

LES APPAREILS DE L'ELECTROTECHNIQUE

1. Présentation

L'électrotechnique met en œuvre des puissances, des tensions, des courants de valeurs parfois très importantes. L'appareillage doit donc être capable d'accepter les fortes contraintes imposées.

2. Les contraintes

Les principales contraintes sont :

- La tenue aux fortes intensités
- La tenue aux tensions¹
- La tenue au vieillissement

3. Ordres de grandeurs

Au lycée nous utilisons des puissances de quelques kW, avec une tension de 380 V et des courants d'environ 5 A. Les centrales électriques fournissent des centaines de MW avec des tensions de plusieurs milliers de volts. Le transport de l'énergie électrique se fait sous des tensions de près de 1 million de volts.

4. Les fonctions de l'appareillage

- L'établissement et la coupure du courant
- La protection contre les courts-circuits
- La protection contre les surintensités
- La mise hors tension
- La sécurité des personnes

5. L'établissement et la coupure du courant

C'est l'équivalent de l'interrupteur domestique. Cet appareil doit être capable de fermer ou d'ouvrir un circuit électrique, il subit les contraintes suivantes :

L'arc à l'ouverture : l'arc est un flot d'électrons qui traverse l'air. Il est très chaud et très destructeur. Il faut le couper au plus vite.

Assurer l'isolation lorsque les contacts sont ouverts : ceux-ci doivent être suffisamment écartés pour que l'air forme un isolant robuste. Dans certains cas on utilise un milieu encore plus isolant que l'air.

La commande² doit pouvoir se faire à distance et avec une faible puissance mise en jeu.

Cet appareil est appelé le **contacteur**. Il est constitué :

- D'un circuit magnétique portant une bobine
- De plusieurs contacts principaux, ils constituent l'équivalent de l'interrupteur ci-dessus
- De plusieurs contacts auxiliaires

Le contacteur supporte l'arc électrique d'ouverture, on dit qu'il possède un **pouvoir de coupure**.

Le choix d'un contacteur se fait en fonction du nombre de manœuvres qu'il doit réaliser par jour, du type de récepteur qu'il commande.

6. La protection contre les courts-circuits

Un court-circuit est un contact direct et non voulu entre les deux pôles d'un générateur. Le court-circuit est dangereux parce qu'il provoque la circulation d'un courant d'intensité très élevée. Ce courant peut provoquer la destruction des conducteurs et des appareils, l'échauffement pouvant aller jusqu'à l'incendie. Il peut même y avoir des projections de métal en fusion. C'est grave. Parfois il peut même y avoir des déformations à cause des efforts électrodynamiques. Les efforts électrodynamiques sont des forces créées par l'interaction de deux courants voisins. Ces forces peuvent être considérables.

¹ Voir annexes

² C'est à dire l'ouverture et la fermeture de l'interrupteur équivalent.

6.1. Le fusible

Il faut donc interrompre le plus rapidement possible le circuit en défaut. Pour cela, on crée un **point faible** qui va céder dès que l'intensité atteint une valeur dangereuse.

Cet appareil porte le nom de **fusible**. Dans ce cas il y a destruction voulue de l'appareil de protection. Le fusible doit être changé à chaque fois qu'il a joué son rôle, c'est une contrainte car cela nécessite une intervention humaine. Par contre le fusible présente un avantage : le circuit de protection est toujours neuf puisqu'il est remplacé après chaque intervention.

Le choix du fusible se fait principalement en fonction de l'intensité nominale du circuit à aval. Il faut choisir le calibre du fusible au plus près de cette intensité (tout en étant supérieure).

Il existe deux sortes de fusibles selon que le circuit aval comporte un moteur ou non. En effet un moteur absorbe un courant important, pendant un bref instant, au moment du démarrage. Le fusible doit supporter cette pointe de courant. On utilise un fusible dit d'accompagnement moteur (il porte la désignation aM)

6.2. Le disjoncteur

On utilise également un **disjoncteur**. Cet appareil est avantageux car il n'est pas détruit par le court-circuit.

Le disjoncteur fonctionne selon deux principes complémentaires

- Un effet thermique
- Un effet magnétique.

Le disjoncteur comporte un contact électrique maintenu en position fermée par un dispositif mécanique d'accrochage. La libération de l'accrochage est provoquée par des organes sensibles aux effets thermiques et magnétiques.

L'effet magnétique induit un comportement semblable à celui du fusible. C'est-à-dire une réaction rapide. Il réalise une protection contre les courts-circuits.

L'effet thermique sera décrit ci-dessous.

7. La protection contre les surintensités

Une surintensité est une valeur de courant un peu plus élevée que la normale. Elle devient dangereuse si elle dure. Un récepteur traversé par un courant s'échauffe. Si l'intensité est normale, la température atteint une valeur normale. En cas de surintensité, la température monte lentement et atteint, au bout d'un certain temps, une valeur dangereuse.

Le danger est la fusion des isolants, il y a destruction de l'appareillage. On peut arriver à des courts-circuits.

