



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة- عنابة-

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE – ANNABA

Département d'Électronique, d'Électrotechnique et Automatique

MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Science et Technologie

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux Electriques

Présenté par

MAZOUZI HOURIA

DJEFAFLIA HADIL

Réalisation d'une Maquette pour le Démarrage d'un Moteur Asynchrone en Trois Modes

Encadré par

Dr.Badri REKIK

ENSTI Annaba

Membres du jury :

Pr. Mourad HOUABES	Président	ENSTI ANNABA
Dr. Azzeddine DEKHANE	Examineur	ENSTI ANNABA
Dr. Sofiane CHIHEB	Examineur	ENSTI ANNABA

ملخص

تُستخدم المحركات غير المتزامنة ثلاثية الطور على نطاق واسع في العديد من التطبيقات الصناعية والمنزلية نظرًا لقوتها، وفرتها، خصائصها الكهروميكانيكية و سعرها. ومن أجل تمكين طلاب الهندسة من فهم المبادئ والتقنيات المرتبطة بتشغيل هذه المحركات، فمن الضروري توفير تدريب جيد النوعية من خلال الأعمال التطبيقية. في بادئ الأمر يتكون هذا العمل من تذكير للمحركات غير المتزامنة ثلاثية الطور ومبدأ تشغيلها بالإضافة إلى أوضاع التشغيل الأساسية الثلاثة. ثم نعرض مراحل إنشاء لوحة كهربائية لنموذج تعليمي مصمم لتشغيل هذه المحركات. أخيرًا، سناقش تصميم كتيب فني مخصص للأعمال التطبيقية على بدء تشغيل محرك غير متزامن ثلاثي الطور بأوضاع الإقلاع الثلاثة الأساسية (إقلاع بجهة دوران واحدة، إقلاع بجهتي دوران، إقلاع نجمي مثلثي) هذا لتمكين تطوير طلاب السنة الثالثة في الهندسة الكهروتقنية كجزء من وحدة المخططات والمعدات الكهربائية بالإضافة إلى طلاب الهندسة الصناعية في السنة الثالثة. والهندسة الميكانيكية لوحدة الدارات الكهربائية الصناعية بالمدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة بعنابة.

كلمات المفتاحية : محرك, غير متزامن, إقلاع المحركات, إنشاء لوحة كهربائية لنموذج تعليمي, وضع إقلاع

Abstract

Three-phase asynchronous motors are widely used in many industrial and domestic applications because of their robustness, availability, electromechanical characteristics, favorability and price. To enable engineering students to understand the principles and techniques associated with starting these motors, it is necessary to offer high-quality training through practical work. This work aims to provide a review of three-phase asynchronous motors, their operating principles, and the three basic starting modes. Next, we present the steps for creating a practical work model designed for starting these motors. Finally, we will discuss the design of a technical brochure dedicated to the practical work of starting a three-phase asynchronous motor for its three starting modes (one-way direct start, two-way direct start, star-delta start) to enhance the skills of third-year electrotechnics students in the module of Electrical Diagrams and Equipments, as well as third-year industrial engineering and mechanical engineering students in the module of Industrial Electrical Installations at the National Higher School of Technology and Engineering in Annaba.

Keywords : Motor, Asynchronous, Starting of motors, Creation, Educational model, Starting mode.

Résumé

Les moteurs asynchrones triphasés sont largement utilisés dans de nombreuses applications industrielles et domestiques en raison de leurs robustesse, disponibilité, caractéristiques électromécanique, favorabilité et prix. Afin de permettre aux étudiants ingénieurs de comprendre les principes et les techniques associés au démarrage de ces moteurs, il est nécessaire d'offrir une formation de bonne qualité à travers des travaux pratiques. Ce travail consiste à fournir un rappel sur les moteurs asynchrones triphasés, leur principe de fonctionnement ainsi que les trois modes basiques de démarrage. Ensuite, nous présentons les étapes de réalisation d'une maquette de travaux pratiques conçue pour le démarrage de ces moteurs. Enfin, nous aborderons la conception d'une brochure technique dédiée aux TP de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé pour ses trois modes de démarrage (démarrage direct à un seul sens, démarrage direct double sens, démarrage étoile triangle) pour permettre le perfectionnement des étudiants de 3ème année électrotechnique dans le cadre du module Schémas et Appareillages Électriques ainsi que des étudiants de 3ème année génie industriel et génie mécanique pour le module Installations Électriques Industrielles à l'École Nationale Supérieure de Technologie et d'Ingénierie d'Annaba.

Mots clés : Moteur, Asynchrones, Démarrage des moteurs, Réalisation, Maquette pédagogique, Mode de démarrage.

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier ALLAH, le tout-puissant, de nous avoir donné la force, la capacité et la patience pour accomplir ce travail de recherche. Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre encadrant **Monsieur « REKIK Badri » Maître de conférences à l'École Nationale Supérieure de Technologie et d'ingénierie-Annaba**, pour son soutien indéfectible, ses conseils précieux et son dévouement exceptionnel tout au long de la réalisation de notre mémoire master. Son expertise, sa disponibilité et son engagement ont été des atouts essentiels dans la réussite de notre projet. Notre gratitude va également aux **membres du jury** d'avoir honoré notre soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce travail. Enfin, on adresse nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci.

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire à :

A ceux que j'ai de plus cher au monde :

mes chères parents

Redouane & Saliha

A mes deux frères

Mohamed Akram et Mehdi

*A toute mes familles : **MAZOUZI & BOUBIR***

A Tous ceux qui m'ont aimé et me souhaitent le bonheur et la réussite.

Houria

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire de PFE à mes parents

”Nour Eddine & Elbahdja”

qui ont toujours crus en moi et qui mon toujours encouragé. À mes frères

”Sohaib Mouhamed Elbachir & Dhia Eddine”.

À toute mes familles :

Djefafia & Aroua.

À tous mes amis, et tous ceux qui m’ont aidée de près ou de loin.

Hadil

Table des matières

Table des figures

Introduction générale	1
I Description de l'atelier génie électrique du l'ENSTI Annaba et problématique	2
I.1 Introduction	2
I.2 Description de l'atelier génie électrique de l'ENSTI Annaba	2
I.3 Structure de l'atelier	3
I.3.1 Partie machines électrique	3
I.3.2 Partie commandes des moteurs électriques	3
I.3.3 Partie des matériels de mesure électrique	3
I.3.4 Partie système de conversion solaire	4
I.3.5 Partie éolienne	4
I.3.6 Partie câblage électrique	5
I.4 Problématique obtenu dans l'atelier génie électrique	5
I.5 Conclusion	5
II Etat de l'art sur les moteurs asynchrones	6
II.1 Introduction	6
II.2 Classification des moteurs électriques tournantes	6
II.3 Constitution du moteur asynchrone	6
II.4 Principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone	6
II.5 Le bronchement d'un moteur triphasé	7
II.6 La plaque signalétique	7
II.7 Symbole électrique des moteurs asynchrones	8

II.8	Les modes de démarrage d'un moteur asynchrone	8
II.8.1	Le circuit de puissance	8
II.8.2	Le circuit de commande	8
II.8.3	Démarrage direct à un seul sens de rotation	9
II.8.3.1	Les avantages	10
II.8.3.2	Les inconvénients	10
II.8.3.3	Le fonctionnement	10
II.8.4	Démarrage direct à deux sens de rotation	10
II.8.4.1	Les avantages	11
II.8.4.2	Les inconvénients	12
II.8.4.3	Le fonctionnement	12
II.8.5	Démarrage étoile /triangle	12
II.8.5.1	Les avantages	13
II.8.5.2	Les inconvénients	13
II.8.5.3	Le fonctionnement	13
II.9	Conclusion	14
III	Conception et réalisation de la maquette TP	15
III.1	Introduction	15
III.2	Description des composants nécessaires pour la réalisation d'une maquette TP .	15
III.2.1	Disjoncteur différentiel tétrapolaire DPE1C25 + coffret	15
III.2.2	Sectionneur tetrapolaire porte fusible DF103N 10*38	15
III.2.3	Relais thermique IEC/EN 60947-4-1 GB/T14048.4	16
III.2.4	Contacteur IEC/EN 60947-4-1	16
III.2.5	Temporisateur IEC/EN 60947-5-1	16
III.2.6	Bloc de contacte auxiliaire IEC/EN 60947-5-1 JSC 8201-15-1	17
III.2.7	Lampes de signalisation ou voyants	17

III.2.8 Bouton poussoir	17
III.2.9 Prise triphasée BC1-15052011	18
III.2.10 Fiche banane femelle Châssis 4mm	18
III.2.11 Sectionneur bipolaire , 30mA 1P+N DDS.16A	18
III.3 Les étapes de réalisation de la maquette TP	19
III.4 Conclusion	20
IV Élaboration d'une brochure technique pour les travaux pratiques	21
IV.1 Introduction	21
IV.2 Les brochures des TP	21
IV.3 Conclusion	28
Conclusion générale	29
Bibliographie	31
Annexes	

Table des figures

I.1	Atelier génie électrique ENSTI Annaba	2
I.2	Machines électrique	3
I.3	Robot collaboratif COMAX	3
I.4	Robot MAXPID	3
I.5	Matériels de mesure électrique	4
I.6	Système de conversion solaire	4
I.7	Eolienne	4
I.8	Maquette TP câblage électrique	5
II.1	Couplage possible avec le réseau	7
II.2	Plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé (atelier génie électrique- ENSTI Annaba)	7
II.3	Le symbole électrique d'un moteur asynchrone triphasé	8
II.4	Le circuit de puissance de démarrage direct un seul sens	9
II.5	Le circuit de commande de démarrage direct un seul sens	9
II.6	Le circuit de puissance de démarrage direct double sens	11
II.7	Le circuit de commande de démarrage direct double sens	11
II.8	Circuit de puissance d'un démarrage étoile triangle d'un moteur asynchrone . . .	13
II.9	Circuit de commande d'un démarrage étoile triangle d'un moteur asynchrone .	13
III.1	Disjoncteur différentiel tétrapolaire et son symbole	15
III.2	Sectionneur tetrapolaire et son symbole	16
III.3	Relais thermique et son symbole	16
III.4	Contacteur et son symbole	16
III.5	Temporisateur et son symbole	17
III.6	Bloc de contacte auxiliaire et son symbole	17

III.7 Lampe de signalisation et son symbole	17
III.8 Bouton poussoir et son symbole	18
III.9 Prise de courant triphasée 3P+N+T.	18
III.10 Fiche banane	18
III.11 Sectionneur bipolaire	19
III.12 Assemblageles élément électrique	19
III.13 Connexion des éléments électriques	19
III.14 Vérification du fonctionnement de chaque composant et de la maquette	20

Introduction générale

Toute activité d'entraînement nécessite l'utilisation d'un moteur électrique, dont la fonction principale est de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique, ce qui leur confère une importance économique incontestable.

