Institut Saint-Joseph
Rue Félix Hap 14
B - 1040 Etterbeek

Situation d'intégration N°2 — juin 2023

Les départs moteurs

Nom : El Yazami

Prénom : Yassine

Section : Electricien-Automaticien

Classe : 5TQS

Professeurs : DB et BK

Table des matières

Table des matières 2
Moteur asynchrone à cage d'écureuil triphasé 6
La constitution du moteur asynchrone 6
Le rotor à cage d'écureuil 7
Couplage du moteur asynchrone à cage d'écureuil triphasé 8
Les principaux circuits de démarrage et de contrôle du moteur asynchrone ? 8
1 - Démarrage direct : 8
2 - Démarrage étoile/triangle : 8
3 - Démarrage par élimination de résistances statoriques : 8
4 - Démarrage par élimination de résistances rotoriques 8
Glissement 8
Bilan de puissance 9
Caractéristiques des moteurs asynchrones 9
Caractéristiques électriques 9
Caractéristique mécanique 10
Moteur synchrone triphasé 12
Construction 12
Le stator 12
Le rotor 12
Fonctionnement 13
Pilotage de la vitesse de rotation 13
Démarrage direct un sens de marche priorité à l'arrêt, solution 3 produits 15
Liste du matériel 15
Choix du transformateur 15
Choix du relais thermique 15
Couplage du moteur asynchrone triphasé 16
Plaques signalétiques du moteur 16
Couplage du moteur en étoile 16
Couplage du moteur en triangle 16
Option du couplage pour ce moteur 16
Explication du démarrage direct un sens de rotation (à faible charge) 16
Fonctionnement 17
Démarrage direct un sens de rotation normal ou à à-coups deux postes, solution 3 produits 18
Liste du matériel 18
Choix du transformateur 18
Choix du relais thermique 18
Couplage du moteur asynchrone triphasé 19

Plaques signalétiques du moteur 19
Couplage du moteur en étoile 19
Couplage du moteur en triangle 19
Option du couplage pour ce moteur 19
Fonctionnement 19
Démarrage direct deux sens de rotation, solution 2 produits 21
Liste du matériel 21
Choix du transformateur 21
Choix du disjoncteur magnétothermique 21
Couplage du moteur asynchrone triphasé 21
Plaques signalétiques du moteur 21
Couplage du moteur en étoile 22
Couplage du moteur en triangle 22
Option du couplage pour ce moteur 22
Explication du démarrage direct deux sens de rotation (à faible charge) 22
Fonctionnement 23
Démarrage étoile-triangle automatique, solution 3 produits 24
Liste du matériel 24
Choix du transformateur 24
Choix du relais thermique 24
Emplacement du relais thermique 25
Couplage du moteur asynchrone triphasé 25
Plaques signalétiques du moteur 25
Couplage étoile-triangle 25
Le démarrage étoile-triangle est un type de démarrage divisé en 2 temps 26
Fonctionnement 26
Démarrage étoile-triangle manuel, solution 3 produits 28
Liste du matériel 28
Choix du transformateur 28
Choix du relais thermique 28
Emplacement du relais thermique 29
Couplage du moteur asynchrone triphasé 29
Plaques signalétiques du moteur 29
Explication du couplage étoile-triangle 30
Le démarrage étoile-triangle est un type de démarrage divisé en 2 temps (démarrage à faible charge) .. 30
Fonctionnement 30
Démarrage direct un sens de rotation et freinage par contre-courant, solution 2 produits 32
Liste du matériel 32
Choix du transformateur 32

Choix du disjoncteur magnétothermique 32
Couplage du moteur asynchrone triphasé 32
Plaques signalétiques du moteur 33
Couplage du moteur en étoile 33
Couplage du moteur en triangle 33
Option du couplage pour ce moteur 33
Explication du freinage par contre-courant 33
Fonctionnement 33
Démarrage direct un sens et freinage par injection de courant continu, solution 2 produits 35
Liste du matériel 35
Choix du transformateur 35
Choix du disjoncteur magnétothermique 35
Couplage du moteur asynchrone triphasé 36
Plaques signalétiques du moteur 36
Couplage du moteur en étoile 36
Couplage du moteur en triangle 36
Option du couplage pour ce moteur 36
Explication du freinage par injection du courant continu (à faible charge) 36
Réglage de la tension de l'alimentation 37
Fonctionnement 37
Démarrage par élimination de résistances statoriques deux temps, solution 2 produits 39
Liste du matériel 39
Choix du transformateur 39
Choix du disjoncteur magnétothermique 39
Couplage du moteur asynchrone triphasé 40
Plaques signalétiques du moteur 40
Couplage du moteur en étoile 40
Couplage du moteur en triangle 40
Option du couplage pour ce moteur 40
Explication du démarrage par élimination de résistances statoriques deux temps (à faible charge) 40
Fonctionnement 41
Démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps (moteur à rotor bobiné), solution 2 produits 43
Liste du matériel 43
Choix du transformateur 43
Choix du disjoncteur magnétothermique 43
Couplage du moteur asynchrone triphasé 43
Plaques signalétiques du moteur 44
Couplage du moteur en étoile 44
Couplage du moteur en triangle 44

Option du couplage pour ce moteur 44
Explication du démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps (à faible charge) 44
Fonctionnement 45
Démarrage d'un moteur Dahlander deux vitesses, solution 3 produits 47
Liste du matériel 47
Choix du transformateur 47
Choix du relais thermique F1 47
Choix du relais thermique F2 48
Couplage du moteur asynchrone triphasé 48
Plaques signalétiques du moteur 48
Explication du couplage Dahlander 48
Explication du démarrage Dahlander deux vitesses (à faible charge) 48
Fonctionnement 49
Annexes 51

Moteur asynchrone à cage d'écureuil triphasé

Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone se base sur un champ magnétique tournant. Ce dernier est produit par des tensions alternatives. Lorsqu'un courant circule dans une bobine, cela crée un champ magnétique. L'axe de la bobine porte ce champ, il a une direction et une intensité qui dépendent du courant. Dans le cas d'un courant alternatif, le champ aura la même fréquence du courant. Il va varier en sens et en direction avec le champ. Lorsqu'on place deux bobines à proximité l'une de l'autre, on aura un champ résultant qui est la somme vectorielle des deux champs. Pour un moteur triphasé, On dépose les bobines dans le stator avec un angle de 120° les unes des autres, alors nous allons avoir trois champs. En prenant en compte la nature du courant triphasé, on va avoir déphasage de trois champs. Donc le champ magnétique résultant va tourner avec la même fréquence que le courant la valeur est égale à 50 tr/s.

La force de Laplace est la force électromagnétique qu'exerce un champ magnétique sur un conducteur parcouru par un courant. Dans un moteur asynchrone, cette force agit sur les conducteurs du rotor en créant un champ tournant.

La loi de Lenz permet de rendre compte des phénomènes macroscopiques d'induction électromagnétique. Elle exprime par l'apparition d'une force électromotrice (tension) dans un circuit électrique, dans les moteurs asynchrones, les 3 champs alternatifs produits par les bobines alimentées en courant triphasé se composent pour former un champ magnétique tournant. Ce champ magnétique tournant crée des courants induits dans le circuit du rotor. D'après la loi de Lenz, ces courants induits s'opposent à la cause qui leur a donné naissance et provoquent une force magnétomotrice qui entraîne le rotor en rotation.

La constitution du moteur asynchrone

Ce moteur a 2 parties distinctes : le stator et le rotor. L'espace qui a entre le stator et le rotor est l'entrefer. Le stator est la partie fixe du moteur : Il constitue de 3 enroulements. Ils sont parcourus par un courant alternatif qui possède un nombre de paires de pôles. Le champ magnétique tournant à la vitesse de synchronisme qui est créé par le stator :

$$ns = f / p$$

- ns : vitesse de synchronisme en tr/s.
- f : fréquence en Hz
- $\omega = 2.\pi.f$ en rad/s

La flasque avant est située du côté de la poulie et s'emboîte dans l'épaulement de la carcasse du stator. Les flasques comportent des pattes de fixation et sont bloquées contre le stator au moyen de boulons ou de tiges filetées avec écrous qui vont d'un flasque à l'autre. La flasque arrière est situé du côté du ventilateur et s'emboîte dans l'épaulement de la carcasse du stator.

La boîte à bornes est un élément de protection pour les moteurs électriques. Elle assure la protection du moteur et des personnes en isolant le bornier de couplage et en le préservant des projections de liquides, des poussières, des chocs et des personnes. En général, la boîte à bornes est directement montée sur le moteur asynchrone, que celui-ci soit de type triphasé ou monophasé.

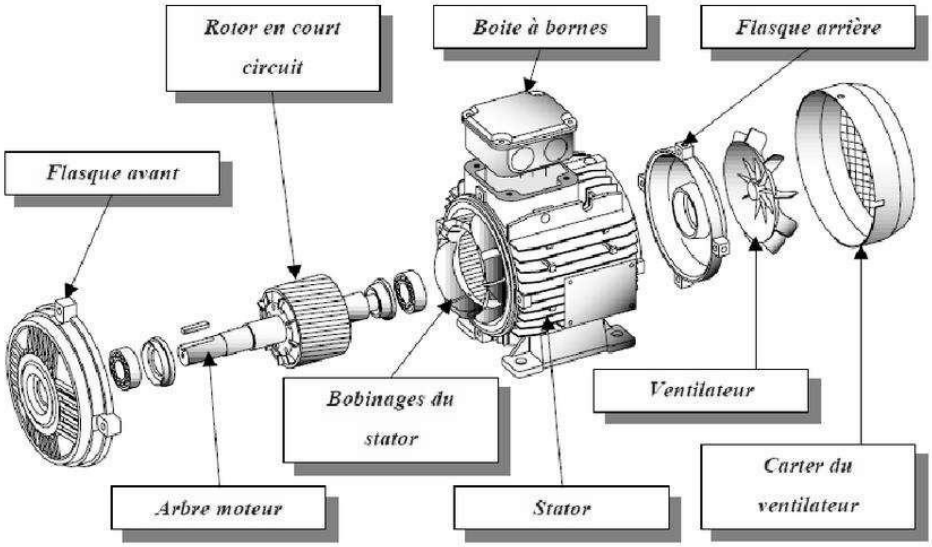
Un capot de ventilateur pour moteurs électriques est utilisé pour protéger les composants internes de la poussière et des débris. Les capots de ventilateurs jetables pour moteurs électriques offrent une protection nécessaire dans les environnements à forte poussière. Ils peuvent prolonger la durée de vie du moteur et réduire les temps d'arrêt et les coûts de main-d'œuvre pour améliorer la productivité.

Le ventilateur est utilisé pour refroidir le moteur en créant un flux d'air qui permet de maintenir une température acceptable dans certains environnements.

Les bobinages du stator servent à créer un champ magnétique qui interagit avec le rotor lorsqu'un courant électrique traverse les bobines.

L'arbre d'un moteur électrique est la partie qui convertit l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Il est directement relié à une source d'énergie et sa vitesse de rotation dépend donc directement de l'intensité du courant.

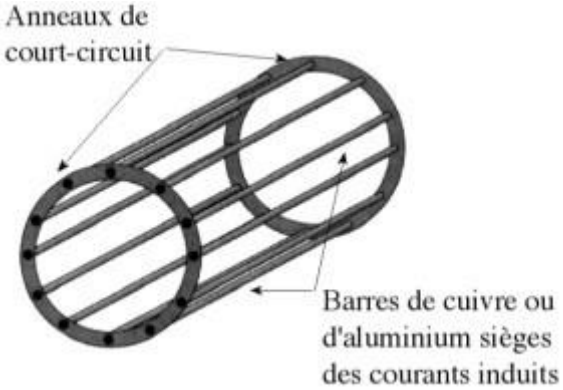
Vue éclatée d'un moteur asynchrone



Le rotor à cage d'écureuil

Il possède un jeu de tiges conductrices, généralement en aluminium, placées dans un empilement de tôles. Les extrémités de la tige sont reliées par deux anneaux conducteurs.

La résistance du rotor à cage d'écureuil est très faible.



Couplage du moteur asynchrone à cage d'écureuil triphasé

Le Branchement : Un moteur triphasé possède 3 enroulements. On les relie à x bornes (U1, V1, W1 et U2, V2, W2). Le positionnement de 3 barrettes nous permet l'alimentation du moteur sous tensions différentes.

Couplage étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supportée par chaque enroulement.

Couplage triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevée supportée par chaque enroulement.

Les principaux circuits de démarrage et de contrôle du moteur asynchrone ?

1 - Démarrage direct :

Les moteurs asynchrones ont la particularité de pouvoir se brancher directement sur le réseau de distribution. Cependant le démarrage direct génère un courant de démarrage pouvant atteindre 4 à 8 In fois la valeur du courant nominal du moteur, ce qui peut amener des perturbations, chutes de tension ou encore des déclenchements de protections. Ceci implique que le moteur soit suffisamment dimensionné. Dans le cas contraire, il sera nécessaire d'opter pour un autre type de démarrage tel que l'étoile-triangle.

2 - Démarrage étoile/triangle :

Le démarrage étoile/triangle permet notamment de réduire le courant de pointe au démarrage des moteurs. En effet le couplage étoile permet d'appliquer aux enroulements une tension divisée par racine carrée de 3. Par conséquence, le courant de démarrage est de 1,3 à 1,6 In et le couple est plus faible. Ceci a pour avantage de permettre un démarrage moins brusque des moteurs tout en limitant les contraintes sur la mécanique associée.

3 - Démarrage par élimination de résistances statoriques :

La technique de démarrage par élimination de résistances statoriques consiste à installer trois résistances branchées en série avec le moteur durant la période de démarrage. Ce dispositif de démarrage provoque une accélération très douce, cela provoque une diminution du courant de démarrage qui est de 4,5 In et lorsque les résistances sont éliminées le moteur tourne à pleine puissance.

4 - Démarrage par élimination de résistances rotoriques

Le démarrage par élimination de résistances rotoriques n'est pas fait pour limiter le courant puisqu'on applique la pleine tension au stator du moteur, mais son utilisation entraîne une baisse du courant de démarrage qui est < 2,5 In.

La technique de démarrage consiste à alimenter le stator directement par le réseau en ayant auparavant inséré des résistances dans le circuit rotorique. Ces résistances sont progressivement éliminées du circuit au fur et à mesure de la montée en puissance du moteur.

Ce dispositif de démarrage est extrêmement souple tout en ayant un fort couple de démarrage.

Glissement

Le moteur est appelé asynchrone car le rotor ne pourra jamais atteindre la vitesse du champ tournant. Sinon l'écart de vitesse entre le champ tournant et le rotor deviendrait nul. Ce qui provoquerait : la disparition de la force électromotrice aux bornes des conducteurs du rotor, l'annulation de la force de laplace et l'arrêt du moteur.

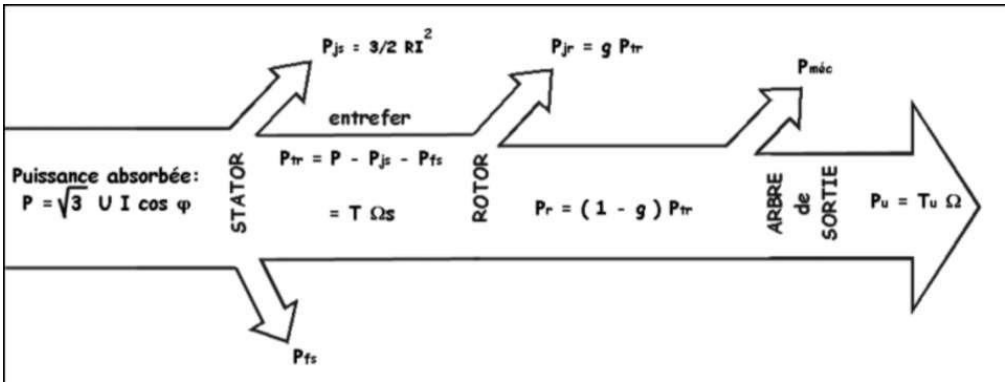
Pour produire un couple moteur, il est donc essentiel que la vitesse du rotor soit légèrement inférieure à la vitesse synchrone du champ tournant.

Le glissement est la différence entre la vitesse synchrone et la vitesse du rotor divisé par la vitesse synchrone il correspond à l'équation suivante :

$$g = (ns - nr) / ns \times 100\ \%$$

Dans laquelle : g = glissement ; ns = vitesse synchrone ; nr = vitesse du rotor.

Bilan de puissance



Perte joule statorique ce sont des pertes d'énergie qui se produisent dans le stator. Ces pertes sont causées par le champ magnétique alternatif créé par le courant électrique qui circule dans les enroulements du stator. Ce champ magnétique induit des courants parasitaires dans les parties en fer du stator, ce qui entraîne des pertes d'énergie sous forme de chaleur.

Perte fer statorique ce sont des pertes d'énergie qui se produisent dans le stator. Elles regroupent les pertes par courant de Foucault dans les masses métallique du stator.

Perte joules rotoriques ce sont des pertes d'énergie qui se produisent dans le rotor. Ces pertes sont causées par le courant électrique qui circule dans les parties du rotor, ce qui entraîne des pertes d'énergie sous forme de chaleur.

Perte mécanique ce sont des pertes d'énergie qui se produisent par frottement, ces pertes peuvent se manifester généralement sous forme chaleur et peuvent réduire l'efficacité globale du moteur électrique.

Caractéristiques des moteurs asynchrones

Caractéristiques électriques

Puissances :

La puissance utile (Pu) est la puissance mécanique disponible sur l'arbre. Elle est liée au couple C par la relation.

$$Pu = T \times \Omega$$

Pu : Puissance utile en W. C : Couple en Nm. Et ω : Vitesse angulaire en rad/s.

$$\Omega = 2\pi\ N / 60$$

Avec N : Vitesse de rotation en min^{-1}.

La puissance absorbée (Pa) est la puissance électrique absorbée par le moteur et est donnée par la relation :

$$Pa = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$$

Avec :

- Pa : Puissance électrique absorbée en ω.

- U : Tension d'alimentation en V.
- I : Courant de ligne absorbé en A.
- Cos ϕ : Facteur de puissance.

La puissance nominale, qui est celle indiquée sur la plaque signalétique, correspond à la puissance utile pour la vitesse nominale du moteur.

Facteur de puissance et rendement : Le facteur de puissance (cos ϕ) ainsi que le rendement

$$\eta = Pu / Pa$$

évoluent en fonction de la charge du moteur.

Intensité :

L'intensité nominale (IN) correspond à l'intensité du courant absorbée par le moteur lorsqu'il fonctionne à sa puissance nominale et sous sa tension nominale.

L'intensité de démarrage (ID) est l'intensité du courant absorbée par le moteur au moment du démarrage direct du moteur. En général, ID vaut 4 à 7 fois IN.

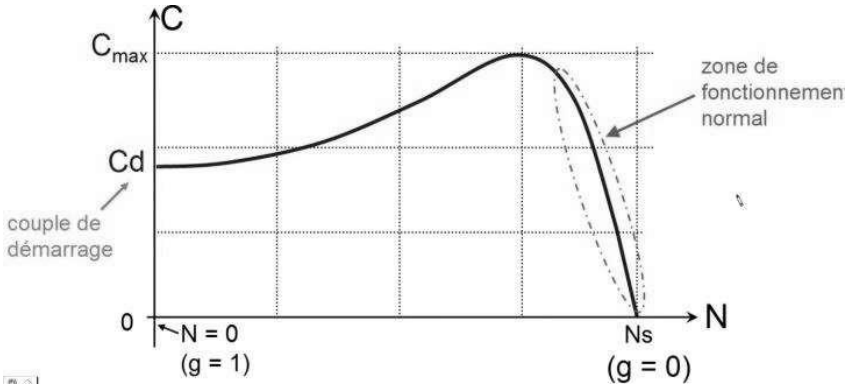
Caractéristique mécanique

Couple :

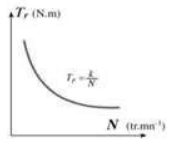
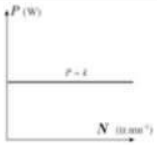
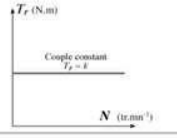
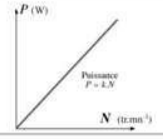
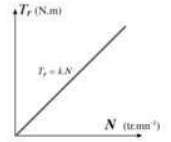
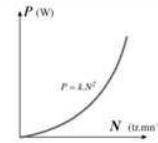
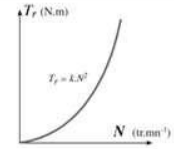
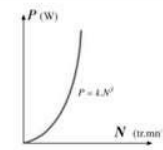
Le couple d'un moteur disponible sur l'arbre dépend de la vitesse de rotation et est donné par la courbe C = f (N).

Courbe de couple en fonction de la vitesse d'un moteur asynchrone triphasé :

Le couple accélérateur est la différence entre le couple moteur et le couple résistant pendant phase de démarrage du moteur.



Les couples résistants des machines entrainer par le moteur asynchrone :

Machine à puissance constante		
Machine à couple constant		
Machine à couple proportionnel à la vitesse		
Machine à couple proportionnel au carré de la vitesse		

Exemples d'utilisations du moteur asynchrone :

Un broyeur qui a un couple résistant constant.

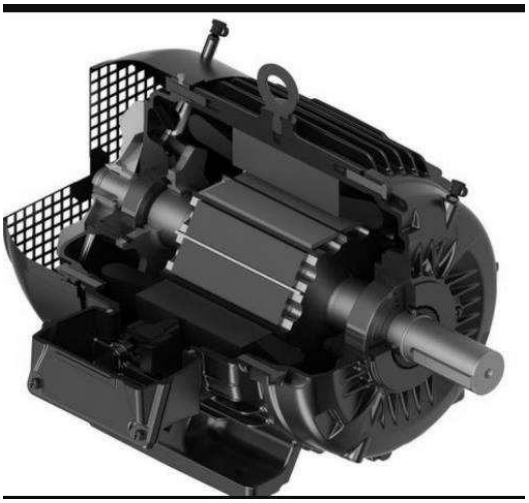
Ventilateur qui a un couple résistant proportionnel au carré de la vitesse.

Une enrouleuse qui est une machine à puissance constante.

Un mélangeur qui a un couple résistant proportionnel à la vitesse.

