



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electromécanique
Electromécanique

Réf. : ..

Présenté et soutenu par :

Tabet Saber

Touansa Hicham

Etude d'une installation électrique industrielle dans
l'usine SPA Biskria ciment

Jury :

| | | | |
|-------------------------------|-----|----------------------|------------------|
| Mr. Golea Amar | Pr | Université de biskra | Président |
| Mr. Amrani Ishak | MAA | Université de biskra | Examineur |
| Mr. Dendouga Abdehakim | MCA | Université de biskra | Encadreur |
| Mr. Megherbi Ahmed Chaouki | MCA | Université de biskra | Co- Encadreur |



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electromécanique
Electromécanique
Réf. : ..

Présenté et soutenu par :

Tabet Saber

Touansa Hicham

Etude d'une installation électrique industrielle
dans l'usine SPA Biskria ciment

Présenté par :

Taber saber

Touansa Hicham

Avis favorable de l'encadreur :

Dendoga Abdelhakim

signature

Avis favorable du Président du Jury

Golea Amar

Signature

Cachet et signature

Résumé

Cet mémoire présente une synthèse sur mon projet de fin d'études, effectué au sein de la société SPA Biskria ciment. En premier lieu, nous avons présenté un aperçu général sur l'usine et ses différentes unités, ainsi que des généralités sur les installations et les appareillages électriques industrielles ont été exposé, en deuxième lieu nous avons focalisé notre étude sur un ventilateur utilisé dans le broyeur entraîné par un moteur asynchrone à vitesse variable. Dans ce contexte un variateur de fréquence basé sur un redresseur et onduleur MLI a été utilisé pour contrôler la vitesse du moteur asynchrone. Cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances et d'acquérir des nouvelles connaissances pratiques en ce qui concerne le processus de production du ciment, les installations électriques, et les variateurs de vitesse basée sur la technique MLI.

تقدم هذه الأطروحة ملخصاً لمشروع التخرج الذي تم تنفيذه داخل شركة البسكرية للإسمنت. أولاً، قدمنا لمحة عامة عن المصنع ووحداته المختلفة، بالإضافة إلى العموميات الخاصة بالتركيبات والمعدات الكهربائية الصناعية، وثانياً ركزنا دراستنا على المروحة المستخدمة في المصنع. يقودها محرك متغير السرعة غير متزامن. في هذا السياق، تم استخدام محول تردد يعتمد على مفهوم MLI وعاكس للتحكم في سرعة المحرك غير المتزامن. لقد سمحت لنا هذه الدراسة بتعميق معرفتنا واكتساب معرفة عملية جديدة فيما يتعلق بعملية إنتاج الأسمنت والتركيبات الكهربائية ومحركات السرعة المتغيرة بناءً على تقنية MLI.

Remerciements

Je remercie Dieu le tout Puissant qui m'a donné la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie mes parents qui m'ont aidé et cru en moi et m'ont soutenu dans ma vie.

En premier lieu je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur Mr Dendouga Abdehakim et Megherbi Ahmed Chaouki. Je le remercie de m'avoir encadrée, orientée, aidée, conseillée et supportée tout au long de cette année.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon frère Tabet Mahfoud pour mon soutien dans ce projet, et à mon cousin Tabet sadik et les membres de la société biskria cimenterie Nadir Baisi, Adel Akoun pour leur confiance et leurs conseils pour mener à bien le travail, notamment pour les avoir aidés tout au long de la période de stage.

Nos remerciements vont aussi à mesdames les membres jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Sans oublier d'adresser mes respects, tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet.

Dédicace

Je dédie cette humble thèse d'éducation didactique à :

Pour des parents décents

À mes frères : Yassin, Walid, Lazhar et Mahfoud

Pour toute ma famille.

À tous mes amis chers.

Sont oublier mes très chères travailleurs SPA biskria ciment

Liste des figures

Les figures de chapitre I

| | |
|---|----|
| Figure I.1 : Structure générale d'une installation électrique..... | 3 |
| Figure I.2 : Exemple d'un réseau électrique | 4 |
| Figure I.3 : Exemple d'un schéma de commande d'un contacteur | 8 |
| Figure I.4 : Schéma circuit de puissance | 9 |
| Figure I.5 : Symbole de Sectionneur | 10 |
| Figure I.6 : Sectionneur porte-fusibles | 10 |
| Figure I.7 : Sectionneur haute tension | 11 |
| Figure I.8 : Sectionneur de mise à la terre | 12 |
| Figure I.9 : Disjoncteur | 13 |
| Figure I.10 : Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'huile | 13 |
| Figure I.11 : Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'air..... | 14 |
| Figure I.12 : Constitution d'une ampoule de coupure dans le vide | 16 |
| Figure I.13 : Contacteurs magnétiques | 17 |
| Figure I.14 : Relais thermique | 18 |
| Figure I.15 : Fusible gG | 19 |
| Figure I.16 : Fusible Am | 19 |
| Figure I.17 : Fusibles AD | 20 |
| Figure I.18 : Transformateur triphasé | 21 |
| Figure I.19 : Symbole de transformateur de puissance | 21 |
| Figure I.20 : Schéma de principe de fonctionnement d'un transformateur de puissance | 22 |
| Figure I.21 : Emplacement d'un transformateur dans le réseau électrique | 23 |
| Figure I.22 : Moteurs asynchrones..... | 24 |
| Figure I.23 : Variateurs de vitesse..... | 25 |

Les figures de chapitre II

| | |
|--|----|
| Figure II.1 : SPA BISKIA CIMENT | 28 |
| Figure II.2 : Concassage | 30 |
| Figure II.3 : Broyeur Cru | 31 |
| Figure II.4 : Plaque signalétique de moteur broyeur cru | 32 |
| Figure II.5 : four rotatif | 33 |
| Figure II.6 : Plaque signalétique de moteur four rotatif | 34 |
| Figure II.7 : Broyeur ciment..... | 35 |
| Figure II.8 : Plaque signalétique de moteur broyeur ciment | 36 |
| Figure II.9 : Schéma électrique d'usine des deux nouvelles chaines de production | 37 |
| Figure II 10 : Station de distribution d'énergie électrique d'usine (p0) | 38 |

Les figures de chapitre III

| | |
|---|----|
| Figure III.1 : Armoire variateurs de vitesse (HARVEST) | 41 |
| Figure III.2 : Transformateur abaisseur utilisé par le variateur de vitesse | 42 |
| Figure III.3 : régulateur tension manuelle | 43 |
| Figure III.4 : Schéma synoptique de la M.L.I | 44 |
| Figure III.5 : MLI analogique | 45 |
| Figure III.6 : MLI Numérique | 45 |
| Figure III.7 : MLI Hybride | 46 |
| Figure III.8 : Armoire de puissance | 46 |
| Figure III.9 : Principe de convertisseur basse tension AC/DC/AC | 47 |
| Figure III.10 : Armoire de commande | 48 |
| Figure III.11 : l'interface tactile HMI | 50 |
| Figure III.12 : Schéma électrique de HARVEST | 52 |

Liste des abréviations

HT : haute tension

MT : moyen tension

BT : basse tension

MLI : Modulation de Largeur d'Impulsions

VDF : Variable Frequency Drive

AC: Alternating Current

DC: Direct Current

PLC: Programmable Logic Controller

HMI: Human machine interface

UPS: Uninterrupted Power supply System

DCS: distributed control system

DSP: Digital signal processor

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Généralité sur les installations électriques industrielles | |
| Introduction | 3 |
| I.1. Structure d'un réseau électrique..... | 3 |
| I.2. Réseau électrique industriel..... | 3 |
| I.3. Différents types de réseau électrique..... | 4 |
| I.3.1 Réseaux de transport | 4 |
| I.3.2 Réseaux de distribution..... | 6 |
| I.4. Tension..... | 6 |
| I.5. Méthodologie de calcul d'une installation industrielle..... | 6 |
| I.6. Constitution des installations électrique..... | 7 |
| I.6.1 Circuit de commande..... | 7 |
| I.6.2 Circuit de puissance..... | 8 |
| I.7. Les appareils de commande, de signalisation et de protection..... | 9 |
| I.7.1 Sectionneur..... | 9 |
| I.7.1.1 Différentes types de Sectionneur..... | 10 |
| A. Sectionneur basse tension | 10 |
| B. Sectionneur haute tension | 11 |
| C. Sectionneur de mise à la terre | 11 |
| I.7.2 Disjoncteur | 12 |
| I.7.2.1 Différentes types de disjoncteur | 13 |
| A. Disjoncteur à huile..... | 13 |
| B. Disjoncteur à air comprimé..... | 14 |
| C. Disjoncteur à gaz SF6 | 15 |
| D. Disjoncteur à vide | 15 |
| I.7.2.2 Principe de fonctionnement..... | 16 |

| | |
|---|----|
| I.7.3 Contacteurs magnétiques | 17 |
| I.7.4 Relais thermique | 17 |
| I.7.5 Fusible..... | 18 |
| I.7.5.1 Rôle..... | 18 |
| I.7.5.2 Différents types et formes de fusible..... | 18 |
| I.8. transformateur | 20 |
| I.8.1 Définition..... | 20 |
| I.8.2 Symbole de transformateur | 21 |
| I.8.3 Principe de fonctionnement | 21 |
| I.8.4 Utilisations de transformateur de puissance..... | 22 |
| I.9. Les moteurs asynchrones..... | 23 |
| I.9.1 Principe de fonctionnement du moteur asynchrone | 24 |
| I.10. Variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones..... | 25 |
| I.10.1 Principe de la variation de vitesse..... | 25 |
| I.11. Conclusion..... | 25 |

Chapitre 2 : l'installation électrique de l'entreprise

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 27 |
| II.1. Présentation de l'usine de ciment SPA BISKRIA CIMENT..... | 27 |
| II.1.1 Description d'usine..... | 27 |
| II.1.2 produits du SPA BISKRIA..... | 28 |
| II.1.3Service | 29 |
| II.2. Définition du Ciment | 29 |
| II.2.1 Station concasseur..... | 29 |
| II.2.2 Station Cru..... | 30 |
| II.2.2.1 Pré homogénéisation..... | 30 |
| II.2.2.2 Broyage Cru..... | 30 |

| | |
|--|----|
| II.2.3 Station Cuisson..... | 32 |
| II.2.3.1 Tour à cyclones..... | 32 |
| II.2.3.2 Four rotatif..... | 33 |
| II.2.3.3 Refroidissement..... | 34 |
| II.2.4 Station ciment..... | 34 |
| II.2.5 Station Expédition..... | 36 |
| II.3. Distribution de l'énergie électrique dans l'usine..... | 36 |
| II.3.1 Schéma électrique d'usine des deux nouvelles chaînes de production..... | 37 |
| II.3.2 Description..... | 37 |
| II.4. Conclusion..... | 39 |

Chapitre 3 : Étude de l'installation électrique d'un variateur de vitesse dans l'unité de broyeur

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 41 |
| III.1. Variateurs de vitesse pour le ventilateur..... | 41 |
| III.2. Variateur de vitesse..... | 41 |
| III.2.1 Armoire de transformateur..... | 42 |
| III.2.2 Armoire de puissance (circuit de puissance)..... | 43 |
| III.2.2.1 Principe de base de MLI..... | 43 |
| A. Caractéristique de la modulation de largeur d'impulsion (MLI)..... | 44 |
| B. Types de la MLI..... | 44 |
| III.2.2.2 Entrée de l'armoire de puissance..... | 46 |
| III.2.2.3 Structure de la sortie..... | 47 |
| III.2.3 Armoire de commande..... | 48 |
| III.3. Fonction de VFD..... | 49 |
| III.3.1 Type de démarrage | 49 |
| III.3.1.1 Démarrage normal | 49 |
| III.3.1.2 Démarrage progressif | 49 |

| | |
|---|----|
| III.3.2 Réglage du mode de fonctionnement..... | 50 |
| III.3.2.1 Mode boucle fermée..... | 50 |
| III.3.2.2 Mode boucle ouverte | 50 |
| III.3.3 Réglage du mode de commande..... | 50 |
| III.3.4.1 Contrôle local :..... | 50 |
| III.3.4.2 Contrôle supérieur de PC :..... | 50 |
| III.3.4.3 Contrôle DCS (Distributed Control System):..... | 51 |
| III.3.4.4 Télécommande GPRS (Fonction en option) :..... | 51 |
| III.4. Schéma électrique de HARVEST..... | 52 |
| III.5. Conclusion..... | 52 |
| Conclusion générale..... | 53 |
| Références bibliographies | 54 |

Introduction générale

Le développement économique et industriel dans la société actuelle a contribué à une augmentation de la consommation de l'énergie électrique, qui a pour conséquence, un accroissement de puissance à générer, à transporter et à distribuer, par conséquent, les réseaux d'énergie électrique deviennent de plus en plus grands et compliqués, d'où l'intérêt permet de chercher les moyens adéquats afin de les exploiter efficacement et économiquement.

La continuité de distribution d'énergie électrique exige un dimensionnement correct de chaque élément du réseau : transformateurs, câbles, lignes. Malheureusement, augmenter les limites de sécurité devient rapidement onéreux et malgré toutes les précautions, un certains nombres d'incident reste inévitable tel que : surtension, coups de foudres, surcharges, fausses manœuvres.

C'est pourquoi toute une gamme d'appareils est installée dans une unité industrielle pour éviter que ces incidents ne détruisent l'ouvrage. Parmi ces appareils, on cite les relais de protection chargés de mettre hors tension la partie en défaut. Les systèmes de protections permettent d'éviter les conséquences des incidents qui peuvent être dangereuses pour les personnes et pour le matériel. Pour cela, ils doivent pouvoir :

- Assurer la protection des personnes contre tout danger électrique.
- Limiter les contraintes thermiques, diélectriques et mécaniques.
- Préserver la stabilité du réseau.

Ainsi l'installation électrique constitue le sujet du présent travail, qui sera porté sur l'étude d'une installation électriques industrielle dans usine SPA biskria ciment qui fera l'objet de ce mémoire.