Parmi tous les types de moteurs existants, les moteurs asynchrones triphasés, notamment les moteurs à cage, sont le plus économique et le plus courant des moteurs électriques. Il se caractérise par une conception robuste et très simple, avec des degrés de protection élevés et des versions normalisées.

En outre, le démarrage d'un moteur asynchrone triphasé (induction) nécessite l'utilisation de techniques spécifiques pour minimiser les courants d'appel élevés et réduire les contraintes mécaniques. Des méthodes telles que le démarrage direct à un seul sens, à deux sens de rotation et le démarrage étoile-triangle sont couramment utilisées pour assurer un bon fonctionnement avec des performances optimales du moteur. Pour garantir les fonctionnements correctement, notamment dans le domaine industriel, il faut établir des procédures de démarrage adéquates. La réalisation d'une maquette de travail pratique (TP) dédiée au démarrage de ces moteurs est un projet important et utile. L'objectif est de permettre aux étudiants de comprendre les principes et les techniques associés au démarrage des moteurs asynchrones triphasés. Ainsi que les modalités des câblages des armoires électriques pour chaque mode. Ce mémoire vise à découvrir les étapes de conception, réalisation et la mise en œuvre de cette maquette, Notre travail est subdivisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une présentation de l'atelier de génie électrique de l'École Nationale Supérieure de Technologie et d'Ingénierie à Annaba (ENSTI Annaba), et il définit notre problématique.
- Le deuxième chapitre traite de l'état de l'art sur les moteurs asynchrones triphasés et présente les trois modes de démarrage ainsi que leur fonctionnement, nécessaires pour la formation de l'étudiant de 3^{ème} année.
- Le troisième chapitre, nous avons présenté les appareillages utilisés pour construire la maquette et décrit les étapes de sa réalisation.
- Le dernier chapitre porte sur l'élaboration d'une brochure technique pour le démarrage en trois modes d'un moteur asynchrone triphasé.

Enfin, une conclusion générale concernant cette expérience pour que cère la formation des futurs ingénieurs de l'école ENSTI Annaba.

Chapitre I

Description de l'atelier génie électrique du l'ENSTI Annaba et problématique

I.1 Introduction

Le développement et la modernisation des installations pédagogiques sont essentiels pour offrir une formation de qualité aux étudiants, notamment dans le domaine d'ingénierie. Dans ce contexte, l'atelier de génie électrique de l'École nationale supérieure de technologie et d'ingénierie d'Annaba revêt une importance capitale en mettant à disposition les équipements indispensables pour les travaux pratiques (TP). Cependant, l'utilisation intensive de certains équipements peut affecter l'enroulement des séances TP. Ce chapitre décrit l'environnement de l'atelier, et la problématique spécifique dans cette dernière qui a conduit à la réalisation de notre projet pour but d'améliorer la qualité de la formation pratique des élèves ingénieurs au niveau de cet atelier.

I.2 Description de l'atelier génie électrique de l'ENSTI Annaba

L'atelier de génie électrique de l'École nationale supérieure de la technologie et d'ingénierie Annaba (figure I.1) est un centre spécialisé dans l'enseignement et la recherche électrotechnique et industrielle. Il est équipé de divers appareils et installations permettant aux étudiants de réaliser des travaux et expériences pratiques et de mettre en œuvre les concepts théoriques appris en classe.



FIGURE I.1 – Atelier génie électrique ENSTI Annaba

I.3 Structure de l'atelier

L'atelier est organisé en plusieurs parties, chacune dédiée à un domaine particulier de département (électronique, électrotechnique et automatique) , génie industriel et génie mécanique :

I.3.1 Partie machines électrique

Cette partie est concernée par le TP Machine électrique, elle comprend des équipements tels que des moteurs, des générateurs, source d'alimentation, résistance variable etc (figure I.2).

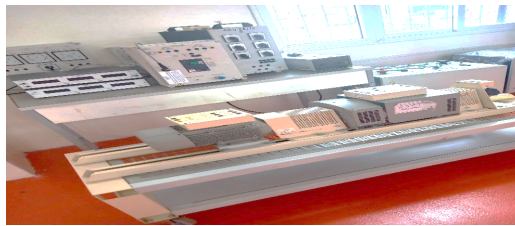


FIGURE I.2 – Machines électrique

I.3.2 Partie commandes des moteurs électriques

Consacrée aux systèmes de commandes des moteurs électriques et dirigée pour les spécialités électrotechniques, elle est concernée par le TP de la Régulation de position d'un moteur MCC par un robot MAXPID (figure I.4), et TP d'une commande d'un système aéronautique par un robot collaboratif COMAX (figure I.3).

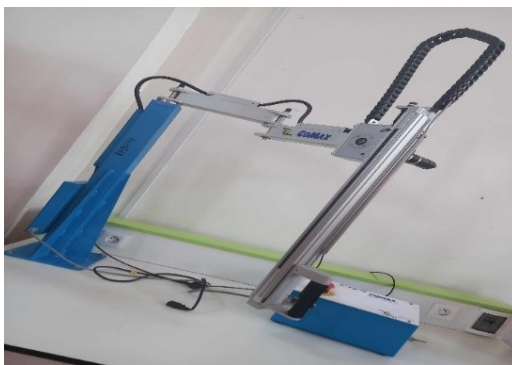


FIGURE I.3 – Robot collaboratif COMAX

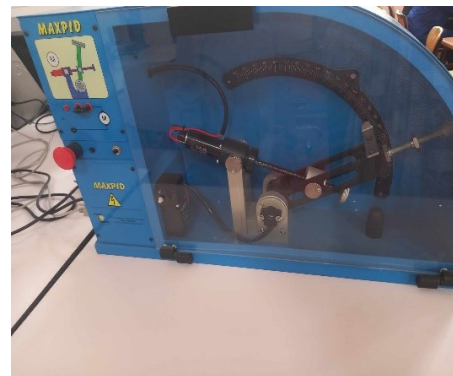


FIGURE I.4 – Robot MAXPID

I.3.3 Partie des matériels de mesure électrique

Cette partie est dédiée aux travaux pratiques de mesure électrique et dirigée pour la spécialité génie industriel, elle comprend des appareils de mesures (figure I.5) électriques tels que l'oscilloscope, voltmètre, ampèremètre, multimètre, etc.



FIGURE I.5 – Matériels de mesure électrique

I.3.4 Partie système de conversion solaire

Concernée par le TP conversion photovoltaïque, et dirigée pour la spécialité électrotechnique, Elle inclut les composants nécessaires à la production d'électricité à partir de l'énergie lumineuse (figure I.6), tels que les panneaux solaires photovoltaïques, les régulateurs, les onduleurs, etc.



FIGURE I.6 – Système de conversion solaire

I.3.5 Partie éolienne

Production électrique par l'énergie éolienne : elle comprend les éléments de TP pour la production électrique par l'énergie du vent (figure I.7)et dirigée pour la spécialité électrotechnique.

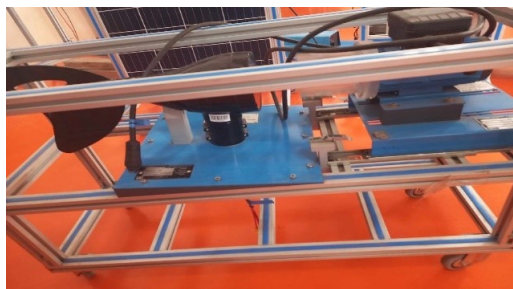


FIGURE I.7 – Eolienne

I.3.6 Partie câblage électrique

Elle comprend les éléments de TP pour l'installation électrique industrielle (démarrages des moteurs asynchrone) et schéma et appareillage électrique (Allumage électrique), ces TP sont enroulés par une seule maquette indiquée par (figure I.8), et dirigée pour les trois spécialités (PE (production électrique et énergies renouvelable) , EDD (énergétique et développement durable) et GI (génie industriel)) .

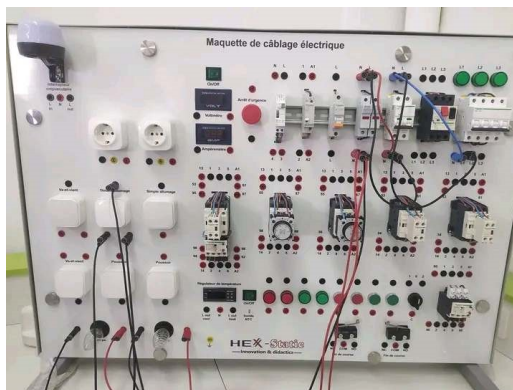


FIGURE I.8 – Maquette TP câblage électrique

I.4 Problématique obtenu dans l'atelier génie électrique

Vu l'attractivité de l'école ENSTI Annaba et l'augmentation du nombre des étudiants qui utilisent la maquette câblage électrique au niveau de l'atelier génie électrique par trois spécialités, pour les modules : Schémas et appareillages électriques et Installations électriques industrielles, cette situation pose des difficultés pour le bon déroulement des séances de travaux pratiques et entraînera plusieurs défis :

- Surutilisation de l'équipement : le nombre élevé d'utilisateurs provoque une usure prématurée de la maquette, entraînant des besoins de maintenance fréquents.
- Contraintes de planification : la gestion des séances de TP devient complexe, avec des conflits de planning et des retards possibles.
- Le retour à une gestion très rigoureuse du temps d'apprentissage pour chaque étudiant afin d'éviter la limitation du temps consacré à ce type de formation.