Source : récupérée de <https://www.maxicours.com/se/cours/moteurs-asynchrones-triphases/>
<https://gootrio.com/moteur-asynchrone-principe-de-fonctionnement-et-technologie/>
<https://sites.google.com/view/labobine-site/d%C3%A9montage-remontage-moteur>
<https://boutique.rubanbleu.fr/fr/flasque-arriere-moteur-endura-50.html>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_%C3%A9lectrique>
<https://www.aflmotor.com/product/Electric-Motor-Fan>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Ventilateur>
<https://sites.google.com/site/lerebobineur/bobinage-du-stator>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur>
<https://fr.rs-online.com/web/content/blog-discovery/maintenance/moteurs-asynchrones-interet>
<https://www.maxicours.com/se/cours/demarreurs-a-tension-reduite-1>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Lenz-Faraday>
<Sciences appliquées TS électrotechnique (etasc.fr)>

Moteur synchrone triphasé



Principe de fonctionnement le moteur synchrone se compose, comme le moteur asynchrone, d'un stator et d'un rotor séparés par un entrefer. La seule différence se situe au niveau de la conception du rotor. Après le démarrage, le moteur tourne en synchronisme avec le champ tournant. A vide les axes des pôles du champ tournant et du rotor sont dans la même position. En charge, les axes sont légèrement décalés. La vitesse du moteur synchrone est constante quelle que soit la charge. Ce moteur a les caractéristiques uniques de fonctionner sous n'importe quel facteur de puissance électrique. Cela rend son utilisation dans l'amélioration du facteur de puissance électrique.

Construction

Le stator

Le stator du moteur synchrone est identique à celui de l'alternateur triphasé : il possède trois enroulements distincts, déphasés de 120°, de manière à former les trois phases du système triphasé et à créer le champ tournant.

Le stator est la partie statique du moteur synchrone. Il est constitué d'un noyau en fer doux et de bobines de fil électrique. Ces bobines sont disposées dans des encoches autour du stator et sont alimentées en courant alternatif. Le stator ressemble beaucoup à celui d'un moteur asynchrone. Il se compose principalement :

- De la carcasse,
- Des paliers,
- Des flasques de palier,
- Du ventilateur refroidissant le moteur,
- Le capot protégeant le ventilateur.

Le rotor

Le rotor est la partie mobile du moteur synchrone. Il se compose essentiellement d'une succession de pôles Nord et Sud intercalés sous forme d'aimants permanents ou de bobines d'excitation parcourues par un courant continu. On distingue donc deux types de moteurs :

- À aimants permanents,
- À rotor bobinés.

Rotor à aimant permanent

Ce sont des moteurs qui peuvent accepter des courants de surcharge importants pour démarrer rapidement. Ils trouvent leur place dans certaines applications des ascenseurs lorsque l'on cherche une certaine qualité et une accélération rapide.

Rotor bobiné

Les moteurs synchrones à rotor bobiné, utilisent un rotor composé d'une série de disques ferromagnétiques. Comme pour le stator du moteur, les enroulements du rotor sont situés dans des encoches et reliés électriquement aux bagues d'extrémité de l'arbre. L'ensemble balais-bagues alimente le moteur en courant continu.

Le moteur synchrone il se compose de différents systèmes :

1- Le système d'excitation est responsable de fournir un courant continu au rotor pour le faire tourner. Il est généralement constitué d'un ensemble de diodes et de condensateurs qui redressent le courant alternatifs du stator pour produire un courant continu.

2- Le système de refroidissement est utilisé pour évacuer la chaleur produite par le moteur synchrone pendant son fonctionnement. Il peut être composé d'un ventilateur qui souffle l'air sur le rotor et le stator ou à l'aide d'un système de circulation d'eau.

3- Le système de support est utilisé pour maintenir le stator et le rotor en place. Il peut être composé de paliers lisses ou de paliers à roulement, en fonction de la taille et de la puissance du moteur synchrone.

Fonctionnement

Lorsque le moteur synchrone est alimenté en courant continu par le système d'excitation, un champ magnétique est créé dans le rotor. Ce champ magnétique tourne à la même vitesse que le rotor. Ce champ magnétique induit alors une tension dans les bobines du stator, produisant ainsi une tension et un courant alternatif qui peuvent être utilisés pour alimenter des charges électriques externes d'où son nom alternateur.

Pilotage de la vitesse de rotation

Le pilotage de la vitesse de rotation du moteur synchrone est essentiel pour beaucoup d'applications.

La relation suivante permet de cerner quels sont les paramètres qui peuvent influencer la vitesse de rotation.

On a :

$$Ns = Nr$$

- Ns = vitesse du champ tournant [tr/min].
- Nr = la vitesse de rotation de l'arbre du moteur [tr/min].

$$Avec,\ Ns = f / p$$

- f = fréquence du réseau [Hz].
- p = le nombre de paires de pôles du stator.

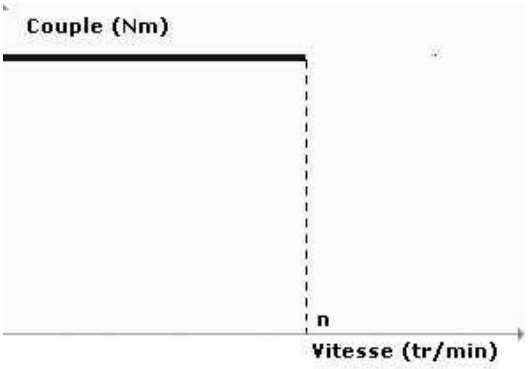
On peut donc piloter la vitesse de rotation en intervenant sur :

- Le nombre de paires de pôles.

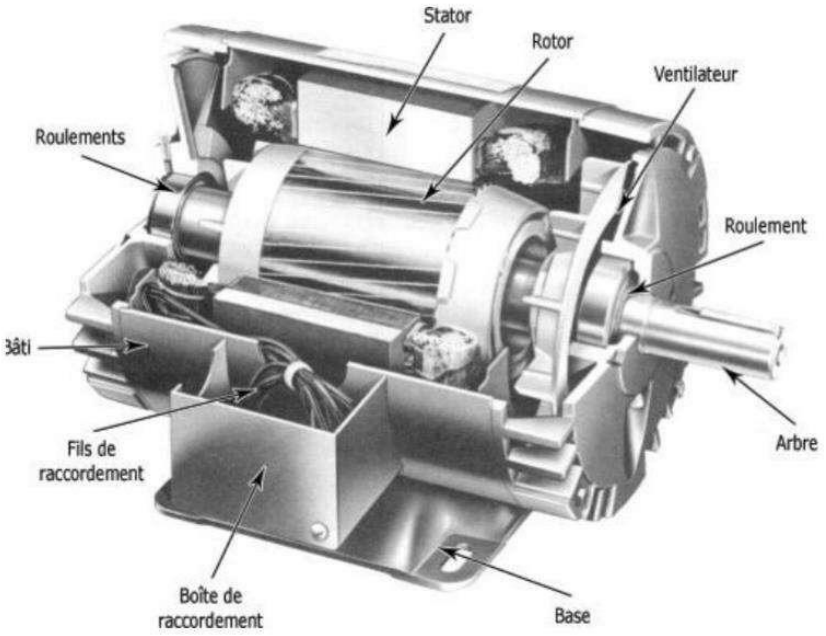
Le couple d'un moteur synchrone ne change pas en fonction de la vitesse puisqu'il n'y a pas de glissement.

Exemple d'utilisation du moteur synchrone :

Les moteurs synchrones conviennent parfaitement à des applications nécessitant des vitesses inférieures à 600 min^{-1}, telles que les broyeurs de minerai, les pompes alternatives et les compresseurs.



Courbe de couple en fonction de la vitesse — Vue éclatée du moteur synchrone



Source : récupérée de <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/moteur-synchrone/>

<https://www.maxicours.com/se/cours/moteurs-synchrones/>

<Moteurs synchrones: applications et principe de fonctionnement (riverglennapts.com)>

Démarrage direct un sens de marche priorité à l'arrêt, solution 3 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 07-03-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétique	GV2LE14 — Catalogue de Schneider, A179	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS02B — Catalogue de Schneider, D185	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Relais thermique	LRD12 — Catalogue de Schneider, A258	x1	F1
Contacteur moteur	LC1D09B7 — Catalogue de Schneider, A70	x1	KM1
Bloc additif	LADN10 — Catalogue de Schneider, A79	x1	KM1
Fusible	aM 0,5A — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Fusible	T1A — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H2.1
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 25VA.

H1 = H2 = H2.1 = 5VA x 3 = 15VA KM1 = 7VA

S = 15 + 7 = 22VA, donc ce transformateur est adapté pour cette commande.

Choix du relais thermique

Le courant nominal du récepteur est de 7,2 A.

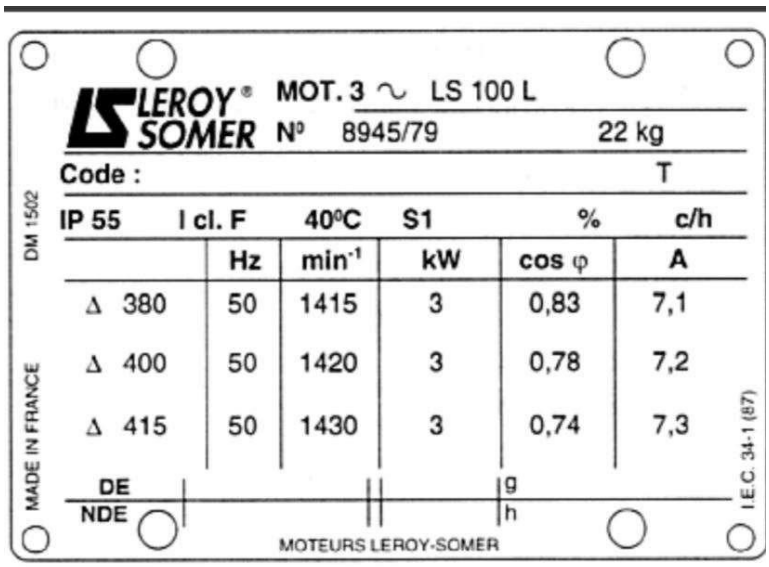
Le relais thermique LRD12 est réglable dans une plage de 5,5A à 8A, donc le relais thermique choisi est adéquat.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 7{,}2 = 7{,}9A$$

Le relais thermique doit être réglé à 7,9A.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur



Couplage du moteur en étoile

Le branchement en étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supporter par chaque enroulement.

Le couplage étoile permet de réduire la tension appliquée à chaque enroulement ce qui diminue la puissance absorbée par le moteur et réduit le risque de surchauffe.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevé supporter par chaque enroulement.

Le couplage triangle permet de fournir une tension plus élevée à chaque enroulement, ce qui permet d'augmenter la puissance absorbée par le moteur.

Option du couplage pour ce moteur

Je décide de coupler le moteur en configuration triangle, car notre réseau est de 400 V et la plaque signalétique indique que 400 V est la tension minimale requise, donc le moteur fournira la pleine puissance à la charge.

Explication du démarrage direct un sens de rotation (à faible charge)

Le démarrage direct un sens de rotation est une méthode de démarrage de moteur électrique qui permet de faire tourner le moteur dans un seul sens dès le départ. Cela se fait en appliquant directement la tension nominale au moteur, ce démarrage est couramment utilisé pour les moteurs électriques de petite et

moyenne puissance. Il est généralement utilisé pour les charges qui ne nécessitent pas de couple élevé au démarrage. Par exemple, il peut être utilisé pour faire fonctionner des pompes, des ventilateurs, des machines-outils, des machines d'emballage, etc.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1 de la ligne 3 est enclenché, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 8 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 7 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, le voyant vert H2.1 de la ligne 13 (X0.31 et X0.34) est allumé, indiquant que le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : pour démarrer le moteur, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 10 (X0.1 et X0.2). La bobine KM1 de la ligne 10 (A1 et A2) est alors sous tension, ce qui provoque l'enclenchement de ses contacts de puissance KM1 et la fermeture de son contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 11 (13 et 14) qui restera auto-alimenté, ainsi le contact NO de KM1 de la ligne 12 (43 et 44) se ferme, et le contact NC de KM1 de la ligne 13 (21 et 22) s'ouvre. Le voyant vert H2 de la ligne 12 (X0.4 et X0.7) s'allume, indiquant que le moteur a démarré.

3- Mise à l'arrêt du moteur : pour arrêter le moteur, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S0 de la ligne 10 (X0.1 et X0.3). La bobine KM1 de la ligne 10 est alors mise hors tension, et marque l'ouverture des contacts de puissance de KM1. Le voyant vert H2.1 de la ligne 13 (X0.31 et X0.34) s'allume, et le moteur s'arrêtera de tourner après un certain temps en fonction de sa charge.

4- En cas de court-circuit dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétique Q1 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact NO Q1 de la ligne 8 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 7 (31 et 32). Le voyant rouge H1 de la ligne 8 s'allume pour signaler un défaut et marque l'ouverture des contacts de puissance de KM1, et la bobine KM1 de la ligne 10 est hors tension. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il faut réarmer le disjoncteur magnétique Q1 et appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 10 (X0.1 et X0.2), ce qui a pour effet de redémarrer le moteur.

5- En cas de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrêtera après une certaine durée, en fonction de la charge qu'il supporte. Le relais thermique F1 se déclenche et provoque l'ouverture du circuit de commande, qui est due à l'ouverture du contact NC F1 de la ligne 10 (95 et 96) et la fermeture du contact NO F1 de la ligne 8 (97 et 98). Un voyant rouge H1 de la ligne 8 (X0.5 et X0.6) s'allume, pour signaler un défaut et marque l'ouverture des contacts de puissance de KM1, et la bobine KM1 de la ligne 10 est hors tension. Pour reprendre le fonctionnement normal du moteur, il faut réenclencher le relais thermique F1 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NC Q1 de la ligne 10 et d'ouvrir son contact NO de la ligne 8. Enfin, il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 10 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur.

6- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur est à l'arrêt en raison de la fusion du fusible Q3 de la ligne 6. En conséquence le courant ne peut plus circuler dans la partie commande, ce qui entraine le déclenchement des contacts de puissance de KM1 et la mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 10. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de remplacer le fusible grillé par un nouveau. Le disjoncteur Q1 étant toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 10 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur.

7- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur est à l'arrêt en raison de la fusion du fusible Q2 de la ligne 7, ce qui empêche le courant de circuler dans l'enroulement primaire du transformateur. En conséquence les contacts de puissance de KM1 se déclenchent et la bobine KM1 de la ligne 10 est mise hors tension. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de remplacer le fusible Q2 grillé par un nouveau. Le disjoncteur Q1 étant toujours enclenché. En appuyant sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 10 (X0.1 et X0.2) permet de redémarrer le moteur.

Démarrage direct un sens de rotation normal ou à à-coups deux postes, solution 3 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 07-03-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétique	GV2LE14 — Catalogue de Schneider, A179	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS04B — Catalogue de Schneider, D185	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Relais thermique	LRD12 — Catalogue de Schneider, A258	x1	F1
Contacteur moteur	LC1D09B7 — Catalogue de Schneider, A70	x1	KM1
Bloc additif	LADN10 — Catalogue de Schneider, A79	x1	KM1
Fusible	aM 0,5A — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Fusible	T1,6A — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3
Voyants rouges	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H1 et H1.1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H2.1
Voyants bleus	ZB6 DW6 — Catalogue de Schneider, C13	x2	H3 et H3.1
Bouton tournant à manette noir 3 pos.	XB4 DB33 — Catalogue de Schneider, C40	x1	S2
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x2	S1 et S1.1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x2	S0 et S0.1

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur est de 40VA.

2 x H1 = 2 x H2 = 2 x H3 = 10VA x 3 = 30VA Bobine = 7VA

S = 30 + 7 = 37VA, donc ce transformateur est adapté pour notre commande.

Choix du relais thermique

Le courant nominal du récepteur est de 7,2 A.

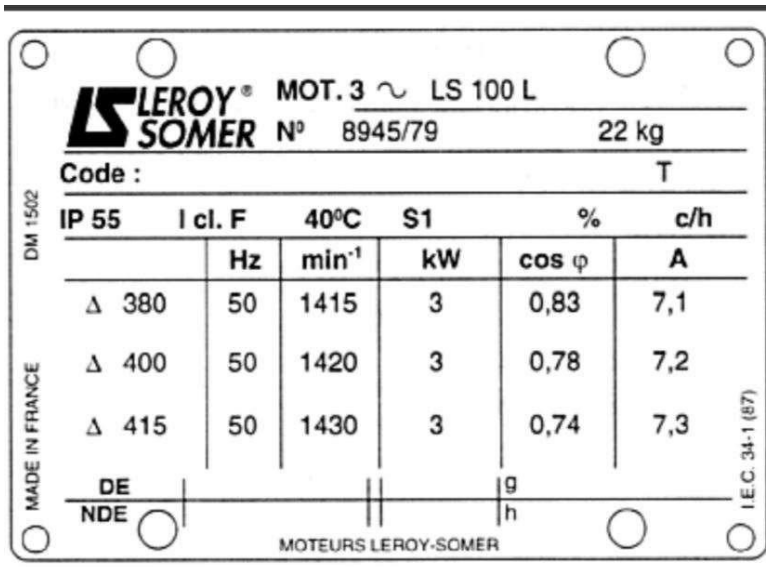
Le relais thermique LRD12 peut être réglé de 5,5A à 8A, donc ce relais thermique est adéquat.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 7{,}2 = 7{,}9A$$

Le relais thermique doit être réglé à 7,9A.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur



Couplage du moteur en étoile

Le branchement en étoile : dans ce cas les enroulements reçoivent une tension réduite comme nous l'indique la formule suivante : 400/√3 = 230V.

Donc si nous choisissons de coupler le moteur en étoile sa puissance serait très faible par rapport à ce qu'il est censé fournir.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : chaque enroulement est soumis à la tension maximale du réseau qui est de 400V. Donc en couplage triangle le moteur tournera à pleine puissance.

Option du couplage pour ce moteur

Je décide de coupler ce moteur en triangle car, la plaque signalétique indique que le moteur doit être couplé en triangle, et donc le moteur tournera à la puissance maximale comme écrit sur la plaque signalétique.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : le contact Q1 ligne 7 entre les bornes 31 et 32 est alimenté donc les voyants rouges H1 et H1.1 ligne 7 et 8 (X0.5 et X0.6) et (X0.32 et X0.33) sont allumés.

2- Mise en fonctionnement du moteur : lorsqu'on enclenche le disjoncteur Q1 ligne 3 et 4, le contact Q1 ligne 8 entre les bornes 43 et 44 se ferme et le contact Q1 ligne 7 (31 et 32) s'ouvre, la tension est appliquée dans la partie commande, les voyants bleus H3 et H3.1 ligne 15 et 16 sont allumés, une action sur le bouton tournant (position 1 ou 2) ligne 12 la bobine n'est pas alimentée et si nous appuyons sur le bouton poussoir S1 ou S1.1 ligne 10 ou 11, la bobine KM1 ligne 11 (A1 et A2) sera sous tension et auto-maintenue, le contact KM1 ligne 11 (13 et 14) crée un passage de courant qui va entraîner le démarrage du moteur, le contact KM1 ligne 12 (43 et 44) se ferme et le contact KM1 ligne 13 (21 et 22) s'ouvre, les voyants verts H2 et H2.1 ligne 13 et 14 sont allumés qui nous indiquent que le moteur est en train de tourner.

3- Mise à l'arrêt du moteur : une action sur le bouton poussoir S0 ou S0.1 ligne 10 (X0.1, X0.3) et (X0.35, X0.36), la bobine KM1 ligne 11 (A1 et A2) est hors tension, le contact KM1 ligne 12 (13 et 14) et le contact KM1 ligne 13 (43 et 44) s'ouvrent, le contact KM1 ligne 15 (21 et 22) se ferme, les voyants bleus H3 et H3.1 ligne 13 sont allumés qui nous indiquent l'arrêt du moteur.

4- Court-circuit dans la puissance : le moteur est à l'arrêt, les voyants rouges H1 et H1.1 ligne 7 et 8 seront allumés, le disjoncteur magnétique Q1 ligne 3 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact Q1 ligne 8 (43 et 44) et la fermeture de son contact Q1 ligne 7 (31 et 32), donc la partie commande est hors tension, pour remettre en fonctionnement le moteur nous devons réenclencher le disjoncteur magnétique Q1 ligne 3, les voyants bleus H3 et H3.1 ligne 15 et 16 seront allumés, si nous appuyons sur le bouton poussoir S1 ou S1.1 ligne 10 et 11, la bobine sera sous tension et donc son contact KM1 ligne 12 sera maintenu, les voyants verts H2 et H2.1 ligne 13 et 14 seront allumés, le moteur tournera à nouveau.

5- S'il y a une surcharge dans la puissance : le moteur est à l'arrêt, les bilames du relais thermique F1 ligne 3 et 4 vont chauffer mais il ne pourra pas se déclencher dans le circuit de puissance, mais comme il est associé à un contacteur donc il va simplement ouvrir le circuit de commande du contacteur, grâce à son contact F1 ligne 10 (95 et 96) qui s'ouvrira et son contact F1 ligne 8 (97 et 98) qui se fermera, les voyants rouges H1 et H1.1 ligne 7 et 8 seront allumés indiquant un défaut, pour le réenclencher il faudra attendre que les bilames refroidissent et ensuite le réarmer en appuyant sur le bouton reset, son contact F1 ligne 10 va se refermer et rouvrir son contact F1 ligne 8, les voyants bleus H3 et H3.1 ligne 15 et 16 seront allumés et pour finir un appui sur le bouton poussoir S1 ou S1.1 ligne 11 va mettre sous tension la bobine KM1 ligne 11 et donc son contact KM1 ligne 12 sera maintenu, les voyants verts H2 et H2.1 ligne 13 et 14 seront allumés, le moteur redémarre.

6- S'il y a une surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur est à l'arrêt, le fil qui se trouve dans le fusible Q3 ligne 7 finit par fondre, donc le courant ne peut plus circuler dans la partie commande, pour remettre en fonctionnement le moteur il suffit de remplacer le fusible, comme le disjoncteur est toujours enclenché, le voyant vert H3 et H3.1 ligne 15 et 16 sont allumés, pour redémarrer le moteur nous devons appuyer sur S1 ou S1.1 ligne 10 ou 11 qui mettra sous tension la bobine KM1 ligne 11 et donc son contact KM1 ligne 12 sera maintenu, le voyant vert H2 et H2.1 ligne 13 et 14 seront allumés, le moteur tourne.

Démarrage direct deux sens de rotation, solution 2 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 07-03-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétothermique	GV2P14 — Catalogue de Schneider, A177	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS02B — Catalogue de Schneider, D184	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Contacteur inverseur	LC2D0987 — Catalogue de Schneider, A73	x1	KM1 et KM2
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H3
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur bipolaire	GB2DB07 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 40VA.