- Nous nous sommes concentrés sur le premier chapitre sur les généralités concernant les installations électriques industrielles et le principe de fonctionnement de chacune
- Dans le deuxième chapitre, nous avons décrit l'installation électrique de l'entreprise et distribution de l'énergie électrique.
- Dans le dernier chapitre on a présenté (le côté pratique) concentrés sur l'installation et le principe de fonctionnement de ventilateur d'isolant de poussière de ciment.

Chapitre I :

Généralité sur les installations électriques industrielles

Introduction

Une installation électrique est un ensemble d'éléments qui a pour but d'amener en toute sécurité l'énergie électrique aux récepteurs.

L'installation doit assurer la protection des personnes et des matériels contre tous les risques ayant pour origine l'électricité.

Dans ce chapitre un aperçu général sur le réseau électrique, les appareillages, les installations industrielles, et les schémas électrique a été présenté.

I.1. Structure générale d'une installation électrique

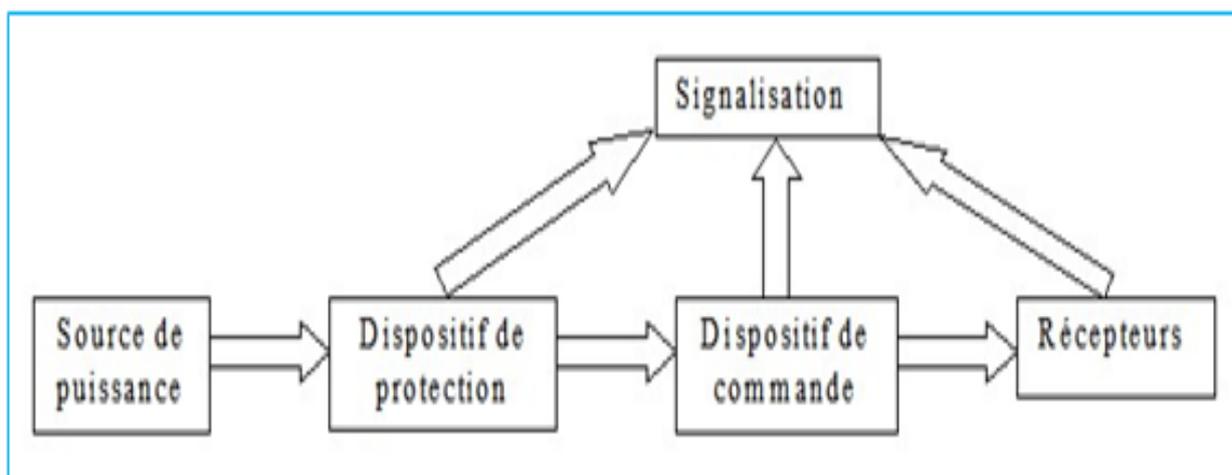


Figure I.1 : Structure générale d'une installation électrique. [1]

En général, la structure d'une installation électrique est constituée par [1] :

- La source de puissance ; alternative ou continue ;
- Le dispositif de protection ; fusible, disjoncteur, relais,...etc.
- L'appareillage de commande ; contacteur, commutateur...etc.
- La signalisation ; lumineuse, sonore (indication de la température, la pression, le débit, le niveau,...etc.).

I.2. Réseau électrique industriel

Le rôle du réseau dans le système électrique pour assurer un approvisionnement énergétique sûr et économique. Il n'est techniquement pas possible que ce rôle soit assuré par un type unique de réseau qui relierait moyens de production et utilisateurs. Une bonne

solution consiste à établir une hiérarchie de trois catégories de réseaux dont les fonctions sont différentes et qui se distinguent par le niveau de tension de leurs lignes ou le niveau de puissance qui transite. [2]

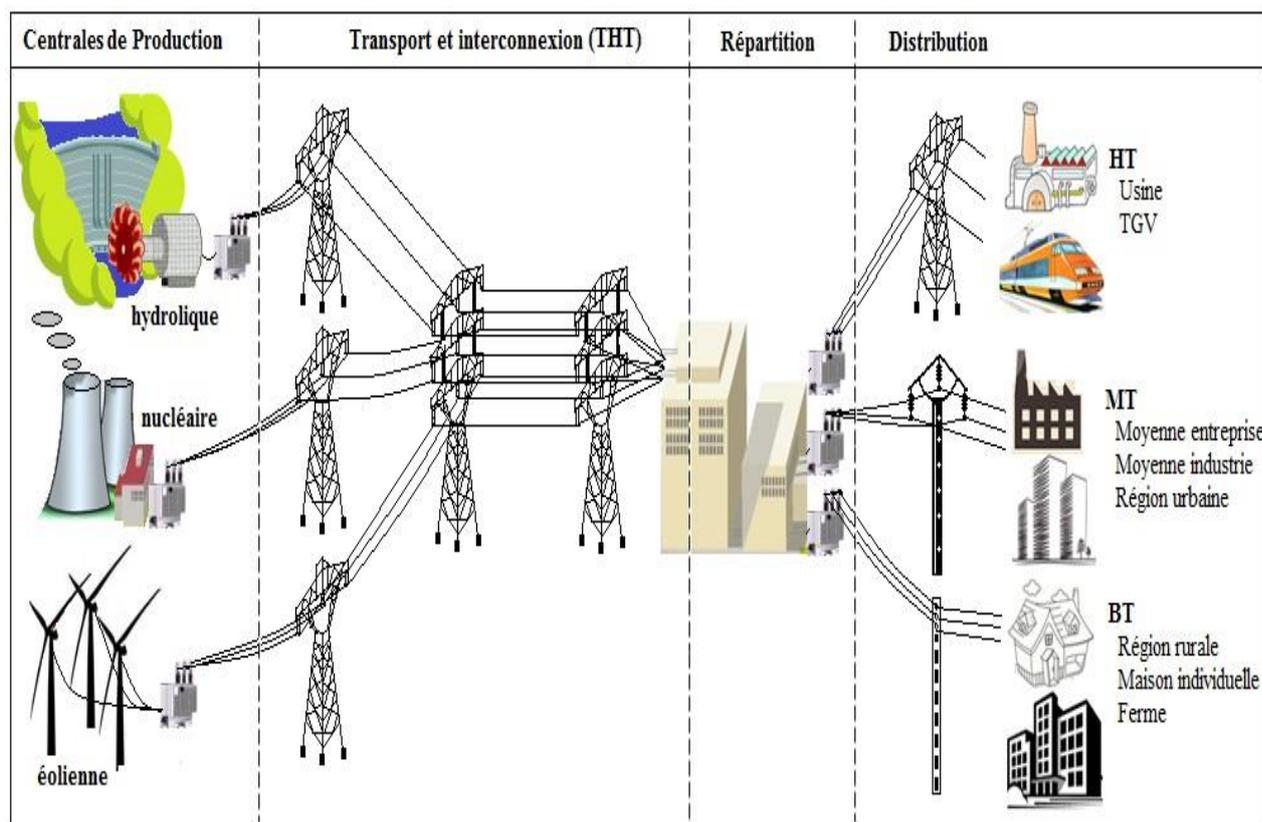


Figure I.2 : Exemple d'un réseau électrique. [2]

I.3. Différents types de réseau électrique

On distingue deux types de réseau électriques [2] : réseaux de transport et réseaux de distribution.

I.3.1 Réseaux de transport

Les avantages des réseaux de transport et de répartition sont d'assurer la sécurité d'alimentation des zones de consommation et de minimiser les coûts de fourniture d'électricité. Ils sont fondés sur la compensation statistique des variations et des aléas de la production comme de la consommation. La topologie adéquate permettant d'obtenir ces avantages est celle du réseau maillé qu'on exploite en boucles fermées. Ainsi l'énergie transite par des chemins différents de façon que l'indisponibilité d'un élément n'entraîne pas d'interruption de l'alimentation des réseaux de distribution. Cette topologie est d'ailleurs

adaptable pour faire face à certaines situations contraignantes grâce à la possibilité d'ouvrir des branches du réseau dans les postes électriques qui constituent les nœuds du maillage.

Les lignes de transport sont dimensionnées de façon à obtenir le meilleur compromis entre le coût de la ligne et le coût des pertes Joule. Cette contrainte économique se situe nettement en dessous de la contrainte thermique, qui peut admettre des densités de courant au moins deux fois plus fortes. Pour des raisons techniques, la section optimale élémentaire d'un conducteur est d'environ 600 mm², et pour satisfaire les besoins de transit on procède par augmentation du nombre de conducteurs par phase. Le nombre de circuits par ligne aérienne a tendance à augmenter en raison de la difficulté de plus en plus grande pour obtenir les autorisations de passage. Cette tendance est toutefois freinée par des considérations de sécurité : en cas d'indisponibilité de la ligne par la chute d'un pylône ou l'effet de la foudre, c'est la totalité des circuits qui est inutilisable. Les lignes aériennes sont en général à deux circuits ; elles en comptent jusqu'à six dans les zones suburbaines denses. Les lignes souterraines ou sous-marines sont constituées de câbles isolés, enterrés dans le sol ou posés dans une galerie souterraine ou au fond de la mer.

Plus les puissances et les distances sont grandes, plus les tensions et les sections optimales sont élevées. En fait, pour des raisons pratiques d'interconnexion, on choisit un nombre limité de tensions pour les réseaux de transport.

Dans une région à forte densité de consommation comme l'Europe de l'Ouest avec de nombreux postes de transformation pour desservir les réseaux locaux, la très haute tension ne peut dépasser 400 kV. En revanche, dans les pays où cette densité est faible et les lignes de grande longueur, comme en Russie, au Canada, aux États-Unis et en Amérique du Sud, les tensions sont plus élevées, jusqu'à 800 kV.

Les postes électriques jouent un rôle essentiel dans l'exploitation des réseaux. Les postes de sectionnement permettent la connexion ou la coupure de lignes de même tension. Les postes de transformation, au moyen de transformateurs, transfèrent l'énergie entre réseaux de tensions différentes. La partie centrale d'un poste est constituée par un ou plusieurs jeux de barres à une tension déterminée auquel chaque circuit est raccordé par l'intermédiaire d'un appareil de coupure et d'un appareil de sectionnement qui permet de le séparer du réseau.

Un poste contient aussi les appareils de mesure et de contrôle des transits, ainsi que les moyens de compensation de l'énergie réactive, des inductances pour en absorber, des

capacités pour en fournir. Par ailleurs, il comporte des appareils de détection des courts circuits, les disjoncteurs pour isoler immédiatement le circuit concerné.

I.3.2 Réseaux de distribution

Le rôle des réseaux de distribution est d'irriguer en énergie électrique le territoire et de satisfaire une nombreuse clientèle de petits industriels et de particuliers, en milieu urbain très dense comme en zone rurale à habitat dispersé. C'est dire que la conception de ces réseaux varie d'un pays à l'autre et que les solutions adoptées sont nombreuses dans le monde. Toutefois, ils ont deux caractéristiques communes :

- a. structure maillée à plusieurs niveaux de tension pour des raisons techniques et économiques : niveau HT, MT et BT.
- b. topologie radiale ou arborescente à partir des postes de transformation HT/MT, ou des postes MT/BT, où ils trouvent leur alimentation.

Les réseaux de distribution posent des problèmes d'exploitation pour maintenir la qualité de service du point de vue de la tension et surtout de la continuité de la fourniture. À cet égard, la réduction des défaillances est basée, outre l'entretien sous tension, sur l'étude de plan d'intervention automatique ou manuelle pour isoler un ensemble de charges et éviter ainsi la propagation de défauts.

I.4. Tension

On distingue les domaines de tension suivants [3] :

- La basse tension BT qui concerne les tensions inférieures à 1 kV.
- La moyenne tension MT (HTA) qui concerne les tensions entre 1 kV et 50 kV.
- La haute tension HT (HTB) qui concerne les tensions supérieures à 50 kV.

I.5. Méthodologie de calcul d'une installation industrielle

L'étude d'une installation électrique se fait méthodiquement en respectant les étapes suivantes [2] :

1. recueillement des données et établissement des bilans de puissance ;
2. détermination des sections des câbles ;
3. détermination des chutes de tension ;

4. détermination des courants de court-circuit ;
5. détermination des calibres In des déclencheurs des disjoncteurs ;
6. choix des dispositifs de protection ;
7. sélectivité des protections ;
8. mise en œuvre de la technique de filiation ;
9. optimisation de la sélectivité des protections ;
10. vérification de la protection des personnes ;

I.6. Constitution des installations électrique

Les installations industrielles des automatismes sont constituées de deux parties distinctes appelées : Circuit de commande et circuit de puissance. [4]

I.6.1 Circuit de commande

Il comporte l'appareillage nécessaire à la commande des récepteurs de puissance.

On trouve :

- la source d'alimentation
- un appareil d'isolement (sectionneur).
- une protection du circuit (fusible, disjoncteur).
- un appareil de commande ou de contrôle (bouton poussoir, détecteur de grandeur physique).
- organes de commande (bobine du contacteur).

La figure ci-dessous montre un exemple d'un circuit de commande d'un contacteur KM1, en utilisant un sectionneur Q1, fusible F1, et deux boutons poussoirs (marche/arrêt).

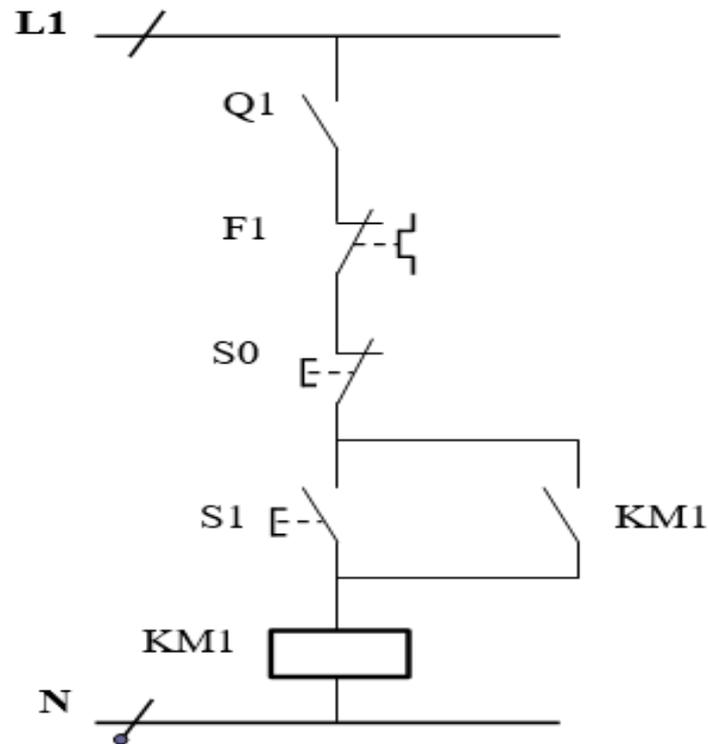


Figure I.3 : Exemple d'un schéma de commande d'un contacteur. [4]

I.6.2 Circuit de puissance

Il comporte l'appareillage nécessaire aux fonctionnements des récepteurs de puissance suivant un automatisme bien défini.

