]

2.3. Constitution de la machine asynchrone

Ce type de machine possède deux armatures coaxiales, l'une fixe s'appelle le stator, et l'autre s'appelle le rotor ; il y a un entrefer entre les 2 châssis.

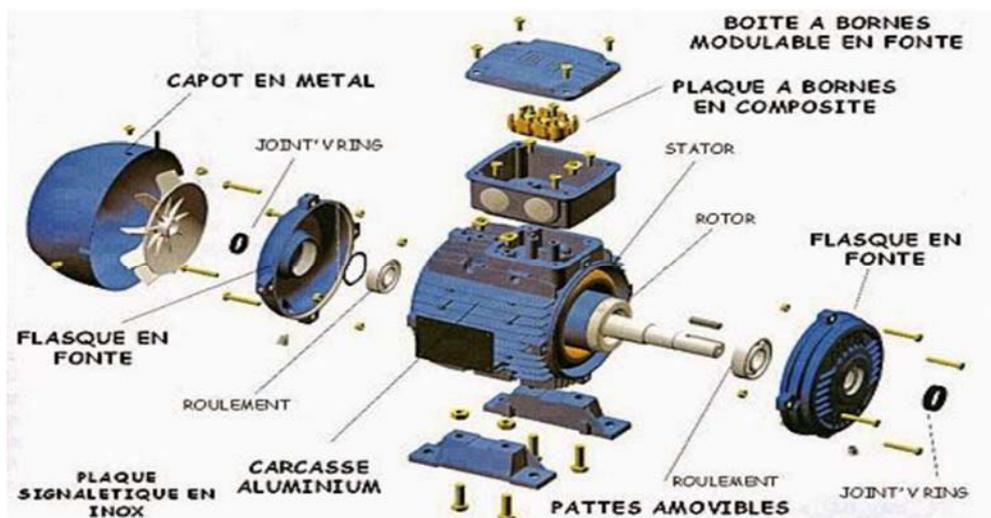


Figure.2.1 constitution d'une machine [3]

2.3.1 Stator

C'est la partie fixe du moteur. Une carcasse en fonte ou en alliage léger referme une couronne de tôles minces (de l'ordre de 0.5 mm d'épaisseur) en acier au silicium. Les tôles sont isolées entre elles par oxydation ou par un vernis isolant. Le feuilletage du circuit magnétique réduit les pertes par cycle d'Hystérésis et par courants de Foucault. Les tôles sont munies d'encoches dans lesquelles prennent place les enroulements statoriques destinés à produire le champ tournant. Chaque enroulement est constitué de plusieurs bobines. Le mode de couplage de ces bobines entre elles définit le nombre de paires de pôles du moteur, donc la vitesse du champ tournant.



Figure 2.2 Stator d'un moteur asynchrone

2.3.2 Rotor

Le rotor a des barres de cuivre ou d'aluminium installées dans la rainure, et deux barres en aluminium à son extrémité. Les barres relient la couronne, cette dernière est appelée "Cage d'écureille". Le courant dans la tige n'est induit que par le champ magnétique du stator.



Figure 2.3 Symboles électrique du moteur asynchrone à rotor bobiné (a) et à cage d'écureuil (b)

2.4 Principe de fonctionnement

L'enroulement statorique reçoit de l'énergie électrique du réseau de pulsation ω_s , ce qui crée un champ tournant à la vitesse angulaire synchrone $\Omega_s = \omega_s/p$; ce champ, en balayant les barres rotoriques y induit des F.E.M et donc des courants. Ces courants induits produiront un champ qui sera de sens opposé au champ statorique. Cela va produire un couple moteur qui entrainera la mise en mouvement du rotor dans les sens du champ tournant statorique [2]

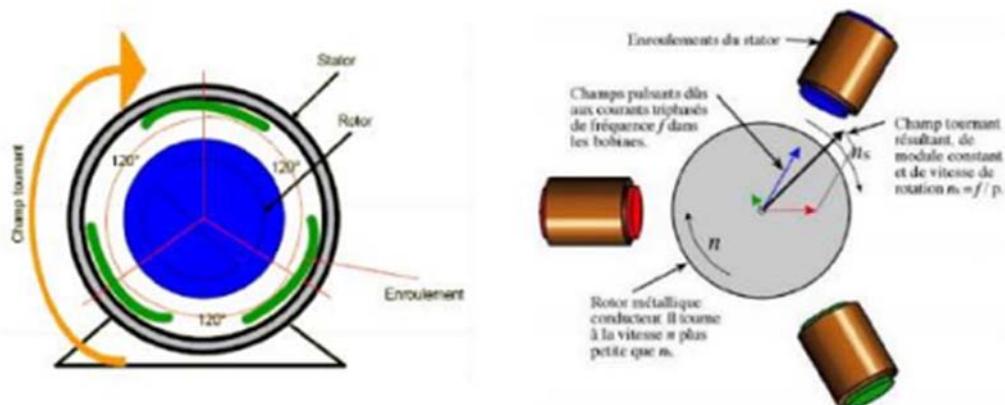


Figure 2.4 Champ tournant de la MAS

2.5 Plaque signalétique

Chaque machine électrique dispose d'une plaque signalétique qui constitue une sorte de carte d'identité du moteur

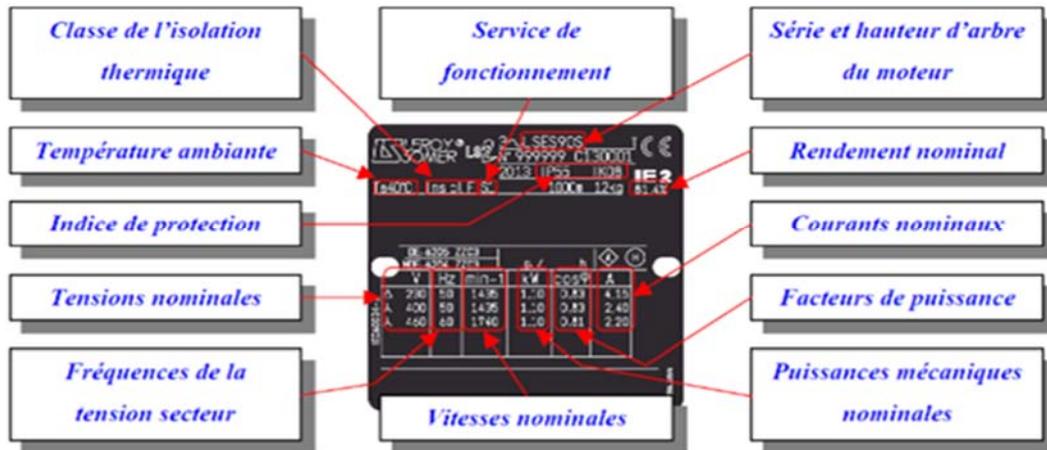


Figure 2.5 plaque signalisation apposé sur un moteur

2.6 Plaque à bornes

La plaque à bornes sert à ramener les extrémités des bobinages du stator afin de les accorderaux réseaux électrique il y a deux couplages étoile et triangle comme ci-dessous : [4]

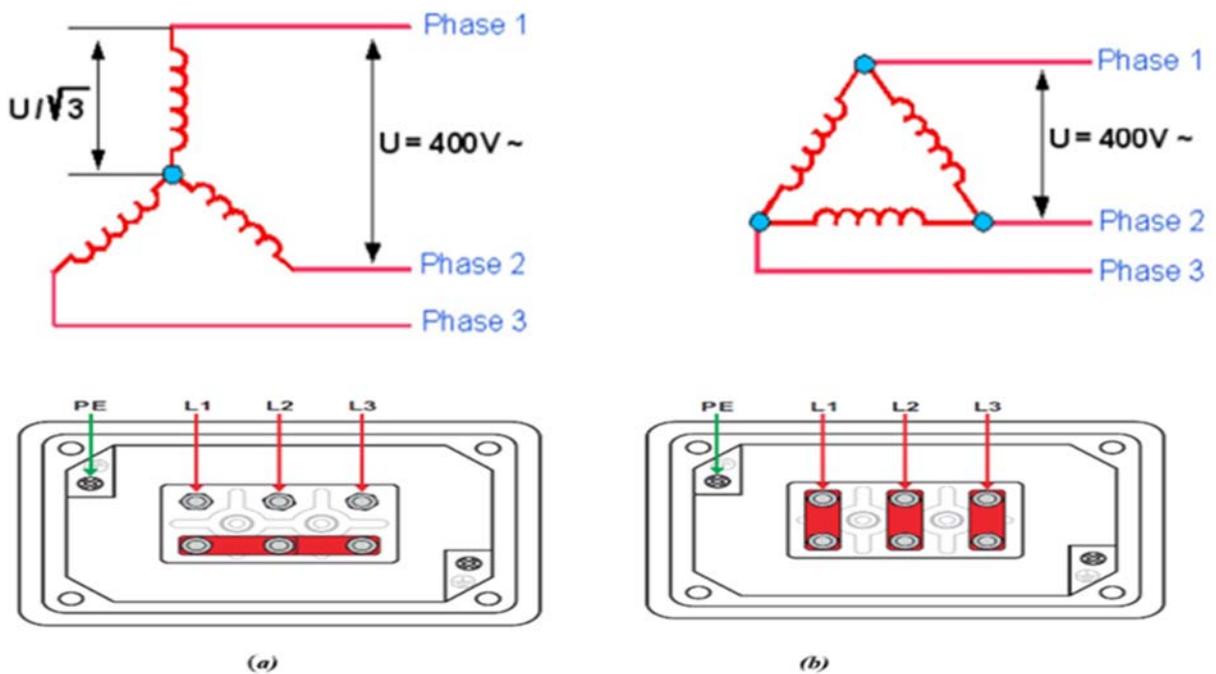


Figure 2.6 (a) couplage étoile (b) couplage triangle

2-7 Démarrage de la machine asynchrone

Lors de la mise sous tension d'un moteur, l'appel de courant sur le réseau est très élevé, il peut être de 6 à 10 fois le courant nominal, ce qui peut perturber le réseau et aussi endommager le moteur. Pour résoudre ce problème plusieurs procédures de démarrage sont utilisées afin de limiter l'appel des courants à des valeurs tolérables

2-7-1 Démarrage direct

Ce mode de démarrage est utilisé pour les moteurs de faible puissance ($P_u < 1.5 \text{KW}$). Il est le plus simple, dont lequel le stator est directement couplé sur le réseau, donc le moteur démarre sous ses caractéristiques naturelles. Il nous permet d'avoir un démarrage en moins de temps avec un couple élevé, mais l'appel de courant est très important c'est pour ça qu'il est déconseillé pour les moteurs de grande puissance.

2-7-2 Démarrage étoile triangle

Lors d'un démarrage étoile triangle, le moteur est d'abord connecté au réseau avec un couplage étoile, et lorsque sa vitesse se stabilise on passe sur le couplage triangle. Cette procédure nous permet d'avoir un courant de démarrage trois fois plus faible que lors de démarrage direct en triangle, mais le couple de démarrage diminue également de la même quantité que le courant. Ce type de démarrage convient aux machines qui ont un faible couple résistant ou qui démarrent à vide (ventilateurs, compresseurs centrifuges, etc.).

2-7-3 Démarrage par autotransformateur

Dans ce mode de démarrage, le stator de la machine asynchrone est alimenté via un autotransformateur qui permet d'effectuer un démarrage sous tension réduite. La tension est progressivement augmentée, ce qui nous donne la possibilité de contrôler le courant et le couple de démarrage. Ce mode de démarrage est généralement réservé à des moteurs de

grande puissance ($P_u > 150 \text{KW}$), car il conduit à des équipements relativement coûteux en raison du prix élevé de l'autotransformateur

2.8 Protection des machines asynchrone

Les protections des moteurs électriques contre les surintensités (surcharges et court circuits) ont pour but d'éviter un échauffement excessif, dû à l'absorption d'un courant très élevé et pouvant entraîner sa destruction.

2.9 Avantages et inconvénients

2.9.1 Avantages

Facile à construire, faible coût de fabrication, performant, robuste, entretien plus simple, pas de collecteur pour les moteurs à cage donc absence des problèmes liés à la commutation.

2.9.2 Inconvénients

Dans des utilisations à vitesse variable le moteur asynchrone a besoin d'un outil de commande plus complexe

2.10 Variation de vitesse d'un moteur asynchrone

La vitesse de rotation d'un moteur asynchrone est très proche de celle du synchronisme, elle est donnée en fonction de la fréquence, du nombre de paire de pôles et du glissement.

$$N = (1 - g) * N_s$$

Avec

$$N_s = 60F/P$$

Donc pour faire varier la vitesse d'un moteur asynchrone il faut agir sur l'un des paramètres, f, P ou g

2.10.1 Variation de vitesse en agissant sur la fréquence d'alimentation

On peut varier la fréquence d'alimentation à l'aide d'un onduleur. Mais pour la faire varier sans modifier le couple utile, il faut garder le rapport $\frac{v}{f}$ constant, donc si on augmente la vitesse, il faut augmenter la fréquence et la tension d'alimentation dans les limites du bon fonctionnement de la machine.

L'outil utilisé dans ce genre de commande est le variateur de vitesse qui est un équipement électrotechnique alimentant un moteur électrique de façon à pouvoir faire varier sa vitesse de manière continue, de l'arrêt jusqu'à sa vitesse nominale. Il est constitué d'un redresseur combiné à un onduleur. Le redresseur va permettre d'obtenir un courant quasi continu. À partir de ce courant continu, l'onduleur (MLI) va permettre de créer un système triphasé de tensions alternatives dont on pourra faire varier la valeur efficace de la tension et la fréquence.

2.10.2 Variation de vitesse en agissant sur le nombre de pôles

On peut jouer sur le nombre de pôles par deux méthodes :

Méthode 1 : On munit le stator de deux enroulements électriquement indépendants l'un de l'autre et différents dans le nombre de pôles pour avoir deux vitesses, et pour avoir plusieurs vitesses il serait théoriquement possible d'envisager plus de deux enroulements, mais pratiquement cela induirait une augmentation des dimensions externes de la machine ainsi qu'une dégradation trop importante des performances [5].

Méthode 2 : Il est possible d'obtenir des moteurs à deux vitesses avec un seul enroulement statorique constitué de 3×2 demi enroulements qui par couplage feront apparaître un nombre de paires de pôles simples ou doubles et cela est fait par inversion de la polarité

dela moitié des pôles de chacune des phases d'un enroulement par des connexions extérieur [5]

2.10.3 Variation de vitesse en agissant sur le glissement

Il est possible de faire varier la vitesse d'un moteur asynchrone à bagues, en augmentant la résistance rotorique à l'aide d'un rhéostat de résistance R_h . Ce mode de commande convient bien pour un entraînement à couple résistant constant. D'après l'expression de couple moteur, on a :

$$C = Cte \quad \text{pour} \quad \frac{R_2}{g} = Cte$$

On fait passer la résistance par phase du rotor de R_r à $R_r + R_h$ et le couple reste constant, donc

$$\frac{R_r}{g} = (R_r + R_h)/g'$$

Ce qui va changer effectivement le glissement de la valeur g à la valeur g' , et donc la vitesse de rotation change aussi [6].