I.5 Conclusion

Étant donné l'importance de la maîtrise du câblage électrique industriel pour un futur ingénieur, celui-ci sera capable de câbler des armoires électriques et de gérer des installations industrielles avec ses équipes des techniciens et des ingénieurs dans l'électricité industrielle, alors les travaux pratiques de câblage électrique pour un élève ingénieur sont plus importants, notamment des TP des trois modes de démarrage basiques des moteurs asynchrones qu'il peut considérer comme une initiation dans le monde de l'électricité industrielle pour un futur ingénieur ce que nous oblige à la réfléchir d'une autre alternative pour faciliter le déroulement des séances TP.

Chapitre II

Etat de l'art sur les moteurs asynchrones

II.1 Introduction

Les moteurs asynchrones triphasés sont couramment préférés pour leur coût abordable, leur fiabilité et leur facilité d'entretien. Cependant, leur démarrage peut entraîner une chute de tension sur le réseau, perturbant le bon fonctionnement des équipements connectés. Ainsi, il est essentiel de choisir parmi différentes méthodes de démarrage en fonction des caractéristiques du moteur, de la charge et des contraintes électriques, mécaniques et économiques. Ce chapitre propose un aperçu des moteurs asynchrones et présente en détail leurs trois modes de démarrage.

II.2 Classification des moteurs électriques tournantes

Les moteurs électriques se classent en moteurs à courant continu (DC) et à courant alternatif (AC), ces derniers se subdivisant en moteurs synchrones et asynchrones. La différence clé est que le rotor des machines asynchrones ne tourne pas à la même vitesse que le champ magnétique induit. Les moteurs asynchrones (à induction) se répartissent en monophasé et triphasé, ce dernier étant subdivisé en moteurs à rotor à cage et à rotor bobiné.[1]

II.3 Constitution du moteur asynchrone

Le moteur asynchrone se compose par [2] :

- **Le stator** : partie immobile est la partie où est connectée l'alimentation électrique.
- **Le rotor** : partie tournante, elle permet de mettre en rotation la charge magnétique .
- **Les paliers** : organes de support, ces derniers constituent la partie mécanique permettant ainsi la mise en rotation de l'arbre moteur.
- **L'entrefer** : Cette partie est amagnétique (c'est le vide entre le rotor et le stator).

II.4 Principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone

Le stator supporte trois enroulement, décalés de 120° alimenté par une tension alternative triphasée, Ces trois bobines produisant un champ magnétique variable qui a la particularité de tourner autour de l'axe du stator suivant la fréquence de la tension d'alimentation, ce champ magnétique est appelé champ tournant, le champ tournant (statorique) vient induire des courants dans le rotor, leur interaction entraîne la rotation du rotor à une fréquence légèrement inférieure à celle du champ tournant [3].

II.5 Le bronchement d'un moteur triphasé

Les moteurs triphasés sont équipés de trois enroulements reliés à six bornes identifiées sous les étiquettes U1, V1, W1 et U2, V2, W2. Grâce à la disposition de trois barrettes, il est possible d'alimenter le moteur avec deux tensions distinctes en utilisant les configurations en étoile ou en triangle (figure II.1).

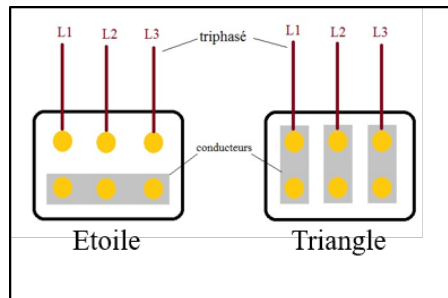


FIGURE II.1 – Couplage possible avec le réseau

II.6 La plaque signalétique

- Type : JM 63B 4 B 3.
- La puissance (0.18 ou 0.21KW) : puissance utile délivrée sur l'arbre du moteur.
- $\cos \phi$ (0.73 ou 0.72) : facteur de puissance pour le calcul de la puissance réactive consommée.
- (230 Δ / 400 Y V) ou (265 Δ / 460 Y V) : Tensions d'alimentation pour couplage Δ / Y.
- (1.03 Δ / 0.59 Y A) : représente l'intensité en ligne pour chacun des couplages.
- RDT 60% : rendement du moteur.
- 50 ou 60 HZ : fréquence du réseau d'alimentation.
- 3 PH : Nombre de phases.
- 40 Kg : Le poids du moteur.



FIGURE II.2 – Plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé (atelier génie électrique-ENSTI Annaba)

II.7 Symbole électrique des moteurs asynchrones

Voici le schéma électrique illustrant le symbole d'un moteur asynchrone triphasé :

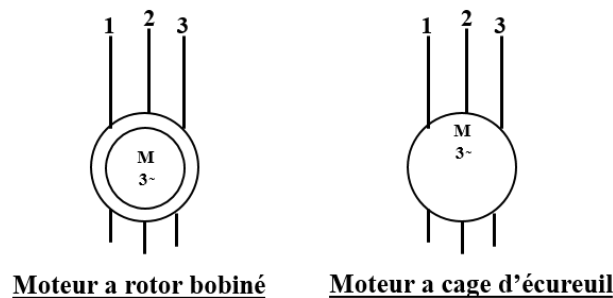


FIGURE II.3 – Le symbole électrique d'un moteur asynchrone triphasé

II.8 Les modes de démarrage d'un moteur asynchrone

La plupart des installations industrielles se composent principalement de deux types de circuits : le circuit de puissance et le circuit de commande [4].

II.8.1 Le circuit de puissance

On y trouve les dispositifs nécessaires pour contrôler les équipements électriques de grande puissance, On trouve :

- La source d'alimentation.
- Un appareil d'isolement (sectionneur).
- Une protection du circuit.
- Un appareil de commande ou de contrôle (bouton poussoir, détecteur de grandeur physique).
- Organes de commande (bobine du contacteur).

L'alimentation de l'appareillage du circuit de commande n'est pas toujours la même que celle du circuit de puissance, car elle est déterminée par les spécificités de la bobine.

II.8.2 Le circuit de commande

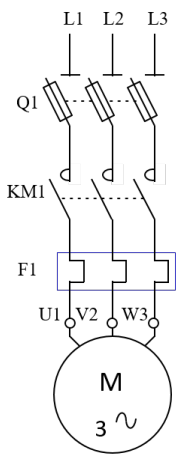
Il intègre les dispositifs essentiels pour le fonctionnement des équipements de puissance selon un automatisme précis. Parmi ces éléments, on retrouve :

- Une source de puissance (généralement réseau triphasé).
- Un appareil d'isolement (sectionneur).
- Un appareil de protection (fusible, relais thermique, disjoncteur).
- Appareil de commande (les contacts de puissance du contacteur).
- Des récepteurs de puissance (moteurs).

II.8.3 Démarrage direct à un seul sens de rotation

Ce mode de démarrage est appliqué dans des installations où les moteurs fonctionnent exclusivement dans un sens de rotation, comme dans les applications de pompage d'eau, de soufflage d'air ou de compression d'air. La double protection du moteur (assurée par Q1 et F1) est nécessaire en raison du réglage précis du courant de déclenchement du relais F1, correspondant au courant nominal du moteur, contrairement à Q1 [4].

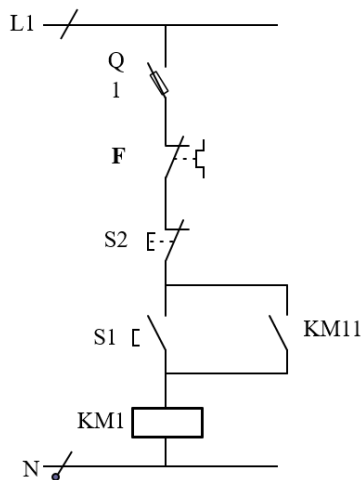
Circuit de puissance



1. L1, L2, L3 : alimentation triphasée
2. Q1 : sectionneur fusible
3. KM1 : contacteur principal 1
4. F1 : relais thermique
5. M : moteur triphasé

FIGURE II.4 – Le circuit de puissance de démarrage direct un seul sens

Circuit de commande



1. Q1 : Sectionneur
2. F1 : Relais de protection
3. S0 : Bouton poussoir arrêt
4. S1 : Bouton poussoir marche
5. KM1 : Contacteur
6. N : Neutre

FIGURE II.5 – Le circuit de commande de démarrage direct un seul sens

II.8.3.1 Les avantages

- Simplicité de l'appareillage.
- Couple de démarrage important.
- Temps de démarrage court.

II.8.3.2 Les inconvénients

- Appel du courant important.
- Démarrage brutal.
- Ne permet pas un démarrage doux et progressif.

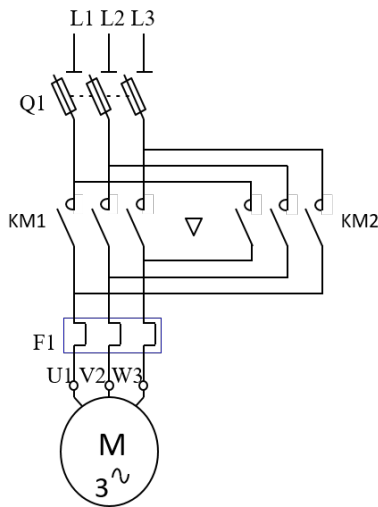
II.8.3.3 Le fonctionnement

Lorsque le bouton-poussoir S1 "marche" est enfoncé, la bobine KM1 est alimentée, ce qui entraîne la fermeture des contacts de puissance KM1 dans le circuit de puissance, ainsi que du contact auxiliaire KM11 en parallèle avec S1. Avec le sectionneur fermé, le moteur démarre. En relâchant le bouton-poussoir S1 "marche", la bobine reste alimentée via son contact auxiliaire KM11 assurant son maintien. Les contacts de puissance KM1 restent clos, maintenant le fonctionnement du moteur. En actionnant le bouton-poussoir S2 "arrêt", l'alimentation de la bobine KM1 est interrompue. Cela entraîne l'ouverture des contacts de puissance et de maintien, coupant ainsi les circuits de commande et de puissance, et arrêtant le moteur. En cas de surcharge, le contact F du relais thermique s'ouvre, désactivant la bobine KM1 et provoquant l'arrêt du moteur. De même, en cas de surintensité, le fusible fond, arrêtant le moteur. En cas d'actionnement simultané des boutons-poussoirs de marche et d'arrêt, la priorité est donnée à l'arrêt, empêchant tout courant de circuler dans le circuit de commande [4].