On trouve :

- une source de puissance (généralement réseau triphasé)
- un appareil d'isolement (sectionneur).
- une protection du circuit (fusible, relais de protection).
- appareils de commande (les contacts de puissance du contacteur).
- des récepteurs de puissances (moteurs).

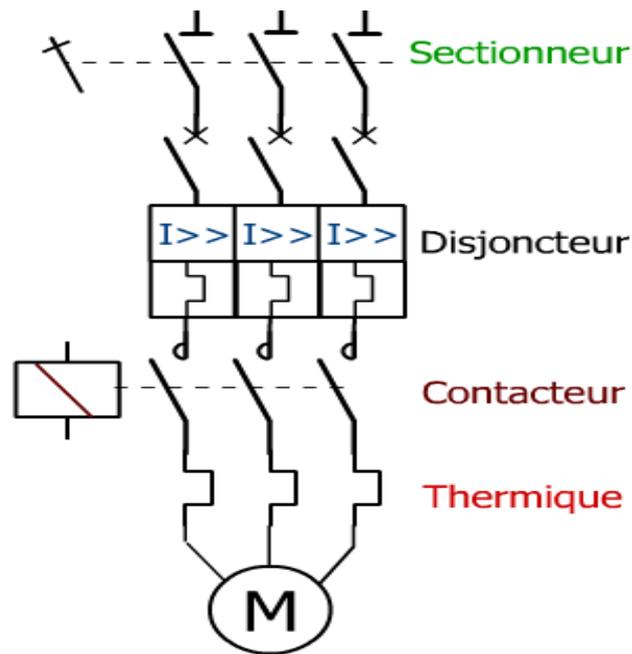


Figure I.4 : Schéma circuit de puissance. [5]

I.7.Appareillages utilisés dans les installations électriques

I.7.1 Sectionneur :

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement. L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties (figure I.5). [6]

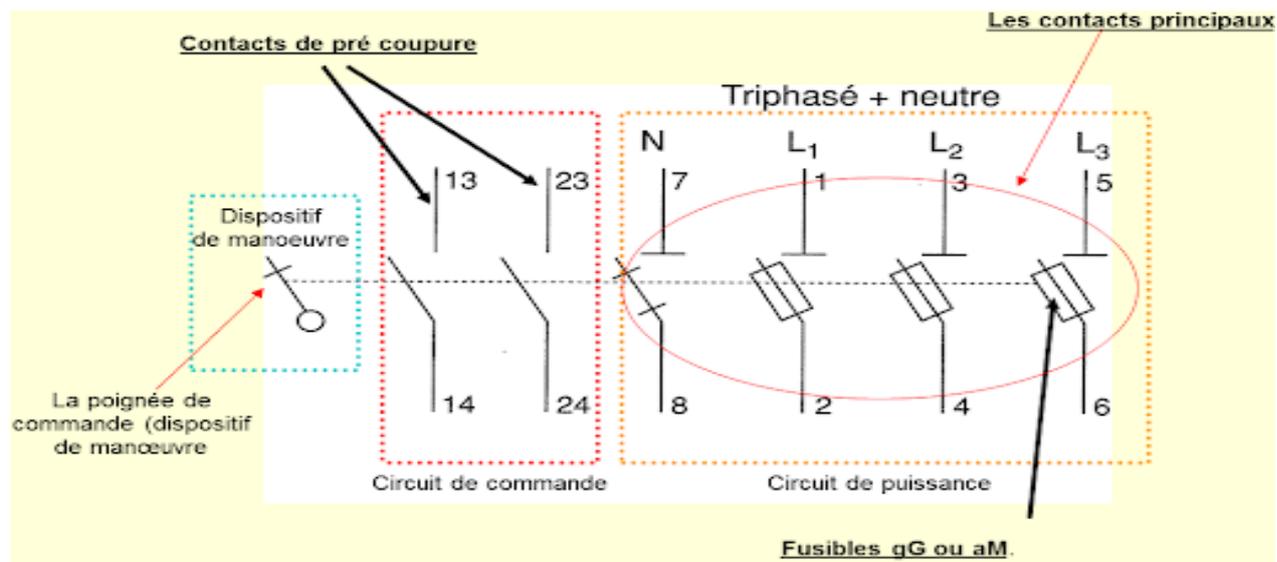


Figure I.5 : Symbole de Sectionneur. [6]

I.7.1.1 Différents types de Sectionneur

A. Sectionneur basse tension

Cet appareil est souvent muni de fusibles, il est alors appelé sectionneur porte-fusibles. Certains sectionneurs comportent aussi des contacts à pré-coupure permettant de couper la commande des organes de puissance afin d'éviter une manœuvre en charge. [6]



Figure I.6 : Sectionneur porte-fusibles. [6]

B. Sectionneur haute tension

La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir séparer un élément d'un réseau électrique (ligne à haute tension, transformateur, portion de poste électrique, ...) afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque de choc électrique. [6]



Figure I.7 : Sectionneur haute tension

C. Sectionneur de mise à la terre

On combine souvent les sectionneurs haute tension et BT (basse tension) de forte puissance avec une mise à la terre. Il s'agit d'un organe de sécurité, dont le but est de fixer le potentiel d'une installation préalablement mise hors tension, pour permettre l'intervention humaine en toute sécurité sur une installation. [6]



Figure I.8 : Sectionneur de mise à la terre

I.7.2 Disjoncteur

C'est un appareil de protection qui comporte deux relais, relais magnétique qui protège contre le court-circuit et un relais thermique qui protège contre les surcharges (figure I.9). [4]



Figure I.9 : Disjoncteur

I.7.2.1 Différentes types de disjoncteur

A. Disjoncteur à huile

L'huile qui servait déjà comme isolant a été utilisée comme milieu de coupure car cette technique permet la conception d'appareils relativement simples et économiques. Les disjoncteurs à huile ont été utilisés principalement pour les tensions de 5 à 30 kV (Voir **Figure I.10**). [7]

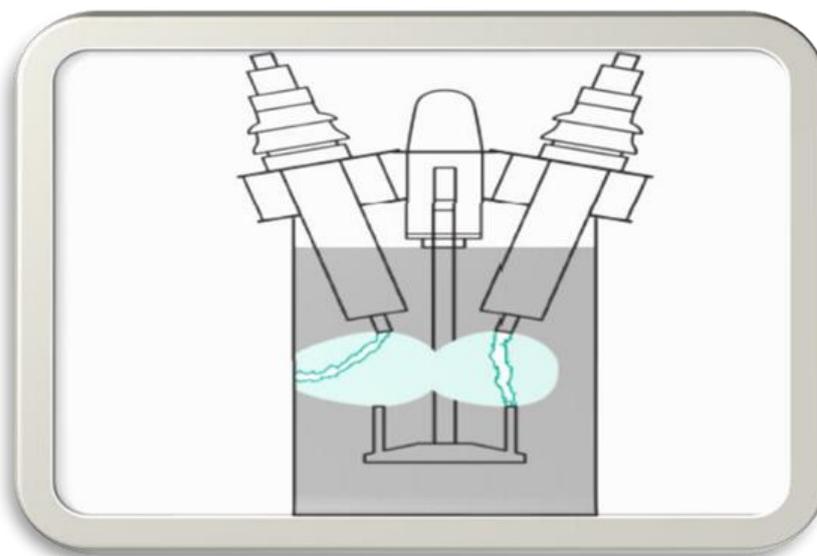


Figure I.10 : Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'huile. [7]

- **Disjoncteurs à faible volume d'huile** : L'arc et la bulle sont confinés dans un pot de coupure isolant. La pression du gaz augmente lors du passage de l'arc dans une succession de chambres puis, quand le courant passe par zéro, se détend à travers une buse sur la zone d'arc. [7]
- **Disjoncteurs à grand volume d'huile** : Dans les premiers appareils utilisant l'huile, l'arc se développait librement entre les contacts créant des bulles de gaz non confinées. Afin d'éviter des amorçages entre phases ou entre bornes et masse, ces bulles ne doivent en aucun cas atteindre la cuve ou se rejoindre. Les appareils dimensionnés en conséquence, atteignent des dimensions extrêmement grandes. [7]

B. Disjoncteur à air comprimé

- L'air comprimé est utilisé (figure. I.11) pour assurer les fonctions suivantes : Refroidissement et allongement de l'arc, entraînement des particules ionisées.
- Après passage à zéro du courant, refroidissement de la colonne ionisée résiduelle et entraînement des particules ionisées restant dans l'espace entre contacts.
- Après l'extinction de l'arc, apparition d'une rigidité diélectrique élevée, d'autant plus élevée que la pression d'air est importante. [7]

Les inconvénients de ce type sont :

- nécessité d'une station d'air comprimé ;
- bruit violent ;
- appareil plus cher ;

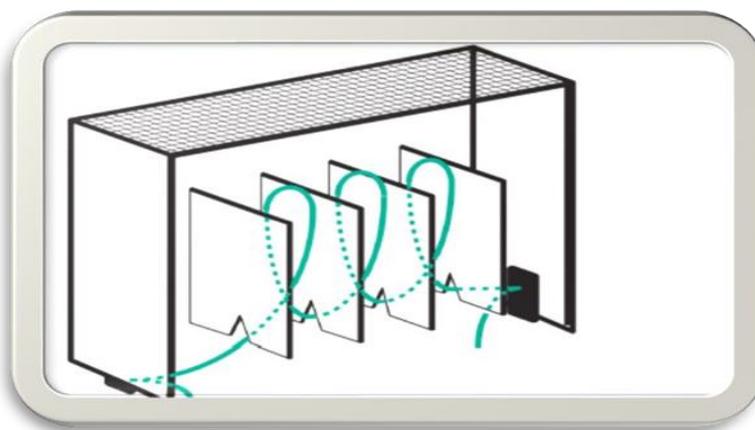


Figure I.11 : Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'air. [7]

C. Disjoncteur à gaz SF6

La mise au point de nouvelles générations de disjoncteur SF 6 (hexafluorure de soufre) très performantes a entraîné dans les années 1970 la suprématie des appareils SF6 dans la gamme 7,2 kV à 245 kV. Sur le plan technique, plusieurs caractéristiques des disjoncteurs SF6 peuvent expliquer leur succès :

- La simplicité de la chambre de coupure qui ne nécessite pas de chambre auxiliaire pour la coupure.
- L'autonomie des appareils apportée par la technique auto-pneumatique (sans compresseur de gaz).
- La possibilité d'obtenir les performances les plus élevées, jusqu'à 63 kA.
- Le nombre de chambres de coupure est réduit (01 chambre en 245 kV, 02 chambres en 420 kV, 03 chambres pour la ligne de 550 kV et 04 en 800 kV).
- Une durée d'élimination de court-circuit court, de 2 à 2,5 cycles en réseau THT.
- La durée de vie d'au moins de 25 ans.
- Faible niveau de bruit.
- Zéro maintenance (régénération du gaz SF6 après coupure).
Eteint l'arc dix fois mieux que l'air.
- L'un des inconvénients de ce type d'appareil est son prix élevé. [7]
- La figure I.5 représente un disjoncteur à gaz SF6.

D. Disjoncteur à vide

En principe le vide est un milieu diélectrique idéal : il n'y a pas de matière donc pas de conduction électrique. Cependant, le vide n'est jamais parfait et de toute façon a une limite de tenue diélectrique. Malgré tout, le « vide » réel a des performances spectaculaires : à la pression de 10^{-6} bar, la rigidité diélectrique en champ homogène peut atteindre une tension crête de 200 kV pour une distance inter électrodes de 12 mm. [7]

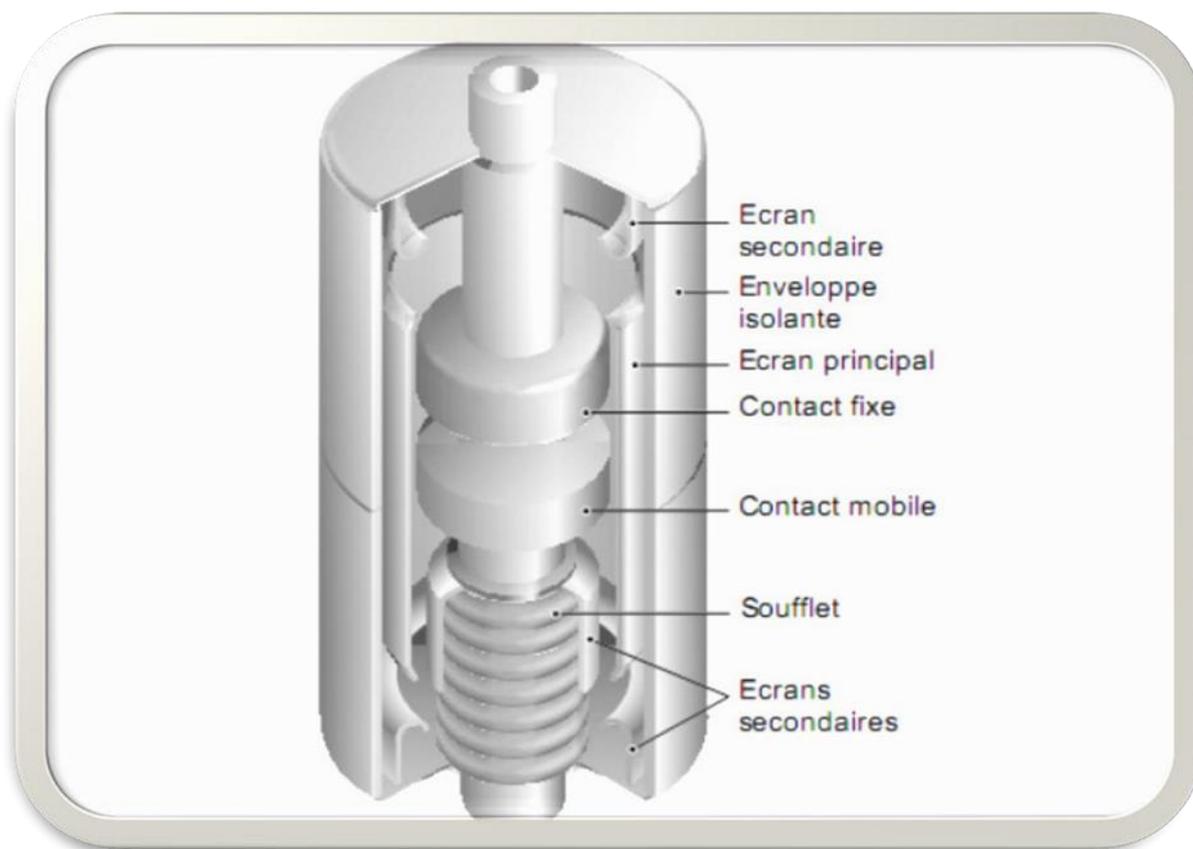


Figure I.12 : Constitution d'une ampoule de coupure dans le vide. [7]