2.11. Variateur de vitesse

Un variateur ou un démarreur électronique est un convertisseur d'énergie dont le rôle consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur. Ils permettent essentiellement de faire varier la vitesse de rotation de ces moteurs. Ils assurent une décélération progressive et permettent une adaptation précise de la vitesse aux conditions d'exploitation.

2.11.1 Les principales fonctions des variateurs de vitesse électroniques

- Accélération contrôlée.
- Variation de vitesse.
- Régulation de vitesse.
- Décélération contrôlée.
- Inversion du sens de marche.

2.11.2 Protections intégrées aux variateurs

2.11.2.1 Protection de surcharge moteur

Les variateurs modernes assurent la protection du moteur contre les surcharges :

- par une limitation instantanée du courant efficace à 1,5 fois le courant nominal
- par un calcul permanent du I_2 , avec prise en compte de la vitesse.

A noter que lorsqu'un départ n'alimente qu'un moteur et son variateur, cette protection de surcharge du moteur assure simultanément la protection de surcharge de l'ensemble appareillage et câblage.

2.11.2.2 Protection contre le court-circuit moteur ou ligne en aval du variateur

En cas de court-circuit entre phases en sortie de variateur (aux bornes du moteur ou à un endroit quelconque de la ligne entre le variateur et le moteur), la sur intensité est détectée au sein du variateur et un ordre de blocage est envoyé très rapidement aux IGBT.

Le courant de court-circuit est interrompu en quelques micros secondes, ce qui assure la protection du variateur. Ce courant très bref est essentiellement fourni par le condensateur de filtrage associé au redresseur, et est donc indiscernable dans la ligne d'alimentation.

2.11.2.3 Autres protections intégrées aux variateurs

Les variateurs disposent d'autres fonctions d'autoprotection contre :

- Les sur chauffés de leurs composants électroniques pouvant entraîner leur destruction. Un capteur placé sur le dissipateur thermique provoque l'arrêt du variateur, lorsque la

température dépasse un certain seuil.

- Les creux de tension du réseau : cette protection est nécessaire pour éviter tout dysfonctionnement des circuits de contrôle et du moteur, ainsi que toute sur intensité

dangereuse lorsque la tension réseau reprend sa valeur normale.

- Les sur tensions à fréquence industrielle du réseau : il s'agit d'éviter les destructions éventuelles de leurs composants.
- La coupure d'une phase (pour les variateurs triphasés) : car l'alimentation en monophasé qui se substitue à l'alimentation en triphasé provoque une augmentation du courant absorbé

2.11.3 Convertisseur de fréquence pour moteur asynchrone

La solution qui paraît, a priori, la plus simple pour faire varier la vitesse d'un moteur asynchrone est celle qui consiste à faire varier la fréquence de sa source d'alimentation. Le variateur fournit au moteur asynchrone une onde de tension à amplitude et fréquence variables tout en maintenant le rapport tension par rapport à la fréquence sensiblement constante. En modifiant la fréquence de la tension d'alimentation du moteur, le variateur permet de modifier la vitesse du champ tournant du stator et donc la vitesse de rotation du moteur.

2.11.3.1 Principe

Il consiste à fournir au moteur une onde de tension à amplitude et fréquence variables, en maintenant le rapport tension / fréquences en sublimant constant [6].

La tension d'alimentation est en relation directe avec la fréquence. Ce fonctionnement est souvent nommé fonctionnement à U/f constant ou fonctionnement scalaire.

2.11.3.2 Les principaux types de convertisseurs de fréquence

a. Convertisseurs directs de fréquence

Dénommés cyclo convertisseurs, qui réalisent la conversion de fréquence sans recourir à un étage intermédiaire à fréquence nulle.

b. Convertisseurs indirects de fréquence

Les convertisseurs indirects de fréquence sont aujourd'hui les plus utilisés, qui utilisent un étage intermédiaire à fréquence nulle (tension ou courant continu) par l'association d'un convertisseur alternatif-continu (redresseur) et d'un convertisseur continu –alternatif

(onduleur).Le tableau suivant montre la variation des différents paramètres du moteur asynchrone alimenté à travers un convertisseur de fréquence comparés au cas de l'alimentation directe [6]

Moteur asynchrone	En usage normal	Avec un variateur de vitesse
Courant de démarrage	Très élevé, de l'ordre de 6 à 8 fois le courant nominal	Limité dans le moteur (en générale de 1.5 fois I_n).
Couple de démarrage C_d	Élevé et non contrôlé, de l'ordre de 2 à 3 C_n	De 1.5 fois le C_n , Contrôlé pendant toute l'accélération
Démarrage	Brutal ; la durée n'est fonction que des caractéristiques du moteur et de la charge entraîné	Progressif sans à-coup et contrôlé
Vitesse	Varié légèrement selon la charge (proche de N_s)	Variation possible de 0 jusqu'à une valeur supérieure à N_s
Couple maximal C_m	Elevé, de l'ordre de 2 à 3 le couple nominal	Elevé disponible sur toute la plage de vitesse (de 1.5 C_n)
Freinage électrique	Relativement complexe	Facile
Inversion du sens de marche	Facile seulement après arrêt moteur	Facile
Risque de décrochage	Oui, en cas de sur couple, ou en cas de baisse de tension	Non

Tableau 2.1 comparatif des caractéristiques de fonctionnement normale et avec un variateur de vitesse d'un moteur asynchrone

2.2.6. Conclusion

Actuellement, les moteurs asynchrones sont souvent associés à un démarreur électronique ou à un variateur de vitesse assurant en plus de la variation de vitesse, la tâche du démarrage, freinage, variation de sens de rotation...etc.

3.1. Introduction

Le modèle classique de la machine asynchrone, correspondant au schéma monophasé équivalent, n'est valable qu'en régime sinusoïdal à fréquence fixe au stator. Pour étudier son comportement à fréquence variable et avec des signaux fournis par des convertisseurs statiques, qui ne sont pas sinusoïdaux, il faut faire appel à un modèle plus compliqué lorsque nous voulons étudier une commande particulière.[4]

Le modèle de la machine asynchrone triphasée est un système de six équations différentielles dont les coefficients sont des fonctions périodiques du temps. La résolution d'un tel système est difficile même avec l'utilisation de l'outil numérique.

L'utilisation d'une transformation dite de Park qui est un changement convenable des variables permet une modélisation pour contourner cette difficulté.

3.2.1. Hypothèses simplificatrices

Pour la mise en équation du modèle de la machine asynchrone permettant l'étude de son comportement en régime dynamique, nous avons retenu les hypothèses simplificatrices suivantes : [1]

- La parfaite symétrie de la machine.
- L'absence de saturation et de pertes dans le circuit magnétique (l'hystérésis et les Courants de Foucault sont négligeables).
- L'équivalence du rotor en court-circuit à un enroulement triphasé monté en étoile.
- On néglige l'effet de peau.
- L'influence de l'échauffement sur les caractéristiques n'est pas prise en compte

3.2.2. Les équations générales de la machine asynchrone

Le comportement de la MAS est défini par trois types d'équations à savoir :

- les équations électriques (les tensions V_{abc} , les courants I_{abc}).
- les équations magnétiques (les flux ϕ_{abc}).
- l'équation mécanique (le couple électromagnétique C_{em} et la vitesse Ω).

$$\text{Tel que } [v_{abc}] = \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}, [I_{abc}] = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}, [\Phi_{abc}] = \begin{bmatrix} \Phi_a \\ \Phi_b \\ \Phi_c \end{bmatrix}.$$

3.2.2.1. Les équations électriques

En appliquant la loi d'Ohm généralisée à chaque phase, les équations des tensions des trois phases statoriques et rotoriques sont données respectivement par (3.1) et (3.2):

$$\begin{pmatrix} v_{as} \\ v_{bs} \\ v_{cs} \end{pmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \phi_{as} \\ \phi_{bs} \\ \phi_{cs} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

$$\begin{pmatrix} v_{ar} \\ v_{br} \\ v_{cr} \end{pmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \phi_{ar} \\ \phi_{br} \\ \phi_{cr} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Le rotor de la machine asynchrone triphasée étant court-circuité :

$$\mathbf{V}_{ar} = \mathbf{V}_{br} = \mathbf{V}_{cr} = \mathbf{0} \quad (3.3)$$

3.2.2.2. Les équations magnétiques

On peut écrire les expressions du flux des phases statoriques et rotoriques comme suit :

$$[\Phi_{abcs}] = [L_{ss}] [i_{abcs}] + [M_{sr}] [i_{abcr}] \quad (3.4)$$

$$[\Phi_{abcr}] = [L_{rr}] [i_{abcr}] + [M_{rs}] [i_{abcs}] \quad (3.5)$$

$$\text{Avec } [L_s] = \begin{bmatrix} l_s & M_s & M_s \\ M_s & l_s & M_s \\ M_s & M_s & l_s \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

$[L_s]$: Matrice des bobinages au stator, où l_s est l'inductance d'un bobinage seul, est M_s l'inductance de couplage entre bobinage du stator.

$$[L_r] = \begin{bmatrix} l_r & M_r & M_r \\ M_r & l_r & M_r \\ M_r & M_r & l_r \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

$[L_r]$: Matrice des bobinages au rotor, où l_r est l'inductance d'un bobinage seul, est M_r l'inductance de couplage entre bobinage du rotor

D'autre part :

$$[M_{sr}] = [M_{rs}] = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos(\theta) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

3.2.2.3. Les équations mécanique et du mouvement

$$C_{em} = P (\Phi_{s\alpha} i_{s\beta} - \Phi_{s\beta} i_{s\alpha}). \quad (3.9)$$

$$J \frac{d\Omega_r}{dt} = C_{em} - C_r - k_f \Omega_r \quad (3.10)$$

avec :

C_{em} : le couple électromagnétique.

C_r : le couple résistante.

k_f : coefficient de frottements.

J : moment d'inertie du rotor.

3.2.2.4. Transformation de Park appliquée à la machine asynchrone triphasée[27]

La transformation de Park consiste à appliquer aux courants, tensions et flux un changement de variables en faisant intervenir l'angle entre les axes des enroulements et les nouveaux axes d et q . Ceci peut être interprété comme la substitution, aux enroulements réels (a_s, b_s, c_s) et (a_r, b_r, c_r), des enroulements fictifs (d_s, q_s) et (d_r, q_r), dont les axes magnétiques sont liés aux axes d et q

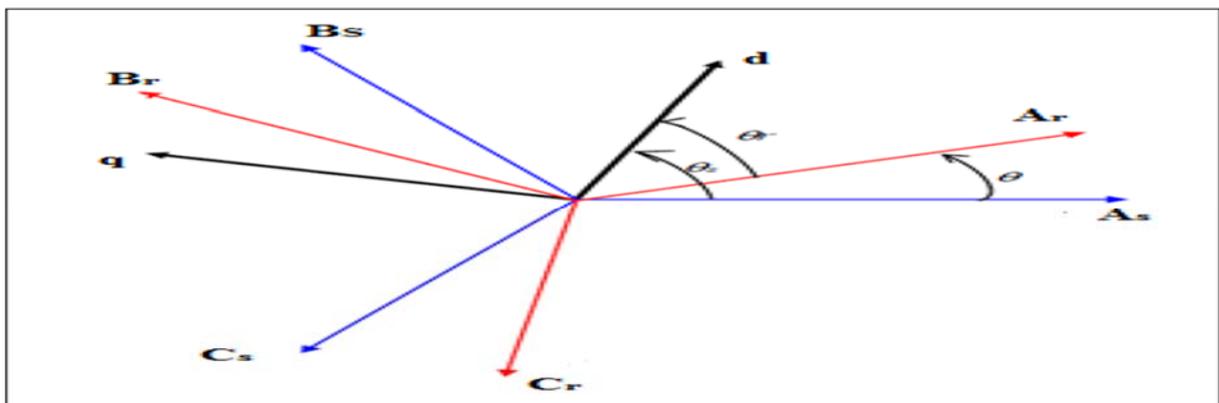


Figure 3.1. Transformation de Park.

où

θ : l'angle entre la phase statorique "a" et rotorique "A".

θ_s : l'angle entre la phase statorique "a" et l'axe direct "d".

θ_r : l'angle entre la phase rotorique "A" et l'axe direct "d".

ω_r : vitesse angulaire électrique du rotor.

ω_a : vitesse angulaire électrique du système d'axes (d, q).

On utilise la transformation de Park qui conserve la puissance instantanée.

$$P = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

dont la matrice inverse est :

$$P^{-1} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 1/\sqrt{2} \\ \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & 1/\sqrt{2} \\ \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

3.2.2.4.1. Application de la transformation de Park

Les expressions de la machine peuvent s'exprimer en utilisant la matrice de passage est cela en considérant que le système est équilibré:

- **Les équations électriques**

Equation des tensions au stator

$$[v_{sabc}] = [R_s][i_{sabc}] + \frac{d}{dt}[\Phi_{sabc}]. \quad (3.13)$$

L'équation devient :

$$[P^{-1}][v_{sodq}] = [P^{-1}][R] [i_{sodq}] + \frac{d}{dt} ([P^{-1}] [\Phi_{sodq}]) \quad (3.14)$$

On multiplie à gauche par **[P]** on obtient alors :

$$[V_{sdqo}] = [R] [i_{sdqo}] + [P] \frac{d}{dt} [P^{-1}] [\Phi_{sdqo}] + \frac{d}{dt} [\Phi_{sdqo}] \quad (3.15)$$

On démontre que $[P] \frac{d}{dt} [P^{-1}] = \left(\frac{d\theta}{dt} \right) \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ (3.16)

On obtient donc les équations suivantes, où θ_s est l'angle « électrique » dont la référence est au stator, on pose $\frac{d\theta_s}{dt} = \omega_s$. en appliquant la transformation de Park aux équations de la machine asynchrone, on trouve :

Pour le stator :

$$\begin{cases} v_{sd} = \frac{d\phi_{sd}}{dt} + \phi_{sq} \frac{d\theta_s}{dt} + R_s i_{sd} \\ v_{sq} = \frac{d\phi_{sq}}{dt} - \phi_{sd} \frac{d\theta_s}{dt} + R_s i_{sq} \\ v_{so} = + \frac{d\phi_{so}}{dt} + R_s i_{so} \end{cases} \quad (3.17)$$

Pour le rotor :

$$\begin{cases} v_{rd} = \frac{d\phi_{rd}}{dt} + \phi_{rq} \frac{d\theta_r}{dt} + R_r i_{rd} \\ v_{rq} = \frac{d\phi_{rq}}{dt} - \phi_{rd} \frac{d\theta_r}{dt} + R_r i_{rq} \\ v_{ro} = + \frac{d\phi_{ro}}{dt} + R_r i_{ro} \end{cases} \quad (3.18)$$

• Équations magnétiques

On obtient finalement :

$$\begin{bmatrix} \phi_{sd} \\ \phi_{rd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_s & M \\ M & l_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{rd} \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{sq} \\ \phi_{rq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_s & M \\ M & l_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sq} \\ i_{rq} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

avec :

$l_s = l_s - m_s$: est l'inductance cyclique propre statorique.