II.8.4 Démarrage direct à deux sens de rotation

Ce type de commande est employé lorsque l'inversion du sens de rotation du moteur correspond à une inversion du mouvement d'un objet mobile, comme le déplacement latéral d'une table de machine-outil, le mouvement avant ou arrière d'une broche d'usinage, ou la montée ou descente d'un palan. Il est essentiel de prévoir des interrupteurs de position qui déclenchent l'arrêt automatique du moteur lorsqu'ils sont activés. Les schémas suivants permettent d'alimenter directement un moteur asynchrone triphasé sur le réseau électrique. Le moteur est commandé par un bouton "marche avant" (sens 1), un bouton "marche arrière" (sens 2) et un bouton d'arrêt (l'arrêt ayant priorité). Le circuit de puissance est généralement composé d'un sectionneur, de deux contacteurs équipés d'interverrouillage (verrouillage mécanique) et d'un relais thermique [4].

Circuit de puissance



1. KM1 : Contacteurs tripolaires sens1
2. KM2 : Contacteur tripolaires sens 2
3. Q : Sectionneur porte-fusibles équipé avec 2 contacts à fermeture.
4. L1, L2, L3 : Arrivée du réseau triphasé.
5. F : Relais de protection thermique.

FIGURE II.6 – Le circuit de puissance de démarrage direct double sens

Circuit de commande

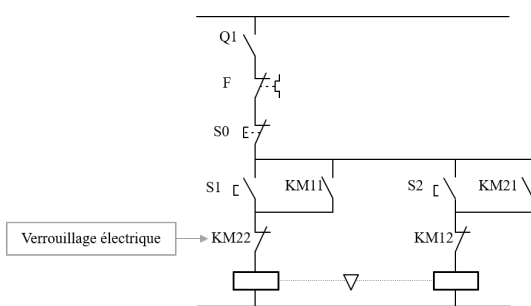


FIGURE II.7 – Le circuit de commande de démarrage direct double sens

1. Q : Sectionneur
2. F : Relais thermique
3. S0 : Bouton poussoir arrêt
4. S1 : Bouton poussoir marche sens1
5. S2 : Bouton poussoir marche sens2
6. KM1, KM2 : Contacteur principale
7. KM11, KM12 : Contact de maintien.
8. KM21, KM22 : Contact de verrouillage électrique.

II.8.4.1 Les avantages

- Coût réduit, le matériel est basique.
- Couple de démarrage important (sur couple au démarrage).
- Simplicité de mise en œuvre, ne nécessite pas de compétences particulières pour être câblé et mis en route.

II.8.4.2 Les inconvénients

- Fort appel de courant à la mise sous tension du moteur qui peut perturber des équipements sensibles alimentés par le même départ.
- « Sur couple » au démarrage du moteur qui provoque des « à-coups » de charge entraînant une usure mécanique importante.
- Utilisable seulement avec des moteurs de faible puissance.

II.8.4.3 Le fonctionnement

Lorsque le bouton poussoir S1 est enfoncé, la bobine du contacteur KM1 est alimentée, ce qui provoque la fermeture du contact KM11 assurant le maintien de l'alimentation de la bobine de KM1 une fois que le bouton poussoir S1 est relâché (KM11 agit comme un contact d'auto-alimentation). Le moteur est alimenté par les contacts principaux du contacteur KM1 et démarre en rotation directe. En cas d'action sur le bouton poussoir S2, le moteur continue de tourner dans le sens direct sans effet particulier. Le contact normalement fermé (NC) KM12 s'ouvre car la bobine de KM1 est sous tension, empêchant ainsi l'alimentation de la bobine de KM2 (verrouillage électrique de KM2 par KM1).

En pressant le bouton poussoir S0, l'alimentation de la bobine de KM1 est interrompue. Le contacteur revient à son état initial, le contact d'auto-alimentation KM11 s'ouvre, arrêtant le moteur. Une fois que l'utilisateur relâche S0, le moteur reste à l'arrêt. En actionnant le bouton poussoir S2, la bobine du contacteur KM2 est alimentée, ce qui entraîne la fermeture du contact KM21 maintenant l'alimentation de la bobine de KM2 une fois que l'utilisateur relâche S2 (auto-alimentation). Le moteur est alimenté par les contacts principaux de KM2 et démarre en rotation inverse. L'appui sur le bouton poussoir S1 n'a aucun effet car KM22 est ouvert (verrouillage électrique de KM1 par KM2). En cas d'action sur le bouton-poussoir S0, l'alimentation de la bobine de KM2 est coupée, le contacteur revient à sa position initiale, le contact KM21 s'ouvre, mettant le moteur hors tension. Une fois que l'utilisateur relâche S0, le moteur reste à l'arrêt [4].

II.8.5 Démarrage étoile /triangle

Le démarrage étoile-triangle est une méthode utilisée pour limiter le courant de démarrage lors du démarrage d'un moteur asynchrone triphasé. Ce démarrage électromécanique en deux étapes alimente d'abord le moteur en couplage étoile sous tension réduite, puis en couplage triangle sous pleine tension.

Cette animation a pour but d'expliquer le principe de fonctionnement de ce démarrage, en se basant sur les circuits de puissance et de commande, afin d'en illustrer la mise en œuvre pratique [4].

Circuit de puissance

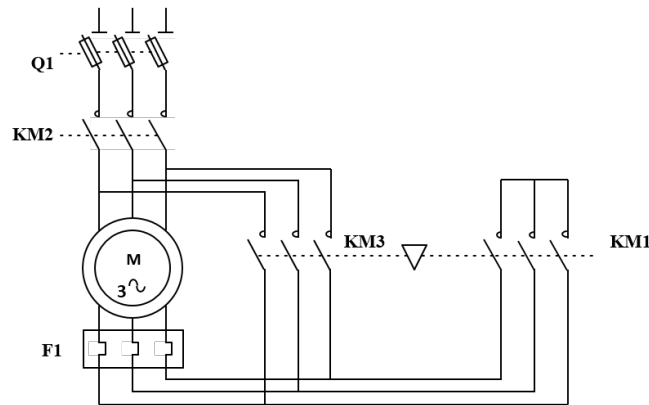


FIGURE II.8 – Circuit de puissance d'un démarrage étoile triangle d'un moteur asynchrone

KM1 : Contacteur étoile , KM2 : Contacteur temporisé , KM3 : Contacteur Triangle .

Circuit de commande

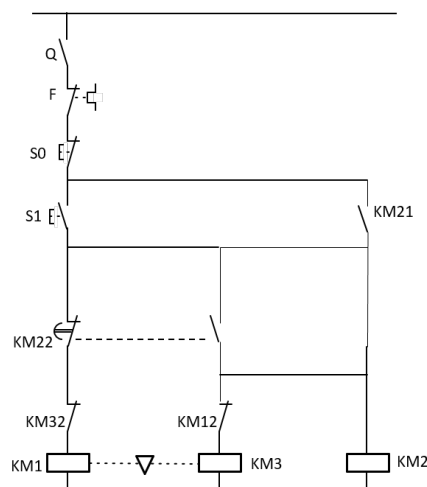


FIGURE II.9 – Circuit de commande d'un démarrage étoile triangle d'un moteur asynchrone

II.8.5.1 Les avantages

- Appel de courant en étoile réduit au tir de sa valeur en directe.
- Faible complication d'appareillage.

II.8.5.2 Les inconvénients

- Coule de démarrage réduit au tir de sa valeur en directe.
- Coupure d'alimentation entre les positions étoile et triangle (phénomènes transitoires).

II.8.5.3 Le fonctionnement

La commande est assurée par des boutons poussoirs momentanés, désignés S0 et S1.

Lorsqu'une impulsion est appliquée sur le bouton poussoir de marche (S1), la bobine du contacteur étoile (KM1) est alimentée, ainsi que le contacteur de ligne (KM2). Avec le contact KM21 fermé, KM2 s'auto-alimente (même après la libération du bouton poussoir marche), démarre la temporisation et maintient automatiquement le contacteur KM1. Pendant cette phase, le contact KM12 empêche l'alimentation de la bobine du contacteur KM3. Le moteur est alors couplé en étoile et commence à accélérer.

Une fois le temps pré-réglé de la temporisation écoulé, les contacts de la temporisation se déclenchent (KM22). La bobine de KM1 n'est plus alimentée (le contact temporisé NC KM22 s'ouvre et le contact NO se ferme), permettant ainsi l'alimentation de KM3. KM3 est alors activé, permettant le couplage en triangle. Il est à noter que le contact de KM32 empêche l'alimentation de KM1 (ce dispositif est un OU exclusif appelé verrouillage électrique). Une impulsion sur le bouton poussoir S1 (arrêt) met fin au fonctionnement du moteur [4].

II.9 Conclusion

Ce chapitre a abordé les trois modes de fonctionnement du moteur asynchrone triphasé (direct, à double sens de rotation et étoile/triangle), en détaillant leurs spécificités, les schémas de commande et de puissance associés, ainsi que le fonctionnement de chaque mode. De plus, une analyse des avantages et inconvénients de ces différents modes a été présentée pour offrir une vision complète de leurs performances, afin de réaliser une maquette des travaux pratiques au niveau de l'ENSIT Annaba.

Chapitre III

Conception et réalisation de la maquette TP

III.1 Introduction

Pour remédier à la problématique citée dans le deuxième chapitre, nous avons consacré ce travail à la conception et à la réalisation d'une maquette TP pour les 3 modes de démarrage des moteurs asynchrones, à cet effet on détaillant dans ce chapitre chaque élément nécessaire (commande, puissance, signalisation, protection) en précisant leurs rôles et principe de fonctionnement.

III.2 Description des composants nécessaires pour la réalisation d'une maquette TP

Voici les éléments essentiels pour réaliser une maquette de travaux pratiques :

III.2.1 Disjoncteur différentiel tétrapolaire DPE1C25 + coffret

C'est un appareil de protection qui comporte deux relais, relais magnétique qui protège contre les courts-circuits et un relais thermique qui protège contre les surcharges[5]. Il a un pouvoir de coupure automatique afin d'éviter tout danger ($U_n = 400 \text{ A}$, $I_n = 300 \text{ mA}$, $f = 50 \text{ Hz}$).