H1 = H2 = H3 = 5VA x 3 = 15VA 2 Bobines = 14VA

S = 15 + 14 = 29VA, donc ce transformateur est adapté pour notre commande.

Choix du disjoncteur magnétothermique

Le courant nominal du récepteur est de 7,2 A.

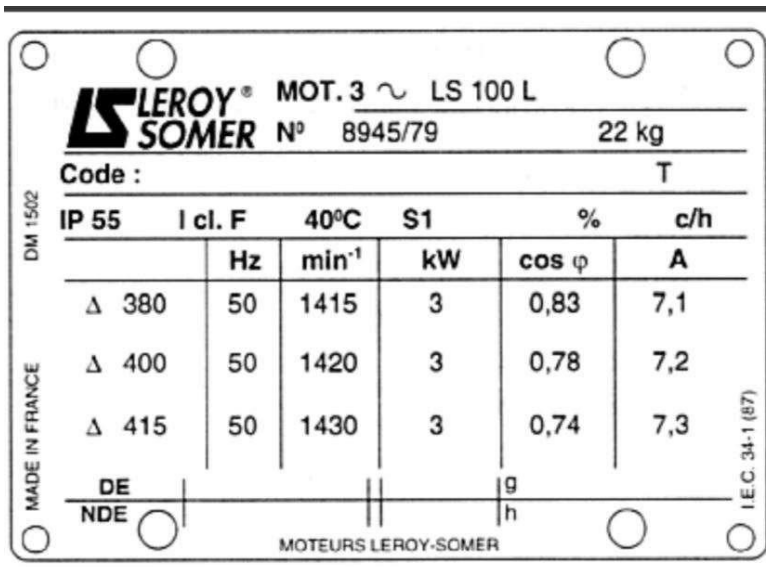
Le disjoncteur magnétothermique choisi peut être réglé de 6A à 10A, donc ce disjoncteur magnétothermique est adéquat.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 7{,}2 = 7{,}9A$$

Le disjoncteur magnétothermique doit être réglé à 7,9A.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur



Couplage du moteur en étoile

Le branchement en étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supporter par chaque enroulement.

Le couplage étoile permet de réduire la tension appliquée à chaque enroulement ce qui diminue la puissance absorbée par le moteur et réduit le risque de surchauffe.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevé supporter par chaque enroulement.

Le couplage triangle permet de fournir une tension plus élevée à chaque enroulement, ce qui permet d'augmenter la puissance absorbée par le moteur.

Option du couplage pour ce moteur

J'ai décidé de coupler le moteur en configuration triangle, car notre réseau est de 400 V et la plaque signalétique indique que 400 V est la tension minimale requise, donc le moteur fournira la pleine puissance à la charge.

Explication du démarrage direct deux sens de rotation (à faible charge)

Le démarrage direct deux sens de rotation est une méthode de démarrage de moteur électrique qui permet de faire tourner le moteur dans deux sens de rotation différents, cela consiste à inverser deux fils des trois fils d'alimentation du moteur. Cette inversion change la direction du champ magnétique rotatif produit par le moteur, ce qui inverse le sens de rotation. Ce démarrage est utilisé dans des applications nécessitant un changement de sens de rotation, comme les convoyeurs, les pompes, les ventilateurs et les machines-outils.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 de la ligne 3, 6 et 8 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 10 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 7 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : pour démarrer le moteur, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 13 (X0.1 et X0.2). La bobine KM1 de la ligne 13 (A1 et A2) est alors sous tension, ce qui provoque l'enclenchement de ses contacts de puissance KM1 et la fermeture de son contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 14 (13 et 14) qui restera auto-alimenté. Le contact de sécurité KM1 NC de la ligne 15 (21 et 22) s'ouvre pour empêcher la bobine KM2 de s'alimenter, et le voyant vert H2 de la ligne 14 (X0.4 et X0.7) s'allume, indiquant le démarrage du premier sens du moteur. Un appui sur le bouton poussoir S1.1 de la ligne 15 (X0.36 et X0.37). La bobine KM2 de la ligne 15 est alors alimentée, ce qui provoque l'enclenchement de ses contacts de puissance KM2, le contact NO de KM2 de la ligne 16 (13 et 14) se ferme et le contact de sécurité KM2 NC de la ligne 13 (21 et 22) s'ouvre pour empêcher la mise sous tension de la bobine KM1. Le voyant vert H2.1 de la ligne 16 (X0.31 et X0.34) s'allume, le moteur tourne en sens inverse.

3- Mise à l'arrêt du moteur : une action sur le bouton poussoir S0 de la ligne 12 (X0.3 et X0.1), met hors tension la bobine KM1 de la ligne 13 ou KM2 de la ligne 15, et marque l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2. Aucun voyant n'est allumé, et le moteur s'arrêtera de tourner après un certain temps en fonction de sa charge.

4- En cas de court-circuit ou de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétothermique Q1 se déclenche, ce qui entraine l'ouverture de son contact NO Q1 de la ligne 10 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 7 (31 et 32), cela provoque l'ouverture du circuit de commande. Le voyant rouge H1 de la ligne 7 s'allume signalant un défaut et marque l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2, et la mise hors tension de la bobine KM1 ou KM2 de la ligne 13 et 15. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, si c'est un court-circuit il faut réarmer le disjoncteur magnétothermique Q1, si c'est une surcharge il faut enclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NO Q1 de la ligne 10 et d'ouvrir son contact NC de la ligne 7. Enfin il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 NO ou S1.1 NO de la ligne 13 et 15 (X0.1 et X0.2) et (X0.36 et X0.37), pour redémarrer le moteur.

5- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur s'arrêtera après une certaine durée, en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur bipolaire Q3 de la ligne 8 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans la partie commande et provoque l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2, et la mise hors tension de la bobine KM1 ou KM2 de la ligne 13 et 15. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Le disjoncteur Q1 étant toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO ou S1.1 NO de la ligne 13 et 15 (X0.1 et X0.2) et (X0.36 et X0.37), pour redémarrer le moteur.

6- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur bipolaire Q2 de la ligne 6 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans l'enroulement primaire du transformateur ce qui entraine l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2, et la mise hors tension de la bobine KM1 ou KM2 de la ligne 13 et 15. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. Un appui sur le bouton poussoir S1 NO ou S1.1 NO de la ligne 13 et 15 (X0.1 et X0.2) et (X0.36 et X0.37), permet de redémarrer le moteur.

Démarrage étoile-triangle automatique, solution 3 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 04-04-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétique	GV2LE32 — Catalogue de Schneider, A179	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS06B — Catalogue de Schneider, D185	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Relais thermique	LRD22 — Catalogue de Schneider, A258	x1	F1
Contacteur moteur	LC3D32AB7 — Catalogue de Schneider, A377	x3	KM1, KM2 et KM3
Contacteur auxiliaire	CAD32B7 — Catalogue de Schneider, A109	x1	KA1
Bloc temporisé au travail	LADR2 — Catalogue de Schneider, A121	x1	KM2
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur bipolaire	GB2DB08 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H3
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur est de 63VA.

H1 = H2 = H3 = 5VA x 3 = 15VA km1 = km2 = km3 = 7VA x 3 = 21VA KA1 = 8VA

S = 15 + 21 + 8 = 44 VA, donc ce transformateur est adapté pour la commande.

Choix du relais thermique

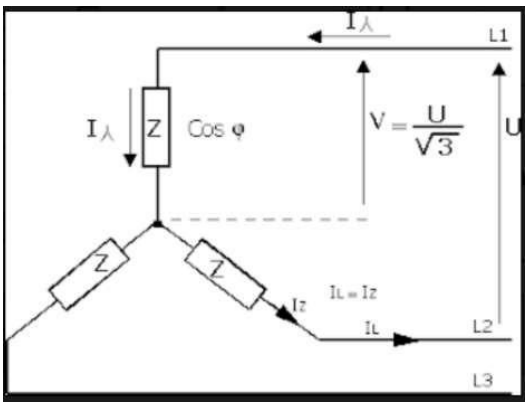
Le courant nominal du récepteur est de 17A.

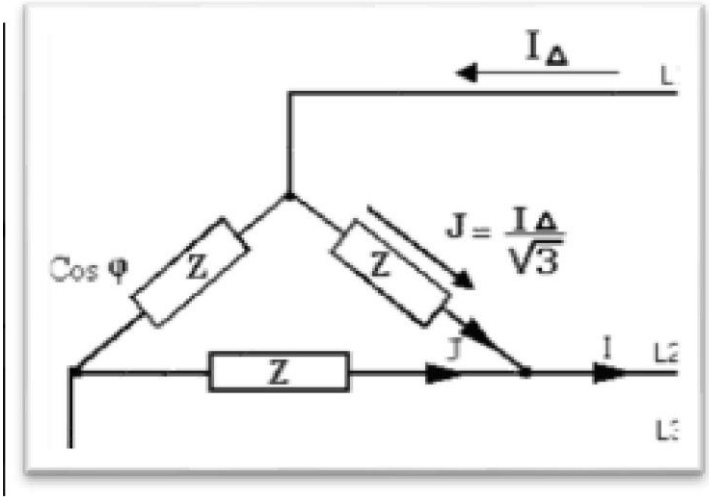
Le relais thermique LRD22 peut être réglé de 16A à 24A, donc ce relais thermique est adéquat.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 17 = 18{,}7A$$

Le relais thermique doit être réglé à 18,7A.

Emplacement du relais thermique

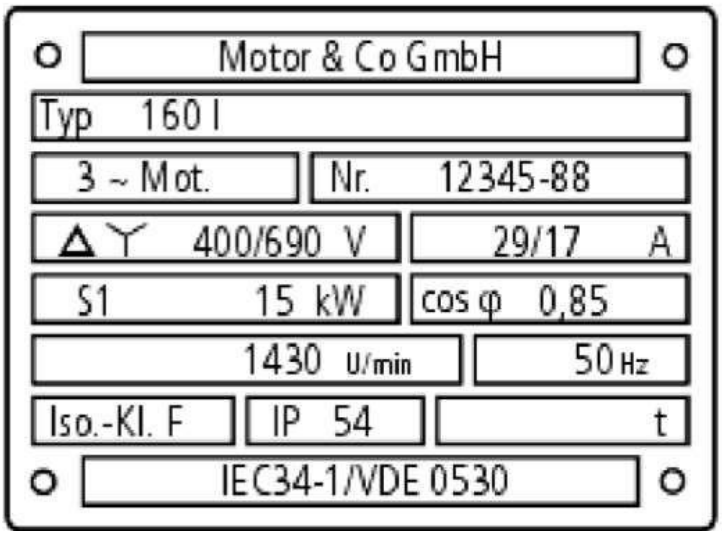




J'ai placé le relais thermique entre les bornes U1/W2, V1/U2, W1/V2 donc le moteur sera soumis au courant circulant dans les bobines (J), c'est pour cela que j'ai choisi le courant le plus faible marqué sur la plaque signalétique. Si on place le relais thermique à l'extérieur des bobinages du moteur, alors le moteur sera soumis au courant de ligne qui sera élevé I = J x √3.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur



Couplage étoile-triangle

Le démarrage étoile-triangle il permet de réduire le courant de pointe au démarrage du moteur, en effet le couplage étoile permet d'appliquer aux enroulements une tension divisée par la racine carrée de 3. Donc le courant d'enclenchement et le couple sont plus faibles.

Si le moteur démarre directement en triangle le courant il peut être 4 à 7 fois l'intensité nominale, cette énorme augmentation du courant va causer beaucoup de problèmes pour les systèmes électriques du bâtiment, qui seront touchés par cette demande soudaine et importante.

Et aussi entraîne la chute de tension dans l'ensemble des systèmes électriques du bâtiment, il peut causer des problèmes pour les ordinateurs, les serveurs et pertes de données informatiques.

Le démarrage étoile-triangle est un type de démarrage divisé en 2 temps

1er temps : Les enroulements sont couplés en étoile, la tension est réduite aux bornes de chaque enroulement, le contacteur de ligne alimente les extrémités des enroulements U1, V1, W1 et le contacteur triangle relie les extrémités des enroulements W2, U2, V2. Le moteur démarre en étoile.

2e temps : Suppression du couplage étoile après temporisation, puis les enroulements du moteur sont couplés en triangle en reliant les bornes U1/W2, V1/U2, W1/V2. Chaque enroulement est maintenant soumis à la tension du réseau, le moteur démarre en triangle.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : si on enclenche les disjoncteurs bipolaires Q2 et Q3 ligne 8 et 13 folio 1/2, le contact NC Q1 ligne 2 folio 2/2 (31 et 32) est alimenté donc le voyant rouge H1 ligne 2 (X0.5 et X0.6) est allumé, le moteur est à l'arrêt.

2- Mise en fonctionnement du moteur : lorsqu'on enclenche le disjoncteur Q1 folio 1/2, le contact NO Q1 ligne 5 folio 2/2 (43 et 44) se ferme et le contact Q1 NC ligne 2 (31 et 32) s'ouvre, la tension est appliquée dans la partie commande, une action sur le bouton poussoir S1 NO ligne 6 (X0.1 et X0.2) entraine la mise sous tension de la bobine KM1 ligne 7 folio 2/2, le contacteur étoile KM1 s'enclenche folio 1/2 et ferme son contact NO KM1 ligne 7 (13 et 14) folio 2/2, le voyant vert H2 ligne 6 (X0.4 et X0.7) folio 2/2 est allumé, ce dernier alimente la bobine du contacteur KM2 ligne 9 folio 2/2, le contacteur de ligne KM2 s'enclenche folio 1/2 et ferme son contact NO KM2 ligne 7 (13 et 14), le moteur démarre en étoile, maintenant que le contacteur KM2 est enclenché il démarre le cycle de la temporisation, après que ce temps soit écoulé, la bobine KM1 n'est plus alimentée ligne 7 folio 2/2, le contacteur KM1 se déclenche folio 1/2 et ouvre son contact KM1 ligne 7 (13 et 14) folio 2/2. Le contact KM2 NC temporisé ligne 7 (55 et 56) folio 2/2 s'ouvre et le contact KM2 NO temporisé ligne 11 (67 et 68) se ferme, donc la bobine du contacteur auxiliaire ligne 11 est sous tension, ouvre son contact KA1 NC ligne 7 (21 et 22) et ferme son contact KA1 NO ligne 13 (13 et 14), ce qui autorise l'alimentation de la bobine KM3 ligne 13, le contacteur triangle KM3 s'enclenche folio 1/2, le voyant vert H2.1 ligne 15 folio 2/2 (X0.31 et X0.34) est allumé, le moteur démarre en triangle.

3- Mise à l'arrêt du moteur : une action sur le bouton poussoir S0 NC ligne 6 (X0.1 et X0.3), les contacteurs KM2 et KM3 ligne 3 et 5 folio 1/2 se déclenchent, les bobines KM2, KA1 et KM3 ne sont plus alimentées folio 1/2. Le contact NO KM2 ligne 7 (13 et 14) s'ouvre, le contact KM2 NC temporisé ligne 7 (55 et 56) folio 2/2 se ferme et le contact KM2 NO temporisé ligne 11 (67 et 68) s'ouvre, le contact NC KA1 ligne 7 (21 et 22) se ferme et le contact NO KA1 ligne 13 (13 et 14) s'ouvre, le moteur s'arrêtera après un temps qui dépend de la charge.

4- Court-circuit dans la puissance : le moteur s'arrêtera après un temps qui dépend de la charge, le disjoncteur magnétique Q1 folio 1/2 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact Q1 ligne 5 folio 2/2 (43 et 44) et la fermeture de son contact Q1 ligne 2 (31 et 32), le voyant rouge H1 ligne 2 est allumé qui indique un défaut donc la partie commande est hors tension, pour remettre en fonctionnement le moteur nous devons réenclencher le disjoncteur magnétique Q1 folio 1/2, et un appui sur bouton poussoir S1 ligne 6 (X0.1 et X0.2), cela enclenchera le contacteur étoile KM1 et le contacteur de ligne KM2, le voyant vert H2 ligne 6 (X0.4 et X0.7) s'allumera, le moteur démarrera en étoile, puis après la temporisation préréglée le

contacteur KM2 restera enclenché et les contacteurs KA1 et KM3 s'enclencheront, le voyant vert H2.1 ligne 15 (X0.31 et X0.34) s'allumera, le moteur tournera en triangle.

5- S'il y a une surcharge dans la puissance : le moteur s'arrêtera après un temps qui dépend de la charge, les bilames du relais thermique F1 vont chauffer mais il ne pourra pas se déclencher dans le circuit de puissance, mais comme il est associé à un contacteur donc il va simplement ouvrir le circuit de commande du contacteur, grâce à son contact NC F1 ligne 3 (95 et 96) qui s'ouvrira et son contact NO F1 ligne 3 (97 et 98) qui se fermera, le voyant rouge H1 ligne 2 sera allumé indiquant un défaut, pour le réenclencher il faudra attendre que les bilames refroidissent et ensuite le réarmer en appuyant sur le bouton reset, son contact NC F1 ligne 3 (95 et 96) va se refermer et rouvrir son contact NO F1 ligne 3 et pour finir un appui sur le bouton poussoir S1 NO ligne 6 (X0.1 et X0.2), cela enclenchera le contacteur étoile KM1 et le contacteur de ligne KM2, le voyant vert H2 ligne 6 (X0.4 et X0.7) s'allumera, le moteur démarrera en étoile, puis après la temporisation préréglée le contacteur KM2 restera enclenché et les contacteurs KA1 et KM3 s'enclencheront, le voyant vert H2.1 ligne 15 (X0.31 et X0.34) s'allumera, le moteur tournera en triangle.

6- S'il y a une surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur s'arrêtera après un temps qui dépend de la charge, le disjoncteur bipolaire Q3 ligne 13 folio 1/2 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans la partie commande, pour remettre en fonctionnement le moteur il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3, comme le disjoncteur Q1 est toujours enclenché, nous pouvons directement appuyer sur S1 NO ligne 6 (X0.1 et X0.2), cela enclenchera le contacteur étoile KM1 et le contacteur de ligne KM2, le voyant vert H2 ligne 6 (X0.4 et X0.7) s'allumera, le moteur démarrera en étoile, puis après la temporisation préréglée le contacteur KM2 restera enclenché et les contacteurs KA1 et KM3 s'enclencheront, le voyant vert H2.1 ligne 15 (X0.31 et X0.34) s'allumera, le moteur tournera en triangle.

7- S'il y a une surcharge ou un court-circuit dans le primaire : le moteur s'arrêtera après un temps qui dépend de la charge, le disjoncteur bipolaire Q2 ligne 8 folio 1/2 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans l'enroulement du transformateur, pour remettre en fonctionnement le moteur il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2, comme le disjoncteur Q1 est toujours enclenché et Q3 également, nous pouvons directement appuyer sur S1 NO ligne 6 (X0.1 et X0.2), cela enclenchera le contacteur étoile KM1 et le contacteur de ligne KM2, le voyant vert H2 ligne 6 (X0.4 et X0.7) s'allumera, le moteur démarrera en étoile, puis après la temporisation préréglée le contacteur KM2 restera enclenché et les contacteurs KA1 et KM3 s'enclencheront, le voyant vert H2.1 ligne 15 (X0.31 et X0.34) s'allumera, le moteur tournera en triangle.

Démarrage étoile-triangle manuel, solution 3 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 11-04-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétique	GV2LE32 — Catalogue de Schneider, A179	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS06B — Catalogue de Schneider, D185	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Relais thermique	LRD22 — Catalogue de Schneider, A258	x1	F1
Contacteur moteur	LC3D32AB7 — Catalogue de Schneider, A377	x3	KM1, KM2 et KM3
Contacteur auxiliaire	CAD32B7 — Catalogue de Schneider, A109	x1	KA1
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur unipolaire	GB2CB08 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H3
Bouton poussoir (1NO + 1NC)	XB6 AA25B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S2
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 63VA.

H1 = H2 = H3 = 5VA x 3 = 15VA km1 = km2 = km3 = 7VA x 3 = 21VA KA1 = 8VA

S = 15 + 21 + 8 = 44 VA, donc ce transformateur est adapté pour la commande.

Choix du relais thermique

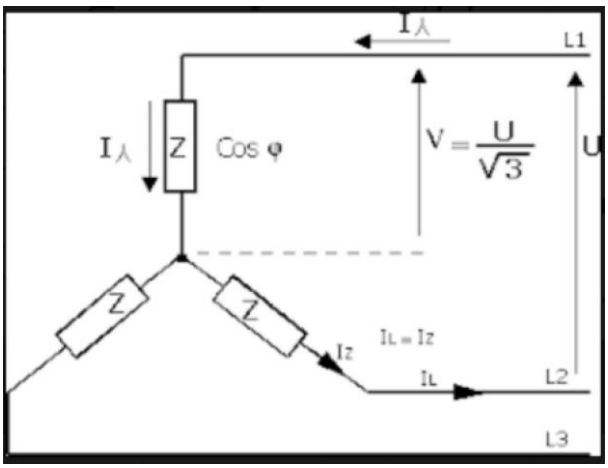
Le courant nominal du récepteur est de 17A.

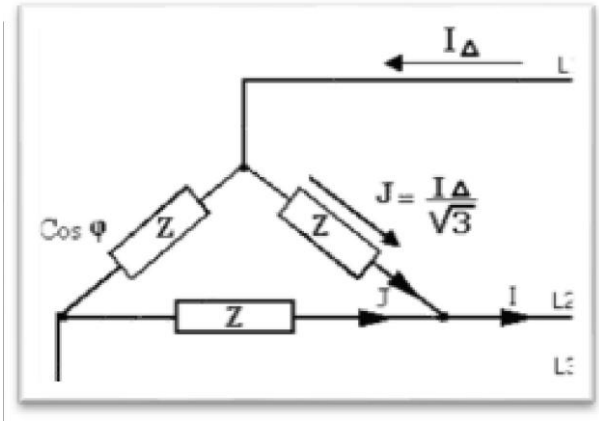
Le relais thermique LRD22 peut être réglé de 16A à 24A, donc ce relais thermique est adéquat.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 17 = 18{,}7A$$

Le relais thermique doit être réglé à 18,7A.