$l_r = l_r - m_r$: l'inductance cyclique propre rotorique.

$M = M_{sr}$: l'inductance cyclique mutuelle entre stator et rotor

- **Equation mécanique**

L'application de la transformation de Park pour l'équation mécanique donne :

$$C_{em} = p(ds_{iqs} - ds_{iqs}) \quad (3.21)$$

3.2.2.5 Choix de référentiel

Le référentiel est le repère (od, oq) associé à la vitesse de rotation choisie pour lui, trois types de référentiel sont intéressants en pratique, le choix se fait en fonction du problème étudié :

- Repère lié au champ tournant.
- Repère lié au stator.
- Repère lié au rotor.

Repère lié au champ tournant (d, q)

Les équations de la machine asynchrone dans le repère (d, q) lié au champ tournant prennent, la forme suivante. Dans le quel $\theta_s - \theta_r =$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d\phi_{sd}}{dt} - \omega_s \phi_{sq} \\ V_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d\phi_{sq}}{dt} + \omega_s \phi_{sd} \\ V_{rd} = R_r i_{rd} + \frac{d\phi_{rd}}{dt} - \omega_r \phi_{rq} \\ V_{rq} = R_s i_{sq} + \frac{d\phi_{sq}}{dt} + \omega_r \phi_{rd} \end{array} \right. \quad (3.22)$$

- **Repère lié au rotor (d, q)**

Les équations de la machine asynchrone dans le repère (d, q) lié au rotor prennent, la forme suivante. Dans le quel $\theta_r = 0$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bullet \mathbf{v}_{sd} = \mathbf{R}_s \mathbf{i}_{sd} + \frac{d\phi_{sd}}{dt} - \omega_r \phi_{sq} \\ \bullet \mathbf{v}_{sq} = \mathbf{R}_s \mathbf{i}_{sq} + \frac{d\phi_{sq}}{dt} + \omega_r \phi_{sd} \\ \bullet \mathbf{V}_{rd} = \mathbf{R}_r \mathbf{i}_{rd} + \frac{d\phi_{rd}}{dt} = \mathbf{0} \\ \bullet \mathbf{v}_{rq} = \mathbf{R}_r \mathbf{i}_{rq} + \frac{d\phi_{rq}}{dt} = \mathbf{0} \end{array} \right. \quad (3.23)$$

Repère lié au stator

Cela correspond aux changements de repère dans un contexte de modélisation de l'ensemble convertisseur statique - machine asynchrone; en vue de l'étude des lois de commande basées sur le réglage des grandeurs statoriques de la machine, il paraît plus judicieux le choix d'un repère diphasé, aux axes orthogonaux (α, β) fixes au stator, ayant l'axe α selon la phase a du système d'alimentation. Ce repère (α, β) , dans lequel $\theta_s = \omega_s$.

3.5.3 Constitution du convertisseur de fréquence

Le circuit de puissance est constitué par un redresseur et un onduleur qui, à partir de la tension redressée, produit une tension d'amplitude et fréquence variable, et un filtre.

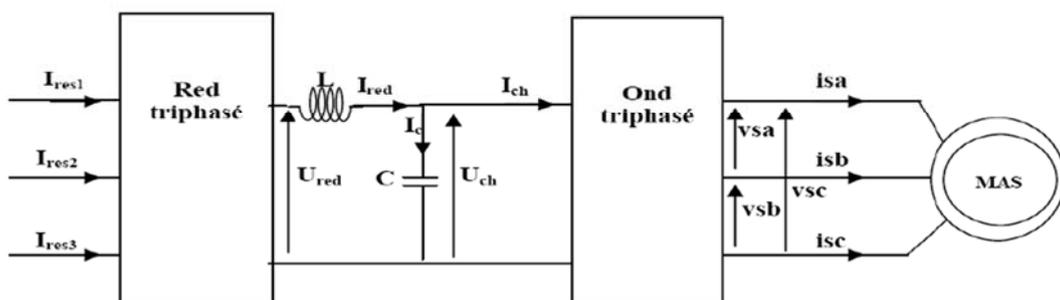


Figure 3.2 Structure d'un variateur de fréquence

Avant d'entamer l'étude sur la constitution des convertisseurs de fréquence, on va faire d'abord un petit rappel sur les semi-conducteurs de puissance.

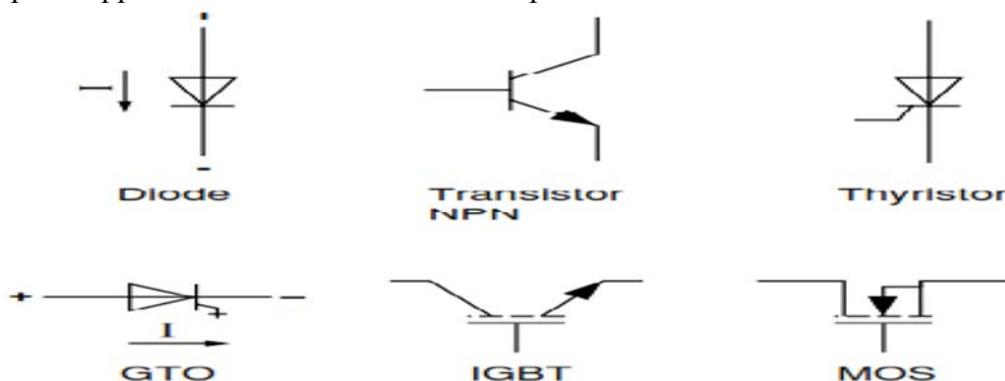


Figure 3.3 les composants de puissance

Donc notre variateur de vitesse choisit est de type convertisseur de fréquence avec onduleur de tension à M.L.I. Le variateur comporte :

- un pont redresseur triphasé à diodes qui délivre une tension continue d'amplitude pratiquement constante.
- un étage de filtration comportant un condensateur de forte capacité plus une inductance de lissage.
- un pont onduleur de tension alimenté par la tension continue et générant une onde de tension alternative à amplitude et fréquence variables par la technique de MLI.

3.5.3. a Redresseur

Les montages redresseurs, sont des convertisseurs de l'électronique de puissance qui assurent la conversion alternatif-continu.

Les redresseurs à diodes ou redresseurs non commandés, ne permettent pas de faire varier le rapport entre les tensions alternatives d'entrées et la tension continue de sortie. De plus ils sont irréversibles, c'est à dire que la puissance ne peut aller que du côté alternatif vers le côté continu.

Dans notre étude nous nous intéressons à l'étude des redresseurs non commandés de type parallèle double alimenté par une source de tension alternative triphasée.

- **Montage parallèle double**

Les redresseurs parallèles double (en pont) sont constitué de deux commutateurs un plus positif et l'autre plus négatif.

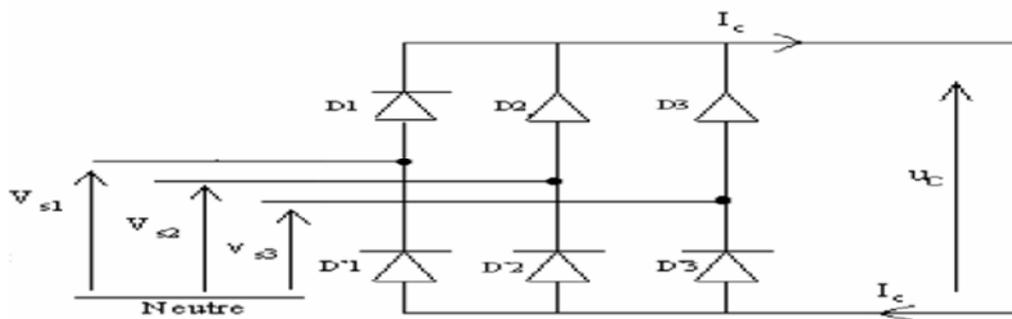


Figure 3.4 Redresseur triphasé a pont de diode PD3

Les trois diodes D1, D2, D3 forment un commutateur plus positif, qui laisse passer à tout instant la plus positive des tensions, et les diodes D'1, D'2, D'3 forment un commutateur plus négatif, qui laisse passer la plus négative des tensions [8].

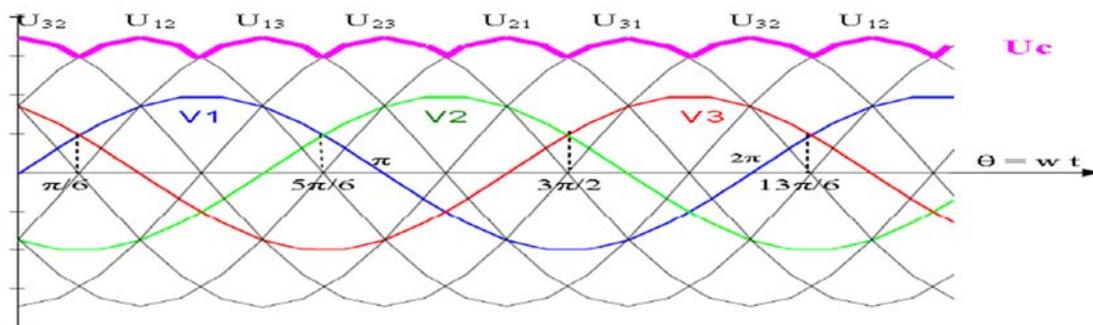


Figure 3.5 allure de la tension de sortie redressée

- ❖ **Valeur moyenne de la tension redresse :**

$$U_{cmoy} = \frac{1}{T} \int U_c(t) dt \quad T_0 = \frac{3}{\pi} \int V_m [\sin(\omega t) - \sin(\omega t - 2\pi/3)] d(\omega t) \quad \pi/2 \quad \pi/6$$

$$= 3\sqrt{3} \pi V_m \quad (3.24)$$

- ❖ **Tension inverse**

La tension maximale à supporter par les diodes.

$$V_D = \sqrt{3} V_m \quad (3.25)$$

3.5.3. b Filtre

Le filtre est constitué d'une inductance montée en série avec un condensateur

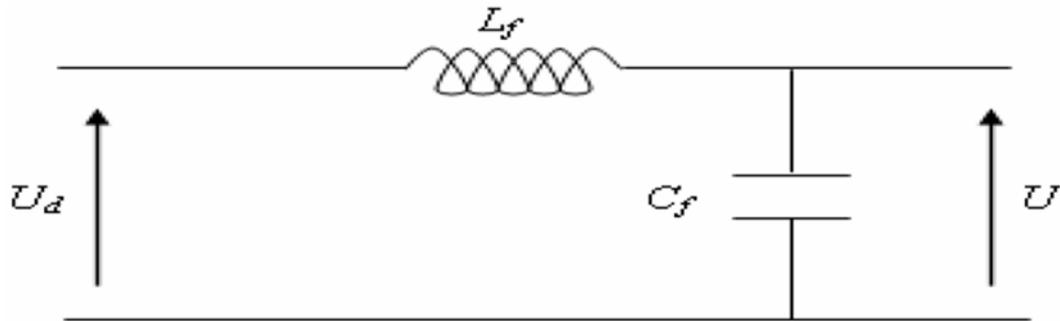


Figure 3.6 Structure de filtre

- ✓ Le condensateur permet d'obtenir à l'entrée de l'onduleur une tension sensiblement constante, et d'absorber le courant négatif restitué par la charge.
- ✓ L'inductance permet de rendre sensiblement le courant constant [9].

Les équations du filtre sont données :

$$\frac{di_d}{dt} = \frac{1}{L_f}(U - U_d) \quad (3.26)$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{C_f}(i_d - I) \quad (3.27)$$

A

3.5.3. C L'onduleur de tension triphasé à MLI

L'onduleur est la dernière partie du variateur de vitesse située avant le moteur. Il fournit des grandeurs électriques variables au moteur. Dans tous les cas, l'onduleur est composé de semi-conducteurs (en général des IGBT et des diodes de roue libre associées) disposés par paires en

trois bras. Les semi commutent sur des signaux en provenance du circuit de commande.

L'onduleur de tension est constitué de cellule de commutation généralement à transistor ou thyristor pour les grandes puissances. Donc Les onduleurs sont des convertisseurs statiques continu-alternatif permettant de fabriquer une source de tension alternative à partir d'une source de tension continue.