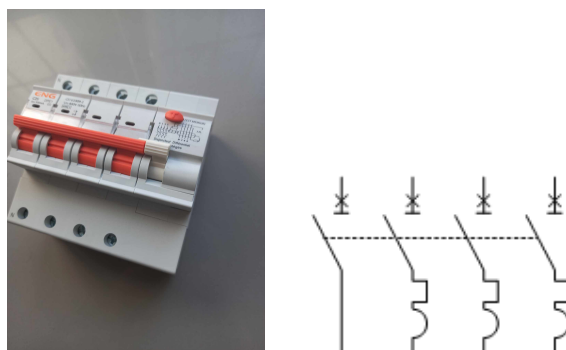


FIGURE III.1 – Disjoncteur différentiel tétrapolaire et son symbole

III.2.2 Sectionneur tetrapolaire porte fusible DF103N 10*38

Le sectionneur est un appareil de connexion qui permet d'isoler un circuit pour effectuer des opérations de maintenance ou de modification sur les circuits électriques.[6]

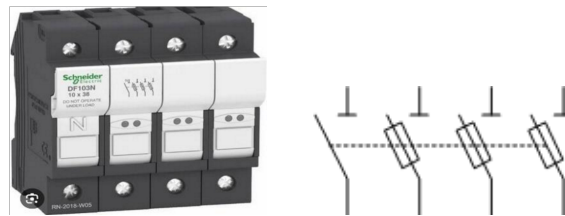


FIGURE III.2 – Sectionneur tetrapolaire et son symbole

III.2.3 Relais thermique IEC/EN 60947-4-1 GB/T14048.4

Le relais thermique est un appareil qui permet de protéger un récepteur contre les surcharges faibles et prolongées. Il permet de protéger efficacement contre les incidents d'origines mécaniques et les chutes de tension ($U_e \text{ max}=690\text{V}$, $f=50/60\text{HZ}$, $I_e=2-4\text{A}$, $U_{imp}=6\text{KV}$).[6]

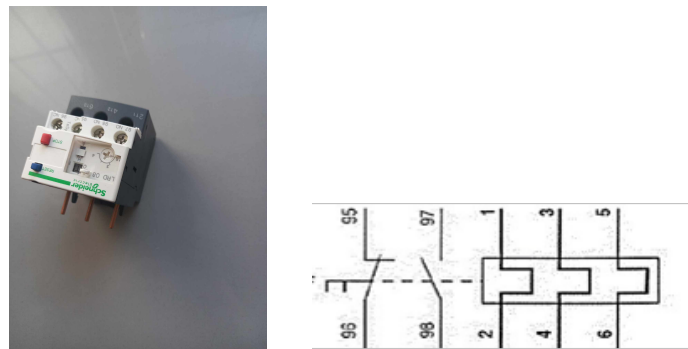


FIGURE III.3 – Relais thermique et son symbole

III.2.4 Contacteur IEC/EN 60947-4-1

Appareil de commande ayant une seule position de repos, commandé électriquement et capable de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales (2.2 KW , $U_i = 690 \text{ V}$, $I_{th} = 25 \text{ A}$, $f = 50 / 60 \text{ Hz}$, $U_{imp} = 6 \text{ KV}$).[6]

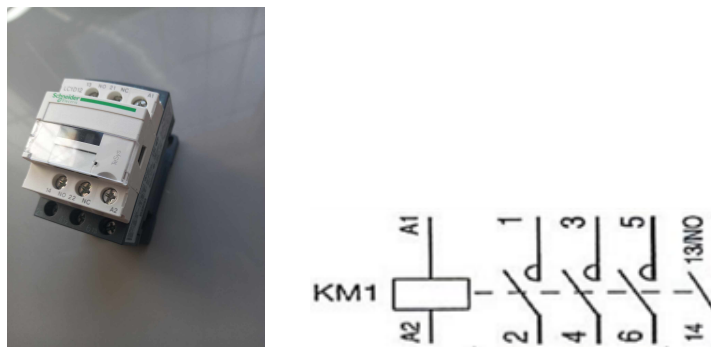


FIGURE III.4 – Contacteur et son symbole

III.2.5 Temporisateur IEC/EN 60947-5-1

Le temporisateur est un composant utilisé pour ajouter un délai dans un circuit électrique qui est parfois nécessaire pour retarder le départ ou l'arrêt d'un moteur ($U_i = 690\text{V}$, $I_{th}=10\text{A}$).[7]

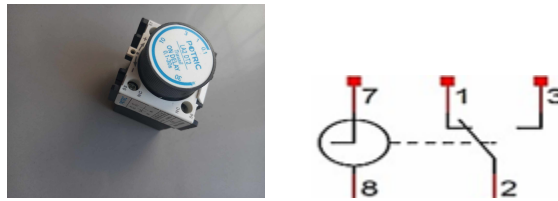


FIGURE III.5 – Temporisateur et son symbole

III.2.6 Bloc de contacte auxiliaire IEC/EN 60947-5-1 JSC 8201-15-1

Le bloc de contacte auxiliaire est un appareil mécanique de connexion qu'il s'adapte sur les contacteurs, il permet d'ajouter de deux à quatre contacts supplémentaires au contacte ($U_i = 690 \text{ V}$, $I_{th} = 10 \text{ A}$). départ ou l'arrêt d'un moteur.[8]

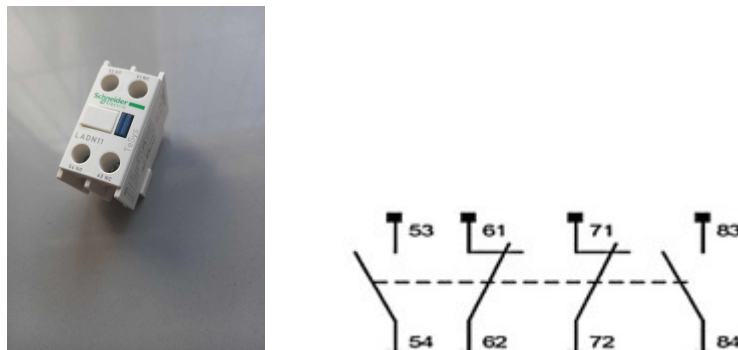


FIGURE III.6 – Bloc de contacte auxiliaire et son symbole

III.2.7 Lampes de signalisation ou voyants

Ils servent à donner une information sur l'état du système.[8]

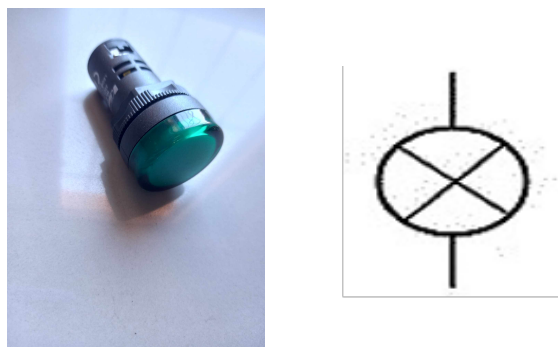


FIGURE III.7 – Lampe de signalisation et son symbole

III.2.8 Bouton poussoir

Il existe des boutons poussoirs à fermeture et des boutons poussoirs à ouverture. Ils servent à ouvrir ou fermer un circuit électrique.[8]

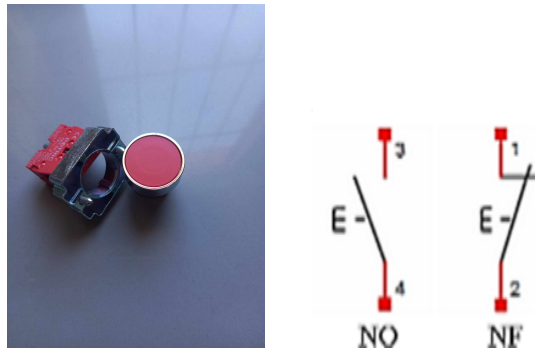


FIGURE III.8 – Bouton poussoir et son symbole

III.2.9 Prise triphasée BC1-15052011

Sont des organes de connexion dans lesquelles les appareils électriques sont reliés aux sources d'énergie d'une façon simple. Pour une prise de courant triphasé il faut impérativement respecter l'ordre de succession des bornes des phases de neutre et celui de terre, s'il existe, afin d'éviter le risque de court-circuit lors de connexion des prises femelles et mâles.[9]

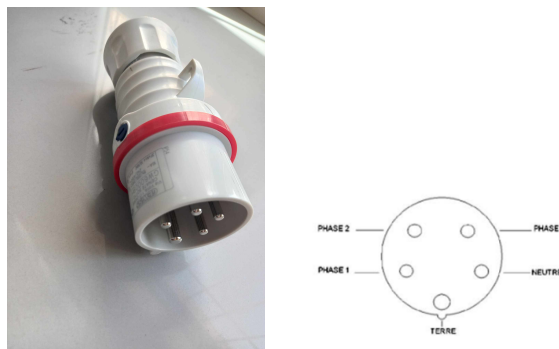


FIGURE III.9 – Prise de courant triphasée 3P+N+T.

III.2.10 Fiche banane femelle Châssis 4mm

C'est des fiches sont utilisé pour le raccordement des câbles électrique et connecter les appareils.



FIGURE III.10 – Fiche banane

III.2.11 Sectionneur bipolaire , 30mA 1P+N DDS.16A

Appareil de connexion pour le circuit de commande.



FIGURE III.11 – Sectionneur bipolaire

III.3 Les étapes de réalisation de la maquette TP

Pour réaliser une maquette TP on doit suivre les étapes suivantes :

- Planification : Définir les objectifs de la maquette à développer.
- Conception : Élaboration d'un schéma explicatif de la maquette et localisation des composants nécessaires à leurs positions respectives.
- Réaliser du socle de l'armoire en aluminium (plaques en résine) et inflammable.
- Assemblage : Assembler les composants conformément au schéma électrique.



FIGURE III.12 – Assemblage des éléments électriques

- Montage : Mise en place des différents éléments.