Emplacement du relais thermique

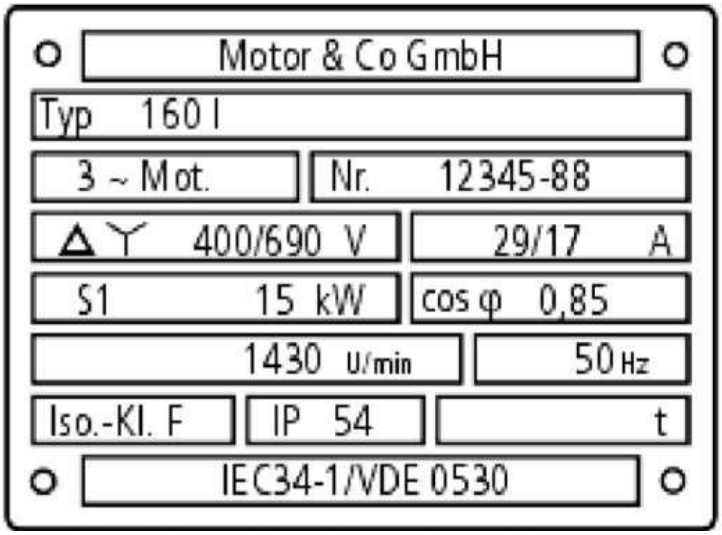




J'ai positionné le relais thermique entre les bornes U1/W2, V1/U2, W1/V2, ce qui permet au moteur d'être exposé au courant qui circule dans les bobines (J). Ce faisant, j'ai choisi le courant le plus faible mentionné sur la plaque signalétique. Si le relais thermique est installé à l'extérieur des enroulements du moteur, le moteur sera confronté à un courant de ligne élevé I = J x √3, lorsqu'il sera en phase triangle. En raison d'une surintensité, le relais thermique déclenchera.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur



Explication du couplage étoile-triangle

Le démarrage étoile-triangle il permet de réduire le courant de pointe au démarrage du moteur, en effet le couplage étoile permet d'appliquer aux enroulements une tension divisée par la racine carrée de 3. Donc le courant d'enclenchement et le couple sont plus faibles.

Cependant, cette méthode de démarrage présente certaines limitations, elle ne peut être utilisée que pour les moteurs triphasés et ne convient pas aux applications nécessitant un couple de démarrage élevé. En plus, elle ne convient pas aux moteurs avec des charges à couple constant.

Si le moteur démarre directement en triangle le courant il peut être 8 à 10 fois l'intensité nominale, cette énorme augmentation du courant va causer beaucoup de problèmes pour les systèmes électriques du bâtiment, qui seront touchés par cette demande soudaine et importante raccordée à l'installation électrique du moteur. Cela peut entraîner une surcharge du réseau électrique, des perturbations sur les autres équipements électriques connectés au même réseau, ou encore endommager le moteur lui-même.

Le démarrage étoile-triangle est un type de démarrage divisé en 2 temps (démarrage à faible charge)

1er temps : Les enroulements sont couplés en étoile, la tension est réduite aux bornes de chaque enroulement, le contacteur de ligne alimente les extrémités des enroulements U1, V1, W1 et le contacteur triangle relie les extrémités des enroulements W2, U2, V2. Le moteur démarre en étoile.

2e temps : Suppression du couplage étoile, puis les enroulements du moteur sont couplés en triangle en reliant les bornes U1/W2, V1/U2, W1/V2. Chaque enroulement est maintenant soumis à la tension du réseau, le moteur démarre en triangle et fournit la pleine puissance (couple) à la charge.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 de la ligne 3, 8 et 13 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 5 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 2 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : pour démarrer le moteur, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2). Cela activera la bobine KM1 de la ligne 7 et ses contacts de puissance de KM1 s'enclenchent, la bobine KM2 de la ligne 5 est mise sous tension ce qui entraine l'enclenchement de ses contacts de puissance KM2, ainsi le contact NO KM2 d'auto-maintien de la ligne 9 (13 et 14) se fermera et restera auto-alimenté. Le voyant vert H2 de la ligne 6 (X0.4 et X0.7) s'allume, indiquant que le moteur a démarré en phase étoile. L'appui sur le bouton poussoir S2 NO + NC de la ligne 7 et 8 (X0.10, X0.11, X0.12 et X0.13), désactive la bobine KM1 de la ligne 7, ce qui provoque le déclenchement des contacts de puissance de KM1. La bobine du contacteur auxiliaire de la ligne 10 est alors alimentée, ce qui ouvre son contact de sécurité KA1 NC de la ligne 7 (21 et 22) pour empêcher la bobine KM1 de s'alimenter et ferme son contact KA1 NO de la ligne 12 (13 et 14), ce qui autorise l'alimentation de la bobine KM3 de la ligne 12, les contacts de puissance de KM3 s'enclenchent et le contact KM3 NO de la ligne 12 (13 et 14) se ferme, le voyant vert H2.1 de la ligne 14 (X0.31 et X0.34) s'allume, indiquant que le moteur tourne en phase triangle.

3- Mise à l'arrêt du moteur : une action sur le bouton poussoir S0 NC de la ligne 6 (X0.1 et X0.3). En phase étoile les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent ainsi les bobines KM1 et KM2 ligne 7 et 5, sont mises hors tension, et le contact NO KM2 d'auto-maintien de la ligne 9 s'ouvre. En phase triangle les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent et la mise hors tension de la bobine KA1 de la ligne 10 ainsi les bobines KM2 et KM3 de la ligne 5 et 12, sont mises hors tension, ce qui ferme le contact de sécurité KA1 NC de la ligne 7, ainsi l'ouverture du contact KA1 NO de la ligne 12, le contact KM3 NO de la ligne 12 s'ouvre et le contact NO KM2 d'auto-maintien s'ouvre. Le moteur s'arrête après un temps qui dépend de la charge.

4- En cas de court-circuit dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétique Q1 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact

NO Q1 ligne 5 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 2 (31 et 32). Le voyant rouge H1 de la ligne 2 s'allume pour indiquer un défaut. Si le court-circuit se produit pendant la phase étoile, les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent, la bobine du contacteur auxiliaire de la ligne 10 est hors tension ainsi les bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 5 sont mises hors tension. Si le court-circuit se produit pendant la phase triangle, les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent, la bobine du contacteur auxiliaire KA1 de la ligne 10 est hors tension, ainsi les bobines KM2 et KM3 de la ligne 5 et 12, sont mises hors tension, ce qui a pour effet de mettre la partie commande hors tension. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il faut réarmer le disjoncteur magnétique Q1 et appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 12 (X0.1 et X0.2), ce qui provoque le redémarrage du moteur en phase étoile. En appuyant sur le bouton poussoir S2 NO + NC de la ligne 7, le moteur tourne en phase triangle.

5- En cas de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrêtera après une certaine durée, en fonction de la charge qu'il supporte. Le relais thermique F1 se déclenche et provoque l'ouverture du circuit de commande, qui est due à l'ouverture du contact NC F1 de la ligne 3 (95 et 96) et la fermeture du contact NO F1 de la ligne 4 (97 et 98). Un voyant rouge H1 de la ligne 2 (X0.5 et X0.6) s'allume, pour signaler un défaut. Si la surcharge se produit durant la phase étoile les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent et la bobine du contacteur auxiliaire de la ligne 10 est hors tension, ainsi les bobines KM1 et KM2 ligne 7 et 5, sont mises hors tension. Si la surcharge se produit pendant la phase triangle les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent et la mise hors tension de la bobine KA1 ligne 10 ainsi les bobines KM2 et KM3 de la ligne 5 et 12, sont mises hors tension. Pour reprendre le fonctionnement normal du moteur, il faut enclencher le relais thermique F1 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NC Q1 de la ligne 3 et d'ouvrir son contact NO de la ligne 4. Enfin, il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur en phase étoile, et un appui sur le bouton poussoir S2 NO + NC de la ligne 7 le moteur tourne en phase triangle.

6- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q3 de la ligne 13 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans la partie commande. Si la surcharge ou le court-circuit est durant la phase étoile les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent et la bobine du contacteur auxiliaire de la ligne 10 est hors tension, ainsi les bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 5, sont mises hors tension. Si la surcharge ou le court-circuit se produit lors de la phase triangle les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent et la mise hors tension de la bobine KA1 de la ligne 10, ainsi les bobines KM2 et KM3 de la ligne 5 et 12, sont mises hors tension. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Le disjoncteur Q1 étant toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur en phase étoile et d'appuyer sur le bouton poussoir S2 NO + NC de la ligne 7 pour faire tourner le moteur en phase triangle.

7- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q2 de la ligne 8 se déclenche ce qui empêche le courant de circuler dans l'enroulement primaire du transformateur. En phase étoile les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent et la bobine du contacteur auxiliaire ligne 10 est hors tension ainsi les bobines KM1 et KM2 ligne 7 et 5, sont mises hors tension. En phase triangle les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent et la mise hors tension de la bobine KA1 ligne 10 ainsi les bobines KM2 et KM3 de la ligne 5 et 12, sont mises hors tension. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. En appuyant sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2) permet de redémarrer le moteur en phase étoile et, en appuyant sur le bouton poussoir S2 NO + NC de la ligne 7, le moteur tourne en phase triangle.

Démarrage direct un sens de rotation et freinage par contre-courant, solution 2 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 25-05-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétothermique	GV2P05 — Catalogue de Schneider, A177	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS04B — Catalogue de Schneider, D184	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Contacteur inverseur	LC2D0987 — Catalogue de Schneider, A73	x1	KM1 et KM2
Contacteur auxiliaire	CAD32B7 — Catalogue de Schneider, A109	x1	KA1
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H2.1
Contact tachymétrique	—	x1	S2
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x2	S1 et S1.1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0
Disjoncteur bipolaire	GB2CD05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur bipolaire	GB2CD08 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 40VA.

H1 = H2 = H3 = 5VA x 3 = 15VA KM1 = KM2 = 14VA KA1 = 8VA

S = 15 + 14 + 8 = 37 VA, donc le transformateur choisi est adapté pour cette commande.

Choix du disjoncteur magnétothermique

Le courant nominal du récepteur est de 1 A.

Le disjoncteur magnétothermique choisi peut être réglé de 1A à 1,6 A.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 1 = 1{,}1A$$

Le disjoncteur magnétothermique doit être réglé à 1,1A, donc ce disjoncteur magnétothermique est adéquat.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur

Couplage du moteur en étoile

Le branchement en étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supporter par chaque enroulement.

Le couplage étoile permet de réduire la tension appliquée à chaque enroulement ce qui diminue la puissance absorbée par le moteur et réduit le risque de surchauffe.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevé supporter par chaque enroulement.

Le couplage triangle permet de fournir une tension plus élevée à chaque enroulement, ce qui permet d'augmenter la puissance absorbée par le moteur.

Option du couplage pour ce moteur

J'ai décidé de coupler le moteur en configuration triangle, car notre réseau est de 400 V et la plaque signalétique indique que 400 V est la tension minimale requise, donc le moteur fournira la pleine puissance à la charge.

Explication du freinage par contre-courant

Le freinage par contre-courant est une technique de freinage dynamique qui consiste à inverser le sens du courant dans les bobines du stator en inversant deux phases de l'alimentation du moteur pendant que le moteur est en train de tourner, à vide ou à faible charge. Cela génère un champ magnétique dans le sens opposé au champ magnétique produit par le rotor, ce qui ralentit la rotation du moteur et permet de l'arrêter plus rapidement que si on avait simplement coupé l'alimentation électrique. Cette méthode est couramment utilisée dans les applications nécessitant un démarrage rapide avec un contrôle précis de la vitesse et de la direction du moteur, telles que les convoyeurs, les pompes, les machines d'emballage, les machines-outils, les ventilateurs et les compresseurs.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 de la ligne 3 et 6 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 9 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 7 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : pour démarrer le moteur il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 12 (X0.1 et X0.2). La bobine KM1 de la ligne 12 (A1 et A2) est alors sous tension, ce qui entraîne l'enclenchement de ses contacts de puissance KM1 et la fermeture de son contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 13 (13 et 14) qui restera auto-alimenté. Le contact de sécurité KM1 NC de la ligne 16 (21 et 22) s'ouvre pour empêcher la bobine KM2 de s'alimenter, et le voyant vert H2 de la ligne 13 (X0.4 et X0.7) s'allume indiquant le démarrage du moteur.

3- Mise à l'arrêt du moteur : le contact tachymétrique S2 NO commence à se fermer lorsque la vitesse de rotation du moteur est supérieure à 0 tr/min. Pour freiner le moteur il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1.1 de la ligne 14 (X0.36 et X0.37) et de le maintenir enfoncé jusqu'à ce que le moteur s'arrête complètement. La bobine Ka1 de la ligne 15 (A1 et A2) est alors alimentée, ce qui provoque l'ouverture de son contact à ouverture de Ka1 de la ligne 12 (21 et 22) et empêche le contacteur KM1 d'être alimenté. Le contact NO de Ka1 de la ligne 16 (13 et 14) se ferme et le contact tachymétrique S2 NO de la ligne 16 reste fermé, ce qui alimente la bobine KM2 de la ligne 16 (A1 et A2) sous tension, et enclenche ses contacts de puissance de KM2. Le voyant vert H2.1 de la ligne 17 (X0.31 et X0.34) s'allume, indiquant que le moteur est en train de freiner dans le sens inverse et s'éteint lorsque le moteur est arrêté. Cette inversion de sens crée un couple de freinage qui ralentit rapidement la vitesse du moteur.

4- En cas de court-circuit ou de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétothermique Q1 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact NO Q1 de la ligne 9 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 7 (31 et 32), cela provoque l'ouverture du circuit de commande. Le voyant rouge H1 de la ligne 7 s'allume signalant un défaut et marque l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2, et la mise hors tension de la bobine KM1 ou KM2 de la ligne 12 ou 16. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, si c'est un court-circuit il faut réarmer le disjoncteur magnétothermique Q1, si c'est une surcharge il faut enclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NO Q1 de la ligne 9 et d'ouvrir son contact NC de la ligne 7. Enfin il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 12 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur.

5- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur s'arrêtera après une certaine durée, en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur bipolaire Q3 de la ligne 6 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans la partie commande et provoque l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2, et la mise hors tension de la bobine KM1 ou KM2 de la ligne 12 ou 16. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Le disjoncteur Q1 étant toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 12 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur.

6- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q2 de la ligne 6 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans l'enroulement primaire du transformateur ce qui entraine l'ouverture des contacts de puissance KM1 ou KM2, et la mise hors tension de la bobine KM1 ou KM2 de la ligne 12 ou 16. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. Un appui sur le bouton poussoir S1 NO ligne 12 (X0.1 et X0.2) permet de redémarrer le moteur.

Démarrage direct un sens et freinage par injection de courant continu, solution 2 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 07-06-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétothermique	GV2P04 — Catalogue de Schneider, A177	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS04B — Catalogue de Schneider, D184	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Bloc temporisé au travail	LADR2 — Catalogue de Schneider, A121	x1	KA1
Contacteur moteur tripolaire	LC1D0987 — Catalogue de Schneider, A73	x2	KM1 et KM2
Contacteur auxiliaire	CAD32B7 — Catalogue de Schneider, A109	x1	KA1
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H2.1
Alimentation monophasée	ALIM 0,5A 24V	x1	AL
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x2	S1 et S1.1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur unipolaire	GB2CB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 40VA.

H1 = H2 = H2.1 = 5VA x 3 = 15VA KM1 = KM2 = 14VA KA1 = 8VA

S = 15 + 14 + 8 = 37 VA, donc le transformateur choisi est adapté pour cette commande.

Choix du disjoncteur magnétothermique

Le courant nominal du récepteur est de 0,62A.

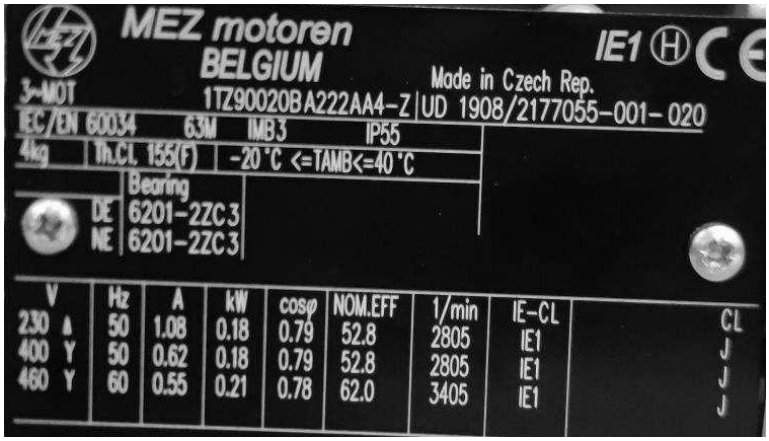
Le disjoncteur magnétothermique choisi peut être réglé de 0,63A à 1A.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 0{,}62 = 0{,}68A$$

Le disjoncteur magnétothermique doit être réglé à 0,68A, donc ce disjoncteur magnétothermique est adéquat.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur



Couplage du moteur en étoile

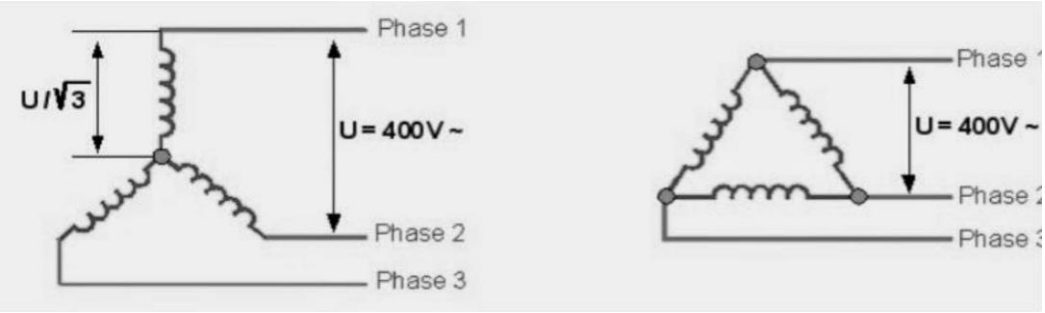
Le branchement en étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supportée par chaque enroulement.

Le couplage étoile permet de réduire la tension appliquée à chaque enroulement ce qui diminue la puissance absorbée par le moteur et réduit le risque de surchauffe.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevée supportée par chaque enroulement.

Le couplage triangle permet de fournir une tension plus élevée à chaque enroulement, ce qui permet d'augmenter la puissance absorbée par le moteur.



Option du couplage pour ce moteur

J'ai décidé de coupler le moteur en configuration étoile, car notre réseau est de 400 V et la plaque signalétique indique que 230 V est la tension la plus faible supporter par chaque enroulement, donc le moteur fournira une faible puissance à la charge.

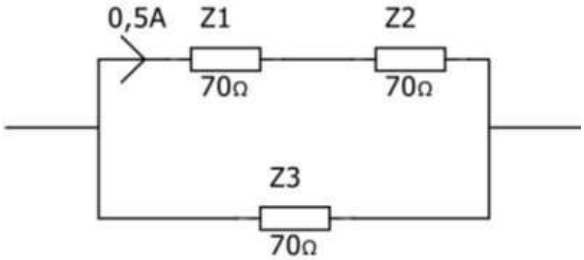
Explication du freinage par injection du courant continu (à faible charge)

Le freinage par injection de courant continu est une technique utilisée pour freiner un moteur électrique en injectant un courant continu dans les enroulements du stator. Cette méthode consiste à injecter un courant continu dans le stator du moteur, ce qui crée un champ magnétique fixe dans le stator. Ce champ magnétique fixe interagit avec le champ tournant du rotor, créant ainsi une force de freinage appelée la force de Laplace. Cette méthode est couramment utilisée dans les tâches de levage et particulièrement efficace pour les applications de freinage d'urgence, où il est nécessaire d'arrêter rapidement le moteur.

Avantage du freinage par injection de courant continu :

- Permet un freinage rapide et précis du moteur.
- Peut également être utilisé pour limiter la vitesse de descente en cas de charge.
- Peut prolonger la durée de vie du moteur en réduisant l'usure des freins mécaniques.

Réglage de la tension de l'alimentation



$$Z12 = Z1 + Z2 = 70 + 70 = 140\ \Omega$$

$$Zéq = 1 / (1/Z3 + 1/Z12) = 1 / (1/70 + 1/140) = 46{,}67\ \Omega$$

$$U = Zéq \times I = 46{,}67 \times 0{,}5 = 23{,}33\ V$$

L'alimentation doit être réglée à 23,33V pour freiner le moteur.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 de la ligne 3 et 9 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 11 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 9 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : pour démarrer le moteur il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO ligne 12 (X0.1 et X0.2). La bobine KM1 ligne 12 (A1 et A2) est alors sous tension, ce qui entraîne l'enclenchement de ses contacts de puissance KM1 et la fermeture de son contact NO KM1 d'auto-maintien ligne 13 (13 et 14) qui restera auto-alimenté, et le voyant vert H2 ligne 11 (X0.4 et X0.7) s'allume indiquant le démarrage du moteur.

3- Mise à l'arrêt du moteur et freinage : pour freiner le moteur, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1.1 NO de la ligne 14 (X0.36 et X0.37). La bobine KA1 ligne 14 (A1 et A2) est alors alimentée, ce qui provoque l'ouverture de son contact à ouverture de Ka1 ligne 12 (21 et 22) et empêche la bobine KM1 d'être alimentée. Le contact NO de Ka1 ligne 15 (13 et 14) se ferme, ce qui alimente la bobine KM2 de la ligne 16 (A1 et A2), et enclenche ses contacts de puissance de KM2, le courant continu est alors injecté. Le voyant vert H2.1 ligne 17 (X0.31 et X0.34) s'allume, indiquant que le moteur est en train de freiner dans le sens inverse et s'éteint lorsque la bobine Ka1 de la ligne 14 (A1 et A2) n'est plus sous tension. Un cycle de temporisation de 2 secondes commence. Une fois le temps écoulé, le contact NC temporisé de Ka1 de la ligne 14 (55 et 56) s'ouvre, ce qui désalimente la bobine Ka1 de la ligne 14 (A1 et A2). Cette inversion de sens crée un couple de freinage qui ralentit rapidement la vitesse du moteur.

4- En cas de court-circuit ou de surcharge dans la puissance : le disjoncteur magnétothermique Q1 se déclenche ce qui provoque l'arrêt du moteur au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le déclenchement du disjoncteur Q1 entraine l'ouverture de son contact NO Q1 ligne 11 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 ligne 9 (31 et 32), cela provoque l'ouverture du circuit de commande. Le voyant rouge H1 ligne 9 (X0.5 et X0.6) s'allume signalant un défaut et marque l'ouverture des contacts de puissance KM1 et KM2, et la mise hors tension des bobines KM1, KA1 et KM2 de la ligne 12, 14 et 16. Pour remettre en fonctionnement le moteur, si c'est un court-circuit il faut réarmer le disjoncteur magnétothermique Q1, si c'est une surcharge il faut enclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 après

avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NO Q1 ligne 11 et d'ouvrir son contact NC ligne 9. Enfin, il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 NO ligne 12 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur.

5- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q3 ligne 9 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans la partie commande et provoque l'ouverture des contacts de puissance KM1 et KM2, et la mise hors tension des bobines KM1, KA1 et KM2 de la ligne 12, 14 et 16. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Le disjoncteur Q1 étant toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO ligne 12 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur.

6- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q2 ligne 8 se déclenche donc le courant ne peut plus circuler dans l'enroulement primaire du transformateur ce qui entraine l'ouverture des contacts de puissance KM1 et KM2, et la mise hors tension des bobines KM1, KA1 et KM2 de la ligne 12, 14 et 16. Pour remettre en fonctionnement normal le moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. Un appui sur le bouton poussoir S1 NO ligne 12 (X0.1 et X0.2) permet de redémarrer le moteur.

Démarrage par élimination de résistances statoriques deux temps, solution 2 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 08-06-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétothermique	GV2P05 — Catalogue de Schneider, A177	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS04B — Catalogue de Schneider, D184	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Bloc additif	LADN10 — Catalogue de Schneider, A79	x1	KM1
Contacteur moteur	LC1D0587 — Catalogue de Schneider, A73	x2	KM1 et KM2
Voyants rouges	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H1 et H1.1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H2.1
Bloc temporisé au travail (NO)	LADT0 — Catalogue de Schneider, A80	x1	KM1
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0
Bouton d'arrêt d'urgence	ZB6 AS834 — Catalogue de Schneider, C18	x1	AU
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur unipolaire	GB2CB08 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 40VA.

H1 = H1.1 = H2 = H2.1 = 5VA x 4 = 20VA Km1 = Km2 = 14VA

S = 20 + 14 = 34 VA, donc le transformateur choisi est adapté pour cette commande.

Choix du disjoncteur magnétothermique

Le courant nominal du récepteur est de 1 A.

Le disjoncteur magnétothermique choisi est réglable dans une plage de 1 A à 1,6A.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 1 = 1{,}1A$$

Le disjoncteur magnétothermique doit être réglé à 1,1 A, donc ce disjoncteur magnétothermique est approprié.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur

Couplage du moteur en étoile

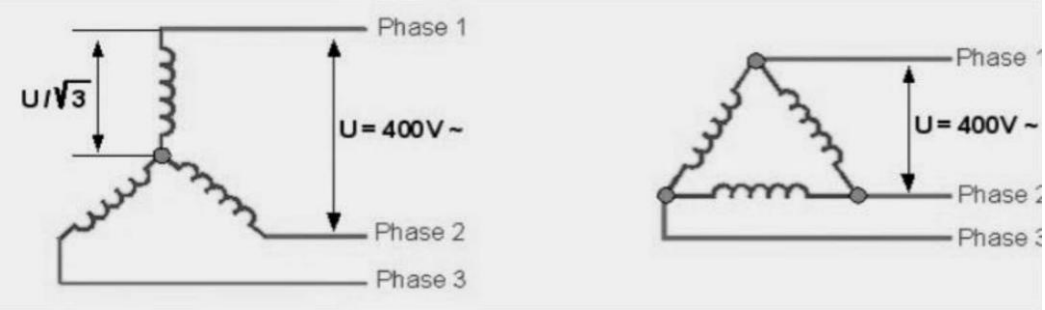
Le branchement en étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supportée par chaque enroulement.

Le couplage étoile permet de réduire la tension appliquée à chaque enroulement ce qui diminue la puissance absorbée par le moteur et réduit le risque de surchauffe.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevée supportée par chaque enroulement.

Le couplage triangle permet de fournir une tension plus élevée à chaque enroulement, ce qui permet d'augmenter la puissance absorbée par le moteur.



Option du couplage pour ce moteur

J'ai décidé de coupler le moteur en configuration triangle, car notre réseau est de 400 V et la plaque signalétique indique que 400 V est la tension minimale requise, donc le moteur fournira la pleine puissance à la charge.

Explication du démarrage par élimination de résistances statoriques deux temps (à faible charge)

Le démarrage par élimination de résistances statoriques est une méthode de démarrage utilisée dans les moteurs électriques pour réduire la tension d'alimentation et donc le courant de démarrage. Cela permet de réduire l'usure des moteurs et d'augmenter leur durée de vie.

Le principe de fonctionnement est le suivant : lors du démarrage, une résistance est connectée en série avec le stator du moteur afin de limiter le courant électrique qui circule dans le circuit de démarrage. Cela permet de limiter la puissance délivrée au moteur pendant la phase de démarrage, car un courant trop élevé pourrait endommager le moteur.

Une fois que le moteur a atteint une vitesse suffisante, la résistance est éliminée du circuit de démarrage, ce qui permet d'augmenter la puissance délivrée au moteur. Cette méthode permet d'augmenter la force de démarrage du moteur tout en limitant les risques de dommages électriques.

Le démarrage par élimination de résistances statoriques est souvent utilisé sur les moteurs qui nécessitent un coup de pouce supplémentaire pour démarrer, comme les moteurs de motocyclettes ou de tondeuses à gazon par exemple.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 de la ligne 3, 9 et 13 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 5 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 5 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : au premier temps, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2). Cela activera la bobine KM1 de la ligne 7, les contacts de puissance de KM1 s'enclencheront, et le contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 8 (13 et 14) se fermera et restera auto-alimenté. Le groupe de résistances R1 n'est pas éliminé, le voyant vert H2 de la ligne 13 (X0.4 et X0.7) s'allume, indiquant que le moteur a démarré à une vitesse inférieure. Au deuxième temps, comme le contacteur KM1 est enclenché, un cycle de temporisation de 3 secondes commence. Une fois le temps écoulé, le contact NO temporisé de KM1 de la ligne 10 se ferme, permettant à la bobine KM2 de la ligne 10 d'être alimentée, et les contacts de puissance de KM2 s'enclencheront. Le contact NC de KM2 de la ligne 13 (21 et 22) s'ouvre pour éteindre le voyant vert H2 de la ligne 13 (X0.4 et X0.7), le groupe de résistances R1 est éliminé, le voyant vert H2.1 de la ligne 11 (X0.31 et X0.34) s'allume, indiquant que le moteur tourne à une vitesse plus élevée.

3- Mise à l'arrêt du moteur : en appuyant sur le bouton poussoir S0 de la ligne 7 (X0.1 et X0.3) ou en appuyant sur le bouton arrêt d'urgence coup de poing le contact NC de la ligne 3 (X0.17 et X0.22) s'ouvre désalimentant le circuit de commande et le contact NO de la ligne 3 (X0.16 et X0.23) se ferme, ce qui permet d'allumer le voyant rouge H1 de la ligne 3 (X0.5 et X0.6), signalant que le circuit est hors tension. La bobine KM1 de la ligne 7 et la bobine KM2 de la ligne 10 sont mises hors tension, ce qui entraîne l'ouverture des contacts de puissance de KM1 et KM2. Cela entraîne l'ouverture du contact NO temporisé de KM1 de la ligne 10, l'ouverture du contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 8 (13 et 14), l'ouverture du contact KM1 de la ligne 13 (43 et 44) et la fermeture du contact KM2 de la ligne 13 (21 et 22). Aucun voyant n'est allumé, et le moteur s'arrêtera de tourner après un certain temps en fonction de sa charge.

4- En cas de court-circuit ou de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétothermique Q1 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact NO Q1 de la ligne 5 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 5 (31 et 32). Le voyant rouge H1 de la ligne 5 s'allume indiquant un défaut. Dans la première phase, en cas de court-circuit ou une surcharge, les contacts de puissance de KM1 se déclenchent et la bobine KM1 de la ligne 7 est hors tension. Dans la deuxième phase, en cas de court-circuit ou de surcharge, les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent et mise hors tension des bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10. La partie commande est mise hors tension. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il faut réenclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 en cas de court-circuit, en cas de surcharge il faut enclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NO Q1 de la ligne 5 et d'ouvrir son contact NC de la ligne 5. Enfin, il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur.

5- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q3 de la ligne 13 se déclenche pour empêcher le courant de circuler dans la partie commande. En cas de court-circuit ou de surcharge pendant la première phase, les contacts de puissance de KM1 se déclenchent et la bobine KM1 de la ligne 7 est hors tension. En cas de surcharge ou de court-circuit durant la deuxième phase, les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent et les bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10 sont mises hors tension. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Puisque le disjoncteur magnétothermique Q1 est toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur.

6- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q2 de la ligne 9 se déclenche pour empêcher le courant de circuler dans l'enroulement primaire du transformateur. Si un court-circuit ou une surcharge se produit durant le premier temps les contacts de puissance de KM1 se déclenchent et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 7. Si le court-circuit ou la surcharge se produit pendant la deuxième phase, les contacts de puissance KM1 et KM2 se déclenchent et les bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10 sont mises hors tension. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. Un appui sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2) permet de redémarrer le moteur.

Démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps (moteur à rotor bobiné), solution 2 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 16-05-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétothermique	GV2P05 — Catalogue de Schneider, A177	x1	Q1
Transformateur monophasé	ABL-6TS06B — Catalogue de Schneider, D184	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Contacteur moteur	LC1D0987 — Catalogue de Schneider, A73	x3	KM1, KM2 et KM3
Voyant rouge	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x1	H1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x3	H2, H2.1 et H2.2
Bloc temporisé au travail (NO)	LADT0 — Catalogue de Schneider, A80	x2	KM1 et KM2
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur bipolaire	GB2DB06 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 63VA.

H1 = H2 = H3 = H4 = 5VA x 4 = 20VA Km1 = Km2 = Km3 = 21VA

S = 20 + 21 = 41VA, donc le transformateur choisi est adapté pour cette commande.

Choix du disjoncteur magnétothermique

Le courant nominal du récepteur est de 0,87 A.

Le disjoncteur magnétothermique choisi peut être réglé de 0,63 A à 1A.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 0{,}87 = 0{,}96\ A$$

Le disjoncteur magnétothermique doit être réglé à 0,96 A, donc ce disjoncteur magnétothermique est adéquat.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur

Couplage du moteur en étoile

Le branchement en étoile : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus faible supporter par chaque enroulement.

Le couplage étoile permet de réduire la tension appliquée à chaque enroulement ce qui diminue la puissance absorbée par le moteur et réduit le risque de surchauffe.

Couplage du moteur en triangle

Le branchement en triangle : la tension la plus faible marqué sur la plaque signalétique est la tension la plus élevé supporter par chaque enroulement.

Le couplage triangle permet de fournir une tension plus élevée à chaque enroulement, ce qui permet d'augmenter la puissance absorbée par le moteur.

Option du couplage pour ce moteur

Je décide de coupler le moteur en configuration étoile, car notre réseau est de 400 V et la plaque signalétique indique que 230 V est la tension la plus faible supporter par chaque enroulement, donc le moteur fournira une faible puissance à la charge.

Explication du démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps (à faible charge)

Le démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps est une technique utilisée pour démarrer les moteurs asynchrones triphasés à rotor bobiné. Cette méthode de démarrage permet de limiter le courant de démarrage et de prolonger la durée de vie du moteur tout en offrant une excellente régulation de la vitesse.

Ce démarrage se déroule en trois phases :

- La première phase consiste à connecter toutes les résistances dans le circuit rotorique. Cela limite le courant de démarrage et permet au moteur de démarrer en douceur.
- Au cours de la deuxième phase, une partie des résistances est progressivement éliminée du circuit. Cela permet au moteur de fonctionner à une vitesse plus élevée et avec une puissance accrue.
- Enfin, dans la troisième phase, toutes les résistances sont éliminées du circuit, cela permet au moteur de fonctionner à pleine puissance.

Fonctionnement

1- A l'arrêt : les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 de la ligne 3, 9 et 13 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 5 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 4 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : au premier temps, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2). Cela activera la bobine KM1 de la ligne 7, les contacts de puissance de KM1 s'enclencheront, et le contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 8 (13 et 14) se fermera et restera auto-alimenté. Aucun groupe de résistances n'est éliminé, le voyant vert H2 de la ligne 8 (X0.4 et X0.7) s'allume, indiquant que le moteur a démarré à la plus petite vitesse. Au deuxième temps, comme le contacteur KM1 est enclenché, un cycle de temporisation de 3 secondes commence. Une fois le temps écoulé, le contact NO temporisé de KM1 de la ligne 10 se ferme, permettant à la bobine KM2 de la ligne 10 d'être alimentée, et les contacts de puissance de KM2 s'enclencheront. Le groupe de résistances R2 est éliminé, le voyant vert H2.1 de la ligne 11 (X0.31 et X0.34) s'allume, indiquant que le moteur tourne à une vitesse plus élevée. Au troisième temps, comme le contacteur KM2 est enclenché, un nouveau cycle de temporisation de 3 secondes démarre. Une fois le temps écoulé, le contact NO temporisé de KM2 de la ligne 13 se ferme, permettant à la bobine KM3 de la ligne 13 d'être alimentée, et les contacts de puissance de KM3 s'enclencheront. Le contact NC KM3 de la ligne 10 s'ouvre pour déconnecter la bobine KM2 de la ligne 10, les contacts de puissance de KM2 se déclenchent, le contact NO temporisé de KM2 de la ligne 13 s'ouvre, et le contact NO KM3 d'auto-maintien de la ligne 14 (13 et 14) se fermera et restera auto-alimenté. Les deux groupes de résistances sont éliminés, le voyant vert H2.2 de la ligne 14 s'allume, et le moteur tourne à pleine puissance.

3- Mise à l'arrêt du moteur : en appuyant sur le bouton poussoir S0 de la ligne 7 (X0.1 et X0.3), la bobine KM1 de la ligne 7 et la bobine KM3 de la ligne 13 sont mises hors tension, ce qui entraîne l'ouverture des contacts de puissance de KM1 et KM3. Cela entraîne l'ouverture du contact NO temporisé de KM2 de la ligne 13 et l'ouverture du contact NO KM1 d'auto-maintien de la ligne 8 (13 et 14). Aucun voyant n'est allumé, et le moteur s'arrêtera de tourner après un certain temps en fonction de sa charge.

4- En cas de court-circuit dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétothermique Q1 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact NO Q1 de la ligne 5 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 4 (31 et 32). Le voyant rouge H1 de la ligne 4 s'allume signalant un défaut. S'il y a un court-circuit durant le premier temps les contacts de puissance de KM1 déclencheront et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 7. S'il y a un court-circuit pendant le deuxième temps les contacts de puissance KM1 et KM2 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10. S'il y a un court-circuit durant le troisième temps les contacts de puissance de KM1 et KM3 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM3 de la ligne 7 et 13. La partie commande est mise hors tension et, pour redémarrer le moteur, il faut réenclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 et appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 7 (X0.1 et X0.2).

5- En cas de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrête de tourner après un certain temps, en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétothermique Q1 se déclenche et provoque l'ouverture du circuit de commande. Ceci est dû à l'ouverture du contact NO Q1 de la ligne 5 (43 et 44) et la fermeture du contact NC Q1 de la ligne 4 (31 et 32). Un voyant rouge H1 de la ligne 4 s'allume, indiquant un défaut. Si la surcharge est durant le premier temps les contacts de puissance de KM1 déclencheront et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 7. Si la surcharge est durant le deuxième temps les contacts de puissance KM1 et KM2 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10. Si la surcharge est

durant le troisième temps les contacts de puissance de KM1 et KM3 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM3 de la ligne 7 et 13. Pour reprendre le fonctionnement normal du moteur, il faut enclencher le disjoncteur magnétothermique Q1 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact NO Q1 de la ligne 5 et d'ouvrir son contact NC de la ligne 4. Enfin, il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2), pour redémarrer le moteur.

6- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur s'arrêtera après une certaine durée, en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur bipolaire Q3 de la ligne 13 se déclenche pour empêcher le courant de circuler dans la partie commande. Si le court-circuit ou la surcharge est durant le premier temps les contacts de puissance de KM1 déclencheront et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 7. Si la surcharge ou le court-circuit est durant le deuxième temps les contacts de puissance KM1 et KM2 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10. Si la surcharge ou le court-circuit est durant le troisième temps les contacts de puissance de KM1 et KM3 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM3 de la ligne 7 et 13. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Puisque le disjoncteur magnétothermique Q1 est toujours enclenché, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur.

7- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur s'arrêtera au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur bipolaire Q2 de la ligne 9 se déclenche pour empêcher le courant de circuler dans l'enroulement primaire du transformateur. Si le court-circuit se produit durant le premier temps les contacts de puissance de KM1 déclencheront et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 7. Si le court-circuit se produit durant le deuxième temps les contacts de puissance KM1 et KM2 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM2 de la ligne 7 et 10. Si le court-circuit se produit durant le troisième temps les contacts de puissance de KM1 et KM3 déclencheront et mise hors tension des bobines KM1 et KM3 de la ligne 7 et 13. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. Un appui sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 7 (X0.1 et X0.2) permet de redémarrer le moteur.

Démarrage d'un moteur Dahlander deux vitesses, solution 3 produits

El Yazami Yassine — cours : dessin-laboratoire — 08-06-2023

Liste du matériel

Composant	Référence	Nombre	Symbole
Disjoncteur magnétique	GV2LE05 — Catalogue de Schneider, A179	x1	Q1
Relais thermique	LRD06 — Catalogue de Schneider, A258	x1	F1
Relais thermique	LRD05 — Catalogue de Schneider, A258	x1	F2
Transformateur monophasé	ABL-6TS06B — Catalogue de Schneider, D184	x1	TR
Bloc additif	GVAN11 — Catalogue de Schneider, A181	x1	Q1
Contacteur inverseur	LC2D0987 — Catalogue de Schneider, A73	x1	KM1 et KM2
Contacteur moteur	LC1D0987 — Catalogue de Schneider, A73	x1	KM3
Voyants rouges	XB6 AV4BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H1 et H1.1
Voyants verts	XB6 AV3BB — Catalogue de Schneider, C13	x2	H2 et H2.1
Bouton poussoir (NO)	XB6 AA31B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S1
Bouton poussoir (NC)	XB6 AA42B — Catalogue de Schneider, C14	x1	S0
Bouton d'arrêt d'urgence	ZB6 AS834 — Catalogue de Schneider, C18	x1	AU
Disjoncteur bipolaire	GB2DB05 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q2
Disjoncteur unipolaire	GB2CB08 — Catalogue de Schneider, D183	x1	Q3

Choix du transformateur

La puissance apparente du transformateur choisi est de 63VA.

H1 = H2 = H2.1 = H2.2 = 5VA x 4 = 20VA Km1 = Km2 = Km3 = 21VA Ka1 = Ka2 = 16VA

S = 20 + 21 + 16 = 57VA, donc le transformateur choisi est adapté pour cette commande.

Choix du relais thermique F1

Le courant nominal du récepteur est de 1 A.

Le relais thermique F1 choisi peut être réglé de 1 A à 1,7A.

$$Ir = 1{,}1 \times In = 1{,}1 \times 1 = 1{,}1A$$

Le relais thermique F1 doit être réglé à 1,1A, donc ce relais thermique est adéquat.

Choix du relais thermique F2

Le courant nominal du récepteur est de 0,8 A.

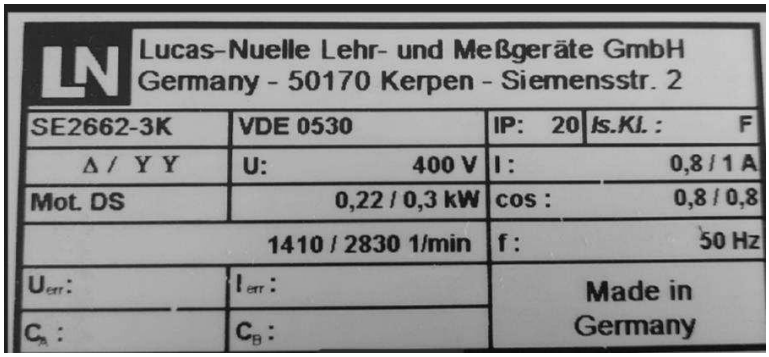
Le relais thermique F2 choisi peut être réglé de 0,63A à 1A.

$$Ir = 1,1 \times In = 0,8 \times 1,1 = 0,88\ A$$

Le relais thermique F2 doit être réglé à 0,88 A, donc ce relais thermique est adéquat.

Couplage du moteur asynchrone triphasé

Plaques signalétiques du moteur

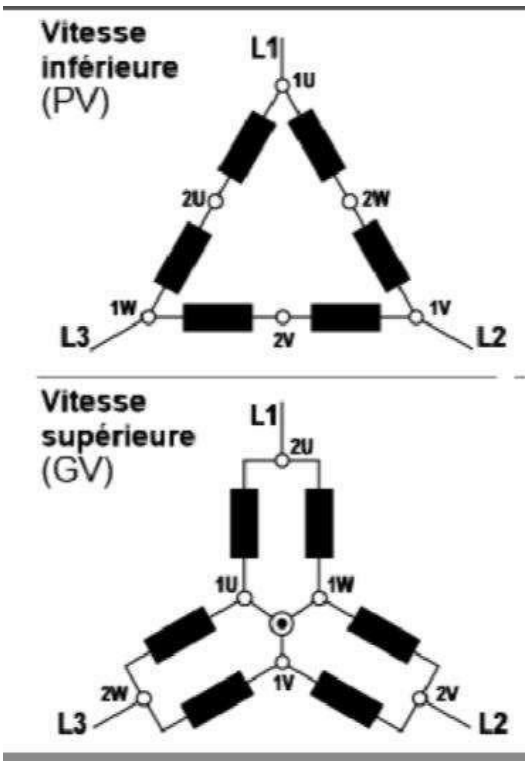


Explication du couplage Dahlander

Le couplage Dahlander est une méthode de couplage des bobines d'un moteur électrique triphasé qui permet de changer la vitesse de rotation. Le stator du moteur Dahlander possède 6 bobinages et 6 bornes d'alimentation, il est conçu pour tourner à deux vitesses : petite vitesse et grande vitesse, GV = 2 x PV. En petite vitesse les enroulements sont couplés en série ce qui permet de diviser la vitesse de rotation par deux (deux paires de pôles), alimentation uniquement en U1, V1 et W1. En grande vitesse les enroulements sont couplés en parallèle et donc ils constitueront un seul et même enroulement (une paire de pôle), alimentation en U2, V2 et W2 et point triangle en U1, V1 et W1. Pour obtenir deux vitesses différentes, il faut utiliser deux couplages différents. Le premier couplage permet d'obtenir une vitesse de rotation plus élevée, tandis que le second couplage permet d'obtenir une vitesse de rotation plus faible.