La modulation de largeur d'impulsions consiste à commander les interrupteurs de manière à délivrer au moteur une suite d'impulsions d'amplitude fixe, positives ou négatives et modulées en largeur [10]

a. Structure de l'onduleur de tension à deux niveaux

L'onduleur à deux niveaux est constituée de trois bras, chaque bras comporte deux interrupteurs il est schématisé dans la figure :

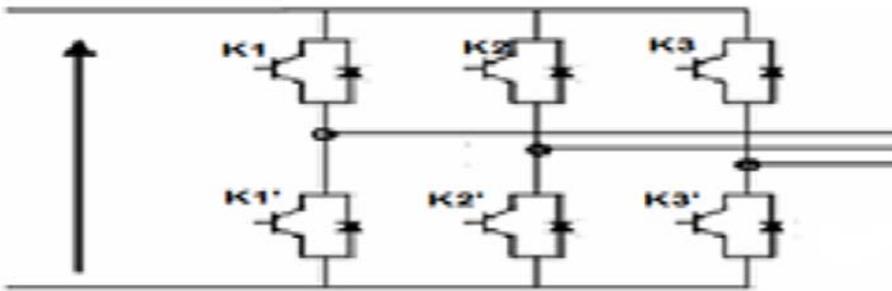


Figure 3.7 Structure de l'onduleur de tension à deux niveaux

En mode commandable, le bras est un commutateur à deux positions qui permet d'obtenir à la sortie de l'onduleur deux niveaux de tension

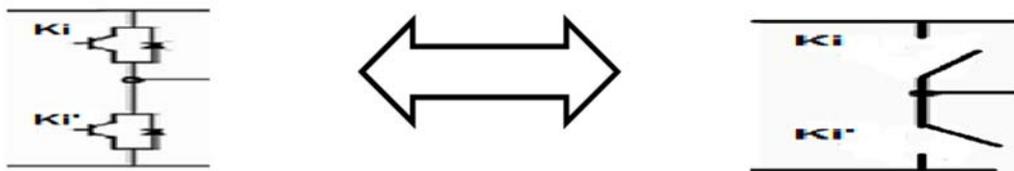


Figure 3.8 un bras de l'onduleur à deux niveaux

Le schéma principal de l'onduleur est donné sur la figure suivante :

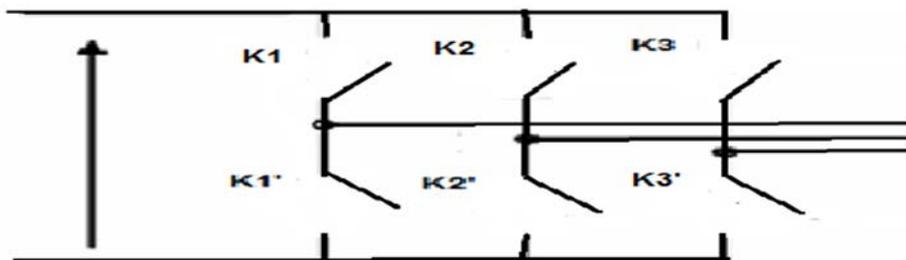


Figure 3.9 Schéma principale de l'onduleur

Les couples d'interrupteur (K1 et K1'), (K2 et K2'), (K3 et K 3') doivent être commandés de manière complémentaire pour assurer la continuité des courants alternatifs dans la charge d'une part et d'éviter le court-circuit de la source d'autre part. Pour simplifier l'étude, on associé à chaque bras une fonction logique de connexion F ($j = 1,2,3$)

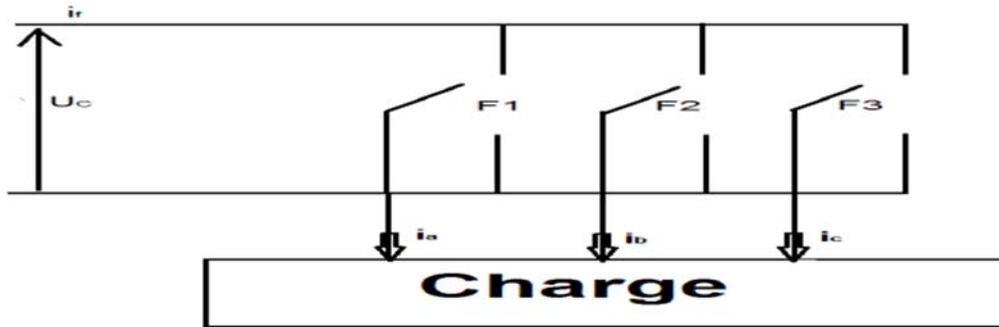


Figure 3.10 Représentation des interrupteurs

Les commandes des interrupteurs d'un bras sont complémentaires du fait que chacun des trois bras de l'onduleur ne peut avoir que deux états logiques possibles (0, 1). Ces deux états peuvent être considérés comme une grandeur booléenne

$$F_j = \{1 \text{ si } K_i \text{ est fermé et } K_i' \text{ ouvert } 0 \text{ si } K_i' \text{ est fermé et } K_i \text{ ouvert}\}$$

Les tensions de lignes délivrées par l'onduleur sont :

$$\begin{cases} U_{ab} = UC(F1 - F2) \\ U_{bc} = UC(F2 - F3) \\ U_{ca} = UC(F3 - F1) \end{cases} \quad (3.28)$$

On suppose que la charge est équilibrée et le neutre est isolé c.-à-d.

$$V_a + V_b + V_c = 0 \quad (3.29)$$

Sachant que :

$$\begin{cases} U_{ab} = V_a - V_b \\ U_{bc} = V_b - V_c \\ U_{ca} = V_c - V_a \end{cases} \quad (3.30)$$

En tenant compte des trois relations, on obtient les tensions simples suivantes:

$$\begin{cases} V_a = UC/3(2F1 + F2 - F3) \\ V_b = UC/3(-F1 + 2F2 - F3) \\ V_c = UC/3(-F1 - F2 + 2F3) \end{cases} \quad (3.31)$$

Le système des équations peut s'écrire sous la forme matricielle

$$\begin{pmatrix} Va \\ Vb \\ Vc \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{pmatrix} \quad (3.32)$$

b. Stratégie de commande de l'onduleur à deux niveaux

Les onduleurs de tension peuvent être pilotés suivant plusieurs stratégies. A fréquence élevée, ils seront pilotés en modulation de largeur d'impulsion. Cette dernière stratégie permet de régler à la fois l'amplitude et la fréquence en gardant la source continue Constante [11].

Afin de produire une tension de sortie proche de la sinusoïde, il existe différents stratégies de commande. Nous proposons la stratégie Triangulo-Sinusoïdale

(Par modulation de largeur d'impulsions)

c. Commande triangulo-sinusoïdale à une porteuse

La technique de modulation à une porteuse consiste à comparer trois signaux de référence V_m qui imagent les tensions de sortie recherchées des fréquences f décalées entre eux de $2p/3$, à un signal triangulaire commun V_p appelée « porteuse » de référence f_p . [11]

L'indice de modulation (m), égal au rapport des fréquences de modulation et de références

$$m = \frac{f_p}{f} \quad (3.33)$$

Le coefficient de réglage en tension (r), égal au rapport de l'amplitude de la référence à la valeur de Crête de modulation

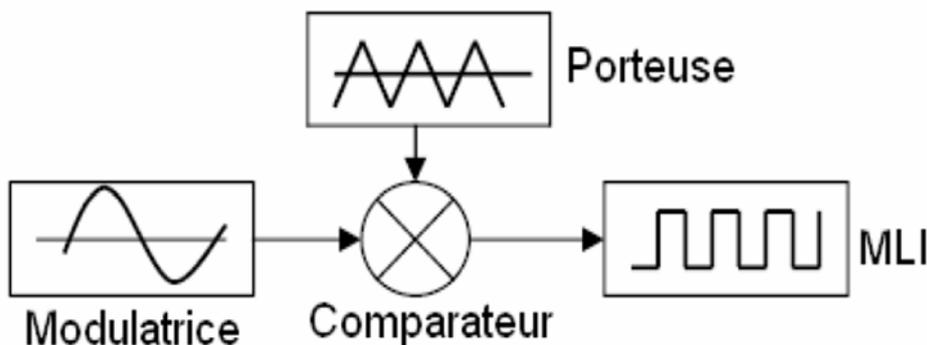
$$\frac{V_m}{V_{pm}} \quad (3.34) \quad r =$$


Figure 3.11 Schéma Principe de MLI

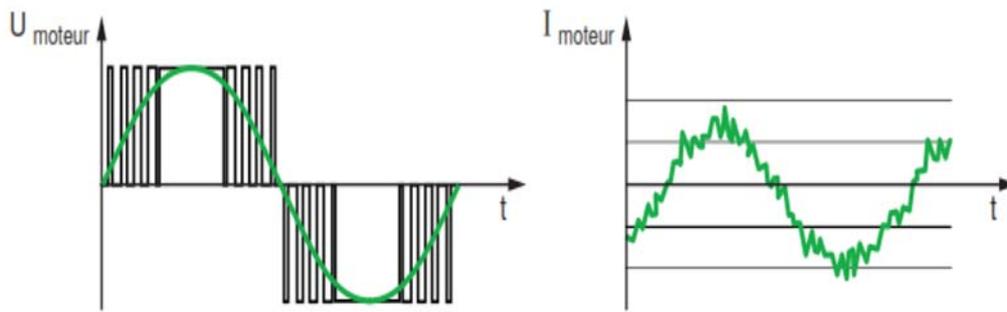


Figure 3.12 La modulation de largeur d'impulsions.

3.6. Simulation de la machine asynchrone alimentée directement par le réseau

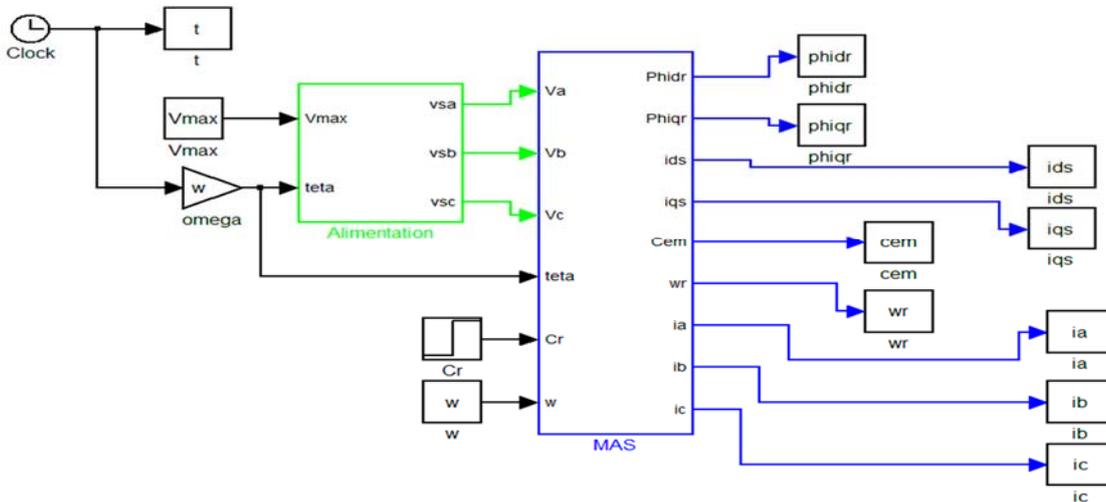


Figure 3.13 Schéma bloc global de simulation de la MAS.

Resultat

A VIDE

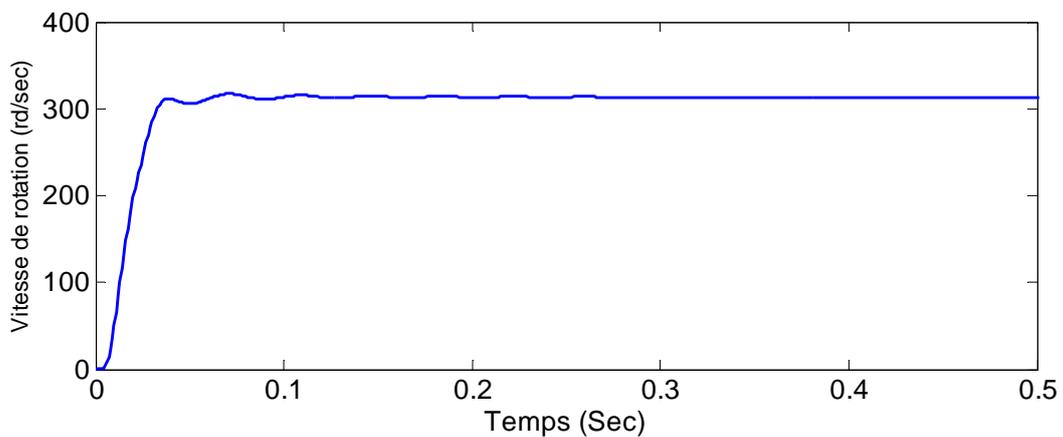


Figure 3.14 courbe vitesse de de rotation

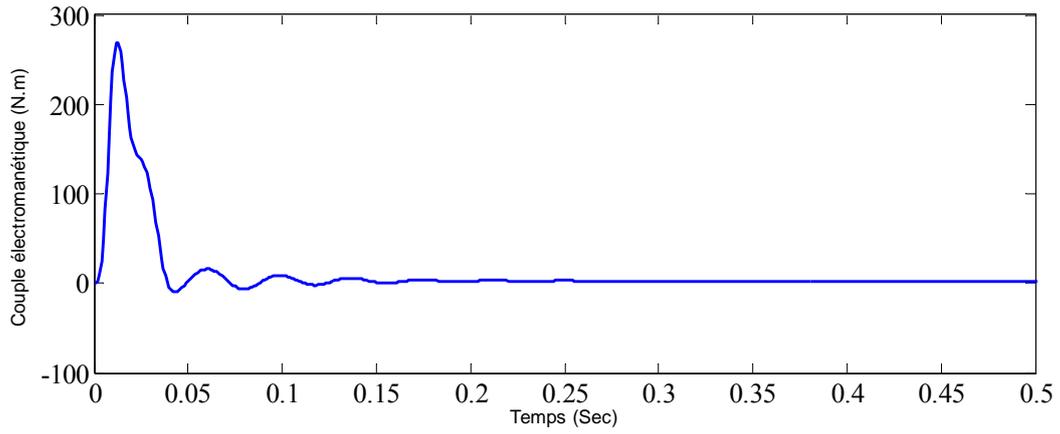


Figure 3.15 courbe couple électromagnétique

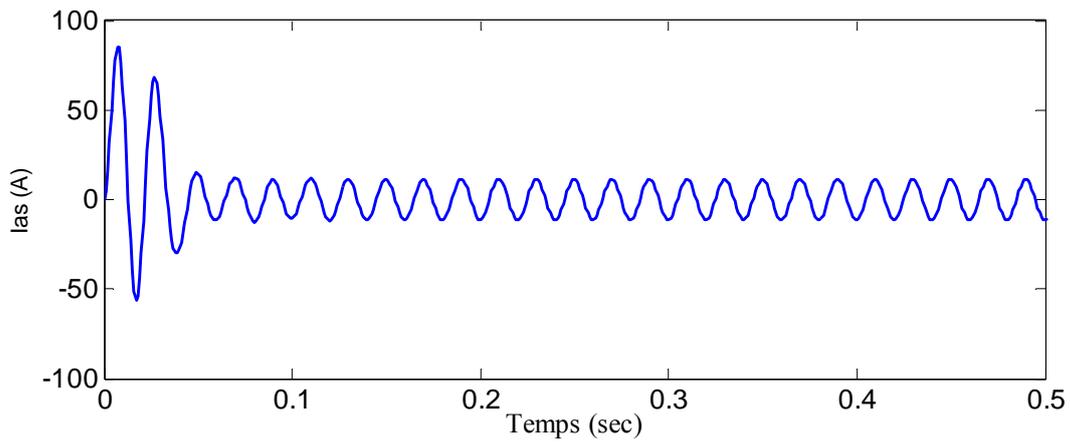


Figure 3.16 courbe d'une phase de courant statorique.