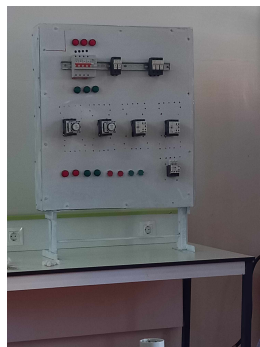


FIGURE III.13 – Connexion des éléments électriques

- Essais et vérification : Vérification du bon fonctionnement de chaque composant et de la maquette dans son ensemble.

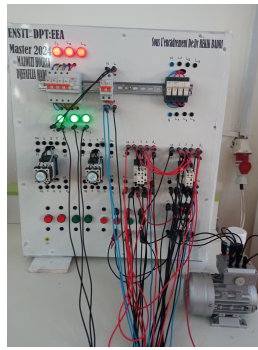


FIGURE III.14 – Vérification du fonctionnement de chaque composant et de la maquette

- Documentation : Rédiger un manuel de TP sur le câblage électrique et l'appareillage, et préparer des brochures TP.

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents éléments utilisés pour la réalisation de la maquette TP de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé en trois mode et les étapes principales pour réaliser cette maquette.

Chapitre IV

Élaboration d'une brochure technique pour les travaux pratiques

IV.1 Introduction

Les travaux pratiques revêtent une importance capitale dans la formation des étudiants ingénieurs. Dans ce chapitre, nous aborderons la conception d'une brochure technique dédiée aux travaux pratiques de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé pour les trois modes (démarrage direct à un seul sens et à deux sens de rotation, ainsi que démarrage étoile/triangle).

Ces travaux permettent de maîtriser les trois modes basiques de démarrage des moteurs asynchrones pour un futur ingénieur en 3^{ème} année. Cette brochure vise à fournir les objectifs et le but de ce travail ainsi que les équipements utilisés pour assurer le bon fonctionnement des circuits proposés pour le démarrage d'un moteur asynchrone triphasé.

IV.2 Les brochures des TP

Manuel de TP câblage électrique et appareillage

- Maquette pédagogique d'équipements industriels : Maquette conçue pour l'enseignement avec une variété d'appareillages électriques industriels.
- Elle offre à l'utilisateur de nombreux avantages d'apprentissage :
 - Reconnaître les appareillages industriels.
 - Les étudiants acquièrent une meilleure compréhension des équipements utilisés sur le lieu de travail.
- Cette maquette compte une multitude de manipulations pour l'apprentissage du câblage de démarrage des moteurs et Les étudiants pourront également associer des capteurs à ces moteurs, pour pratiquer l'automatisation de leurs réalisations.
- Cette approche pédagogique permet aux étudiants de mettre en pratique leurs connaissances théoriques sur des équipements correspondant à l'environnement industriel. Cela les aidera à mieux assimiler les compétences techniques.



TP 1 : Démarrage direct à un seul sens de rotation d'un moteur triphasé asynchrone

Le démarrage direct est la méthode de démarrage la plus simple et la plus courante, utilisé dans des installations où les moteurs sont utilisés dans un seul sens de rotation. tel que le pompage d'eau, soufflage d'air, compression d'air. . .

1. Objectifs :

- Identifier la plaque signalétique d'un moteur asynchrone.
- Connaître la structure des appareils de protection électrique : Disjoncteur, Sectionneur, relais thermique.
- S'assurer de réaliser les câblages corrects des montages proposés, à la fois pour le circuit de puissance et le circuit de commande.
- Examiner le fonctionnement du montage.
- L'étudiant doit être en mesure de réaliser l'installation d'un démarrage direct pour un moteur électrique avec rotation dans un seul sens.

2. Équipement utilisé :

- Le moteur Asynchrone triphasé : l'appareil principal utilisé dans l'expérience.
- Disjoncteur tétrapolaire : l'appareil de contrôle, coupure et garantir la protection des étudiants et la maquette Sectionneur tétrapolaire : l'appareil d'isolation et protection
- Contacteur : l'appareil de commutation de la puissance électrique vers le moteur et contrôle son démarrage et son arrêt.
- Relais auxiliaires
- Relais thermique : Appareil de surveillance du courant électrique circulant dans le moteur et protégeant celui-ci contre les surcharges.
- Bouton poussoir de démarrage (verte) : lorsqu'on appuie dessus, le circuit de commande se ferme et le moteur démarre.
- Bouton poussoir d'arrêt (rouge) : lorsqu'on appuie dessus, le circuit de commande s'ouvre et le moteur s'arrête.
- Câbles électriques : Ils assurent la connexion entre les différents composants du circuit électrique.
- Instruments de mesure électrique (multimètre, pince, tournevis) : Ils sont utilisés pour la surveillance des paramètres électriques tels que la tension, le courant afin de la sécurité des opérateurs.

3. **But :**

L'objectif est de démarrer un moteur asynchrone triphasé dans un sens de rotation en utilisant un bouton poussoir S1 pour sa mise en marche, et de l'arrêter en appuyant sur un bouton poussoir S2.

4. **Montages :**

• **Circuit de puissance :**

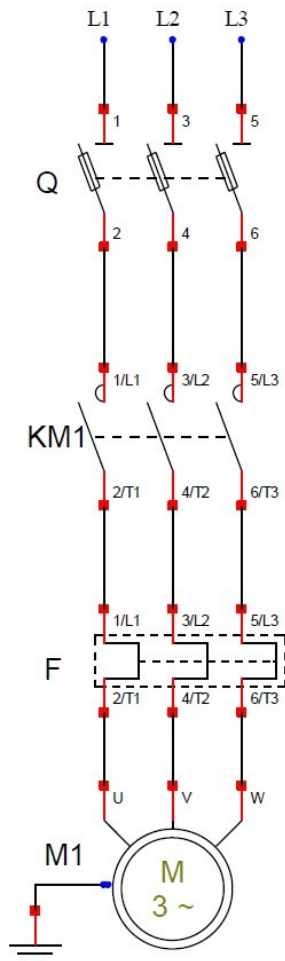


Figure 1 :Circuit de puissance d'un démarrage direct à un seul sens

• **Circuit de puissance :**

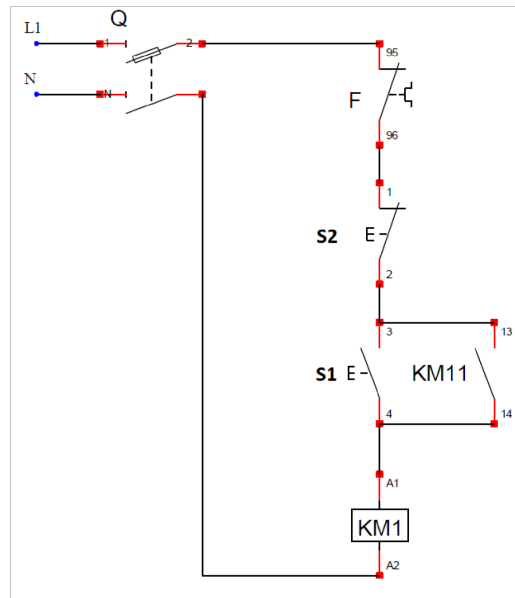


Figure 2 :Circuit de commande d'un démarrage direct à un seul sens

5. **Travail demandé :**

- 1- Identifiez les divers composants constitutifs du circuit de puissance et du circuit de commande.
- 2- Expliquez en détail le processus de démarrage direct à un seul sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé.
- 3- Quels sont les avantages et les inconvénients du démarrage direct à un seul sens de rotation par rapport aux autres méthodes de démarrage pour les moteurs asynchrones triphasés ?
- 4- Donner une conclusion.



TP 2 : Démarrage direct à deux sens de rotation d'un moteur triphasé asynchrone

Le démarrage direct à deux sens de rotation, utilisé pour contrôler la direction de rotation d'un moteur asynchrone triphasé, st souvent employé dans les ventilateurs, les pompes réversibles.

1. Objectifs :

- Identifier la plaque signalétique d'un moteur asynchrone.
- Connaître la structure des appareils de protection électrique.
- Connaitre l'utilité des appareils de verrouillage mécanique et électrique.
- S'assurer de réaliser les câblages corrects des montages proposés, à la fois pour le circuit de puissance et le circuit de commande.
- La mise en marche d'un moteur asynchrone triphasé en deux sens de rotation.
- Maitriser le bon de fonctionnement du circuit.
- L'étudiant doit être en mesure de réaliser l'installation d'un démarrage direct pour un moteur électrique à deux sens de rotation.

2. Équipement utilisé :

- Le moteur Asynchrone triphasé : l'appareil principal utilisé dans l'expérience.
- Disjoncteur tétrapolaire : l'appareil de contrôle, coupure et garantir la protection des étudiants et la maquette Sectionneur tétrapolaire : l'appareil d'isolation et protection.
- Deux contacteur : l'appareil de commutation de la puissance électrique vers le moteur et contrôle son démarrage et son arrêt.
- Relais thermique : Appareil de surveillance du courant électrique circulant dans le moteur et protégeant celui-ci contre les surcharges.
- Deux Relais auxiliaires.
- Deux bouton poussoir de démarrage (verte) : lorsqu'on appuie dessus, le circuit de commande se ferme et le moteur démarre.
- Bouton poussoir d'arrêt (rouge) : lorsqu'on appuie dessus, le circuit de commande s'ouvre et le moteur s'arrête.
- Câbles électriques : Ils assurent la connexion entre les différents composants du circuit électrique.
- Instruments de mesure électrique (multimètre, pince, tournevis) : Ils sont utilisés pour la surveillance des paramètres électriques tels que la tension, le courant afin de la sécurité des opérateurs.

3. **But :**

On veut démarrer un moteur asynchrone triphasé dans deux sens de rotation en utilisant deux boutons poussoir pour sa mise en marche S1 (sens 1) et S2 (sens 2) et l'arrêter par l'appui sur un bouton poussoir S0.