Explication du démarrage Dahlander deux vitesses (à faible charge)

Le démarrage Dahlander est utilisé pour permettre à un moteur de fonctionner à deux vitesses différentes en utilisant un seul enroulement statorique. Le démarrage Dahlander est utilisé dans les situations où une charge doit être démarrée à une vitesse réduite pour éviter les surtensions sur la charge avant de passer à une vitesse plus élevée une fois qu'elle est en mouvement. Les ventilateurs, les pompes et les compresseurs, ainsi que les machines-outils qui nécessitent des vitesses de coupe variables, utilisent tous ce type de démarrage. Il est également utilisé dans les moteurs électriques avec des charges variables, où il est nécessaire de changer la vitesse de rotation du moteur en fonction de la charge.



Petite vitesse : Ns = f × 60 / p = 50 × 60 / 2 = 1500 tr/min

Grande vitesse : Ns = f × 60 / p = 50 × 60 / 1 = 3000 tr/min

Fonctionnement

1- A l'arrêt : le disjoncteur magnétique Q1 et les disjoncteurs Q2 et Q3 de la ligne 3, 9 et 13 sont enclenchés, ce qui entraîne la fermeture du contact Q1 NO de la ligne 4 entre les bornes 43 et 44 et l'ouverture du contact Q1 NC de la ligne 3 entre les bornes 31 et 32. La tension est appliquée dans la partie commande, mais aucun voyant n'est allumé. Par conséquent, le moteur est prêt à démarrer.

2- Mise en fonctionnement du moteur : pour démarrer le moteur en petite vitesse, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 NO de la ligne 8 (X0.1 et X0.2). Cela activera la bobine Ka1 de la ligne 8 (A1 et A2), qui ferme le contact NO Ka1 de la ligne 10 (03 et 04). Cela permet à la bobine Km1 de la ligne 10 (A1 et A2) d'être alimentée et aux contacts de puissance Km1 de s'enclencher. Le contact NO Km1 d'auto-maintien de la ligne 11 (13 et 14) se ferme et reste auto-alimenté. Ainsi les contacts de sécurité NC Km1 et Ka1 de la ligne 12 (21 et 22) s'ouvrent afin d'empêcher l'alimentation des bobines Km2 et Km3 de la ligne 12 et 13 (A1 et A2), le contact NO Ka1 de la ligne 14 (13 et 14) se ferme, ce qui permet au voyant H2 de la ligne 14 (X0.4 et X0.7) de s'allumer, signalant que le moteur a démarré à petite vitesse. Pour passer à la grande vitesse, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1.1 NO de la ligne 9 (X0.36 et X0.37). Cela activera la bobine Ka2 de la ligne 9 (A1 et A2), le contact NO Ka2 de la ligne 12 (13 et 14) se ferme ce qui permet aux bobines Km2 et Km3 de la ligne 12 et 13 (A1 et A2) d'être alimentées, ce qui enclenche leurs contacts de puissance Km2 et Km3, le contact NO Km2 d'auto-maintien de la ligne 13 (13 et 14) se ferme et reste auto-alimenté. Ainsi les contacts NC de sécurité Km2 et Ka2 de la ligne 10 (21 et 22) s'ouvrent afin d'empêcher l'alimentation de la bobine Km1 de la ligne 10 (A1 et A2), le contact NO Km3 de la ligne 16 (13 et 14) se ferme, permettant au voyant H2.1 de la ligne 16 (X0.31 et X0.34) de s'allumer, signalant que le moteur démarre en grande vitesse.

3- Mise à l'arrêt du moteur : en appuyant sur le bouton poussoir S0 de la ligne 8 (X0.1 et X0.3) ou en appuyant sur le bouton arrêt d'urgence coup de poing, le contact NC de la ligne 7 (X0.17 et X0.22) s'ouvre désalimentant le circuit de commande et le contact NO de la ligne 2 (X0.16 et X0.23) se ferme, ce qui permet d'allumer le voyant rouge H1 de la ligne 2 (X0.5 et X0.6), signalant que le circuit est hors tension. En petite vitesse les contacts de puissance de Km1 se déclenchent, ainsi la bobine Km1 de la ligne 10 (A1 et A2) est mise hors tension en raison de l'ouverture du contact à fermeture Km1 d'auto-maintien de la ligne 11 (13 et 14). En

grande vitesse les contacts de puissance Km2 et Km3 se déclenchent, ainsi les bobines Km2 et Km3 de la ligne 12 et 13 (A1 et A2), sont mises hors tension en raison de l'ouverture du contact à fermeture Km2 d'auto-maintien de la ligne 13 (13 et 14). Le moteur s'arrêtera de tourner après un certain temps en fonction de sa charge.

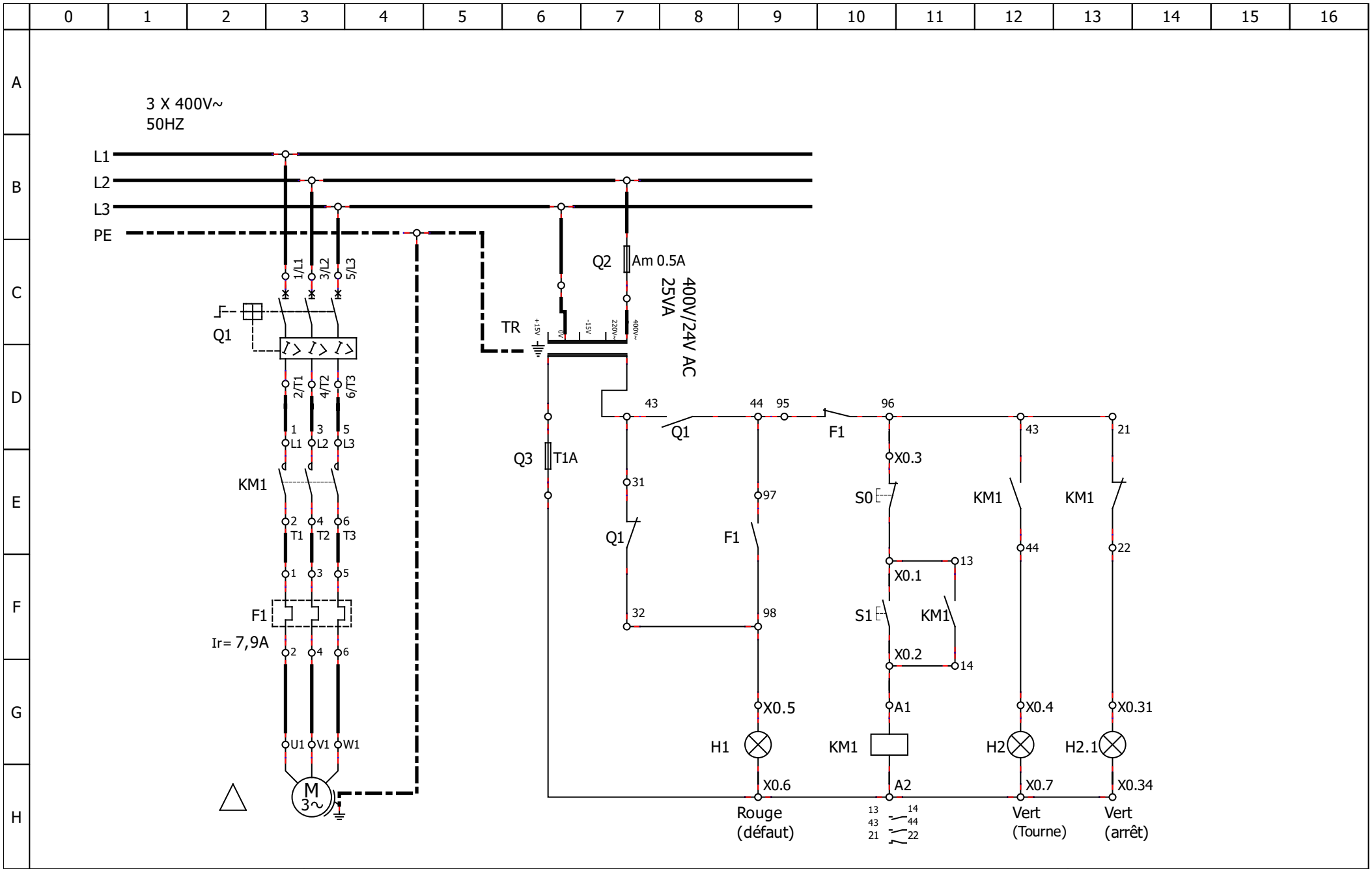
4- En cas de court-circuit dans la puissance : le moteur s'arrête au bout d'un certain temps en fonction de la charge qu'il supporte. Le disjoncteur magnétique Q1 se déclenche ce qui entraine l'ouverture de son contact NO Q1 de la ligne 4 (43 et 44) et la fermeture de son contact NC Q1 de la ligne 3 (31 et 32). Le voyant rouge H1 de la ligne 3 s'allume signalant un défaut. S'il y a un court-circuit lorsque le moteur tourne en petite vitesse les contacts de puissance de KM1 se déclenchent, et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 10. S'il y a un court-circuit lorsque le moteur tourne en grande vitesse, les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent et mise hors tension des bobines KM2 et KM3 de la ligne 12 et 13. La partie commande est mise hors tension et, pour redémarrer le moteur, il faut réenclencher le disjoncteur magnétique Q1 et appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 8 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur en petite vitesse, ou pour redémarrer le moteur en grande vitesse il faut appuyer sur le bouton poussoir S1.1 de la ligne 9 (X0.36 et X0.37).

5- En cas de surcharge dans la puissance : le moteur s'arrêtera après une certaine durée, en fonction de la charge qu'il supporte. Le relais thermique F1 ou F2 se déclenche et provoque l'ouverture du circuit de commande, qui est due à l'ouverture du contact NC F1 ou F2 de la ligne 3 ou 5 (95 et 96), et la fermeture du contact NO F1 ou F2 de la ligne 5 ou 6 (97 et 98). Un voyant rouge H1.1 de la ligne 2 (X0.32 et X0.33) s'allume, pour signaler un défaut. Si la surcharge se produit lorsque le moteur tourne en petite vitesse les contacts de puissance KM1 se déclenchent et la bobine Km1 de la ligne 10 est mise hors tension. Si la surcharge se produit lorsque le moteur tourne en grande vitesse les contacts de puissance KM2 et KM3 se déclenchent et les bobines KM2 et KM3 de la ligne 12 et 13, sont mises hors tension. Pour reprendre le fonctionnement normal du moteur, il faut enclencher le relais thermique F1 ou F2 après avoir attendu le refroidissement des bilames, puis le réarmer manuellement. Cela aura pour effet de fermer son contact F1 ou F2 NC de la ligne 3 ou 5 et d'ouvrir son contact NO de la ligne 5 ou 6. Enfin, il faut appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 8 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur en petite vitesse, ou pour redémarrer le moteur en grande vitesse un appui sur le bouton poussoir S1.1 de la ligne 9 (X0.36 et X0.37) fera redémarrer le moteur en grande vitesse.

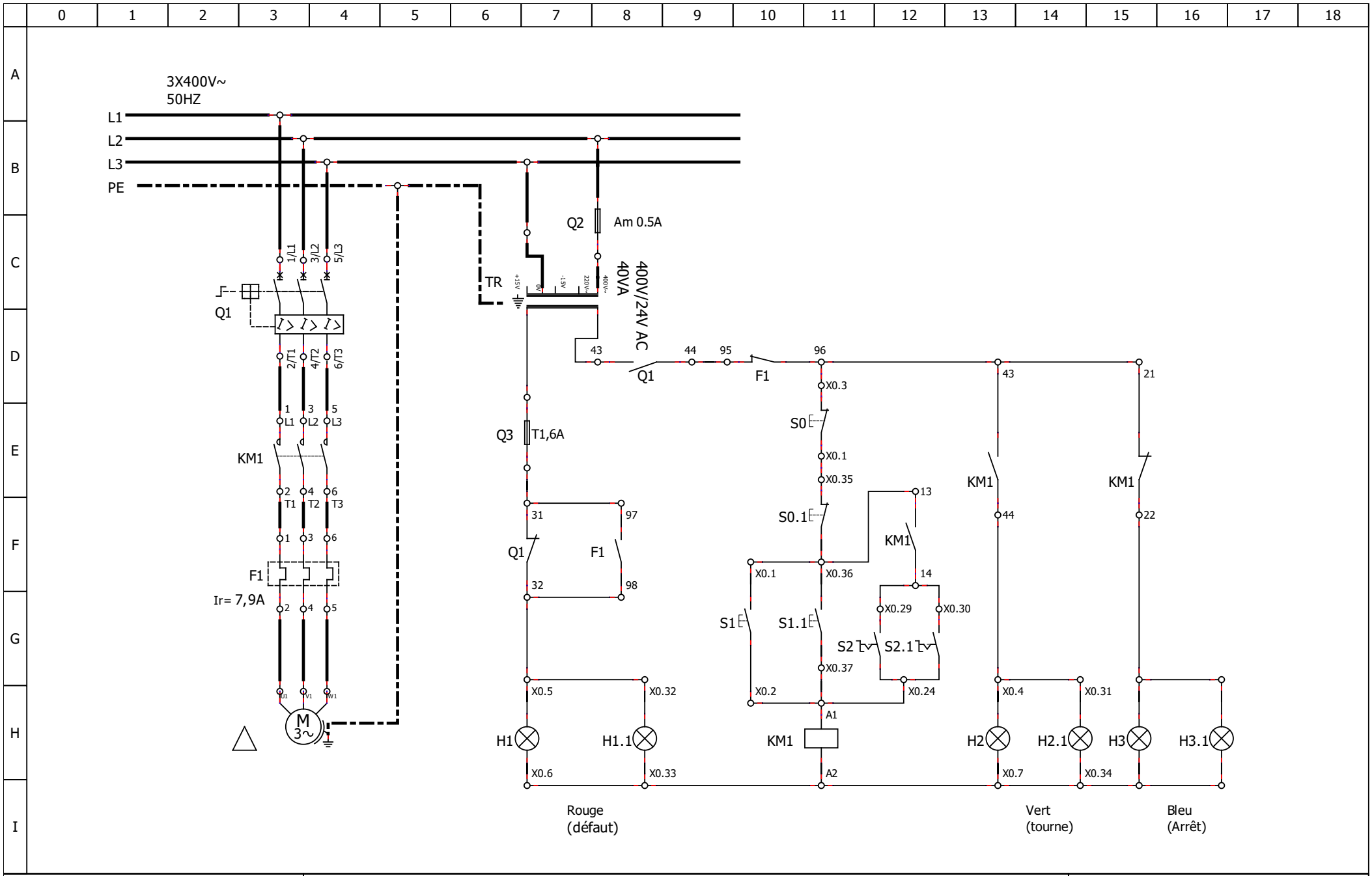
6- En cas de surcharge ou un court-circuit dans la commande : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q3 de la ligne 13 se déclenche pour empêcher le courant de circuler dans la partie commande. Si le court-circuit ou la surcharge est présent lorsque le moteur tourne en petite vitesse les contacts de puissance de KM1 déclencheront et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 10. Si la surcharge ou le court-circuit est présent lorsque le moteur tourne en grande vitesse, les contacts de puissance KM2 et KM3 déclencheront et mise hors tension des bobines KM2 et KM3 de la ligne 12 et 13. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q3. Puisque le disjoncteur magnétique Q1 est toujours enclenché et Q2 également, il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 8 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur en petite vitesse, ou pour redémarrer le moteur en grande vitesse un appui sur le bouton poussoir S1.1 de la ligne 9 (X0.36 et X0.37) fera redémarrer le moteur en grande vitesse.

7- Si l'enroulement primaire du transformateur subit une surcharge ou un court-circuit : le moteur est à l'arrêt. Le disjoncteur bipolaire Q2 de la ligne 9 se déclenche pour empêcher le courant de circuler dans l'enroulement primaire du transformateur. Si le court-circuit ou la surcharge est présent lorsque le moteur tourne en petite vitesse, les contacts de puissance de KM1 déclencheront et mise hors tension de la bobine KM1 de la ligne 10. Si le court-circuit ou la surcharge se produit lorsque le moteur tourne en grande vitesse, les contacts de puissance KM2 et KM3 déclencheront et mise hors tension des bobines KM2 et KM3 de la ligne 12 et 13. Pour rétablir le fonctionnement normal du moteur, il suffit de réenclencher le disjoncteur bipolaire Q2. Les disjoncteurs Q1 et Q3 sont toujours enclenchés. Il suffirait d'appuyer sur le bouton poussoir S1 de la ligne 8 (X0.1 et X0.2) pour redémarrer le moteur en petite vitesse, ou pour redémarrer le moteur en grande vitesse il faut appuyer sur le bouton poussoir S1.1 de la ligne 9 (X0.36 et X0.37) qui fera redémarrer le moteur en grande vitesse.

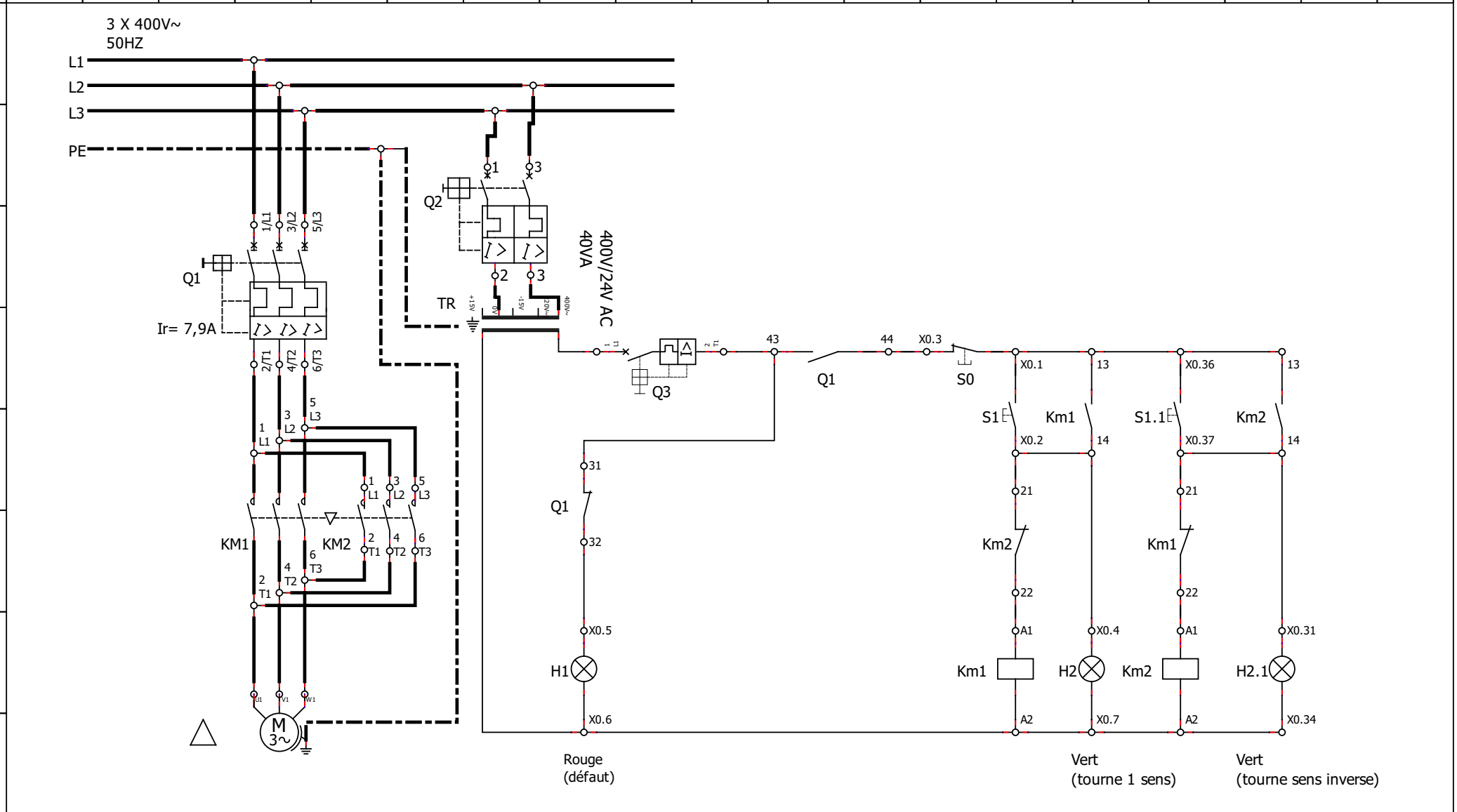
Annexes



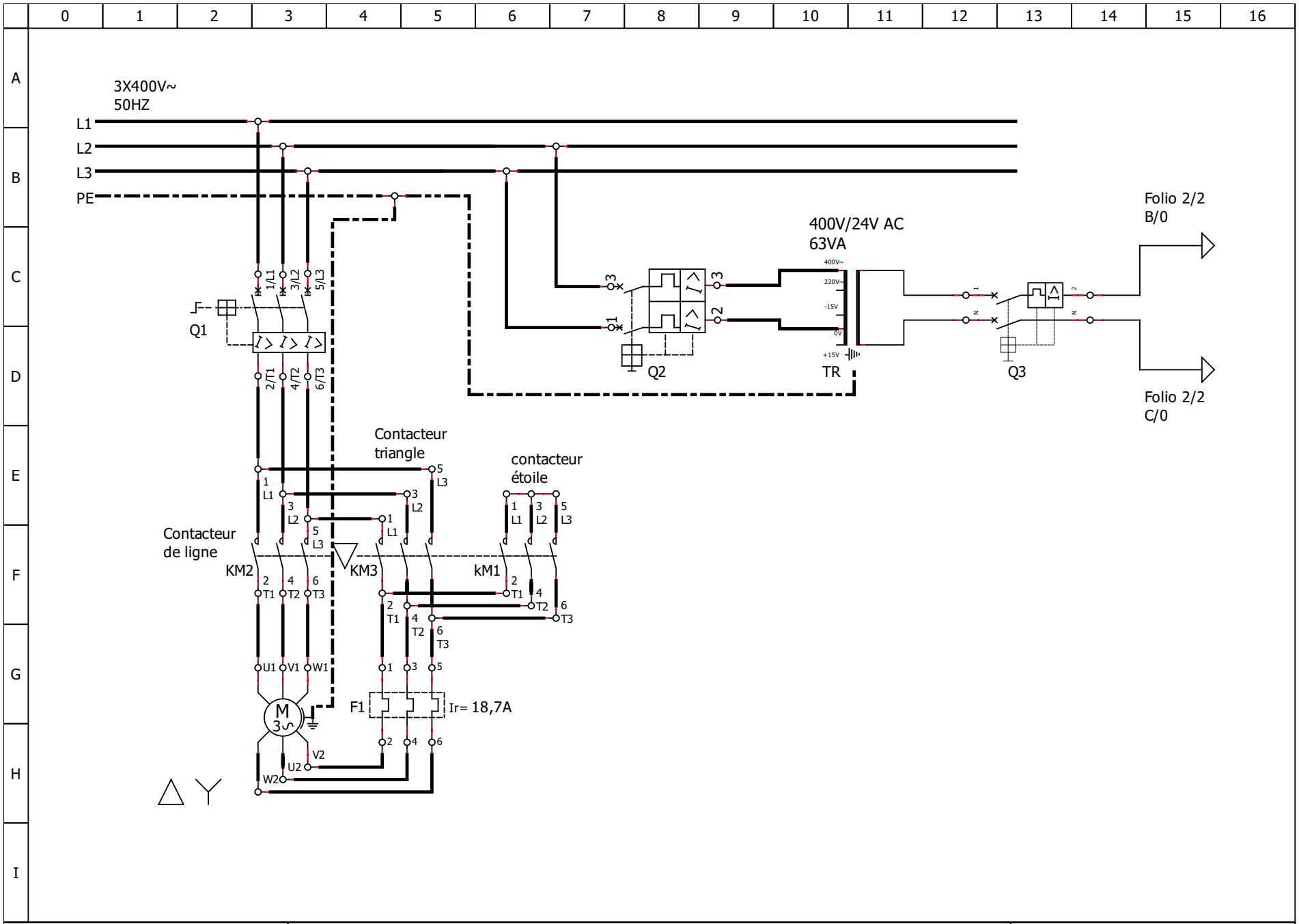
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage direct un sens de rotation un poste priorité à l'arrêt, solution 3 produits	Fichier :
Date : 07-03-23		Folio : 1/1