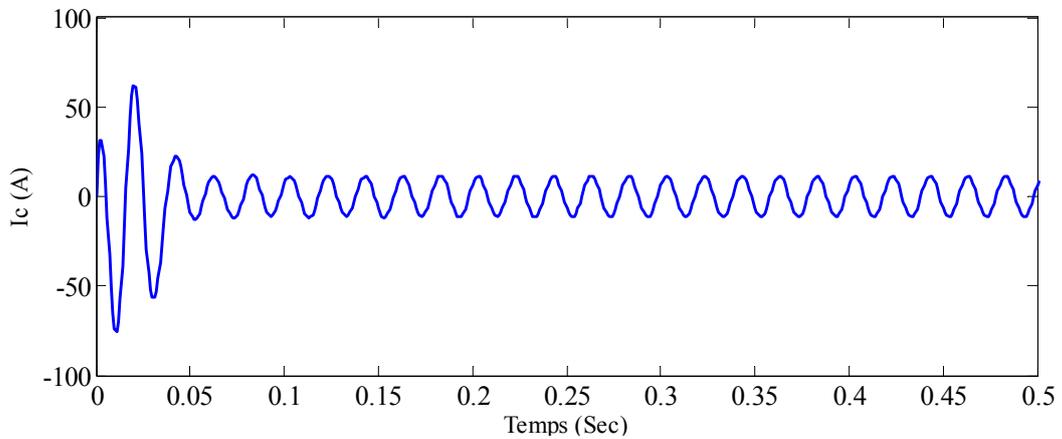


Figure 3.17

En charge

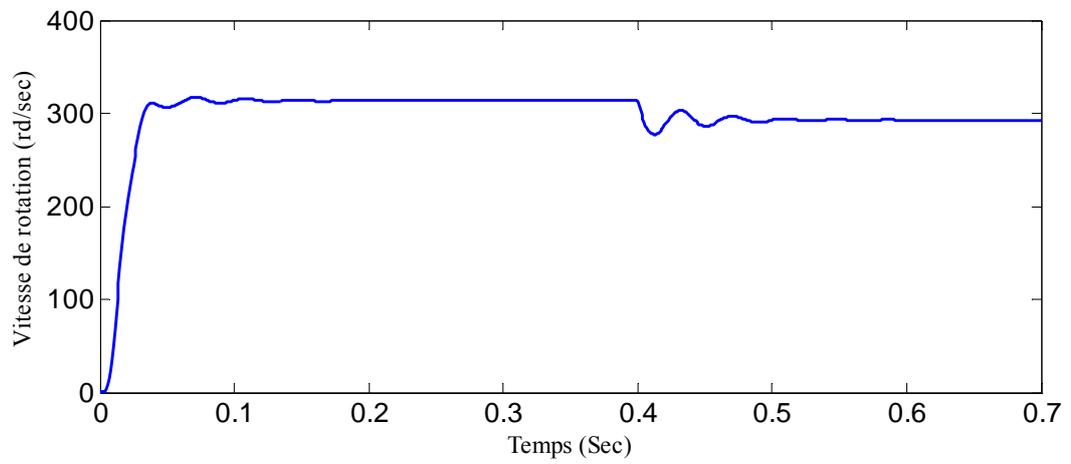


Figure 3.18 courbe vitesse de rotation

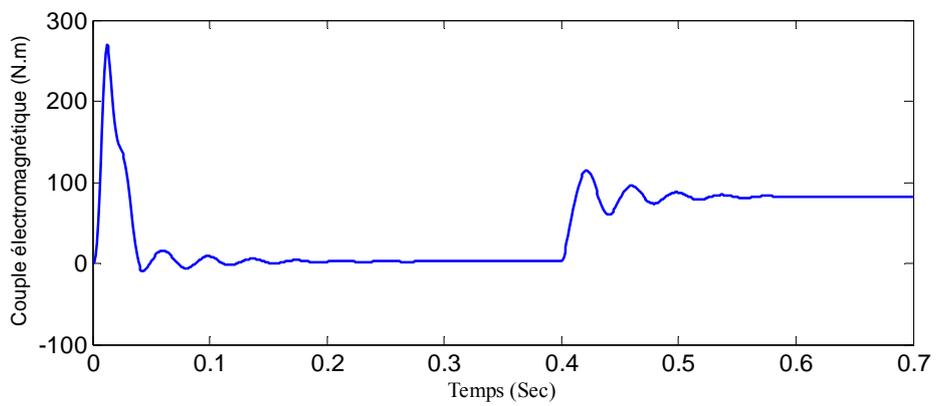


Figure 3.19 courbe couple electromagnétique

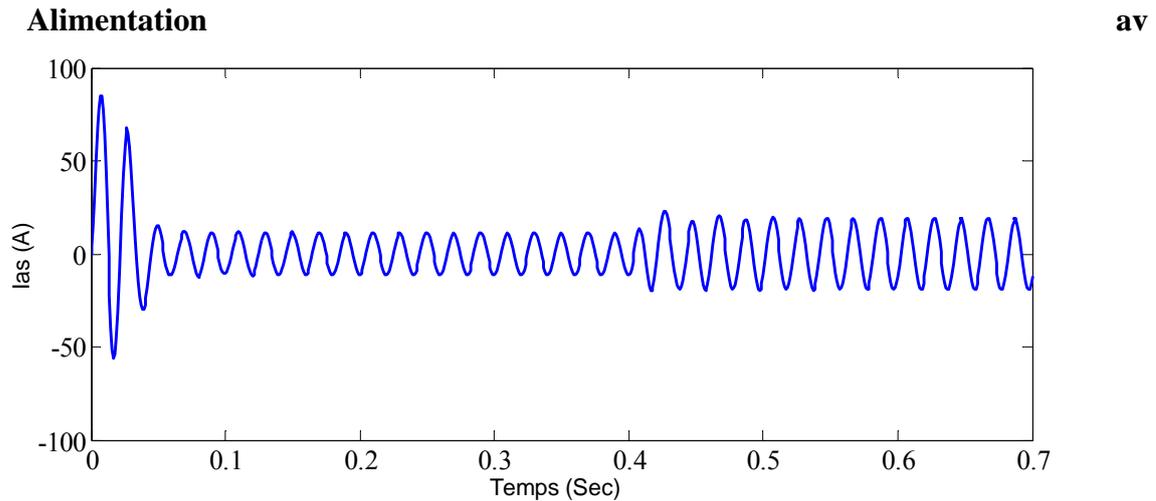


Figure 3.20 courbe d'une phase de courant statorique.

3.6.1 Interprétation des résultats

Le courant statorique en fonction du temps, on reconnaît le classique appel de courant au démarrage qui égale à 6 fois environ le courant nominal. Au démarrage le courant statorique est excessif, vu qu'il est de courte durée, la machine pourrait le supporter sans risquer un échauffement dangereux. Cette valeur de courant due au régime transitoire disparaît au bout de quelques alternances afin d'obtenir une forme sinusoïdale d'amplitude constante, Ainsi l'évolution du couple électromagnétique en fonction du temps. Au premier instant du démarrage, le couple électromagnétique est fortement pulsatoire à cause du moment d'inertie et du couple résistant ($C_r=10$ N.m), puis il tend vers le régime permanent environ de ($C_r=13$ N.m), L'allure de la vitesse présente des oscillations dans les premiers instants de démarrage avec un accroissement presque linéaire, en suite la vitesse se stabilise à la valeur nominale ($W_r=1430$ tr/min) .