I.7.2.2 Principe de fonctionnement

On peut décomposer la fonction principale d'un disjoncteur en deux fonctions secondaires [8] :

- Protection contre les surcharges : (déclencheur thermique) Le déclencheur thermique peut détecter de faibles surcharges : son principe de fonctionnement est analogue à celui du relais thermique : une lame bimétallique (bilame) est parcourue par le courant. Le bilame est calibré de telle manière qu'avec un courant nominal I_N , elle ne subisse aucune déformation. Par contre si des surcharges sont provoquées par les récepteurs, au cours du temps, la lame va se déformer et entraîner l'ouverture du circuit.
- Protection contre les courts circuits : (déclencheur électromagnétique) En service normal, le courant nominal circulant dans la bobine, n'a pas assez d'influence magnétique (induction magnétique) pour pouvoir attirer l'armature mobile fixée sur le contact mobile. Le circuit est fermé. Si un défaut apparaît dans le circuit aval du disjoncteur, l'impédance du circuit diminue et le

courant augmente jusqu'à atteindre la valeur du courant de court-circuit ce qui provoque une violente aimantation de l'armature mobile. Cela a comme conséquence d'ouvrir le circuit aval du disjoncteur.

I.7.3 Contacteurs

Les contacteurs magnétiques sont de gros relais destinés à ouvrir et à fermer un circuit de puissance. On les utilise dans la commande des moteurs dont la puissance est entre 0,5 kW et plusieurs centaines de kilowatts. Comme pour les moteurs, la grosseur et les dimensions principales des contacteurs sont standardisées par les organismes de normalisation (figure I.13).

[9]

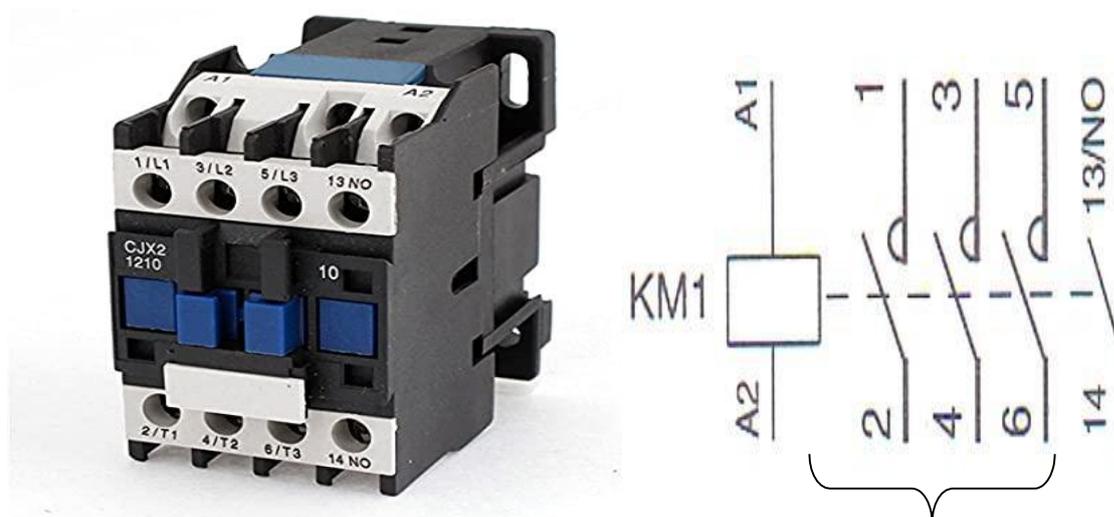


Figure I.13 : Contacteurs magnétiques. [4]

I.7.4 Relais thermique

Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en *aval* contre les surcharges et les coupures de phase. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur.

En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur qui coupe le courant dans le récepteur. [4]



Figure I.14 : Relais thermique

I.7.5 Fusible

Le fusible est un élément de faiblesse dans un circuit électrique. S'il y a surintensité c'est là que le circuit doit se couper. Actuellement les fusibles sont en cartouche. [10]

I.7.5.1 Rôle

La fonction du fusible est d'assurer la protection des circuits électriques contre les courts-circuits et les surcharges par la fusion d'un élément calibré lorsque le courant qui le traverse dépasse la valeur de son calibre. La fusion est créée par un point faible dans le circuit grâce à un conducteur dont la nature, la section et le point de fusion sont prédéterminés par le conducteur. [10]

I.7.5.2 Différents types et formes de fusible

Il existe plusieurs types de fusibles :

gG : Les fusibles gG (Figure I.15) sont des fusibles dit « protection générale », protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges ainsi que les court-circuit.



Figure I.15 : Fusibles gG. [10]

aM : Les fusibles aM (Figure I.16) sont des fusibles dit « accompagnement moteur », protègent les circuits contre les fortes surcharges ainsi que les courts-circuits.

Ils sont conçus pour résister à une surcharge de courte durée tel le démarrage d'un moteur. Ils seront associés à un système de protection thermique contre les faibles surcharges.



Figure I.16 : Fusibles aM. [10]

AD : Les fusibles AD (Figure I.17) sont des fusibles dits «accompagnement disjoncteur», ce type de fusibles est utilisé par les distributeurs sur la partie de branchement. Les inscriptions sont écrites en rouges.



Figure I.17 : Fusibles AD. [10]

I.8. Transformateur

I.8.1 Définition

Le transformateur est une machine électrique statique, appelé aussi convertisseur statique à induction, il comporte deux ou plusieurs enroulements fixes, destiné à transformer la tension et le courant alternatifs, à une tension et courant alternatifs de même fréquence mais d'amplitudes différentes selon les besoins d'utilisation. [11]



Figure I.18 : Transformateur de puissance triphasé

I.8.2 Symbole de transformateur

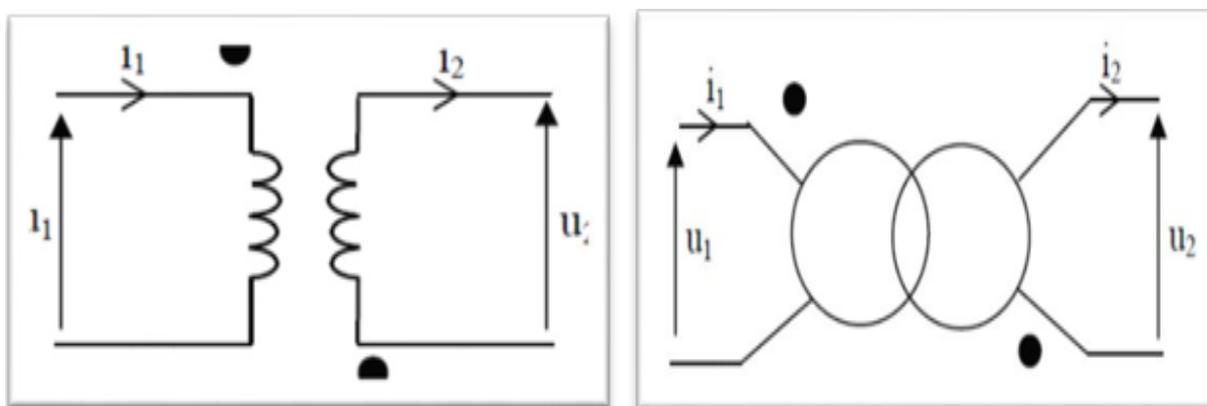


Figure I.19 : Symbole de transformateur de puissance. [11]

I.8.3 Principe de fonctionnement

Un transformateur comprend essentiellement deux circuits électriques montés sur un circuit magnétique, l'un des circuits électriques dit enroulement primaire comporte N_1 spires étant raccordé à une source de tension alternatif U_1 , le courant I_1 qui traverse cet enroulement donne naissance à un flux ϕ_m dans le circuit magnétique. Ce flux induit une force

électromotrice dans le deuxième enroulement dit « enroulement secondaire » de N_2 spires aux bornes duquel apparaît une tension U_2 . [11]

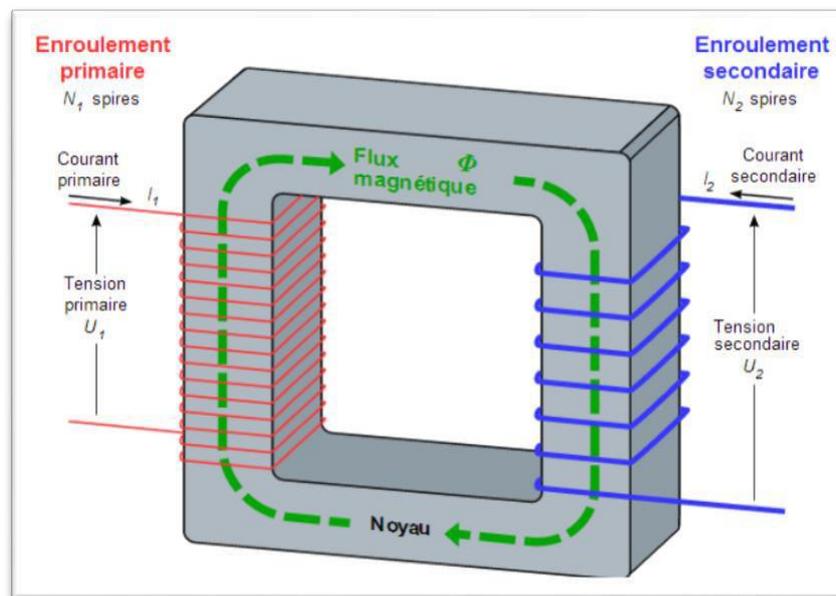


Figure I.20 : Schéma de principe de fonctionnement d'un transformateur de puissance. [11]

I.8.4 Utilisations de transformateur de puissance

Les transformateurs de puissance sont des appareils très employés dans les réseaux électriques et les applications industriels. [11]

- la sortie des centrales électriques,
- transport d'énergie électrique,
- distribution d'énergie électrique,
- les applications industrielles (transformateur de four et sous-station ferroviaires).

Un transformateur peut assurer deux fonctions :

- élever ou abaisser une tension alternative monophasée ou triphasée,
- assurer l'isolation entre deux réseaux électriques (isolation galvanique entre deux réseaux électriques).

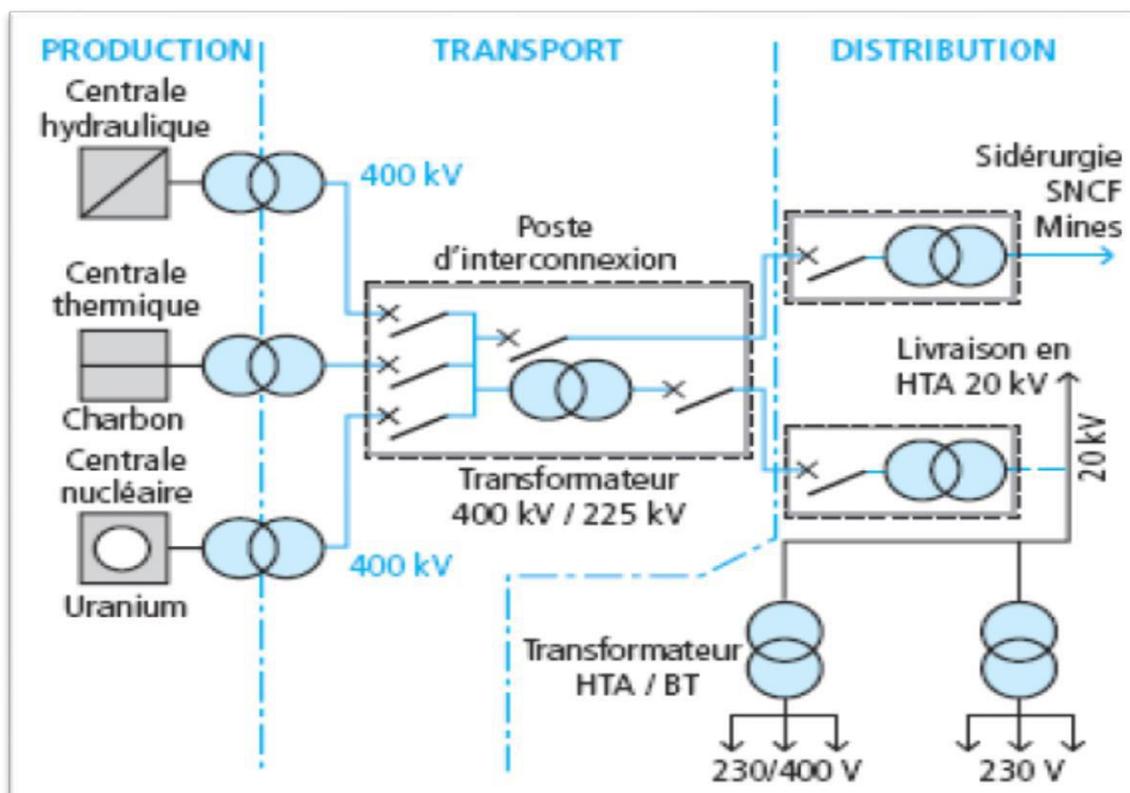


Figure I.21 : Emplacement d'un transformateur dans le réseau électrique. [11]

I.9. Les moteurs asynchrones

Le moteur asynchrone connu également sous le terme «anglo-saxon» du moteur à induction, est un moteur à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor.