Il existe plusieurs solutions :

La mise en place d'un capteur de température dans l'appareil. Cette technique est employée sur les grosses machines³.

La création d'une image thermique. On réalise un appareil qui s'échauffe de la même manière que l'appareil à protéger. Un détecteur indique que la température est trop élevée, un contact électrique s'ouvre alors et coupe l'alimentation. Cet appareil porte le nom de **relais thermique**. Bien sûr cette image thermique est imparfaite mais elle est suffisante pour protéger l'appareillage.

8. La mise hors tension : le sectionneur

Il ne **possède pas de pouvoir de coupure**. C'est une sorte d'interrupteur à ouverture visible. Son rôle est essentiel dans la protection des travailleurs. Il doit pouvoir être verrouillé en position ouverte afin d'éviter des remises sous tension intempestives.

Étant donné que le sectionneur ne possède pas de pouvoir de coupure, il ne doit pas servir à ouvrir un circuit en fonctionnement. Il est équipé d'un contact à ouverture anticipée qui est inséré dans le circuit de commande des contacteurs. Lorsqu'on ouvre le sectionneur, le contact à ouverture anticipée s'ouvre avant les contacts principaux et les contacteurs réalisent l'ouverture du circuit des récepteurs.

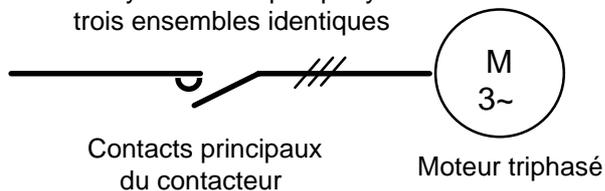
³ Nous n'étudierons pas cette solution.

9. Organisation générale d'un schéma électrotechnique

Nous allons utiliser une forme simplifiée de schéma. Vous pourrez remarquer que les schémas sont incomplets, vous aurez à les compléter.

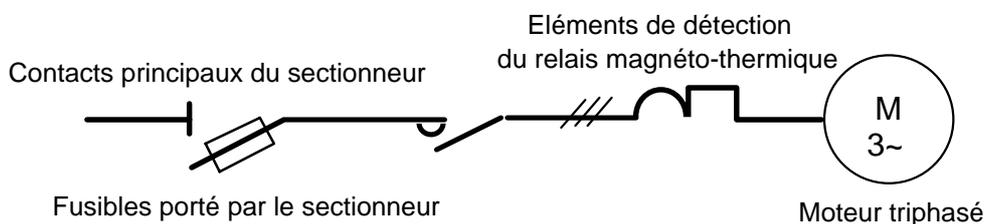
9.1. La fonction de base : l'établissement et la coupure du courant

Le symbole indique qu'il y a trois ensembles identiques



Circuit de puissance limité à la fonction de base

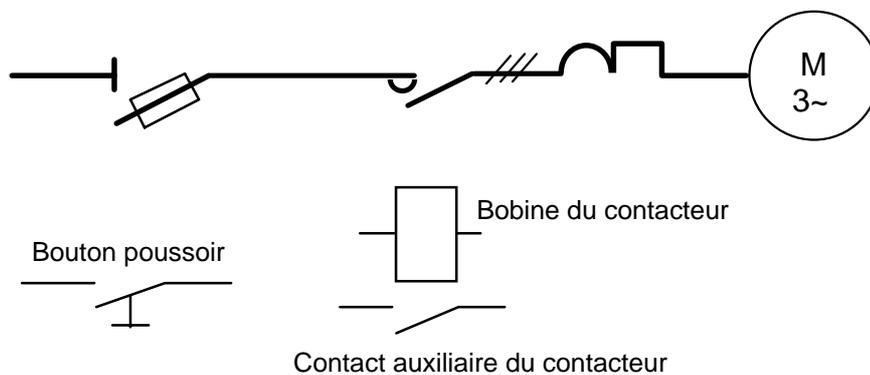
9.2. Les fonctions de protection



Circuit de puissance avec la fonction de protection

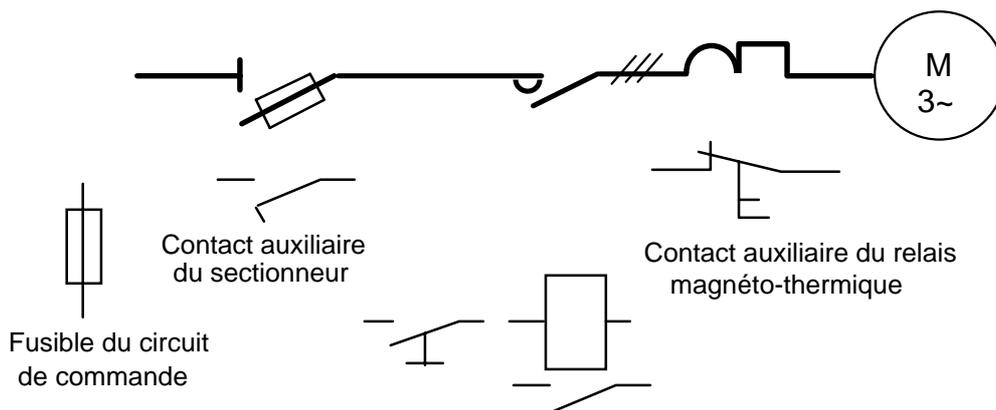
9.3. Le circuit de commande : fonction principale

Nous avons vu que le contacteur est commandé à distance grâce à la présence d'une bobine. Le circuit de commande est donc celui qui alimente la bobine du contacteur.