3.7 Simulation de l'onduleur a MLI

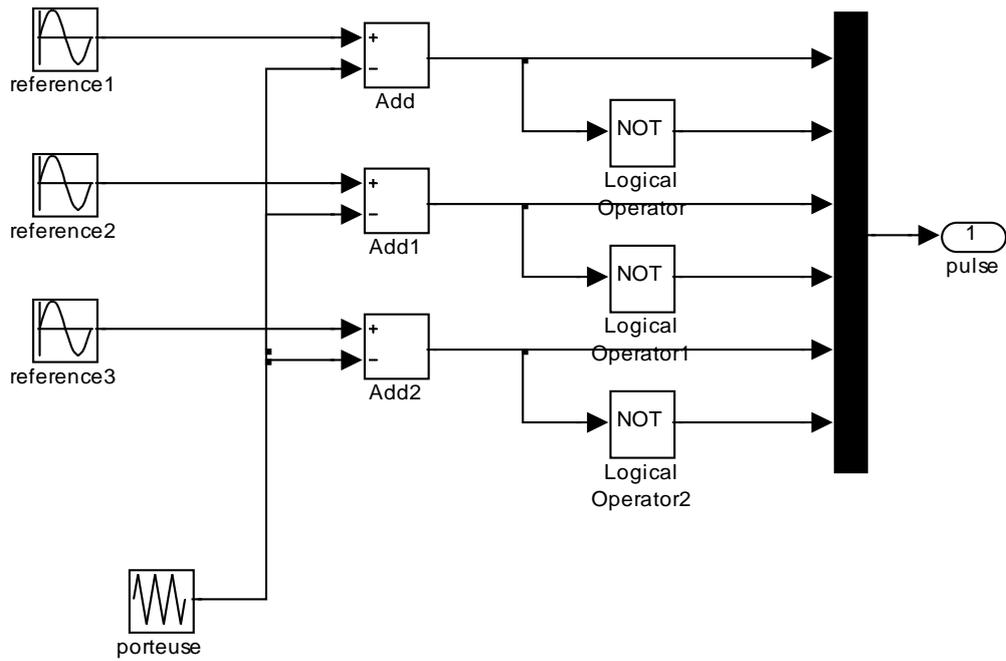


Figure3.20 Shéma bloc de la commande MLI-triangle

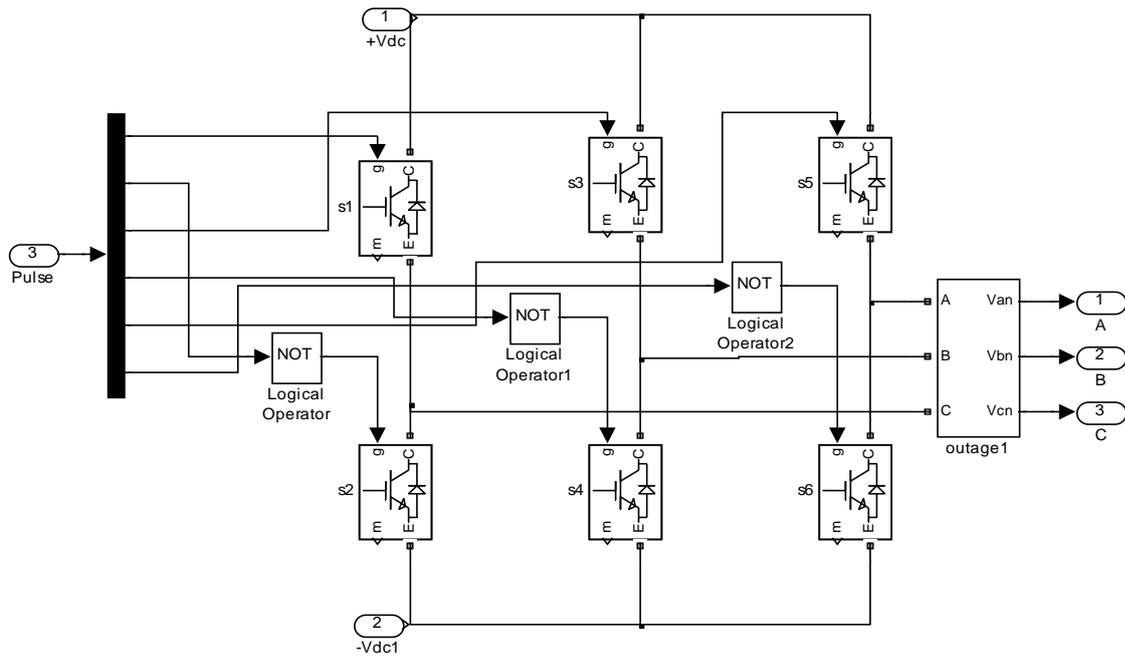


Figure 3.21 Shéma bloc de l'onduleur de tension triphasé

Resultas

A vide

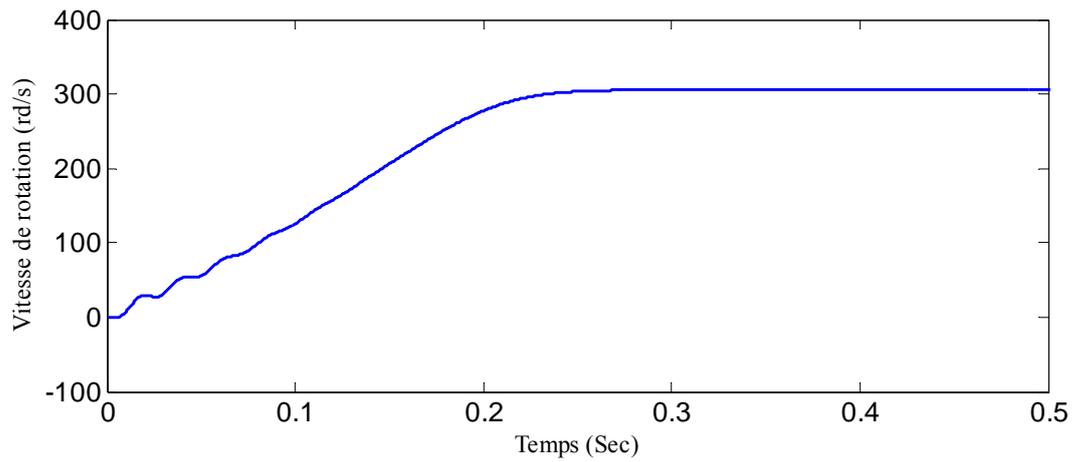


Figure 3.22 courbe vitesse de rotation

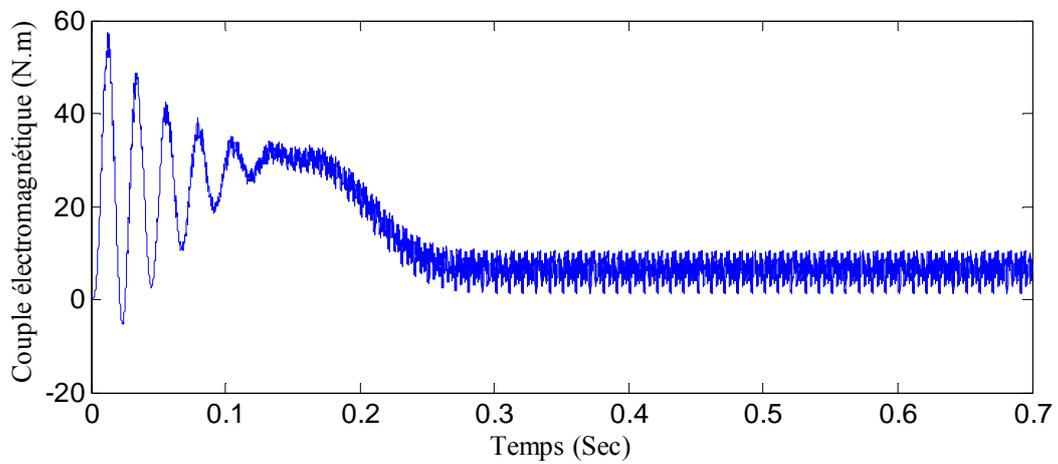


Figure 3.22 courbe Couple electromanétique

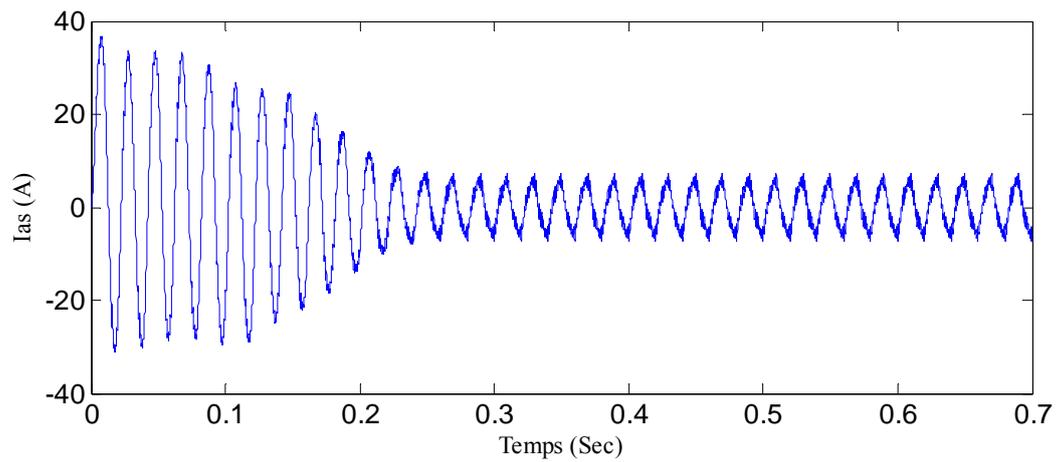


Figure 3.23 courbe de courant

En charge

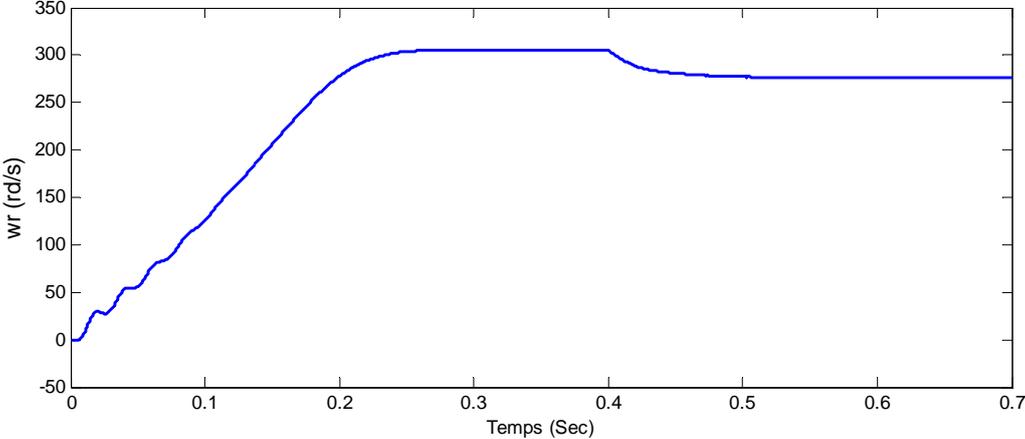


Figure 3.24 courbe de vitesse de rotation

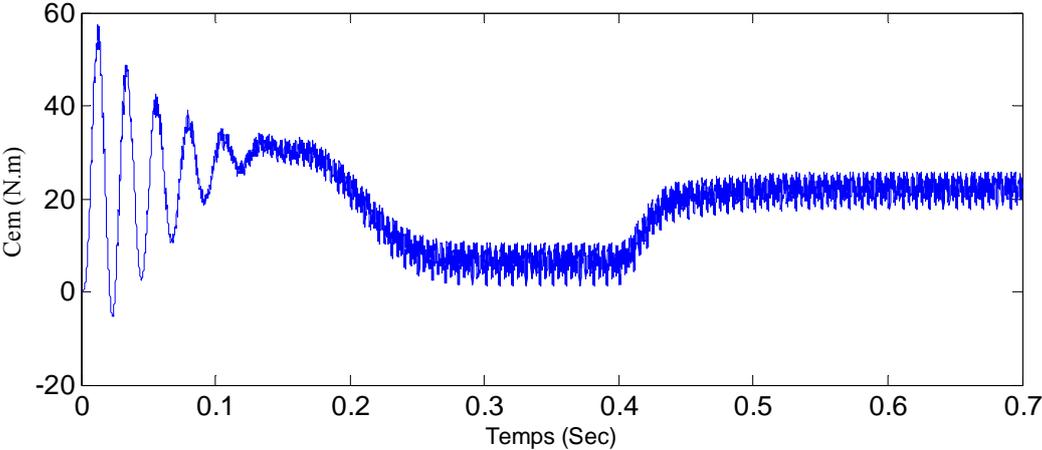


Figure 3.25 courbe de couple electromanétique

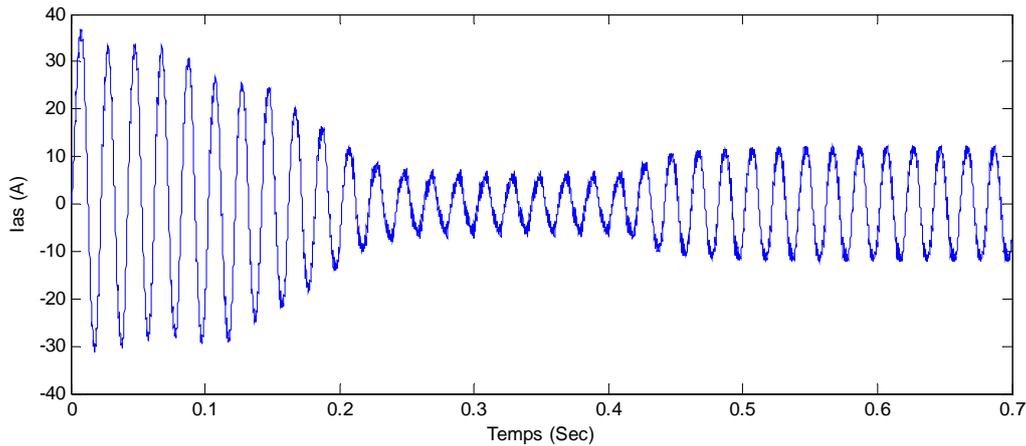


Figure 3.26 courbe de courant

3.7.1 Interprétation des résultats

Lors du démarrage, on constate des pics de courants importants qui s'atténuent avec l'évolution du régime transitoire, ainsi que la forme du courant statorique est presque sinusoïdale. La courbe de la vitesse présente un accroissement linéaire, après un temps d'environ 0.13 s, après se stabilise à 1500 tr/min (vitesse nominale). L'application d'un couple de charge de $20 N.m$ à l'instant $t=0.5$ s, introduit une diminution de la vitesse de rotation cela apparait un fort appel de courant qui est nécessaire à développer un couple pour la machine, et donc un mouvement de rotation sur son arbre, ce qui donne une augmentation des courants et de couple qui rejoignent après un régime transitoire la valeur qui compense le couple résistant ($20 N.m$) appliqué.

3.8 Simulation du démarrage par démarreur progressifs

3.8.1. Généralité sur le gradateur

Le but visé est d'associer au moteur un dispositif de contrôle permettant de bénéficier des avantages de la machine asynchrone (robustesse, faible coût, facilité d'entretien ...), en éliminant ses inconvénients (variation de la vitesse en fonction de la charge, mauvais rendement aux faibles vitesses, fort courant de démarrage ...). Ceci est rendu possible par les progrès accomplis dans les domaines de la micro-informatique et des composants de l'électronique de puissance.

Parmi les solutions proposées, le gradateur triphasé permet dans de nombreux cas de répondre à moindre coût aux besoins exprimés par les industriels.

Les gradateurs, convertisseur direct per mettant la conversion alternatif-alternatif, constituent une famille particulière parmi l'ensemble des changeurs direct de fréquence. En effet, le nombre d'entrées est égal au nombre de sorties et il n'existe qu'une liaison bidirectionnelle en tension et en courant reliant chaque entrée à la sortie correspondante. Ils permettent, à partir d'une source de tension alternative de fréquence et valeur efficace fixes, d'alimenter un récepteur sous une tension variable à la fréquence de la source.

Les gradateurs possèdent deux types de fonctionnement les plus utilisés :

- Gradateur à train d'ondes : Utilisé dans l'électrothermique spécialement les fours.
- Gradateur a angle de phase : Utilisé pour la commande des moteurs asynchrones aussi pour l'éclairage.

Actuellement tous les gradateurs fonctionnent sur le principe de la commande de phase qui consiste à amorcer l'interrupteur statique avec un retard réglable, et à laisser le blocage s'effectuer en commutation naturelle. L'interrupteur doit permettre le passage du courant dans les deux sens. On utilise deux thyristors montés tête-bêche ou un triac pour les faibles puissances.

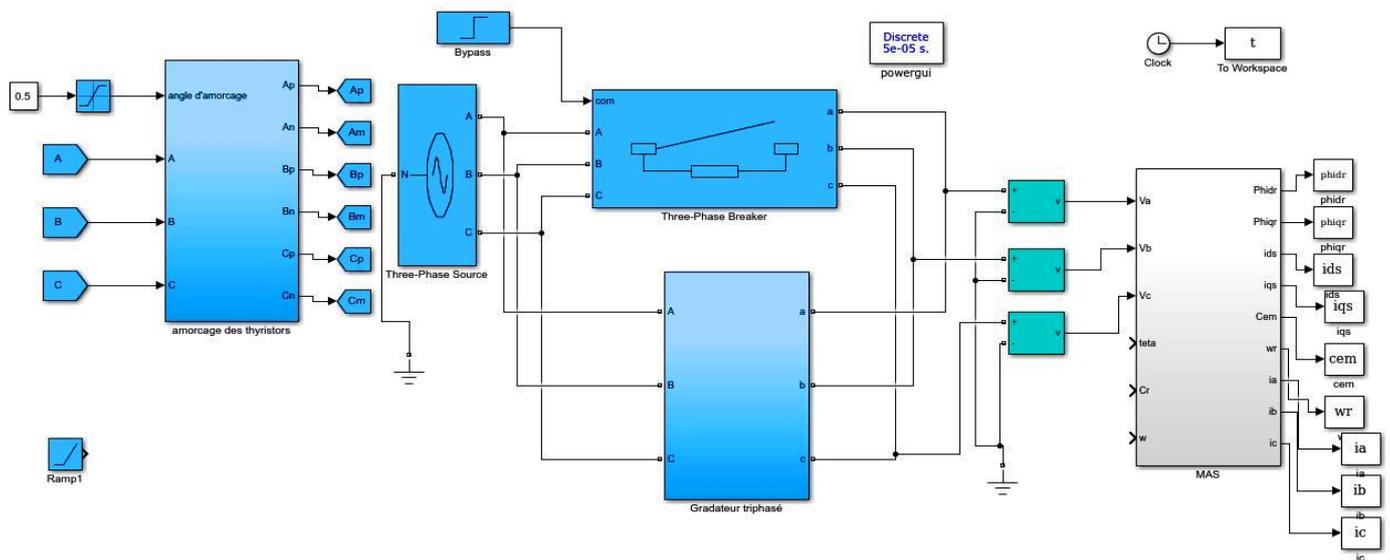


Figure 3.27 Schéma bloc du moteur lié avec un gradateur.

résultats

Dans cette partie on va présenter les différents résultats de simulation pour la machine asynchrone en utilisant un démarreur progressif, les courbes sont (courants statorique et couple électromagnétique)

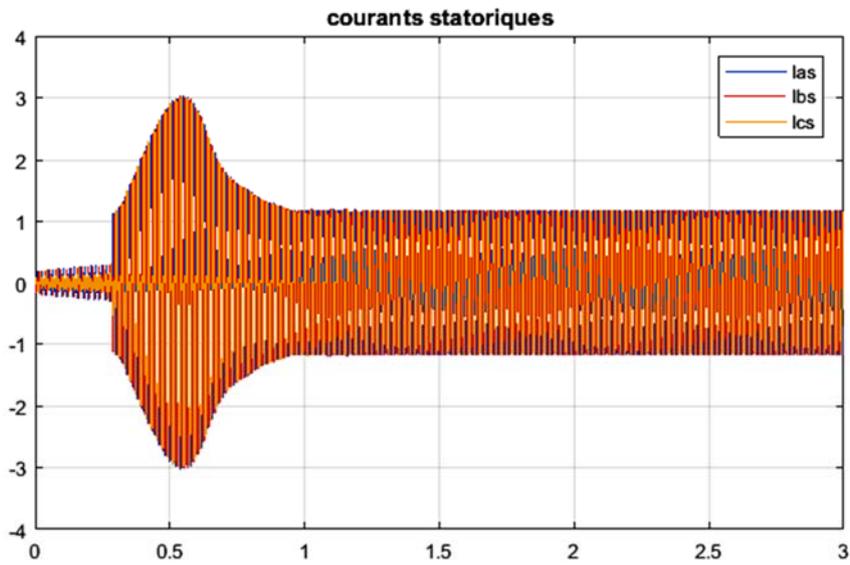


Figure 3.28 courbe du courants statoriques.

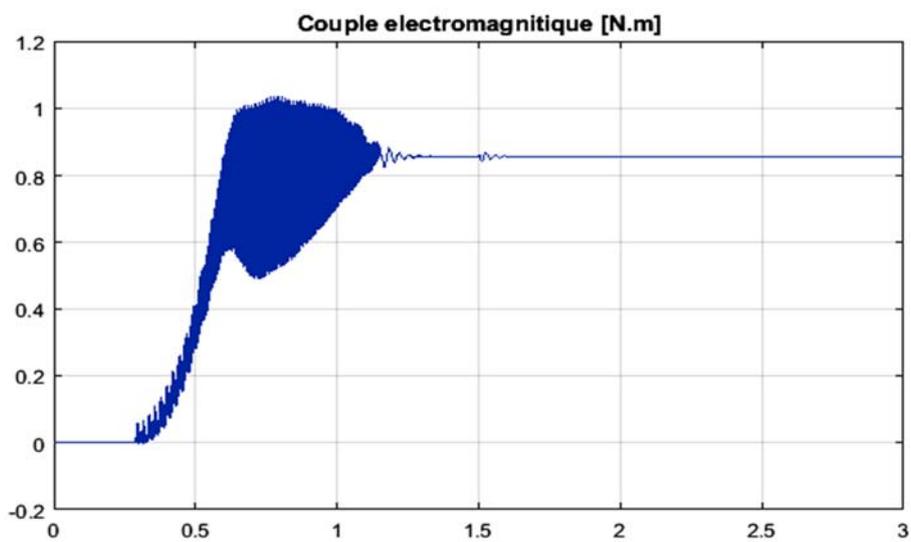


Figure 3.29 courbe du couple électromagnétique.