Le terme asynchrone provient du fait que la vitesse de ces moteur n'est pas forcément proportionnelle à la fréquence des courants qui la traversent. Le moteur asynchrone a longtemps été fortement concurrencé par le moteur synchrone dans les domaines de forte puissance, jusqu'à l'avènement de l'électronique de puissance. On les retrouve aujourd'hui dans de nombreuses applications, notamment dans le transport (métro, train, propulsion des navires), de l'industrie (machine-outil), dans l'électroménager. Les machines asynchrones sont généralement utilisées en moteur, mais grâce à l'électronique de puissance elles peuvent aussi utiliser comme générateur. Sont de plus en plus souvent utilisées en génératrice. C'est par exemple le cas dans les éoliennes.



Figure I.22 : Moteurs asynchrones. [4]

I.9.1 Principe de fonctionnement du moteur asynchrone

Les courants statorique créent un champ magnétique tournant dans le stator. La fréquence de rotation de ce champ est imposée par la fréquence des courants statorique, c'est-à-dire que sa vitesse de rotation est proportionnelle à la fréquence de l'alimentation électrique. La vitesse de ce champ tournant est appelée vitesse de synchronisme.

L'enroulement au rotor est donc soumis à des variations de flux (du champ magnétique). Une force électromotrice induite apparaît qui crée des courants rotoriques. Ces courants sont responsables de l'apparition d'un couple qui tend à mettre le rotor en mouvement afin de s'opposer à la variation de flux : loi de Lenz. Le rotor se met donc à tourner pour tenter de suivre le champ statorique. La machine est dite asynchrone car elle est dans l'impossibilité, sans la présence d'un en traînement extérieur, d'atteindre la même vitesse que le champ statorique. En effet, dans ce cas, vu dans le référentiel du rotor, il n'y aurait pas de variation de champ magnétique les courants s'annuleraient, de même que le couple qu'ils produisent, et la machine ne serait plus entraînée. La différence de vitesse entre le rotor et le champ statorique est appelée vitesse de glissement.

I.10. Variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones



Figure I.23 : Variateurs de vitesse. [4]

I.10.1 Principe de la variation de vitesse

La vitesse de synchronisme d'un moteur asynchrone triphasé est fonction de la fréquence (alimentation) et du nombre de paires de pôles : $N_s = f / p$

Pour un moteur tétra polaire à 50 Hz : $N_s = 50 / 2 = 25$ tr/s soit 1500 tr/mn

Le moteur aura une vitesse de rotation inférieure à N_s . Pour exprimer l'écart entre vitesse de synchronisme et vitesse rotor, on définit le glissement :

$$g = (N_s - N) / N_s \quad g \text{ est voisin de } 5\%$$

Pour varier la vitesse du moteur asynchrone, on pourra faire varier la fréquence des courants d'alimentation.

I.11. Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons présenté un aperçu général sur les appareillages, les installations, le réseau, les moteurs électriques,...etc. afin de comprendre le principe et le rôle de chaque élément dans les installations électriques.

Dans le chapitre suivant on va présenter une étude sur l'installation électrique de l'usine SPA Biskria ciment.

Chapitre II :

L'installation électrique de l'entreprise

Introduction

L'industrie du ciment a récemment été témoin d'une concurrence importante entre les principales entreprises de produits du ciment.

Tout cela afin de mieux répondre aux besoins des clients, tout en respectant les trois facteurs : qualité, coût et temps.

L'industrie du ciment joue un rôle de premier plan dans les économies de tous les pays, car elle est la base du développement de secteurs vitaux des économies des pays, par la production des matériaux les plus couramment utilisés.

Utilisé dans la construction de bâtiments, d'œuvres d'art, d'infrastructures, de béton et de l'application principale du ciment contribue à améliorer les conditions de bien-être et d'individualité. Infrastructures de base et la reprise des grands investissements industriels, ...

II.1. Présentation de l'usine de ciment SPA BISKRIA CIMENT

II.1.1 Description d'usine

SPA BISKRIA CIMENT est une société par action qui a activé à la région de Djar Belharche de la municipalité de Branis, De la wilaya de Biskra. L'entreprise est engagée dans la production et la commercialisation de ciment et de clinker de toutes sortes.

Le ciment est le plus important matériau de construction de notre temps. C'est un produit «high-tech» issu de la nature, qui a bénéficié d'un développement s'étendant sur des siècles. Le ciment est plus précisément un liant. Le matériau de construction proprement dit, c'est le béton, qui base sur sa composition / qualité sur le ciment ce dernier est le composants le plus chère du béton.

Le but de cette société est d'améliorer l'efficacité au niveau du développement socioéconomique en Algérie, et conforter l'avantage concurrentiel au niveau national et international; Donc l'objectif en premier lieux consiste à satisfaire le marché national d'un produit local tout en permettant un accès stable aux matériaux de construction en termes de qualité, de choix, de services à des prix abordables. Et en deuxième lieux d'ouvrir des marchés internationaux.

La cimenterie possède de trois lignes de productions avec une capacité totale de quatre million Ton/an. [12]



Figure II.1 : SPA BISKIA CIMENT. [12]

II.1.2 Produits du SPA BISKRIA

La SPA BISKRIA CIMENT produit des ciments de qualité qui sont systématiquement contrôlés par le laboratoire de la cimenterie et périodiquement par le Centre d'études et de Services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construction CETIM (selon le référentiel ISO 17025). Ces produits sont [12] :

- Ciment Portland Composite CEM II/A 42,5 NA 442
- Ciment Portland Composite CEM II/B 32.5 NA 442
- Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM I 42.5 – ES NA 443
- Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM IV/A-SR 42.5 NA 443

II.1.3 Service

La S.P.A BISKRIA CIMENT procède trois secteurs [12] :

1. Secteur administratif : contient de services administratifs pour gérer la société
2. Secteur industriel : contient les trois lignes de production d'une capacité de 4 million T/an.
3. Secteur commerciale : contient le service de vente et d'expédition

II.2.Définition du Ciment

Le ciment est un produit industriel fabriqué par broyage et mélange du clinker et d'ajouts(Gypse ou autres). Le clinker qui est le principal constituant des ciments est un produit semi-fini obtenu par la cuisson d'un mélange de matières premières (généralement calcaire et l'argile) à haute température (1450°C), le ciment conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Le processus de fabrication du ciment passe par les cinq stations suivantes :

- Concasseur
- Cru
- Cuisson
- Ciment
- Expédition

II.2.1 Station de Concasseur

Les matières premières qui entrent dans la fabrication du ciment sont extraites de carrières (comme le calcaire « 75% à 80% » et l'argile « 20% à 25% ») Ces matières premières sont extraites des parois rocheuses par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique.

La roche est acheminée par des dumpers transporteuses vers un atelier de concassage.

Concassage :

L'opération de concassage a pour objectif la réduction des blocs de pierres en fragments de faibles, cette opération est assurée par un concasseur à marteaux ce sont les plus utilisés en Cimenterie.

Concasseur à marteaux alimenté par deux grand moteur asynchrone elle partir 10 KV.

Dans la société SPA BISKRIA on a deux types de concasseurs :

- concasseur à marteau pour le calcaire ;
- concasseur à cylindre pour l'argile, gypse et le minerai de fer ;

Après l'opération de concassage de ces constituants de base on obtient une granulométrie des matériaux à environ 50 mm . Constituant sont acheminés vers l'usine par des de tapis roulant couvert puis ce stocké dans les silos de pré-homogénéisation.



Figure II.2 : Concassage

II.2.2 Station de Cru

II.2.2.1 Pré homogénéisation

Les matières (calcaire, minerai de fer, sable) va stocker dans les silos par contre l'argile sera stocké dans les trimais (pour éviter le bourrage), la matière va chuter par ouverture de chaque élément de leur stockage dans le doseur par deux paramètres (le poids et la vitesse de rotation de tapis) ensuite la matière va tomber dans le convoyeur qui va transporter vers le broyeur.

II.2.2.2 Broyage Cru

Un broyeur va débrayer la matière qui a été dosé qui sera transformer vers une farine poudre (Farine cru) qui va être stocké dans les silos d'homogénéisation (figure II.3).



Figure II.3 : Broyeur Cru

Principaux éléments du broyeur cru :

- Un groupe d'entraînement composé d'un moteur électrique asynchrone et d'un réducteur.
- Une table de broyage fixée sur le réducteur et tournant à faible vitesse
- Six galets stationnaires avec des systèmes de tension et d'étanchéité.
- La matière broyée est poussée vers l'extérieur de la table de broyage dans l'anneau à tuyères qui est traversé par les gaz chauds montant de bas en haut puis elle est aspirée par le flux gazeux et traverse le séparateur où elle est séparée en matière fine et matière grossière.
- La matière grossière (graux) retombe sur la table de broyage pour continuer à être broyée et la matière fine (produit fini) est véhiculée par le flux gazeux vers les cyclones et le filtre à manches où elle est dépoussiérée.
- La finesse du produit fini (farine crue) peut ajustée par réglage de la vitesse de rotation de la roue du séparateur.

- Celle-ci peut être introduite directement dans le four sous forme pulvérulente (voie sèche), ou préalablement transformée en «granules» par humidification (voie semi sèche). Le produit obtenu est appelé « le CRU »

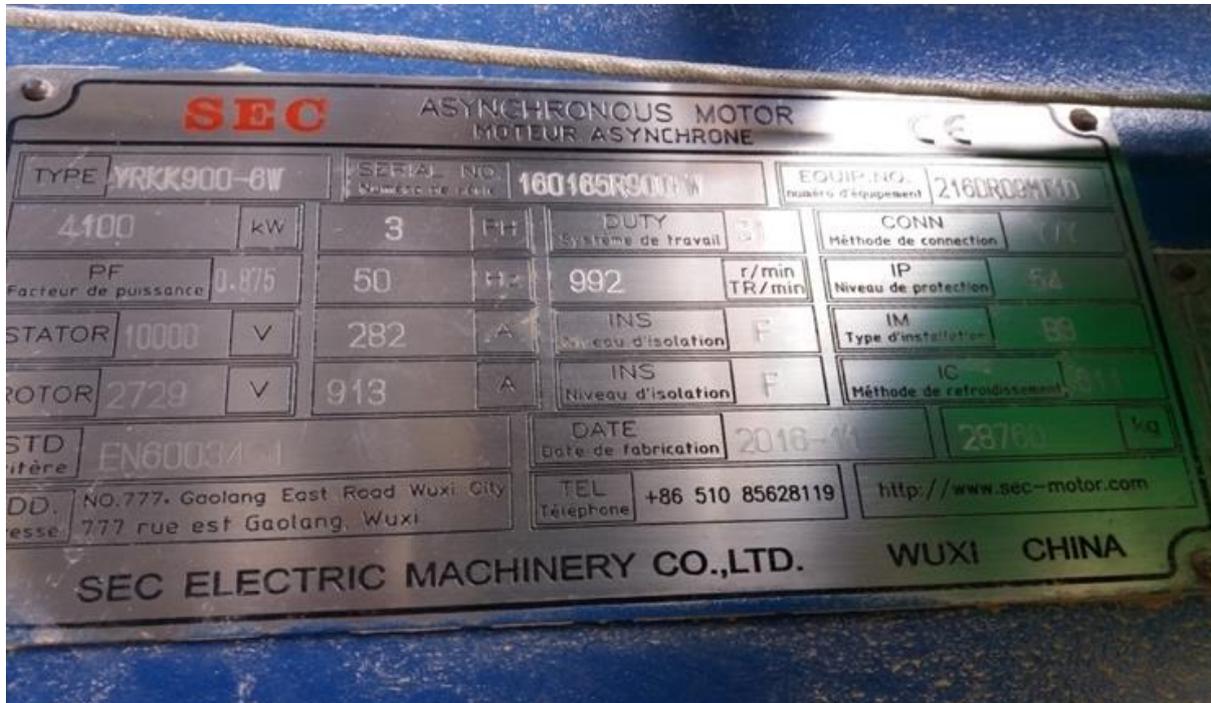


Figure II.4 : Plaque signalétique de moteur broyeur cru

II.2.3 Station de Cuisson

Cette station se compose de trois stations principales, ce sont :

- réchauffement ou cyclones
- four rotatif
- le refroidissement

II.2.3.1 Tour à cyclones

La tour à cyclones est un échangeur de chaleur à voie sèche constituée de cinq étages. Elle permet d'effectuer un échange thermique à contre-courant gaz parcourent l'édifice de bas en haut alors que la matière le parcourt en sens inverse.

II.2.3.2 Four rotatif

Le four rotatif est l'élément principal de l'installation de fabrication du ciment, il est constitué par une virole en acier et protégée par un revêtement intérieur en matériaux réfractaires, C'est une grande enceinte circulaire rotative dans laquelle on injecte le combustible sous pression pour produire une flamme. C'est un échangeur de chaleur à contrecourant dans lequel la flamme et les gaz récupérés du refroidisseur cèdent leur chaleur à la farine qui arrive en sens Inverse.



Figure II.5 : Four rotatif

Le four rotatif est entraîné par un moteur asynchrone triphasé d'une capacité de 5900 KW.



Figure II.6 : Plaque signalétique de moteur Four rotatif

II.2.3.3 Refroidissement

A la sortie de four rotatif le CLINKER doit refroidissement pour qu'il préserver sa formule chimique, par un refroidisseur a grilles il est équipé d'une batterie de puissants ventilateurs fournissant l'air de refroidissement.

Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du CLINKER tombant du four à une Température d'environ 1135 c jusqu'a 80-100 c, le CLINKER va progresser a l'intérieur grâce aux à coup répétés des grilles lesquelles il repose, au travers des grilles de puissants ventilateurs vont souffler sous le CLINKER afin de le refroidir et le transporté avec un convoyeur a silo de CLINKER.

II.2.4 Station de ciment

Le clinker se dirige vers les trémies ciment et ensuite broyé en additionnant le gypse et le calcaire avec des quantités différentes selon les qualités du ciment désirées. Ce type de Broyeur qui permet le broyage du clinker en ajoutant des ajouts s'appelle «BROYEUR CIMENT» [1].



Figure II.7 : Broyeur ciment

Principaux éléments du broyeur cru

Les Principaux éléments du broyeur ciment sont les mêmes que les Principaux éléments du broyeur cru.

La différence réside dans la taille de broyeur et la puissance du moteur.

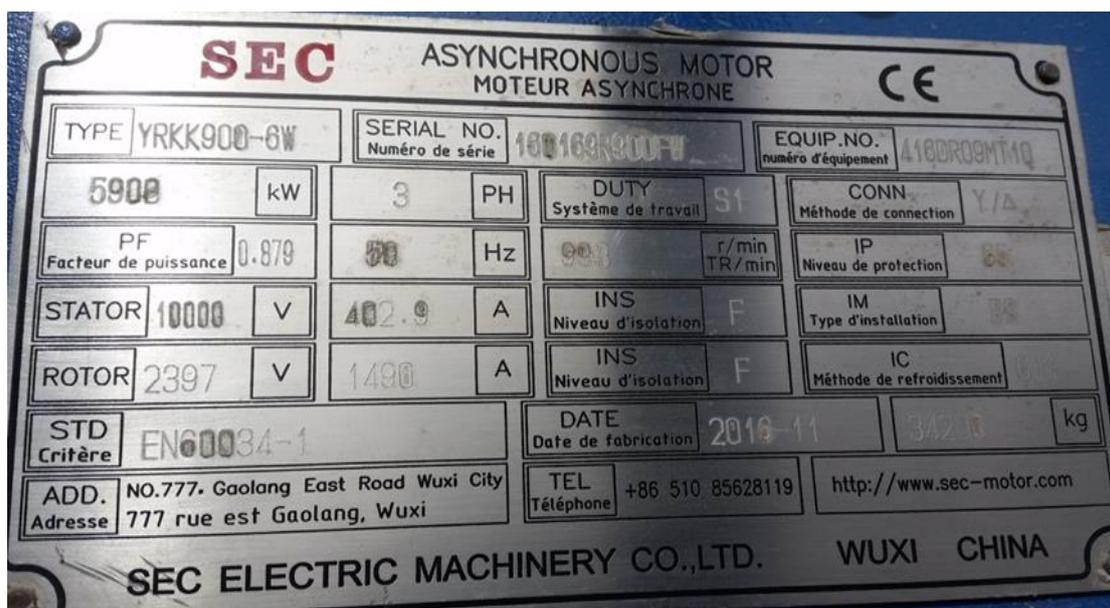


Figure II.8 : Plaque signalétique de moteur broyeur ciment

II.2.5 Station de Expédition

Stockage et expédition du ciment :

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de grands capacités qui alimentent par la suite les ateliers d'ensachage pour les l'expédition en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en VRAC. Donc les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs ou via un vrac et son chargement sur l'outil de transport (camion, train, bateau...). C'est l'interface de l'usine avec le client.

II.3. Distribution de l'énergie électrique dans l'usine

L'électricité est une énergie souple et adaptable mais elle est difficilement du stockage, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables. Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau de distribution de Haute Tension pour les fortes puissances et les longues distances, Sur l'illustration ci-dessous, nous voyons l'organisation du transport de l'énergie électrique de la centrale de production (SONALGAZ) vers l'utilisateur final (SPA BISKRIA CIMET) via le réseau de distribution [13].

II.3.1 Schéma électrique d'usine des deux nouvelles chaînes de production

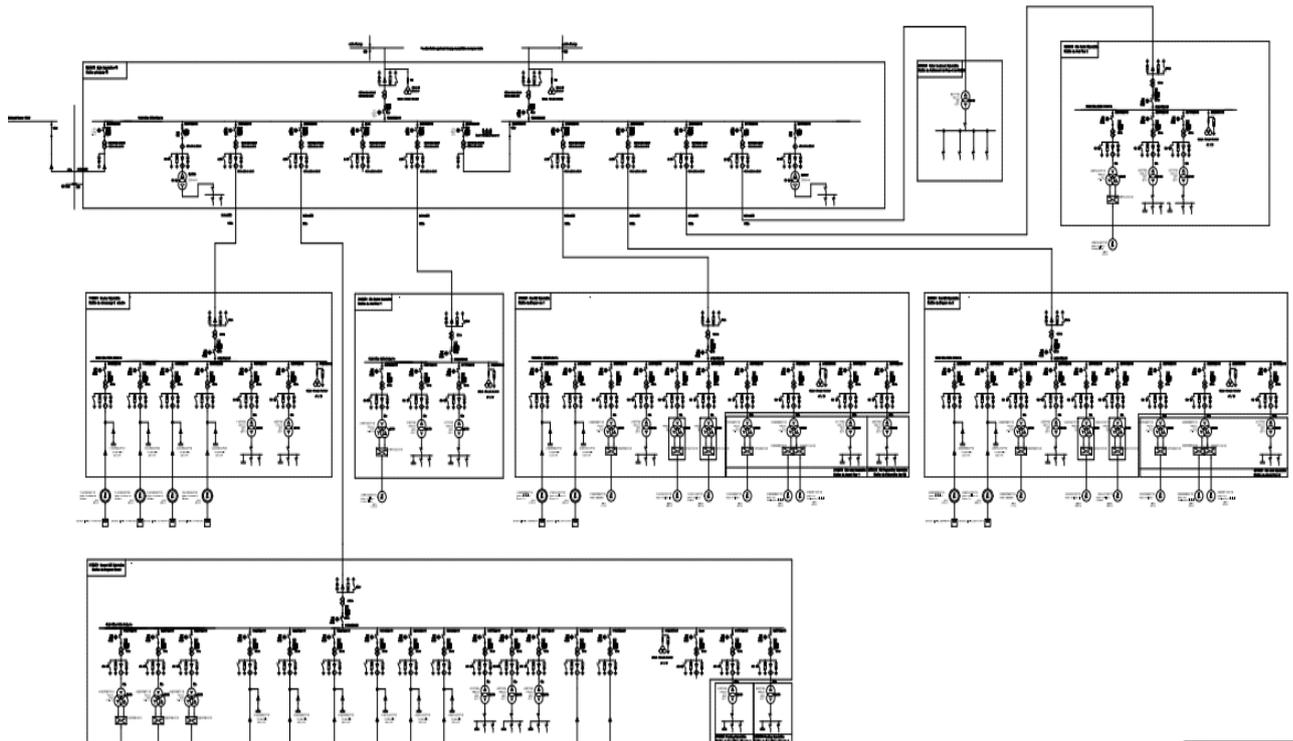


Figure II.9 : Schéma électrique d'usine des deux nouvelles chaînes de production

II.3.2 Description

La station de distribution d'énergie électrique d'usine (p0) est soutenue par un réseau de 220 KV, de la société sonelgaz Ain naga, Cette arrivée alimente trois transformateurs assurant une distribution de tension de 10,5 KV côté basse tension.

La tension de 10,5 KV alimente une cellule de distribution, qui alimente un jeu de barre qui est responsable d'alimenter 9 autres cellules. Ces dernières alimentent 13 sous stations.

Chacune d'elle alimente une zone selon leur besoin de 10,5 KV et d'autres 6000 V ou 400V, Selon le schéma de distribution ils sont réalisés aux cellules HTA utilisant une technologie spécifique et assurant outre le raccordement, le sectionnement, la protection et le comptage de l'énergie.

En absence de ligne de Sonalgaz il y a une autre alimentation (alimentation de secours) qui assure la continuité de l'alimentation de l'usine c'est un grand groupe électrique mais ce générateur alimente seulement les équipements essentiels.



Figure II 10 : Station de distribution d'énergie électrique d'usine (p0)

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, un aperçu sur l'usine et des étapes de la production de ciment a été présenté, ainsi que l'évaluation du schéma électrique et de la distribution de l'énergie électrique dans l'usine.

Dans le chapitre suivant on va présenter une étude sur un cas électrique dans l'usine SPA Biskria ciment.

Chapitre III :

**Étude de l'installation
électrique d'un variateur de
vitesse dans l'unité de
broyeur**

Introduction

Ce chapitre focus sur les installations électriques dans l'unité broyeur de l'usine SPA Biskria ciment. Dans ce contexte, nous avons orienté notre étude sur les moteurs asynchrones, les transformateurs, les convertisseurs de puissances.

D'autre part, et afin de contrôler la vitesse des moteurs asynchrones existants dans l'unité broyeur de l'usine, des variateurs de vitesse à base de la stratégie de commande MLI ont été utilisés.

Le variateur de vitesse (model HARVEST) VFD (variable frequency drives) est un équipement qui peut réaliser un démarrage progressif et un réglage de vitesse des moteurs asynchrones par la commande de la fréquence de l'alimentation.

III.1. Variateurs de vitesse pour le ventilateur

Le rôle du ventilateur est l'aspiration de la poussière du ciment après le broyage du clinker (Le clinker c'est un mélange de crus cuit dans un four à une température de plus de 1500°C). En effet, la vitesse du ventilateur est contrôlable selon le débit de ciment désiré par l'usine, cet ventilateur est entrainé par un moteur asynchrone à cage d'écureuil.

III.2. Variateur de vitesse

La série HARVEST VFD comprend les armoires suivantes : armoire de transformateur déphaseur, armoire de puissance et armoire de commande.



Figure III.1 : Armoire d'un variateur de vitesse (HARVEST)

III.2.1 Armoire de transformateur

Le transformateur triphasé ci-dessous est un transformateur abaisseur qui transforme une tension de 10.5 kV en tension de 700V, avec les caractéristiques suivantes :

- puissance nominale 2000 KVA ;
- fréquence 50 HZ ;
- tension d'entrée nominale 10.5 KV ;
- tension de sortie nominale 7 V ;



Figure III.2 : Transformateur abaisseur utilisé par le variateur de vitesse

Ce transformateur dispose d'un régulateur tension manuelle à son entrée pour maintenir la tension à une valeur de 10.5 kV.

- Si elle dépasse 10500 V le régulateur est relié le point 0 avec -5% (figure III.3) ;
- Si elle est moins de 10500 V le régulateur est relié le point 0 avec +5% ;



Figure III.3 : Régulateur de tension manuelle

III.2.2 Armoire de puissance (circuit de puissance)

L'armoire de puissance contient 8 cellules (convertisseurs) identiques AC/DC/AC par phase montées en série qui sont basées sur l'association d'un redresseur toute diode et un onduleur MLI (Modulation de Largeur d'Impulsions). Par conséquent, l'armoire de puissance contient 24 cellules AC/DC/AC pour les trois phases. L'association en série des cellules dans chaque phase permet l'amélioration de la disponibilité ainsi que la fiabilité de l'armoire de puissance.

III.2.2.1 Principe de base de MLI

La technique MLI est basée sur la comparaison entre un signal triangulaire appelé porteuse de haute fréquence et un signal de référence appelé modulatrice pour calculer les instants de commutation des interrupteurs à semi-conducteurs (figure III.4). Dans ce cas, la tension de sortie de l'onduleur est formée par une succession de créneaux d'amplitude égale à la tension d'alimentation (continue) et avec une largeur variable.

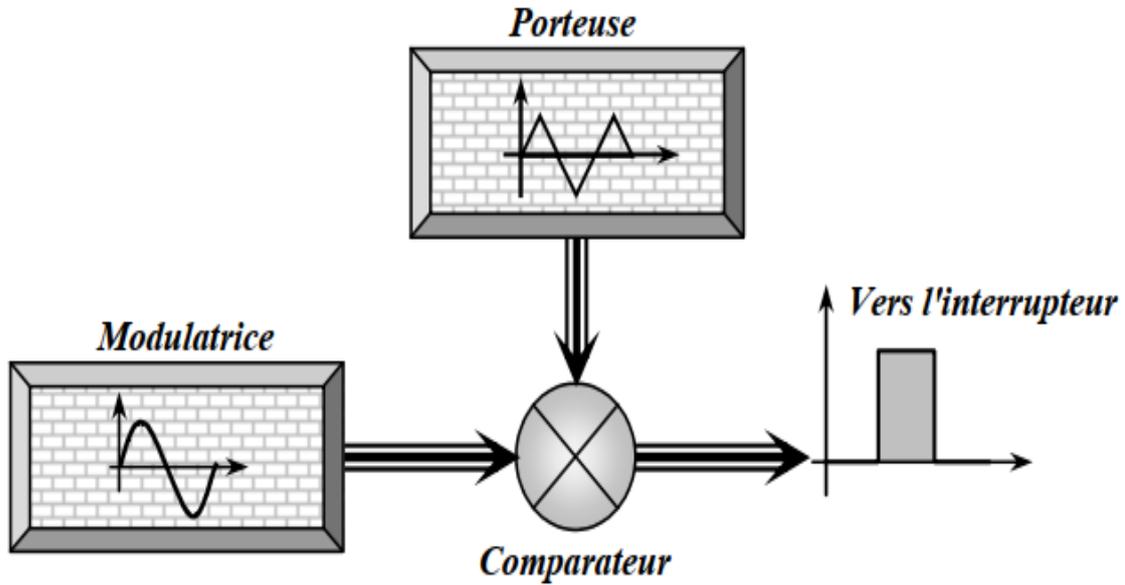


Figure III.4 : Schéma synoptique de la MLI

A. Caractéristique de la modulation de largeur d'impulsion (MLI)

Les paramètres essentiels de la MLI sont :

- La fréquence de la modulation : f_p
- L'indice de modulation : $m = \frac{f_p}{f_r}$ ou f_r est la fréquence de la référence
- Le coefficient de réglage en tension r : $r = \frac{A_r}{A_p}$

Avec :

A_r : Amplitude de la référence.