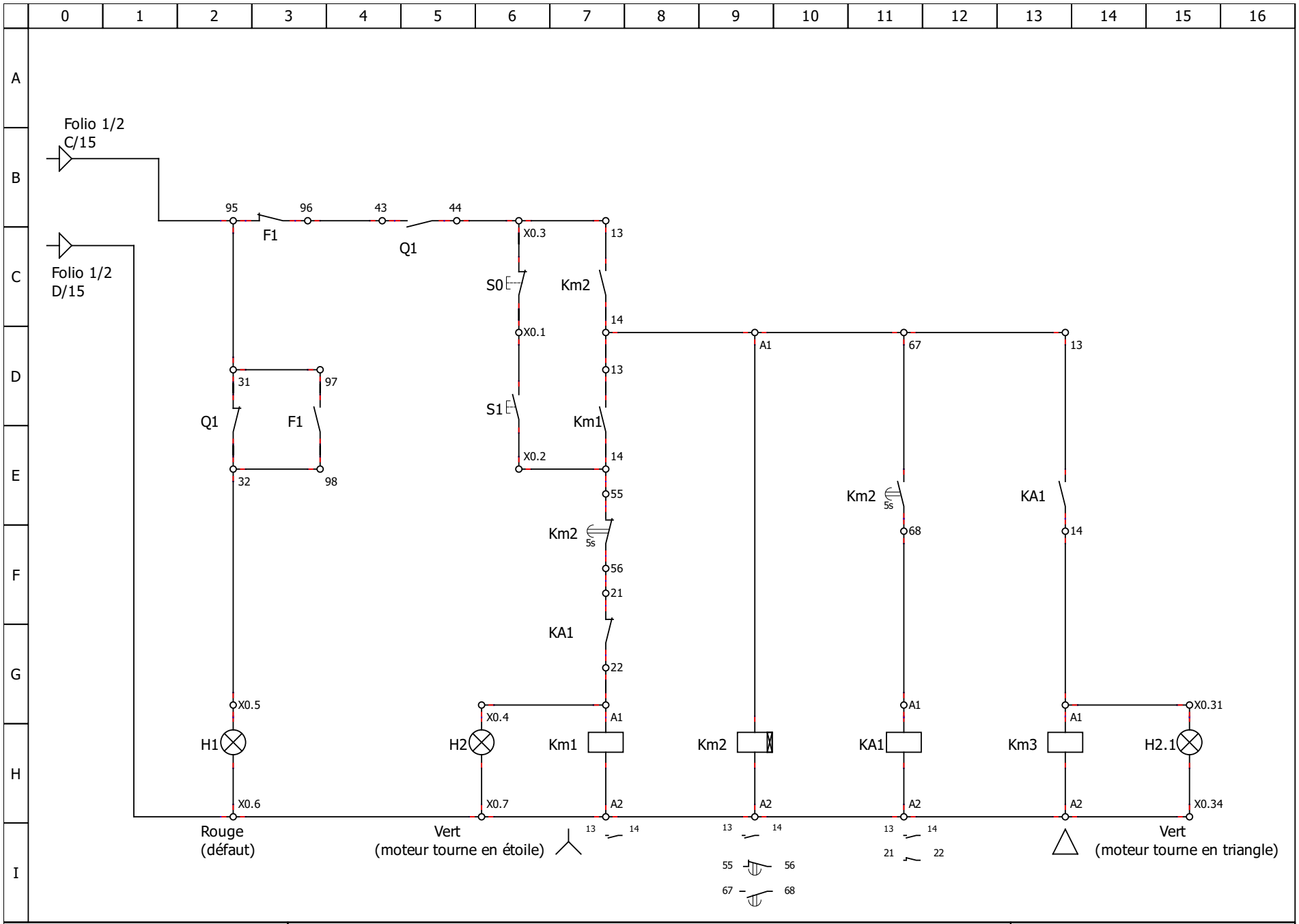
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage direct un sens de rotation normal ou à à-coups deux postes, solution 3 produits	Fichier :
Date : 07-03-23		Folio : 1/1



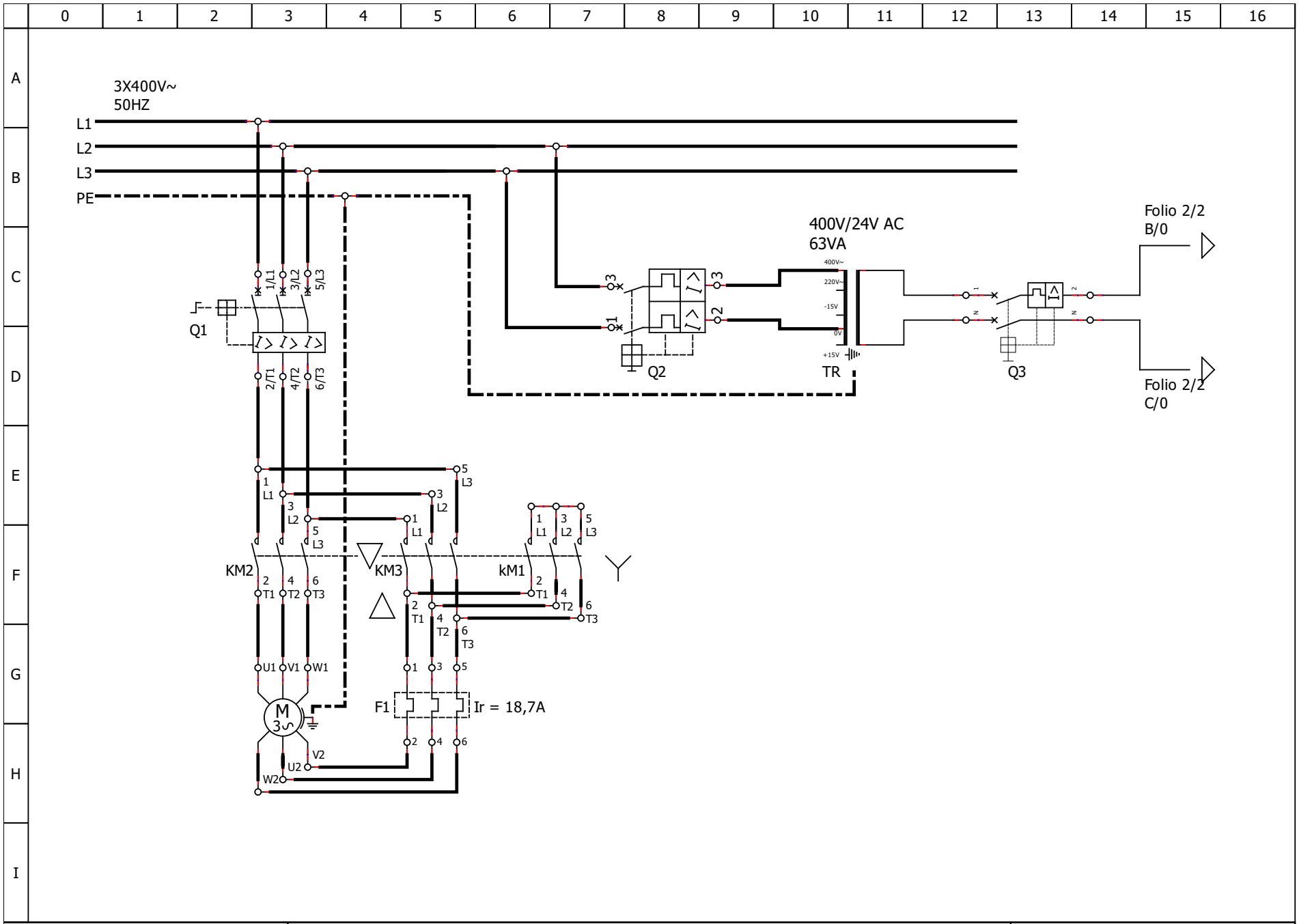
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage direct deux sens de rotation, solution 2 produits	Fichier :
Date : 07-03-23		Folio : 1/1



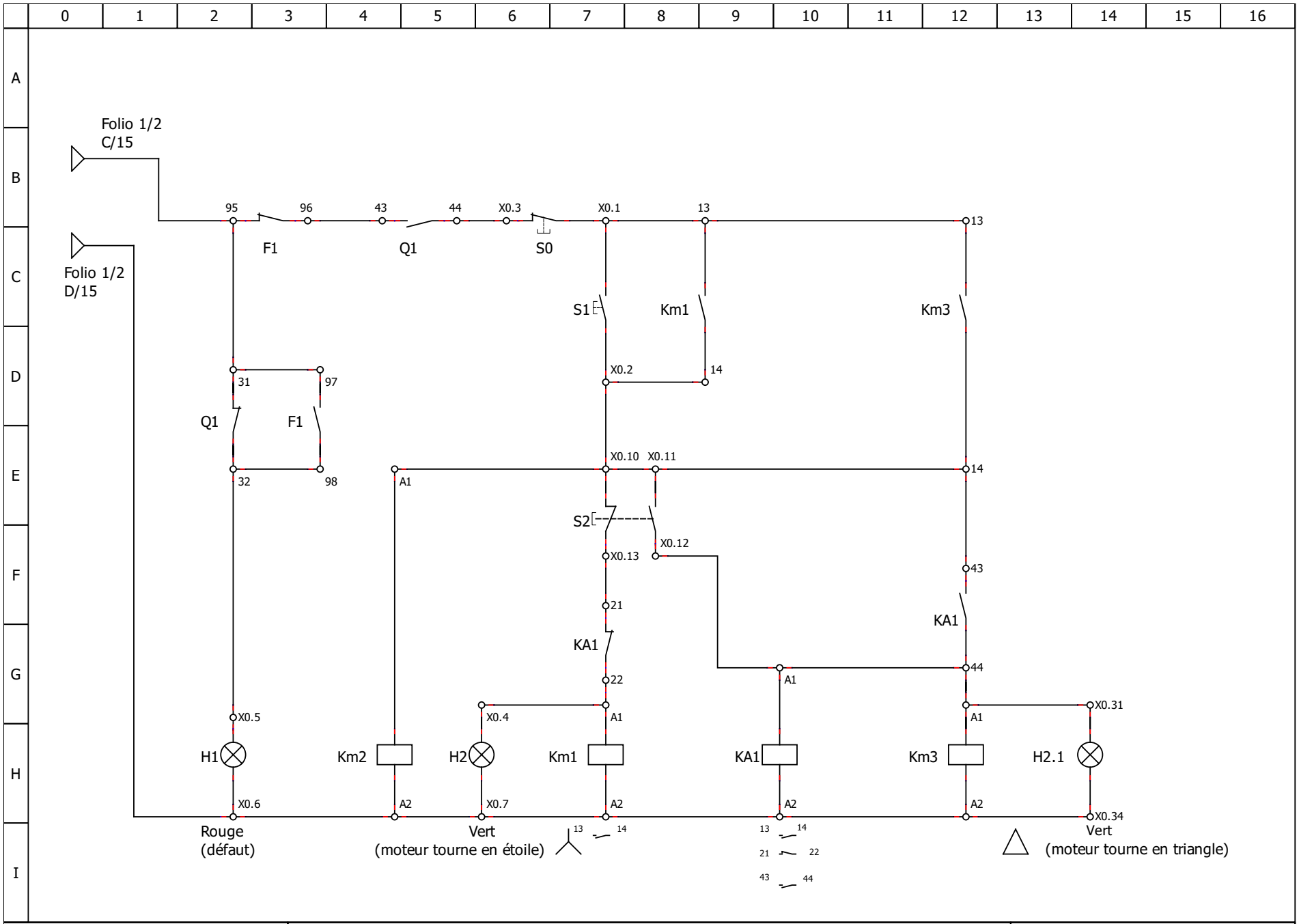
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage étoile-triangle automatique, solution 3 produits	Fichier :
Date : 04-04-23		Folio : 1/2



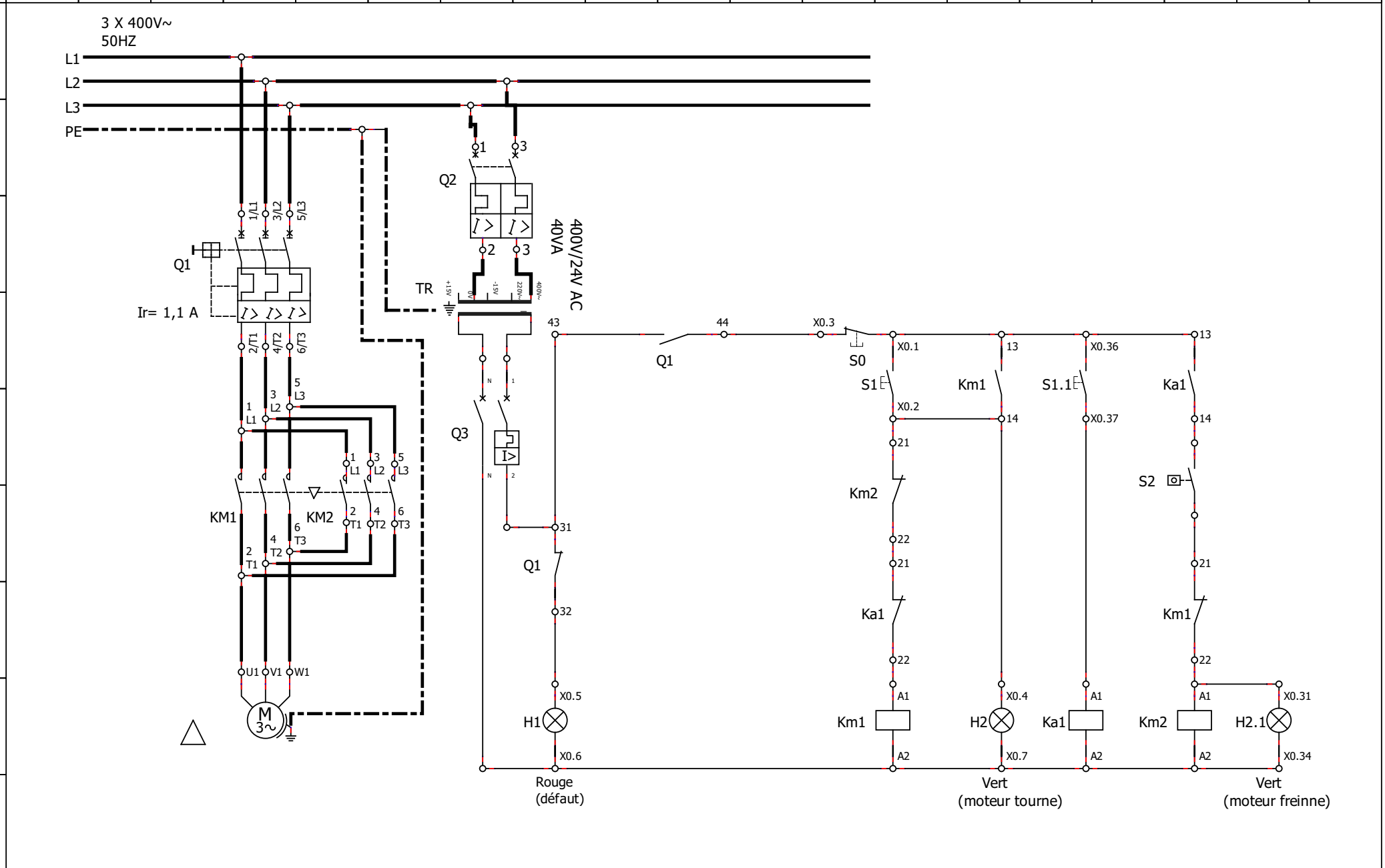
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage étoile-triangle automatique, solution 3 produits	Fichier :
Date : 04-04-23		Folio : 2/2



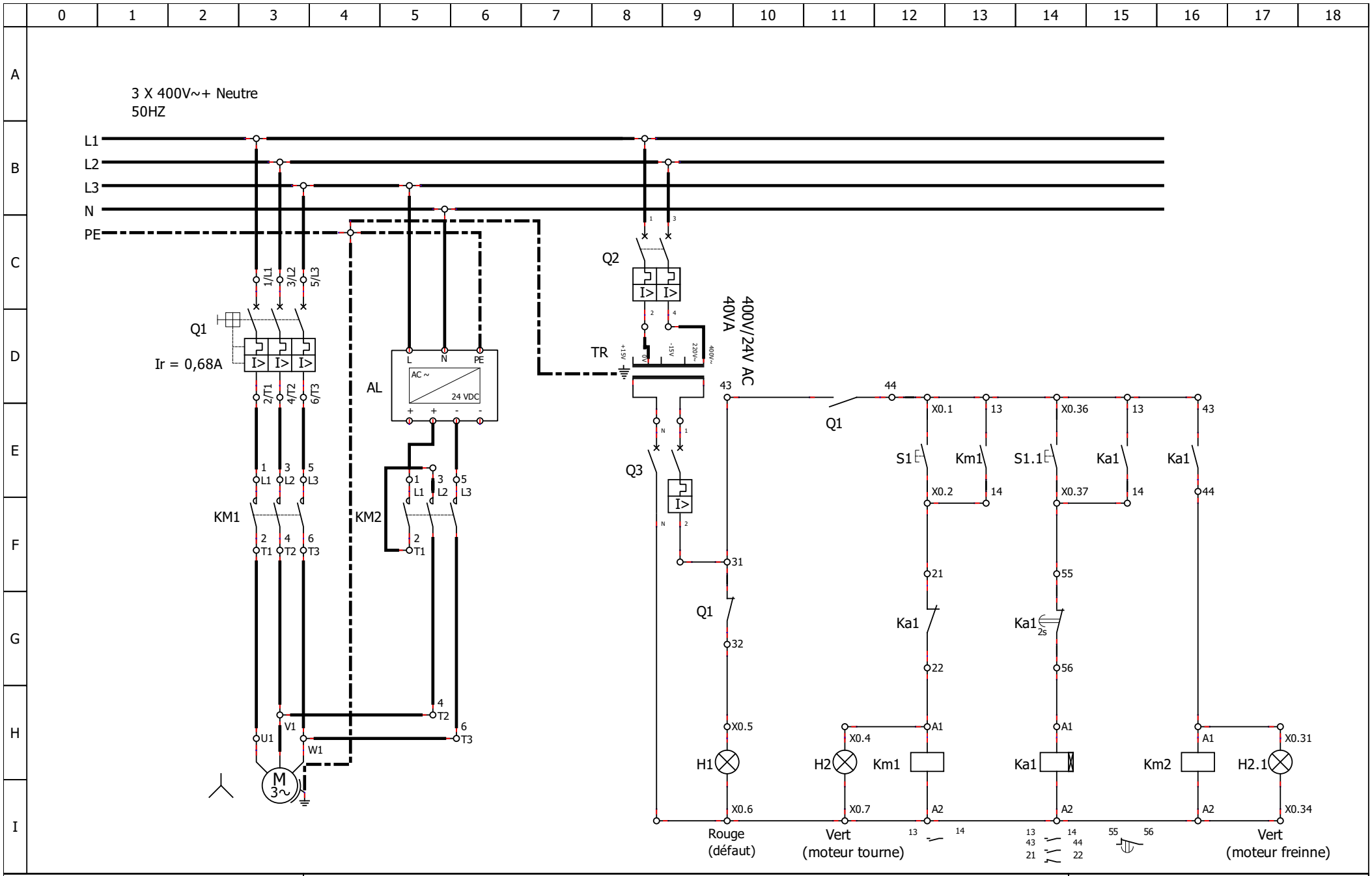
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage étoile-triangle manuel, solution 3 produits	Fichier :
Date : 11-04-23		Folio : 1/2