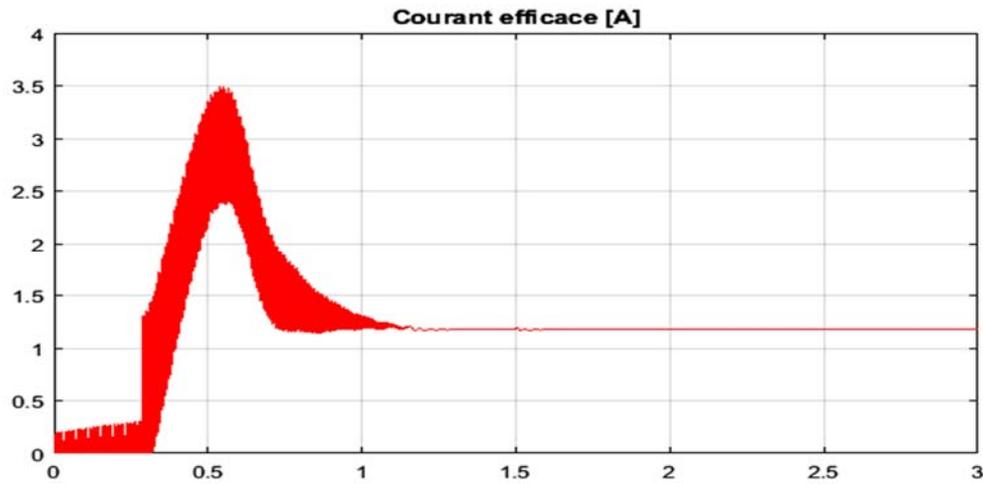


Figure 3.30 courant efficace

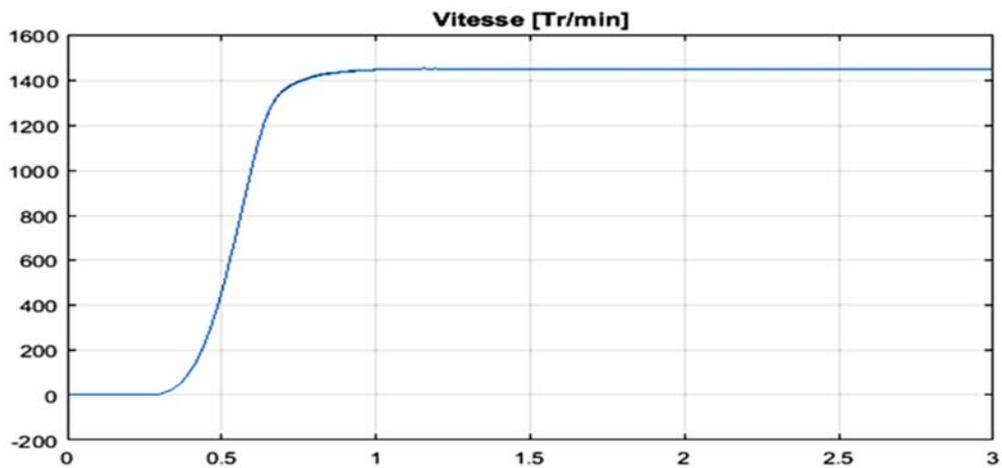


Figure 3.31 courbe de la vitesse.

4.5.6. Interprétation des résultats

Pour le démarreur progressif le courant absorbé, le couple et même la vitesse sont augmentés de façon progressive et cela à partir de réglage lié avec l'angle d'amorçage des thyristors sur la tension d'alimentation, ou on aura pour le courant de démarrage ($I_d=2I_n$), et pour le couple ($C_{de}=1.5 C_n$).

3.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par la modélisation de la machine asynchrone, celle-ci est basée sur la théorie de Park, dont l'intérêt primordial est de simplifier le problème dans le modèle triphasé. La modélisation en régime transitoire nécessite une meilleure connaissance du comportement du moteur et la transformation de Park nous permet une simplification des expressions analytiques du modèle de commande.

Et nous avons effectué la simulation de la machine alimenté par réseau puis ave onduleure et apres par gradateur .

3.1 Introduction :

Dans ce chapitre on parle sur machine KREIS-BASKET-MILL® et Micro-console de l'ACS850

3.2 KREIS-BASKET-MILL®

3.2.1 Instructions générales

Un KREIS-BASKET-MILL® est une machine qui peut être dangereuse pour l'opérateur ou tout autre personne si elle est utilisée de façon non appropriée. Ce manuel de opératoire est un guide pour une utilisation appropriée du KREIS-BASKET-MILL® . Il contient les instructions de sécurité pour supprimer tous les dangers possibles. Chaque utilisateur de cette machine doit lire et comprendre ce manuel avant la mettre en route. C'est le devoir du propriétaire de l'assurer et le contrôler.



Figure 4.1 KREIS-BASKET-MILL®

4.2.2 Utilisation correcte

Des conditions pour l'opération des KREIS-BASKET-MILL®

Conditions d'environnement

Température 0 – 40°C (pas de confondre avec la température du produit)

Plage de pression pression atmosphérique normale

Température de produit

KREIS-BASKET-MILL® sont faits pour une température max. du produit de $\leq 85^{\circ} \text{C}$. Celle-ci ne doit pas être dépassée.

Si on attend des températures du produit plus grandes de 85°C , on doit consulter la sté. NIEMANN.

Protection

Type de protection: II 2 G c II B T 3 (intérieur de la cuve)

Type de protection: II 2 G c II B T 3 (machine)

Charge de produit à broyer

La charge de produit à broyer ne peut pas comporter des impuretés, comme p. e. des pierres, métal ou des autres matériaux que ne sont pas mentionné dans la formulation. La Sté. NIEMANN recommande l'emploi des pigments et des matières de remplissage d'in qualité très bonne.

Viscosité

Le KREIS-BASKET-MILL® est conçu pour la fabrication de produits de viscosité bas à moyenne –dépendant à composition, écoulement, mixeurs utilisés et leurs largeurs.

Eau de refroidissement:

La pression de l'eau pour refroidir le panier de broyage peut n'excéder pas 3 bars max.

Double paroi pour un refroidissement ou chauffage sans pression, pression de l'opération max. 1 bar dans le double paroi. (La vanne pour décharge de pression s'ouvert à 1,5 bar afin de protéger le double paroi.)

La cuve de mélange :

La cuve de mélange est appropriée pour l'opération de vacuum. Région de pression 0 bar jusqu'à -1 bar.

4.2.3 Rayon d'utilisation

KREIS-DISSOLVER®s sont conçus pour la production des produits de moyenne à haute viscosité, dépendant de la composition, l'écoulement, des organes de mélange utilisés et leurs dimension, jusqu'à une viscosité de 500.000 cps (500 Pa s).

Seulement des matières, qui peuvent être mélangées avec l'eau ou qui sont très conductibles, peuvent être traitées parce que sinon il y aurait une charge électrostatique inadmissible du produit pendant le processus de dispersion.

4.2.4 Broyage

C'est bien connu que des KREIS-BASKET-MILL® s sont principalement utilisés pour broyer des pigments ou matériel de remplissage dans des liquides. L'objectif est la destruction des agglomérats et donc l'enrobage de chaque particule primaire avec un film liquide. Pour cela des hauts énergies et vitesses périphériques entre 10 – 15 m/sec au disque broyeur sont nécessaires.

Pour atteindre cet objectif il faut choisir la part du corps solide dans la matière broyée d'une telle haute sorte que des efforts tranchants correspondants sont provoqués.

Dans la plupart des cas il sera nécessaire d'avancer seule une partie de la composante liquide appartenant à la composition finale afin d'obtenir donc un haut concentré de pigment pour la matière broyée.

4.2.4.1 Processus de broyage / temps de broyage

Le temps de broyage peut durer en règle générale plusieurs heures dépendant au type et qualité des

pigments et matériaux de remplissage utilisés et à la transmission d'énergie – ainsi qu'aux exigences de qualité demandées.

Dès qu'une augmentation du nombre de tours n'aura pas lieu en tournant à droite le bouton de réglage (dans petits pas), on peut assumer que toute la performance du moteur est déjà transmise sur le produit. On peut l'identifier aussi au fait que le pointeur de l'ampèremètre a atteint le trait rouge.

Des viscosités suffisantes sont importantes pour un broyage optimal, c.-à-d. partie suffisante des pigments et matériaux de remplissage dans la charge de matière broyée. Le concentré est

choisi correctement dans ce moment où il y a un mouvement et circulation égal du produit avec une formation d'une trombe.

Si le matériel gicle déjà avant toute l'exploitation du moteur d'entraînement (pointeur de l'ampèremètre avant le trait rouge), la part de la composante liquide dans la charge est trop haute.

4.2.5 Caractéristiques de la machine

4.2.5.1 Panier de broyage

- Panier à double paroi:

prêt à réfrigérer ou échauffer, avec senseur de température pour mesurer exactement la température du produit

- Éléments broyeurs

Céramique

oxyde de zirconium (densité en vrac 3,92 kg/l)

zircon silicate (densité en vrac 2,3 kg/l)

verre (densité en vrac 1,6 kg/l)

acier (densité en vrac 4,8 kg/l)

Disque broyeur:

fait en fonte dure spéciale (fonte chromique)

- Tamis à fente (avec biseaux):

fait en acier inoxydable

Largeur de fente dépend du Ø des éléments broyeurs utilisés.

Largeur de fente x facteur 3 = Ø le plus petit élément broyeur à utiliser P. e.

Largeur de fente 0,4 mm en cas d'oxyde de zirconium Ø 1,2-1,7 mm

Largeur de fente 0,3 mm en cas d'oxyde de zirconium Ø 0,9-1,2 mm

4.2.5.2 Besoin d'énergie

4.2.5.2.1 Électrotechnique:

Tension de réseau:	380 volts, 50 Hz - 3~PE
Courant nominal total de machine:	152 ampères
Fusible dans l'arrivée max.:	160 ampères
Puissance nominale de la machine:	80 kW

3.2.5.2.2 Eau de refroidissement:

Double parois panier de broyage:

Pression de service:	3 bar max.
Débit volumique:	le débit volumique devait être réglable

Double parois cuve de dispersion:

Pression de service:	1 bar max.(soupape de surpression s'ouvert en cas de 1,5)
Débit volumique:	le débit volumique devait être réglable
À considération:	Conduite de sortie est à choisir plus grande que la conduite d'entrée

Puissance frigorifique:

Température d'alimentation:	8 ° C – 12 ° C
Augmentation de la température:	pendant le processus Δt 5-7 ° C (alimentation au retour)
Qualité de l'eau:	Propre et pas agressive

4.2.6 Plaque d'identification

La plaque décrite ci-dessous est fixée sur la colonne de la machine (côté en fonctionnement). En cas de perte des références, les indications inscrites sur la plaque doivent être données afin d'identifier la machine.

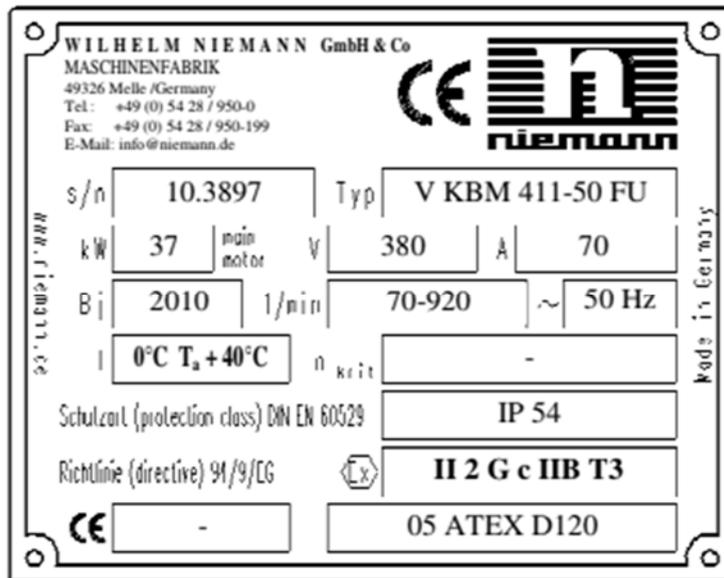


Figure 4.2 Plaque d'identification

4.2.7 Vérification et entretien

Afin de conserver la machine en bon état de marche elle doit être vérifiée, entretenue régulièrement et réparée si nécessaire. Les points suivants doivent être pris en compte sans faute:

- L'entretien et la réparation doivent être faits par les personnes habilitées ayant la formation et la qualification correspondante.
- Un entretien et des réparations incorrects peuvent conduire à une panne de machine, préjudices aux personnes et dégâts matériels.
- Les vérifications doivent être effectuées seulement par des gens spécialement formés.
- L'entretien et la réparation de la machine doivent être effectués seulement à l'arrêt. Dans ce but le bouton d'alimentation est mis sur „0“. Il est protégé contre un redémarrage par inadvertance par un cadenas.
- Si les carters de protection doivent être enlevés pour l'entretien, il doivent être soigneusement remis avant que la machine soit remise en marche.
- Pour les raisons de sécurité, lors de la vérification de la machine, une distance suffisante doit être conservée par rapport aux parties de mouvement.
- Pour les intervalles d'entretien se reporter au tableau [voir 7.1].

- Pour tous travaux de vérification, entretien ou réparation faire attention à avoir un espace pour mettre ses pieds en tout sécurité.
- Pour les travaux concernant la tête de la machine utiliser une échelle dans de bonnes conditions, elle doit être appliquée contre la machine à seulement des endroits appropriés (assurée contre le glissement).
- Les opérateurs doivent faire attention que les graisses (lubrification) ou huiles ne tombent pas sur le sol.
- Il est nécessaire de mettre en marche la machine de temps en temps pour effectuer convenablement les travaux sur certains parties de la machine, une personne pour superviser doit être désignée pour vérifier les précautions supplémentaires à prendre. Il faut être sûr en particulier que la machine peut être arrêtée immédiatement en cas de danger.