A_p : Amplitude de la porteuse.

B. Types de la MLI

On distingue trois techniques de commande MLI :

B.1. MLI analogique

Cette technique est basée sur la comparaison entre une porteuse triangulaire et la référence, la comparaison est réalisée à l'aide d'un amplificateur opérationnel (figure III.5).

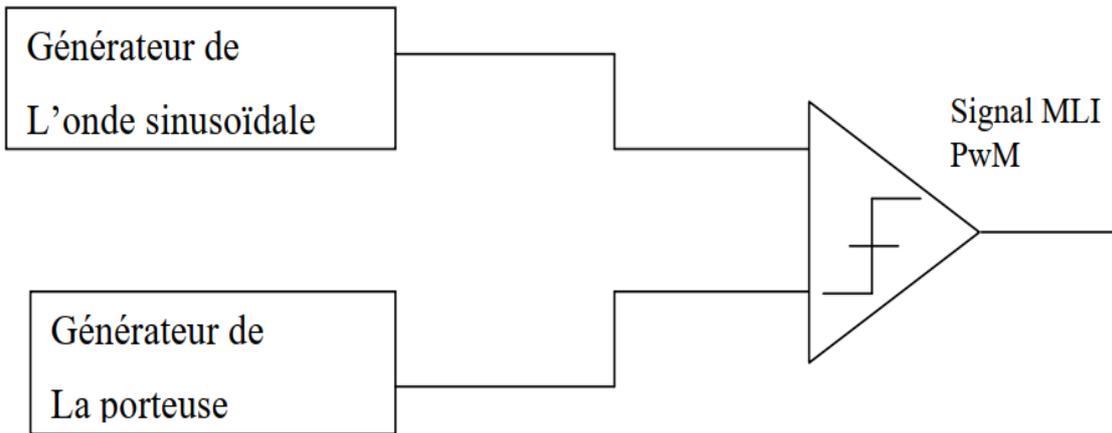


Figure III.5 : MLI analogique

B.2. MLI numérique

Elle est basé sur l'utilisation des microprocesseurs qui assurent la génération des impulsions en se servant d'un programme définissant les angles d'amplitudes calculés au préalable. Cette technique a apporté une grande amélioration significative en matière de simplicité et performance du circuit de commande (figure III.6).

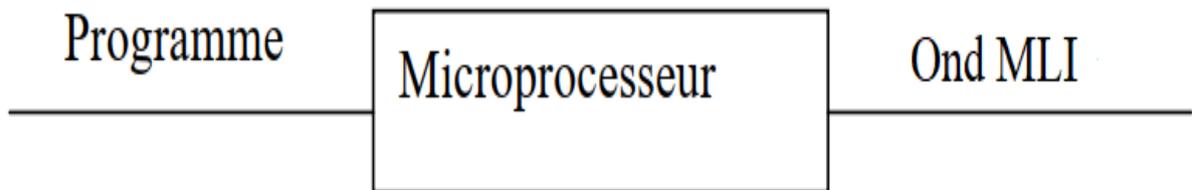


Figure III.6 : MLI Numérique

B.3. MLI hybride

Elle consiste à combiner les deux techniques précédentes analogique et numérique : L'onde de référence est obtenue d'une manière numérique (programmer sa fonction), par contre l'onde porteuse est obtenue d'une manière analogique, La comparaison entre les deux signaux se fait par un comparateur analogique (figure III.7).

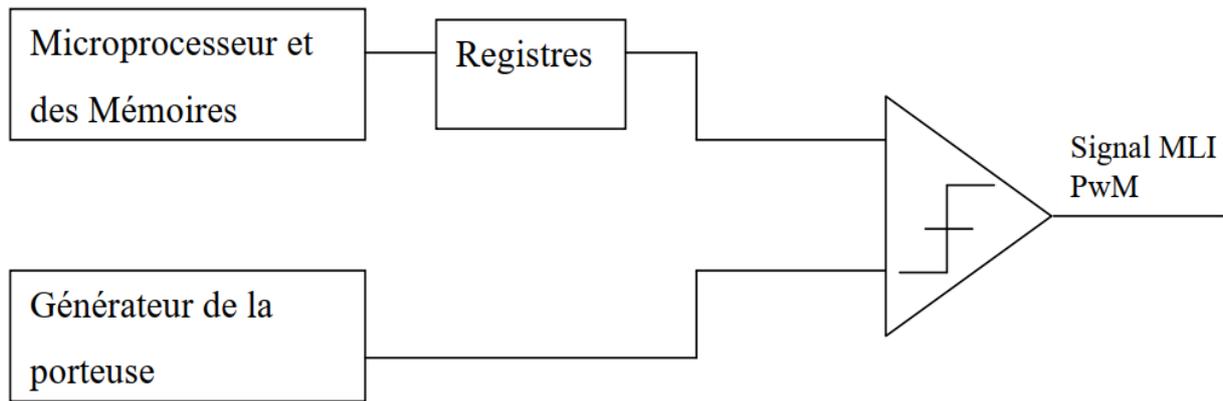


Figure III.7 : MLI Hybride

III.2.2.2 Entrée de l'armoire de puissance

Le transformateur déphaseur alimente l'armoire de puissance. Les enroulements secondaires du transformateur sont divisés en trois groupes. Selon le nombre de cellules par phase et le niveau de tension, le convertisseur à niveaux multiples comprend 24-impulsions, 30- impulsions, 36- impulsions, 48- impulsions ou 54- impulsions, ce qui améliore considérablement la forme d'onde du courant et par conséquent permet d'obtenir un facteur de puissance d'entrée proche à l'unité, ainsi que un taux de distorsion harmonique THD très faible. Dans ce cas, l'utilisation d'un filtre harmonique que ce soit passif ou actif et le condensateur de correction de facteur de puissance ne sont pas nécessaires. En outre, le transformateur déphaseur permet de réaliser un isolement électrique. Pour obtenir une tension réglable en fréquence un onduleur MLI est inséré après le redresseur.

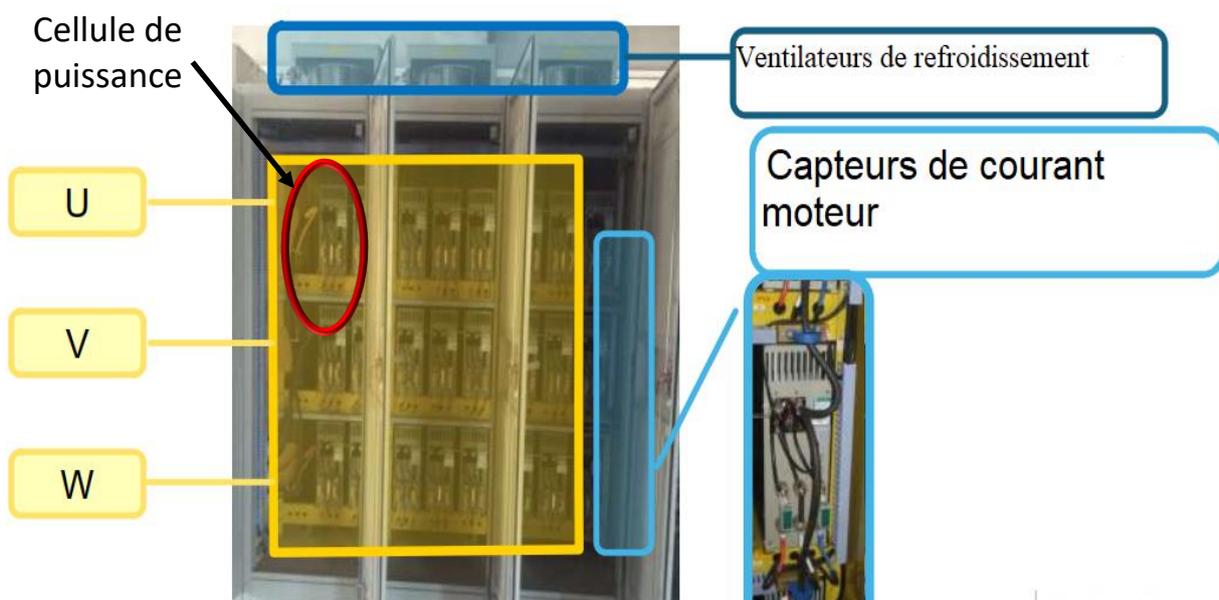


Figure III.8 : Armoire de puissance

- Chaque cellule de puissance par phase contient un convertisseur AC/DC/AC à basse tension avec une tension d'entrée de 700 V ;
- Toutes les cellules d'alimentation sont installées sur un rail coulissant pour assurer un remplacement pratique et rapide ;
- Les câbles à fibre optique assurent une communication rapide et sans interférence entre l'alimentation cellules et contrôleur maître ;

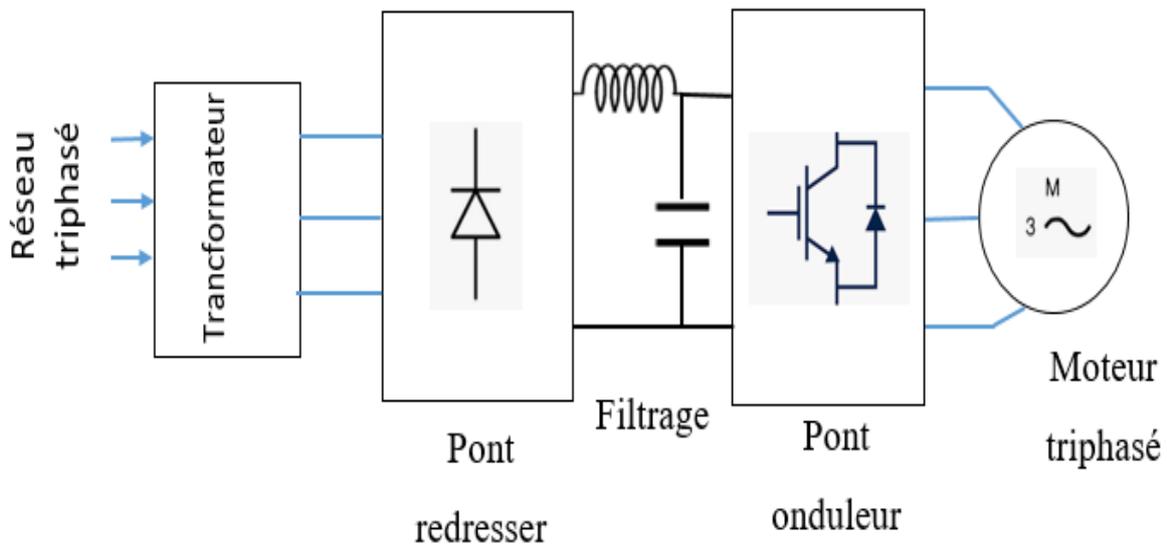


Figure III.9 : Principe de convertisseur AC/DC/AC d'une armoire de puissance

L'onduleur découpe la tension continue intermédiaire suivant le principe MLI de façon à ce que le courant moteur soit quasi sinusoïdal.

III.2.2.3 Structure de la sortie

Les bornes de sortie U, V et W sont reliées à une connexion en étoile pour alimenter le moteur asynchrone associé au ventilateur. En superposant les ondes MLI de chaque cellule, nous pouvons obtenir la forme d'onde MLI à plusieurs niveaux. Par conséquent, on obtient une tension avec forme presque sinusoïdale, sans destruction de l'isolation du câble et du moteur. Pendant que l'harmonique du moteur est considérablement réduite, les vibrations mécaniques sont éliminées et les contraintes mécaniques de l'arbre et des aubes sont aussi réduites.

Lorsqu'une cellule de puissance est en panne, le système contournera automatiquement la cellule défectueuse, le VFD continuera à fonctionner sans déclenchement et le moteur continuera à fonctionner sans arrêt. Ainsi, la perte de production peut être évitée.

III.2.3 Armoire de commande

Le contrôleur est composé de DSP (Digital signal processor) haute vitesse, HMI (Human machine interface) et PLC (Programmable Logic Controller). Parmi eux, le DSP réalise la commande, l'HMI base sur interface tactile amicale. Le PLC embarquée traite avec la logique des signaux numériques et communique avec une grande souplesse avec le système du contrôle de l'utilisateur. Le contrôleur communique avec les cellules par des fibres optiques. Ainsi, la partie de moyenne tension et la partie de basse tension sont isolées, ce qui rend le système extrêmement sûr et loin des perturbations électromagnétiques.

En outre, lorsque l'alimentation auxiliaire est en panne, l'UPS (Uninterrupted Power supply System) fournira l'alimentation auxiliaire au contrôleur. Le VFD peut donc continuer fonctionner.

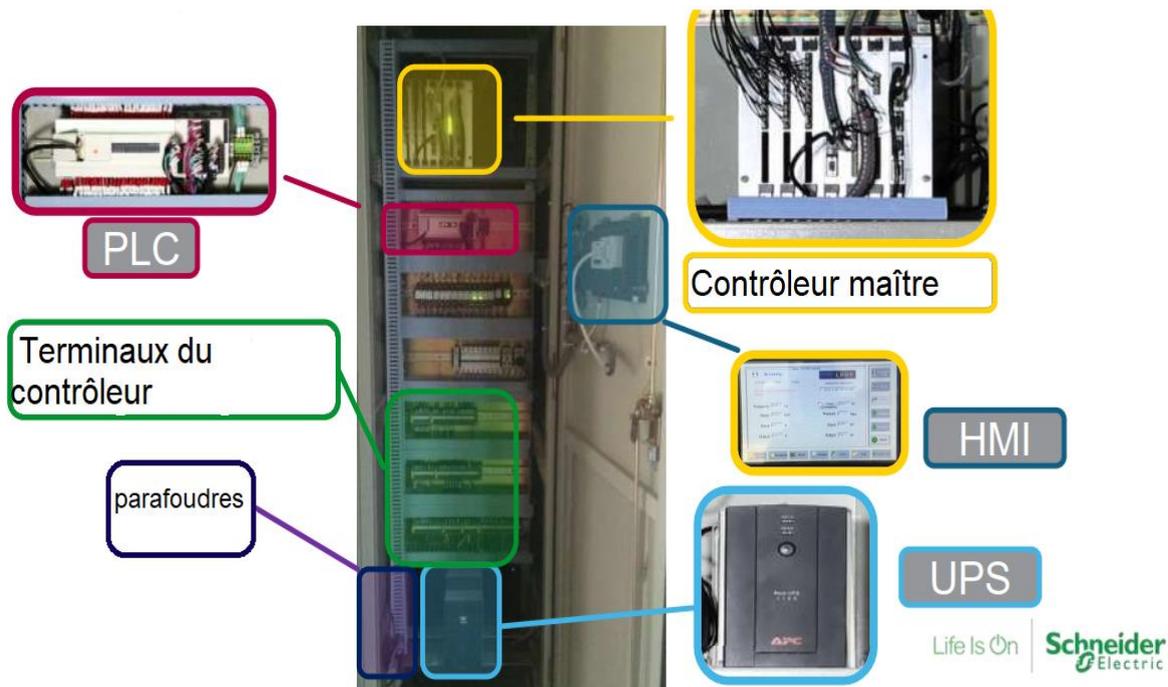


Figure III.10 : Armoire de commande

- **HMI** : Interface Homme-machine, pour le paramétrage et la visualisation, il est alimenté par 24 V DC.
- Toutes les connexions de bus (par exemple, PLC, interface, ...) sont connectées à l'HMI.