4. **Montages :**

• **Circuit de puissance :**

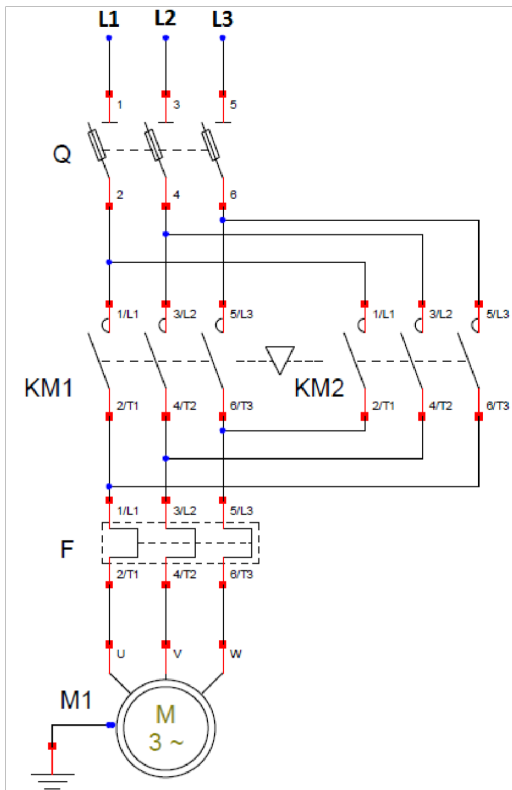


Figure 1 :Circuit de puissance d'un démarrage direct à deux sens de rotation

NB :

Lorsque le sens de rotation doit être inversé, la permutation entre les deux contacteurs doit être faite de telle façon que le balancement se fait sans aucun contact entre les deux phases. Pour créer un contacteur inverseur à deux sens de marche, il faut choisir deux contacteurs adaptés à la puissance du moteur en plus d'un système de verrouillage mécanique bien adapté placé entre les deux contacteurs évitant ainsi le chevauchement entre contacteurs.

5. **Travail demandé :**

- 1- Identifiez les divers composants constitutifs du circuit de puissance et du circuit de commande.
- 2- Expliquez en détail le processus de démarrage direct à deux sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé.
- 3- Quels sont les avantages et les inconvénients du démarrage direct ? à deux sens de rotation par rapport à d'autres méthodes de démarrage ?
- 4- Donner une conclusion.

• **Circuit de puissance :**

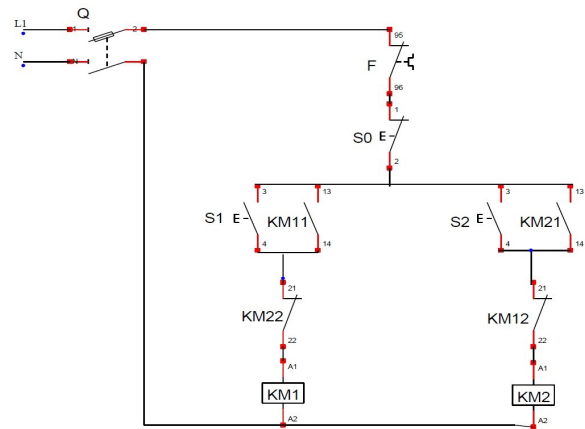


Figure 2 :Circuit de commande d'un démarrage direct à deux sens de rotation



TP 3 : Démarrage étoile / triangle d'un moteur triphasé asynchrone.

Le démarrage étoile / triangle d'un moteur asynchrone triphasé est une technique courante, utilisée dans l'industrie pour limitée le courant de démarrage

1. Objectifs :

- Identifier la plaque signalétique d'un moteur asynchrone étoile triangle.
- Connaître la structure des appareils de temporisation et de protection électrique.
- Connaitre l'utilité des appareils de verrouillage mécanique et électrique.
- S'assurer de réaliser les câblages corrects des montages proposés, à la fois pour le circuit de puissance et le circuit de commande.
- Maitriser le bon de fonctionnement du circuit.
- L'étudiant doit être capable de faire l'installation d'un moteur étoile / triangle dans un sens de rotation d'un moteur électrique.

2. Équipement utilisé :

- Le moteur Asynchrone triphasé : l'appareil principal utilisé dans l'expérience.
- Disjoncteur tétrapolaire : l'appareil de contrôle, coupure et garantir la protection des étudiants et la maquette Sectionneur tétrapolaire : l'appareil d'isolation et protection.
- Trois contacteur : l'appareil de commutation de la puissance électrique vers le moteur et contrôle son démarrage et son arrêt.
- Deux relais auxiliaires.
- Relais thermique : Appareil de surveillance du courant électrique circulant dans le moteur et protégeant celui-ci contre les surcharges.
- Bouton poussoir de démarrage (verte) : lorsqu'on appuie dessus, le circuit de commande se ferme et le moteur démarre.
- Bouton poussoir d'arrêt (rouge) : lorsqu'on appuie dessus, le circuit de commande s'ouvre et le moteur s'arrête.
- Câbles électriques : Ils assurent la connexion entre les différents composants du circuit électrique.
- Instruments de mesure électrique (multimètre, pince, tournevis) : Ils sont utilisés pour la surveillance des paramètres électriques tels que la tension, le courant afin de la sécurité des opérateurs.

3. **But :**

On veut démarrer un moteur asynchrone triphasé dans un sens de rotation en utilisant le démarrage étoile / triangle. Dans un premier temps on démarre en étoile puis en bascule en triangle.

4. **Montages :**

- **Circuit de puissance :**

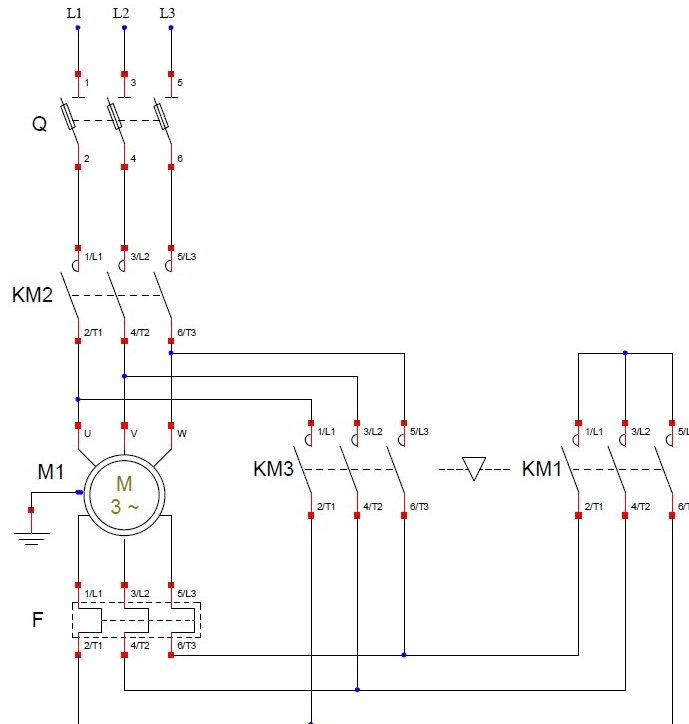


Figure 1 : Circuit de puissance d'un démarrage étoile / triangle d'un moteur triphasé à un sens de rotation

- **Circuit de commande :**

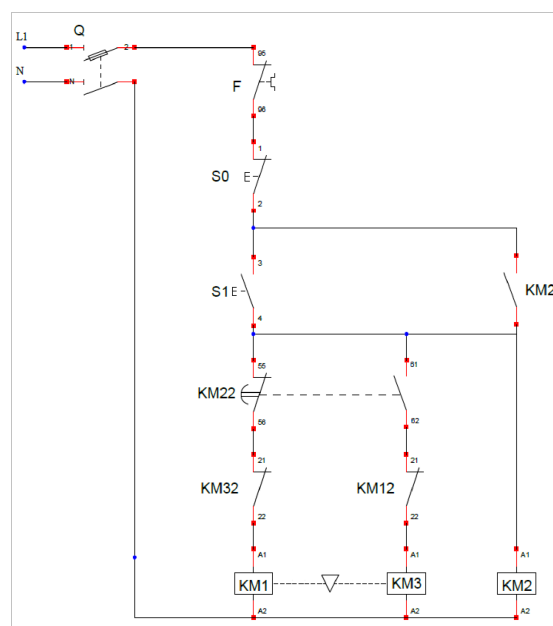


Figure 2 :Circuit de commande d'un démarrage étoile / triangle d'un moteur triphasé à un sens de rotation

5. Travail demandé :

1. Identifiez les divers composants constitutifs du circuit de puissance et du circuit de commande.
2. Effectuez le montage et expliquez le principe de fonctionnement.
3. Effectuez le montage et expliquez le principe de fonctionnement.
4. Quel est l'objectif principal du démarrage étoile/triangle ?
5. Quelles sont les différences entre le démarrage étoile/triangle et d'autres méthodes de démarrage ?
6. Quels sont les avantages et les inconvénients du démarrage étoile/triangle par rapport aux autres méthodes de démarrage pour les moteurs asynchrones triphasés ?
7. Donner une conclusion.

IV.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les brochures techniques pour les travaux pratiques « démarrage de moteurs asynchrones triphasés pour les trois modes ». Ce travail pratique renforce la compréhension théorique tout en développant les compétences pratiques essentielles.

Conclusion générale

L'École Nationale Supérieure de Technologie et d'Ingénierie de Annaba est une institution importante pour l'enseignement supérieur des élites en Algérie. Elle dispose d'équipements et de moyens garantissant une formation de haut niveau pour les étudiants ingénieurs, ainsi qu'une qualité d'enseignement élevée grâce à l'intégration des acquis de formation avec ce qui se pratique sur le terrain. Cela permet de former chaque année des ingénieurs hautement compétents, prêts à intégrer directement le marché du travail.

La qualité de l'enseignement à l'École Nationale Supérieure de Technologie et d'Ingénierie et la compétence de ses enseignants ont conduit à une demande croissante pour cette institution. Cela souligne l'importance de l'amélioration continue pour garantir que l'école maintienne toujours sa position en appliquant des perspectives visionnaires pour un développement durable.

L'atelier de génie électrique est un espace important contenant divers moyens et équipements électriques. L'école veille à combler toutes les lacunes possibles et tout ce qui pourrait affecter le niveau de compréhension des étudiants ingénieurs. Comme tout atelier électrique, il a récemment connu une congestion au niveau du câblage électrique, qui est une partie essentielle de l'atelier et qui est caractérisée par une seule maquette TP pour trois spécialités (PE, EDD , GI).