4.2.8 Illustration schématique

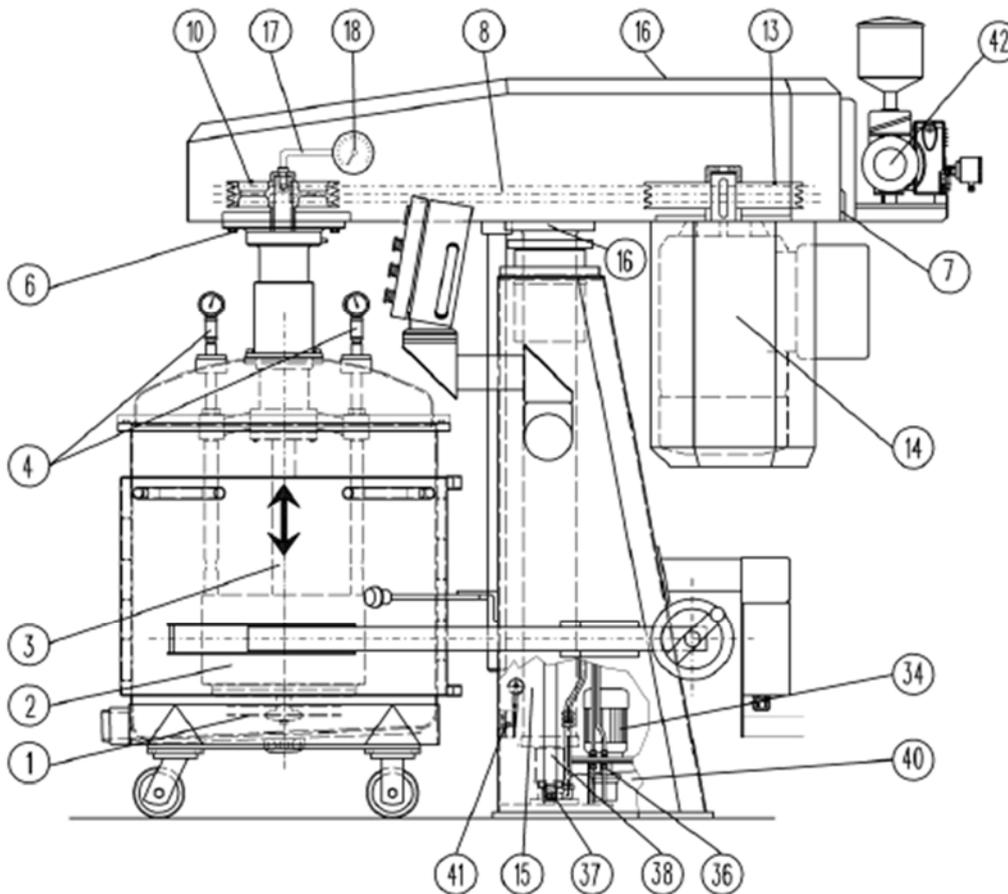


Figure 4.3 Illustration schématique d'un broyeur

- **Liste des numéros de pièces**

1. Disque double de pompage
2. Panier de broyage
3. Arbre de mélange
4. Thermomètre
6. 6 pcs. vis pour la fixation du logement de l'arbre.
7. Vis de tension pour tendre les courroies trapézoïdales étroites.
8. Jeu de courroies trapézoïdales étroites / 4 pcs. courroies trapézoïdales 4250 Lw
(commander et changer uniquement comme jeu complet).
10. SPB poulie à courroie trapézoïdales étroite 4/450 mm
13. SPB poulie à courroie trapézoïdales étroite 4/212 mm
14. Moteur principal
15. Cylindre principal
16. Vis de fixation pour le carter de la tête de la machine.
17. Câble d'entraînement (flexible) pour le compteur de vitesse.
18. Compte tours pour indiquer la vitesse de l'arbre de mélange en fonctionnement
27. Nipple de désagrégation pour le système hydraulique avec couvercle protecteur en caoutchouc.
34. Agrégat hydraulique pour lever la tête de la machine
36. Filtre d'huile
37. Point du tube destiné à la rupture.
38. Piston du système hydraulique.
40. Huile hydraulique
41. Interrupteur limite (interrupteur de sécurité pour l'ajustement à la hauteur de la cuve utilisée).

42. Pompe à vide

4.3 Micro-console de l'ACS850

4.3.1 Généralités :

L'ACS850-04 est un module variateur en protection IP20 pour la commande des moteurs c.a., des moteurs synchrones à aimants permanents et des moteurs synchrones à réluctance ABB (moteurs SynRM). Il est destiné à être monté en armoire utilisateur.

L'ACS850-04 est proposé en différentes tailles selon la puissance utile. Toutes les tailles utilisent la même unité de commande (JCU). Ce manuel concerne exclusivement les appareils de tailles E0 et E.

Agencement

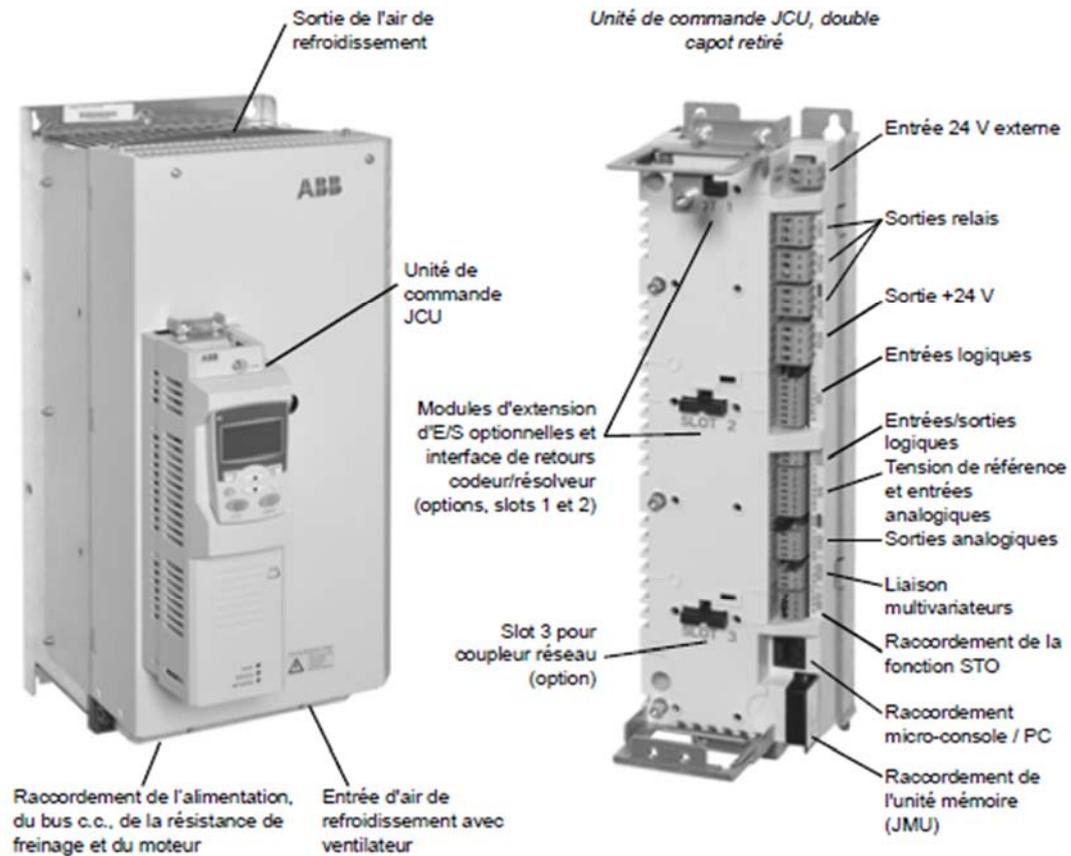


Figure 4.4 Micro-console de l'ACS850

4.3.2 Caractéristiques

- Pavé alphanumérique avec affichage LCD
- Fonction Copier – copie des paramètres dans la mémoire de la micro-console pour les transférer dans d'autres variateurs ou les sauvegarder.
- Aide contextuelle
- Horloge temps réel

4.3.3 Installation

- Montage

Pour les options de montage, cf. Manuel d'installation du variateur

Pour les consignes de montages de la micro-console, cf. document anglais

ACS-CP-U Control Panel IP54 Mounting Platform Kit Installation Guide

(3AUA0000049072).

- **Installation électrique**

Utiliser un câble réseau droit CAT5 d'une longueur de 3 mètres maximum. Des câbles adéquats sont disponibles via ABB.

Pour l'emplacement du connecteur de la micro-console sur le variateur, cf. Manuel d'installation du variateur.

4.3.4 Fonctionnement

La micro-console fonctionne avec des menus et des touches. La fonction effective est spécifiée sur l'affichage au-dessus de chaque touche

Vous sélectionnez une fonction (ex., mode de commande ou de paramétrage) en sélectionnant l'état MENU à l'aide de la touche multifonction 2 puis en enfonçant les touches à flèche jusqu'à mise en surbrillance (vidéo inverse) de la fonction et appui sur la touche multifonction correspondante. La touche multifonction

de droite sert en général à sélectionner un mode, le valider ou sauvegarder les modifications. La touche multifonction de gauche sert à annuler les modifications et à revenir à la fonction précédente.

Le menu principal de la micro-console compte dix modes de fonctionnement :

Paramètres, Assistants, Param Modif (Paramètres modifiés), Pile défaut, Heure & date, Sauveg Par (Sauvegarde paramètres), Config E/S (configuration E/S), Edition Ref (Édition référence), Info Var (Information variateur) et Hist Par Mod (Historique paramètres modifiés).

La micro-console possède également un mode Output (Affichage) préréglé en usine. En cas de défaut ou d'alarme, la micro-console passe automatiquement en mode Défaut et affiche le

code du défaut ou de l'alarme. Vous pouvez réarmer le défaut en mode Affichage ou Défaut. Le principe de fonctionnement de ces modes et options est décrit dans ce chapitre.

À la mise sous tension, la micro-console est en mode Output (Affichage) dans lequel vous pouvez démarrer et arrêter le variateur, inverser le sens de rotation du moteur, commuter entre la commande locale (LOC) et à distance (DIS), modifier la valeur de référence et afficher 3 valeurs réelles. Pour d'autres tâches, vous devez d'abord accéder au menu principal et ensuite sélectionner l'option recherchée. La ligne d'état (cf. section Ligne d'état page 18) indique le nom du menu, du mode, de l'élément ou de l'état en cours.

4.3.5 Fonctionnement de base - tout mode

Démarrer et arrêter le variateur, commuter entre la commande Locale et à distance

Vous pouvez démarrer et arrêter le variateur, commuter entre la commande locale et à distance à partir de n'importe quel mode de fonctionnement de la micro-console.

Pour démarrer et arrêter le variateur par la micro-console, il doit être en commande Locale.

4.3.6 Shémas logique de contrôle direct de couple

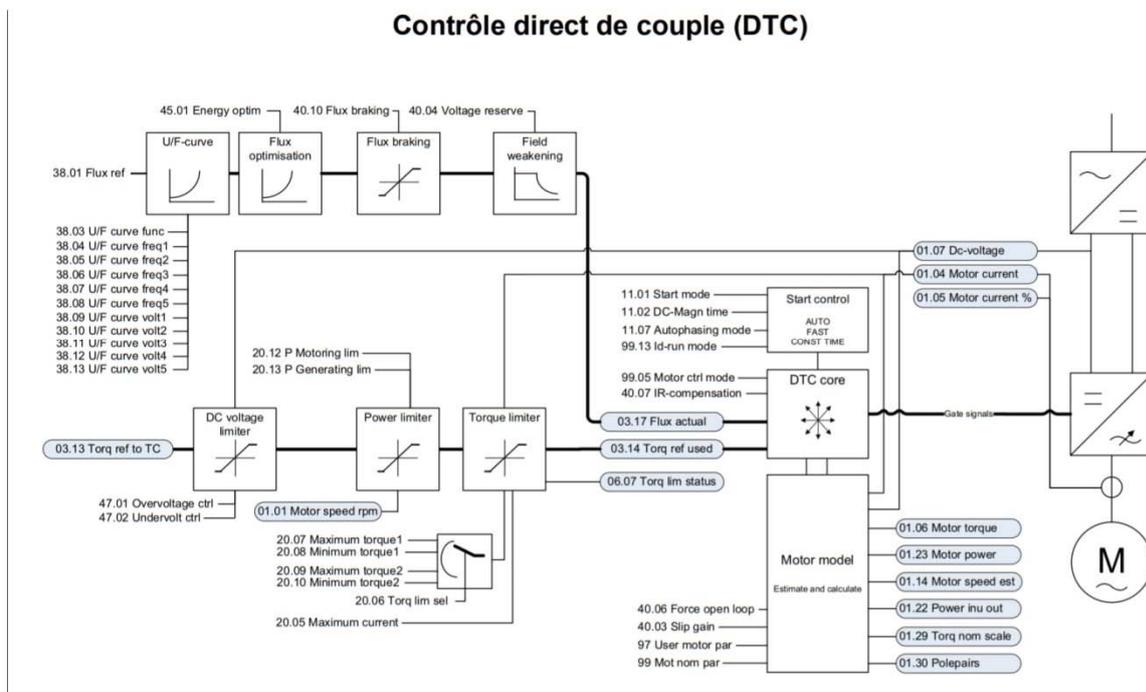


Figure 4.5 shema de contrôle direct de couple DTC

Conclusion générale

ce travail porte essentiellement sur l'étude d'un variateur de vitesse électronique qui est maintenant le plus répandu en industrie pour la commande de vitesse des moteurs asynchrones les plus utilisés aussi

On a présenté l'entreprise publique économique, société par action, entreprise nationale des peintures, « EPE/E.N.A.P/Spa » et on a aussi présenté la description de l'organigramme générale

On a parlé de l'architecture des moteurs asynchrones puis de différentes techniques de variation de vitesse.

Nous avons aussi parlé sur machine KREIS-BASKET-MILL et sur Micro-console de l'ACS850

L'idée ou le but de ce travail c'est de varier la vitesse d'un moteur asynchrone par

l'action sur la fréquence ce qui est effectué en simulation en environnement simulink de matlab .

Bibliographie

[1]: article: machine asynchrone /Wikipédia.

[2] : modélisation de la machine asynchrone /commande vectorielle d'une machine à induction /mémoire master université d'el-ouad.

[3]: <http://automastion.sense.com/lesmoteursasynchrones>

[4]: <http://e.m.c.2.free.fr/bilanenergetique>

[5]: <http://ac.pointiers.fr/electrotechnique>

[6] : Jacques schonek yves nebon Cahier Technique Schneider Electric n° 204

[7] : Daniel CLENET Cahier Technique Schneider Electric n° 208 Démarreurs et variateurs de vitesse électroniques

[8] : Mr BENGMAIH : “ Redressement non commandé ”, C.P.G.E-TSI-SAFI

[9] : Yousfi Massinissa et Bouhenaf Zidane : “ commande directe de couple de la machine synchrone à double étoile ”, école nationale polytechnique ENP El-Harrach

[10] : onduleur autonome (chapitre 5 université de Savoie licence EFA module U6 énergie et convertisseur d'énergie)

[11] : G.SEGUIER. J.BONAL : “ entrainement électrique a vitesse variable Edition Tech &doc, 1998.

Résumé

Ce document représente un travail de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master en Electromécanique sous le thème Etude d'un variateur de vitesse

Dans ce travail on a modélisé la machine asynchrone, la modélisation est important pour les commandes des machines .On a choisi le micro-console L'ACS850 et on a fait une étude générale sur les différentes parties (onduleur gradateur) et nous avons exécuté la simulation

Abstract

This document represents an end of study work for obtaining a master's degree in Electromechanics under the theme Study of a variable speed drive

In this work we modeled the asynchronous machine, modeling is important for machine controls. We chose the ACS850 micro-console and we made a general study on the various parts (dimmer inverter) and we performed the simulation