- HMI Contient un port USB pour le téléchargement des paramètres et sauvegarde les informations enregistrées.
- L'UPS (Système d'alimentation électrique ininterrompue) est chargé de garantir une alimentation électrique 230 V AC et 24 V DC avec contrôle sans interruption jusqu'à 30 minutes continu avec capacité 1100 VA.

Armoire de commande contient les éléments suivants (figure III.10) :

- PLC ;
- Relais de commande ;
- Connexions des câbles de commande ;
- Communication par fibre optique avec les cellules de puissance ;
- Contrôleur maître ;
- HMI intégrée dans la porte avant ;
- Contrôle du système d'alimentation ;
- UPS (système de protection contre les sous-tensions) ;
- Parafoudre ;
- Alimentation 12 V DC et 24 V DC ;
- Prise 230 V AC (par exemple pour un ordinateur portable) ;

III.3. Fonction de VFD

III.3.1 Type de démarrage

III.3.1.1 Démarrage normal

À l'état de démarrage normal, le VFD démarre et fonctionne en mode boucle ouverte à une fréquence donnée, ou fonctionne en mode en boucle fermée à la valeur attendue de l'objet contrôleur.

III.3.1.2 Démarrage progressif

À l'état de démarrage progressif, le VFD démarre et accélère jusqu'à la fréquence du réseau électrique, pour éviter les pointes de charge au démarrage des moteurs asynchrones qui se traduisent par un courant d'appel élevé.

III.3.2 Réglage du mode de fonctionnement

III.3.2.1 Mode en boucle fermée

Le VFD ajuste automatiquement la fréquence d'alimentation du moteur asynchrone selon la vitesse désirée du ventilateur. Dans ce contexte, le VFD est basé sur la loi de commande vectorielle.

III.3.2.2 Mode boucle ouverte

Le VFD fonctionne à une fréquence donnée. La fréquence donnée peut être réglée Sur l'Interface principale (Ordinateur) ou par l'interface tactile HMI (figure III.11).

III.3.3 Réglage du mode de commande

III.3.4.1 Contrôle local :

Contrôler le VFD via l'interface tactile HMI intégrée dans la porte avant.

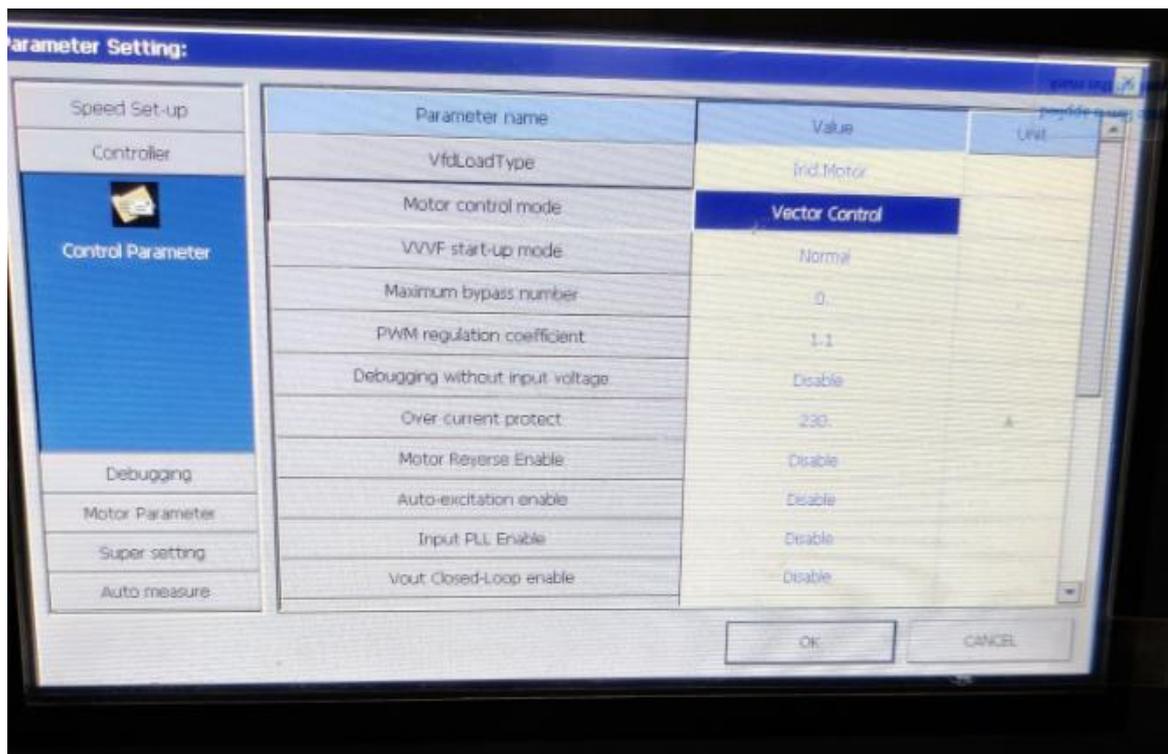


Figure III.11 : l'interface tactile HMI

III.3.4.2 Contrôle supérieur de PC :

L'utilisateur peut réaliser la surveillance de l'état en temps réel par le PC et peut effectuer les opérations tel que le démarrage, l'arrêt, l'arrêt d'urgence, la réinitialisation, le réglage de la

fréquence et la consultation des enregistrements de défauts. Un PC supérieur peut surveiller 32 VFD en même temps.

III.3.4.3 Contrôle DCS (Distributed Control System):

Le port numérique, analogique et programmable peut être directement connecté au DCS (système de contrôle distribué) par des Câbles de bus de données via un protocole de communication (Modbus, Profibus, TCP / IP, etc.).

III.3.4.4 Télécommande GPRS (Fonction en option) :

L'utilisateur peut contrôler et surveiller le VFD dans un autre endroit via le réseau sans fil de GPRS.

III.4. Schéma électrique de HARVEST

Le schéma suivant permet d'alimenter un moteur asynchrone triphasé sur le réseau, Le moteur est commandé par un variateur de vitesse HARVEST.

Le schéma électrique est constitué principalement d'un disjoncteur et le transformateur et les cellules de puissance d'un variateur de vitesse HARVEST (figure III.12).

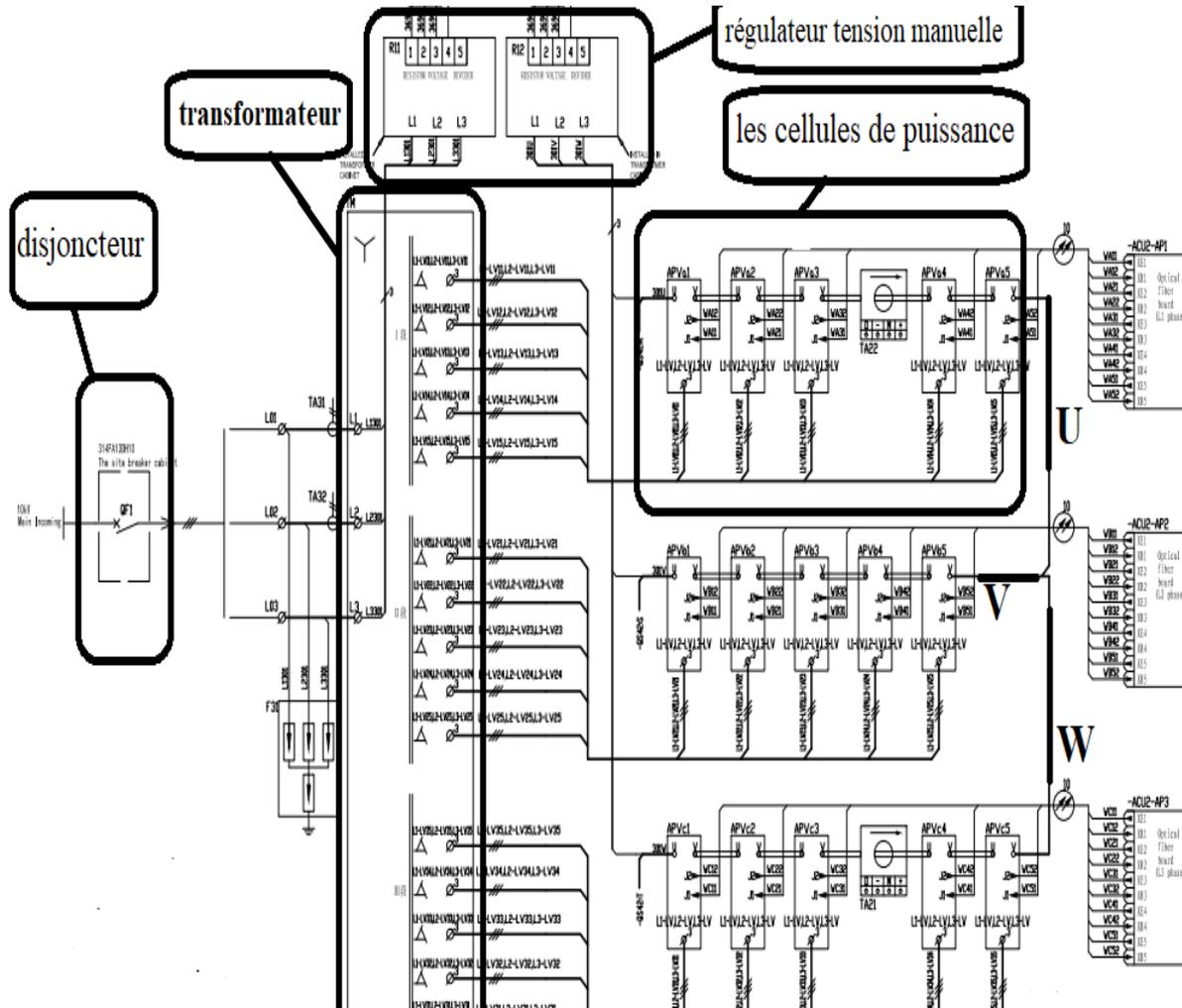


Figure III.12 : Schéma électrique de HARVEST

III.5. Conclusion

Cette étude nous a permis de comprendre le principe de fonctionnement du variateur de vitesse qui contrôle la vitesse du ventilateur entraîné par un moteur asynchrone. Dans ce chapitre, nous avons présenté deux techniques de control à savoir en boucle ouverte ou fermée pour VFD.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude de l'installation électrique industrielle dans une unité industrielle l'usine SPA biskria ciment.

Dans la première partie de cet mémoire nous avons présenté les généralités sur les installations électriques industrielles et les différents appareillages de protections afin d'assurer la protection et la continuité de fonctionnement de l'usine.

La deuxième partie est consacrée à la présentation des différentes parties de l'installation électrique de l'usine avec une description de chaque unité dans la chaîne de production.

Dans la troisième partie, nous nous concentrons sur l'installation industrielle d'un variateur de vitesse du ventilateur entraîné par un moteur asynchrone tout avec description de principe de fonctionnement.

Cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances et d'acquérir des nouvelles connaissances pratiques en ce qui concerne le processus de production du ciment, les installations électriques, et les variateurs de vitesse basée sur la technique MLI.

Références bibliographies

- [1] : Ouahnit Samir, Chemache Rabah, (Etude et redimensionnement de la station de pompage d'eau du groupe CEVITAL) à IBOURASSEN (Bejaia) Année 2015.
- [2] Abbas Hichem et Ait Amokhtar Samir, (Etude et dimensionnement électrique de la raffinerie sucre liquide Cevital), Année 2015-2016.
- [3] Benaired Noureddine. (Schémas et Appareillages électriques).Département de Génie Electrique Relizane Année 2014.
- [4] Adel SAID et Yassine JEMAI (INSTALLATIONS INDUSTRIELLES) .Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul Année 2013-2014.
- [5] https://www.google.com/search?q=schema+circuit+de+puissance&client=ms-android-xiaomi-rev1&prmd=ivn&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj-w62s04HoAhXQDGMBHQu3BoAQ_AUoAXoECA0QAQ&biw=393&bih=719#imgrc=gdS1h3W8kgvS5M
- [6] for-ge.blogspot.com/2015/08/sectionneur.html
- [7] Hamrit Salah Edine Barkat, (Réalisation d'une armoire didactique pour la protection des réseaux électriques) université de Biskra, 24 juin 2018.
- [8] kesraoui Hichem installations électriques industrielles mai 2010.
- [9] T. Wildi, Gilbert Sybille, « Électrotechnique- 4^{ème} édition » [Commande Industrielle des Moteurs], Série de Boeck, 2005.
- [10] Hadmer Zakarya, (Etude des appareillages de protection des systèmes électrique dans une installation d'une unité industrielle : Lafarge ciment Biskra) université de Biskra, 23 Juin 2018.
- [11] Abdelkebir amir et saadi nassim, Application de la Logique Floue pour le Diagnostic des Transformateurs de Puissance par Analyse des Gaz dissous.
- [12] : Site web de l'usine SPA biskria ciment.