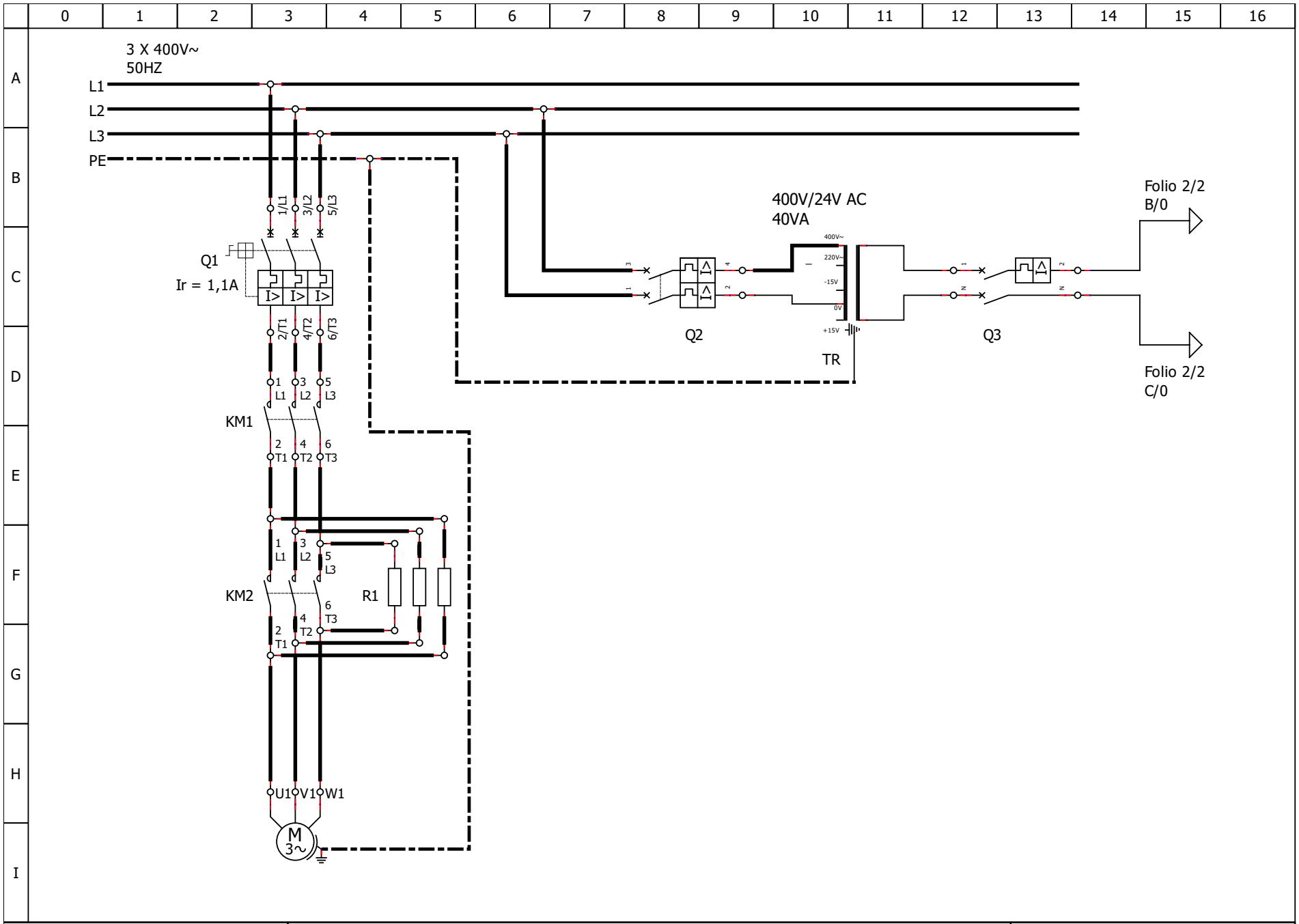
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage étoile-triangle manuel, solution 3 produits	Fichier :
Date : 11-04-23		Folio : 2/2



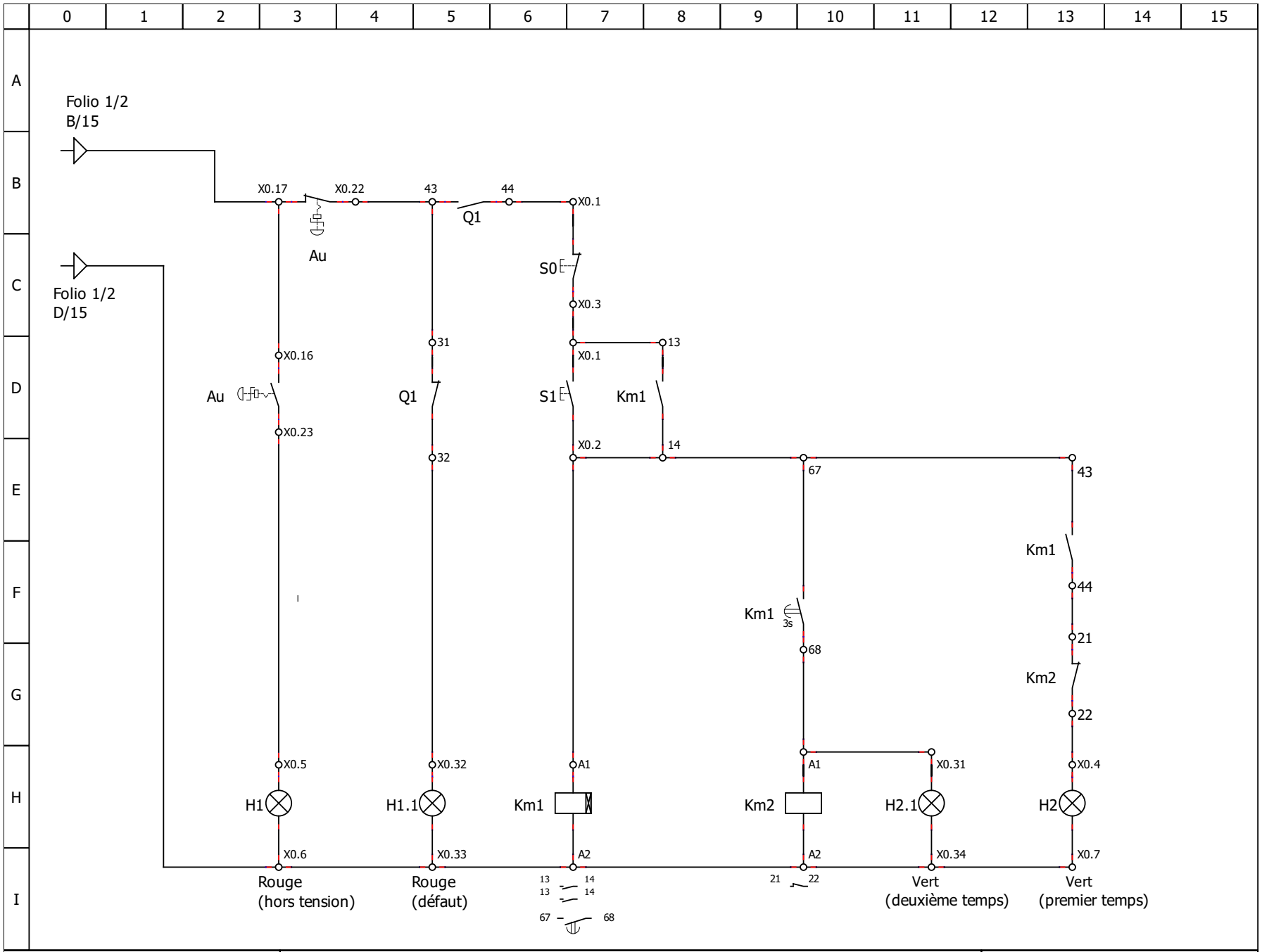
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage direct un sens de rotation et freinage par contre-courant, solution 2 produits	Fichier :
Date : 25-05-23		Folio : 1/1



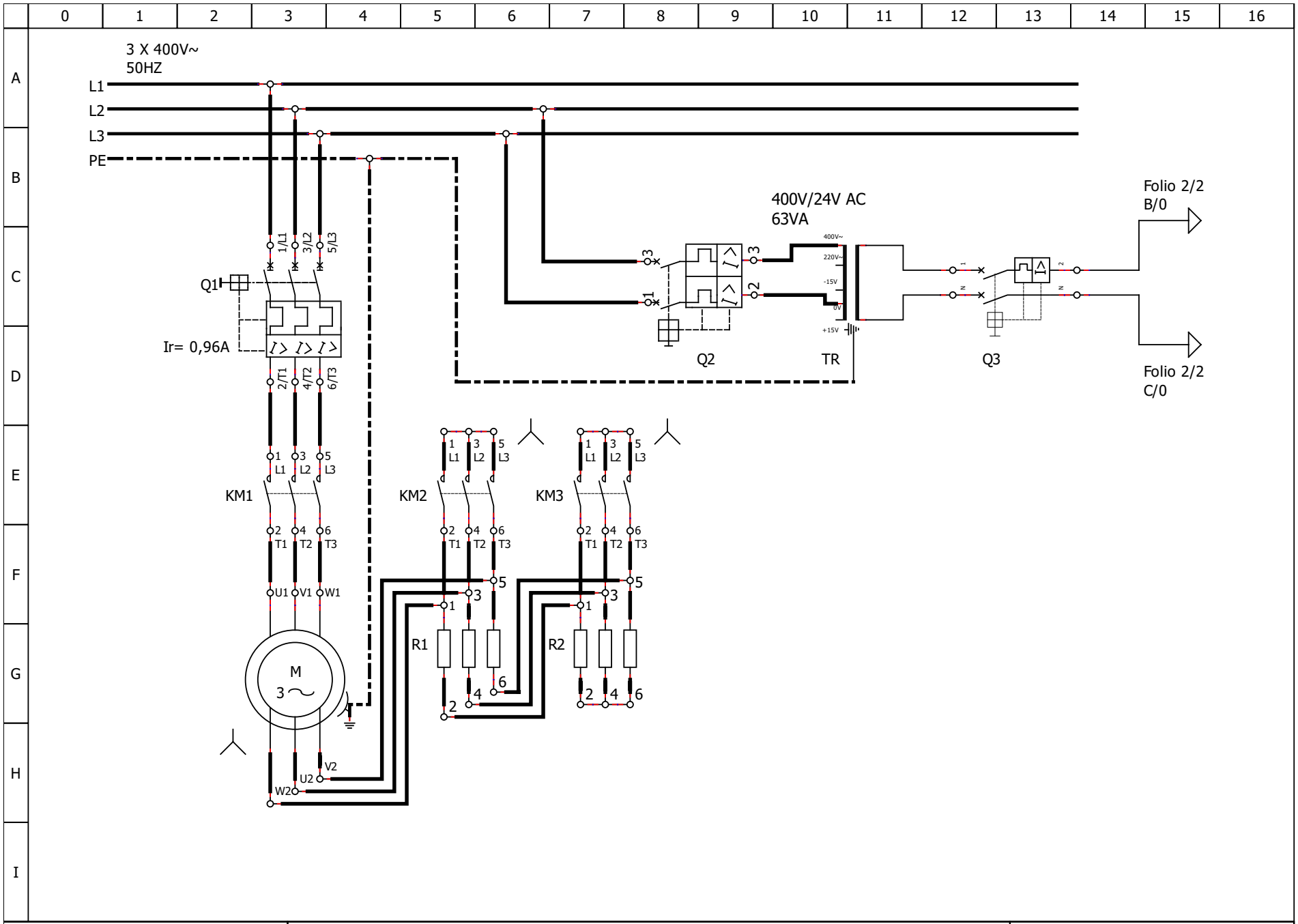
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage direct un sens de rotation et freinage par injection de courant continu, solution 2 produits	Fichier :
Date : 07-06-23		Folio : 1/1



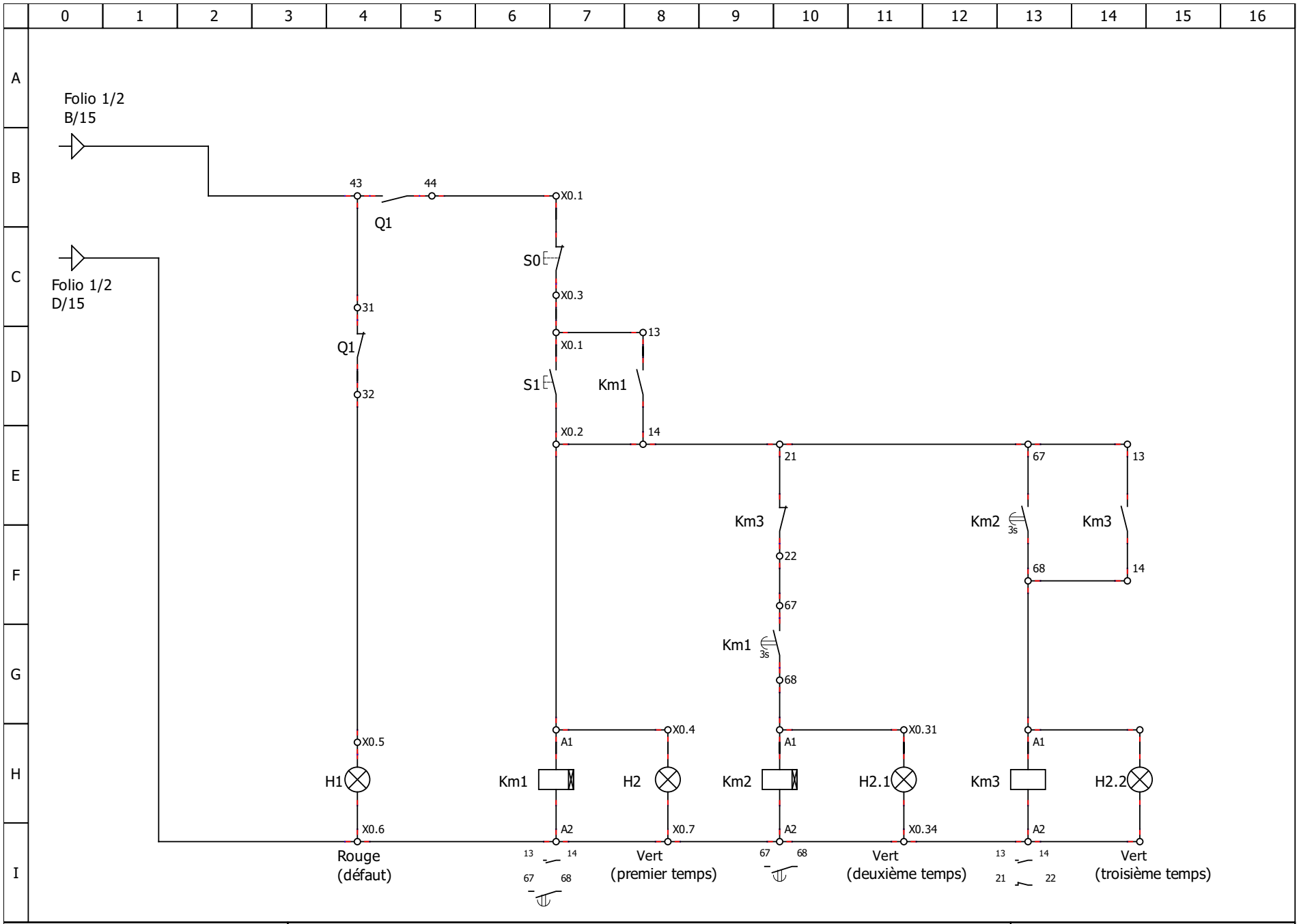
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage par élimination de résistances statotoriques deux temps, solution 2 produits	Fichier :
Date : 08-06-23		Folio : 1/2



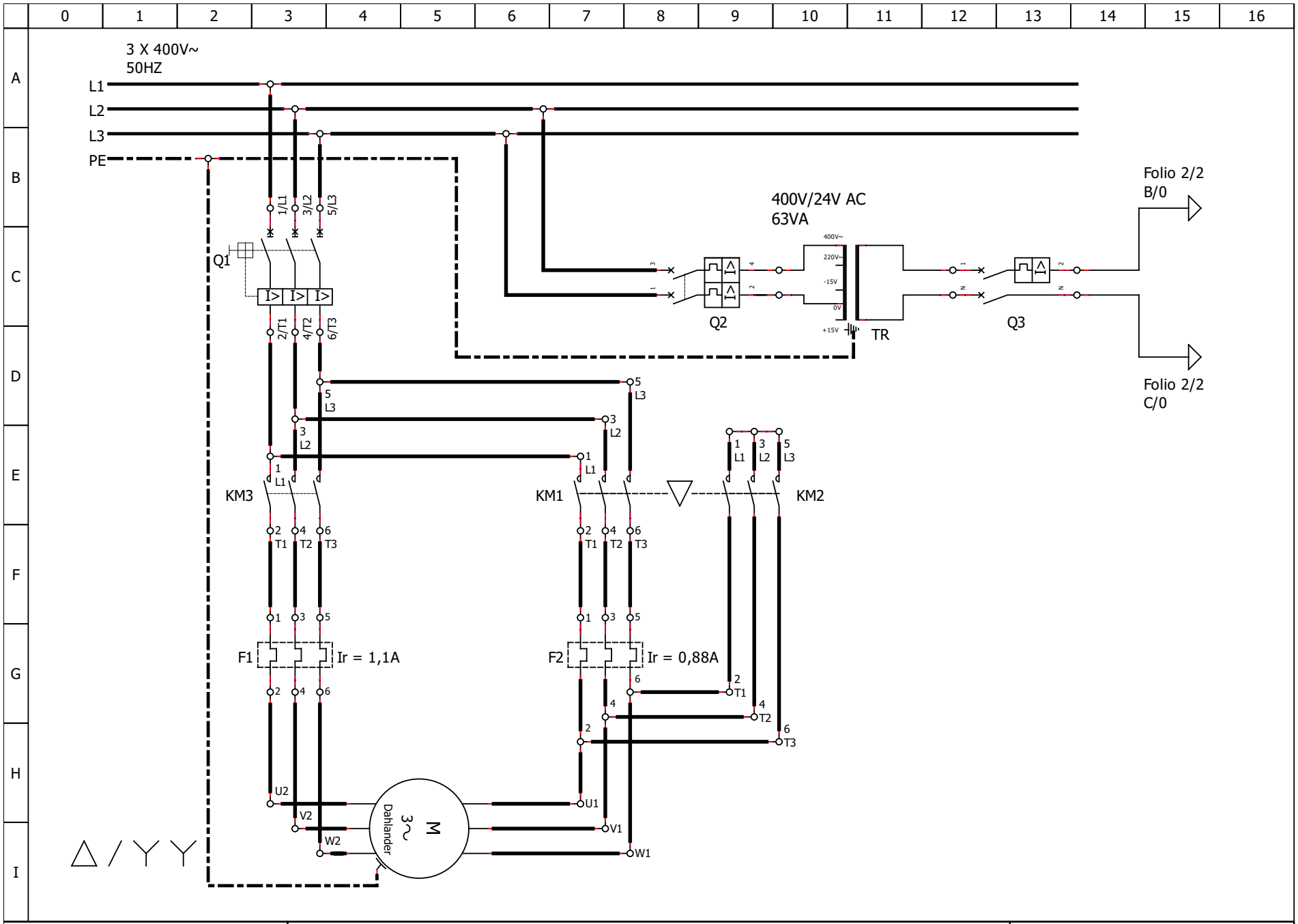
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage par élimination de résistances statoriques deux temps, solution 2 produits.	Fichier :
Date : 07-06-23		Folio : 2/2



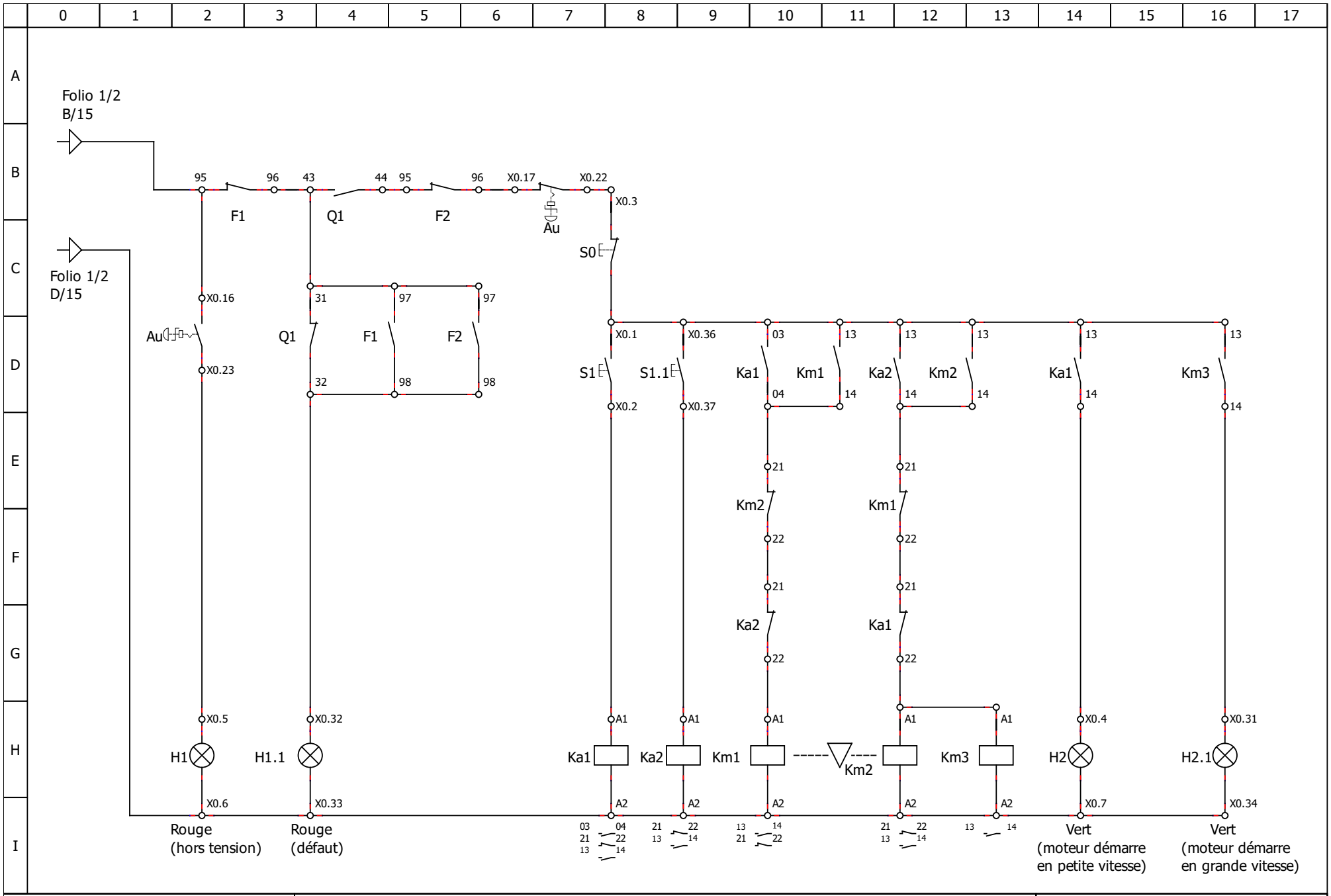
Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps (moteur à rotor bobiné), solution 2 produits	Fichier :
Date : 16-05-23		Folio : 1/2



Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage par élimination de résistances rotoriques trois temps (moteur à rotor bobiné), solution 2 produits.	Fichier :
Date : 16-05-23		Folio : 2/2



Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage d'un moteur Dahlander deux vitesses, solution 3 produits	Fichier :
Date : 08-06-23		Folio : 1/2



Auteur : El Yazami Yassine	Démarrage d'un moteur Dahlander deux vitesses, solution 3 produits.	Fichier :
Date : 08-06-23		Folio : 2/2