L'importance de maîtriser le câblage électrique industriel et le démarrage des moteurs asynchrones réside dans le fait qu'ils sont parmi les plus répandus et les plus utilisés dans l'industrie moderne ainsi que dans la vie quotidienne. En effet, il existe plusieurs types de démarrage pour les moteurs asynchrones tels que le démarrage direct un seul sens, le démarrage étoile-triangle, le démarrage direct double sens, le démarrage avec résistances statoriques, le démarrage autotransformateur, le démarrage par variateur de fréquence, le démarrage rotorique, le démarrage progressif, le démarrage avec convertisseur statique et notamment l'utilisation de l'Altivare ; ; chaque type diffère des autres en fonction de plusieurs facteurs :

- Taille du moteur
- Type de charge
- Fréquence de démarrage

Pour un élève ingénieur en 3ème année, la maîtrise des trois modes basiques de démarrage des moteurs asynchrones (direct seul sens, direct double sens, étoile-triangle) va améliorer ses capacités de câblage des armoires électriques afin de lui permettre de gérer des installations industrielles dans le futur. Les travaux pratiques de câblage électrique pour un élève ingénieur sont plus importants, notamment les TP de ces trois modes de démarrage qu'il peut considérer comme une initiation dans le monde de l'électricité industrielle pour un futur ingénieur, ce qui nous pousse à réfléchir à une autre alternative pour faciliter le déroulement des séances TP.

En raison de l'importance du câblage électrique, il ne peut être limité à une seule maquette. C'est pourquoi nous avons opté dans ce mémoire à la réalisation d'une autre maquette dans l'atelier afin d'éviter les contraintes :

- Surutilisation de l'équipement : le nombre élevé d'utilisateurs provoque une usure prématurée de la maquette, entraînant des besoins de maintenance fréquents.
- Contraintes de planification : la gestion des séances de TP devient complexe, avec des conflits de planning et des retards possibles.
- Le retour à une gestion très rigoureuse du temps d'apprentissage pour chaque étudiant afin d'éviter la limitation du temps consacré à ce type de formation.

La réalisation de la nouvelle maquette s'est faite en six étapes principales :

- Planification : Définir les objectifs de la maquette à développer.
- Conception : Élaboration d'un schéma explicatif de la maquette et localisation des composants nécessaires à leurs positions respectives.
- Réalisation du socle de l'armoire en aluminium (plaques en résine) inflammable.
- Assemblage : Assembler les composants conformément au schéma électrique.
- Montage : Mise en place des différents éléments.
- Essais et vérification : Vérification du bon fonctionnement de chaque composant et de la maquette dans son ensemble.

Actuellement, cette maquette fonctionne pour les trois types de démarrage principaux des moteurs asynchrones, conformément au programme annuel des étudiants de troisième année des trois spécialités mentionnés précédemment. Cela leur permettra, dans les années suivantes, de comprendre les autres types de démarrage de manière fluide après avoir maîtrisé le câblage électrique et les trois démarrages de base du moteur asynchrone.

Dans ce travail, nous avons renforcé les capacités des étudiants ingénieurs en créant des fiches de travaux pratiques claires qui leur permettent de comprendre les principes de fonctionnement des trois types de démarrage. Cela facilite également leurs séances de travaux pratiques dans les deux modules : installations électrique industriel et schéma et appareillage électrique.

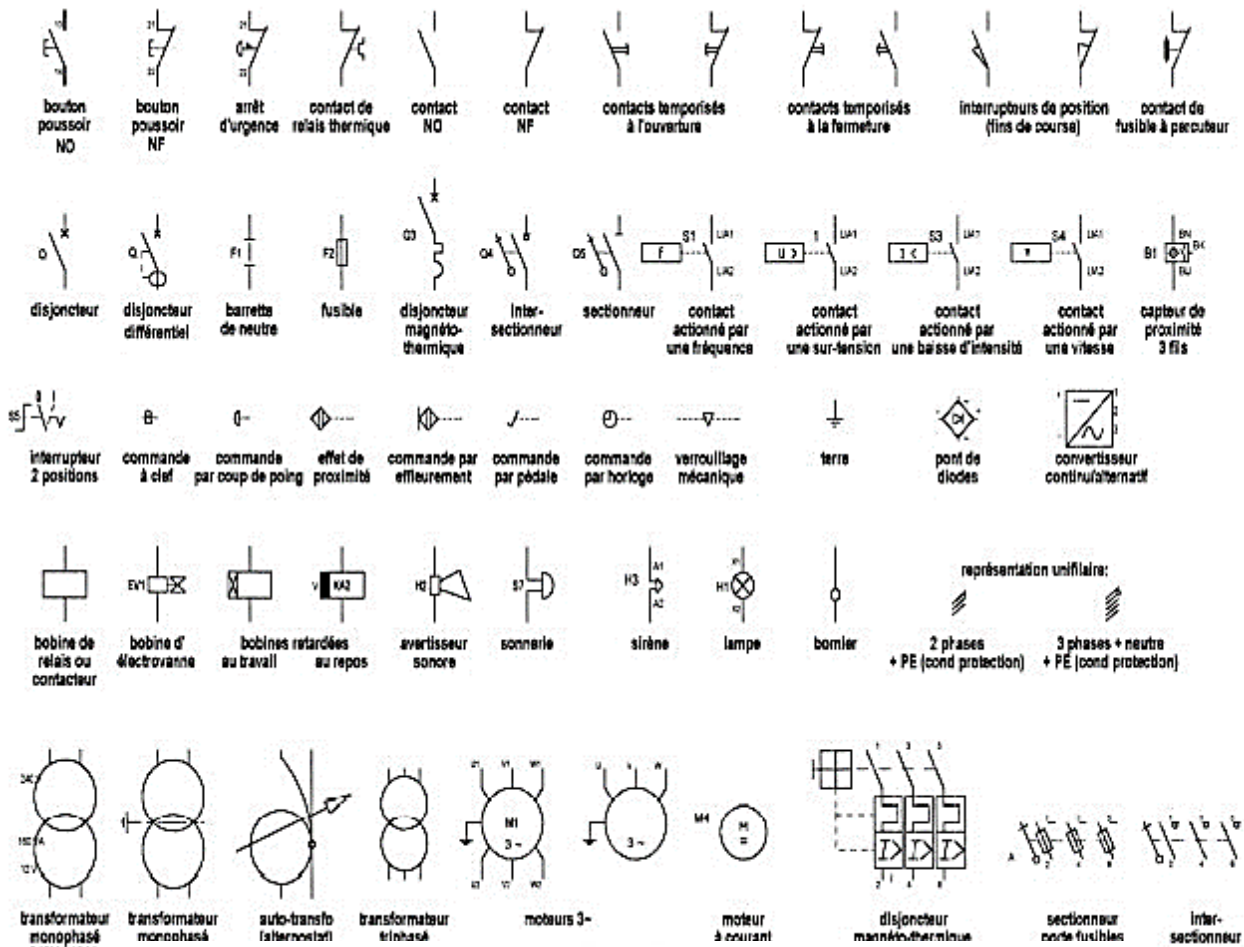
En fin,, nous avons accompli ce que notre école s'efforce de faire pour maintenir sa position et améliorer sa qualité de formation de manière continue et progressive.

Bibliographie

- [1] K. Sabour and S. Elazazi. Commande vectorielle de la machine asynchrone à double alimentation. Mémoire de master, Université AKLI Mohaned Oulhadj de Bouira, 2015.
- [2] F. Cherier and G. Amade. Modélisation en vue du diagnostic des défauts dans une machine asynchrone. Mémoire d'ingénieur d'état, Université M'hamed Bougara-Boumerdès, 2009.
- [3] L. Descartes. *BEP METIERS DE L'ELECTROTECHNIQUE*. Les moteur asynchrone triphasé.
- [4] D. Fekir Djamel-Eddine. *Appareillages et schémas électriques*.
- [5] Symbole appareillage. https://dautrylimoges.scenari-community.org/TSTI2D/Seq2-Pratique%20sportive_web/co/Symbole_appareillage.html. Accessed : 2024-06-21.
- [6] El Mimouni El Hassan and Ahmed Hanafi. El Mimouni El Hassan : Inspecteur de Génie Electrique. Hanafi Ahmed : Professeur d'Electronique.
- [7] A. Raismeche. Conception et programmation d'une armoire de commande assistée par un ordinateur. Mémoire de fin d'étude magistère en electrotechnique, Université FERHAT ABBAS de SETIF.
- [8] R. Metatla. *Normes et Schéma Electrique*. INSTITUT ALGERIEN DU PETROL (IAP) ENTREPRISE NATIONALE SONATRACH ECOLE DE SKIKDA.
- [9] Appareillages et schémas électriques. https://elearning.esgee-oran.dz/pluginfile.php/16193/mod_page/content/48/Appareillages%20et%20Sch%C3%A9ma%20%C3%A9lectriques.pdf. Accessed : 2024-06-21.

Annexes

-Selon le cours de schéma et appareillages électrique-



APPAREILLAGE D'INSTALLATION			
Fonctions de l'appareillage	Appareillage à fonction simple	Appareillage à fonctions multiples	Appareillage de protection contre les surtensions
<ul style="list-style-type: none"> × Fonction disjoncteur — Fonction sectionneur ⏏ Fonction interrupteur-sectionneur ■ Fonction déclenchement automatique ⏏ Contact à fermeture (contact de travail) ⏏ Contact à ouverture (contact de repos) Bobines de commande Élément de protection thermique Élément de protection magnétique 	<ul style="list-style-type: none"> Sectionneur Interrupteur (commande) Fusible (protection contre les surintensités) Contacteur (commande) Rupteur (commande) Bouton-poussoir à fermeture et retour automatique Tirette à ouverture et retour automatique 	<ul style="list-style-type: none"> Fusible interrupteur Fusible sectionneur Fusible interrupteur-sectionneur Fusible à percuteur Disjoncteur Disjoncteur différentiel Disjoncteur tripolaire à relais magnétothermiques Contacteur tripolaire avec contact auxiliaire à deux directions 	<ul style="list-style-type: none"> Eclateur Eclateur double intervalle Limiteur de surtension Parafoudre
			Appareillage de connexion
			<ul style="list-style-type: none"> Fiche de prise de courant Socle de prise de courant Fiche et prise associées
			Autres formes
			<ul style="list-style-type: none"> Fiche mâle Prise femelle Fiche et prise associées