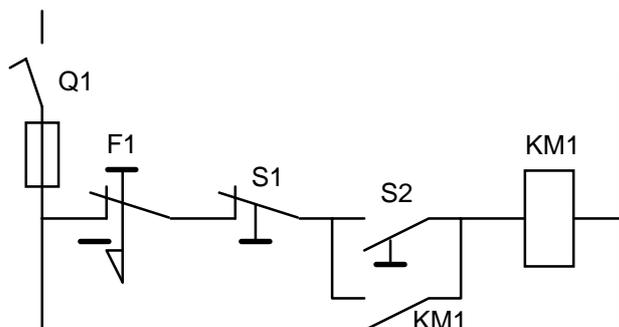
Circuit de commande limité à la fonction principale

10. La fonction de protection du circuit de commande



10.1. Circuit de commande complet

Il s'agit de commander un moteur triphasé à un seul sens de rotation. Le schéma de puissance est celui de la figure précédente.



les repères sont normalisés
 S pour les boutons poussoirs
 KM pour les contacteurs principaux
 KA pour les contacteurs auxiliaires
 Q pour un sectionneur
 F pour les protections de courant

Ce schéma sert de base à de nombreux autres, il faut donc le connaître parfaitement.

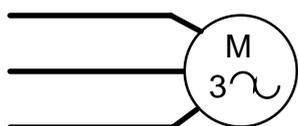
La bobine du contacteur KM1 est alimentée lorsque S2 est actionné, tous les contacts de KM1 sont attirés et, en particulier le contact auxiliaire KM1. Le bouton poussoir S2 est maintenant court-circuité, l'alimentation de la bobine se fait par le contact auxiliaire même si S2 est ouvert. On dit qu'il y a auto-maintien du contacteur. L'arrêt se fait par S1.

La protection du circuit de commande est réalisée par un fusible.

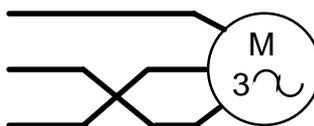
La protection du circuit de puissance est assurée par Q1 et par F1 qui sont des contacts auxiliaires respectifs du sectionneur et du relais thermique. Ces deux appareils sont placés dans le circuit de puissance.

11. Commande d'un moteur triphasé dans l'un ou l'autre sens de rotation

L'inversion du sens de rotation d'un moteur triphasé est facile, il suffit de permuter deux des trois conducteurs d'alimentation du moteur. Le principe est illustré par la figure ci-dessous.

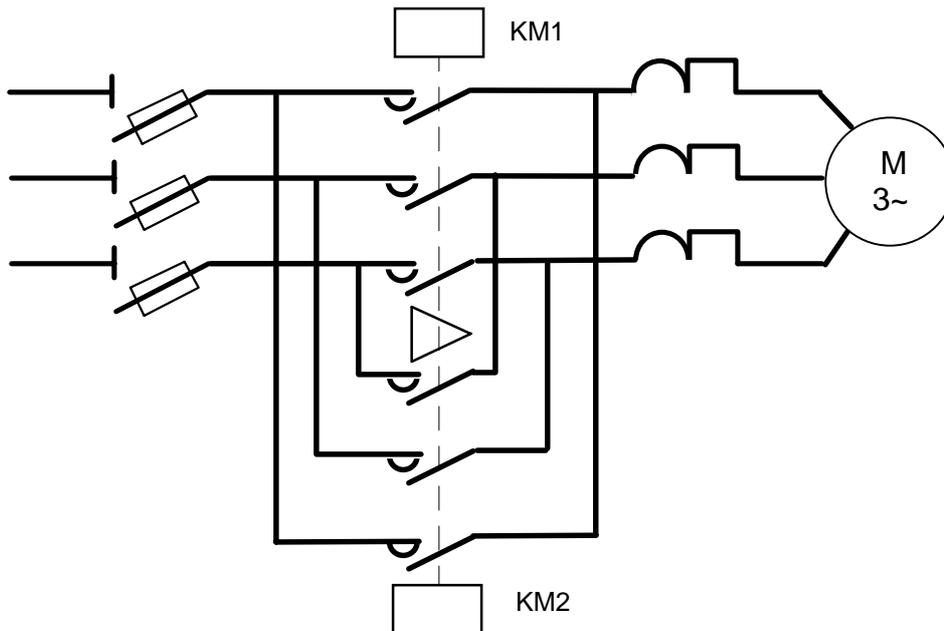


Un sens de rotation



L'autre sens de rotation

Schéma du circuit de puissance.

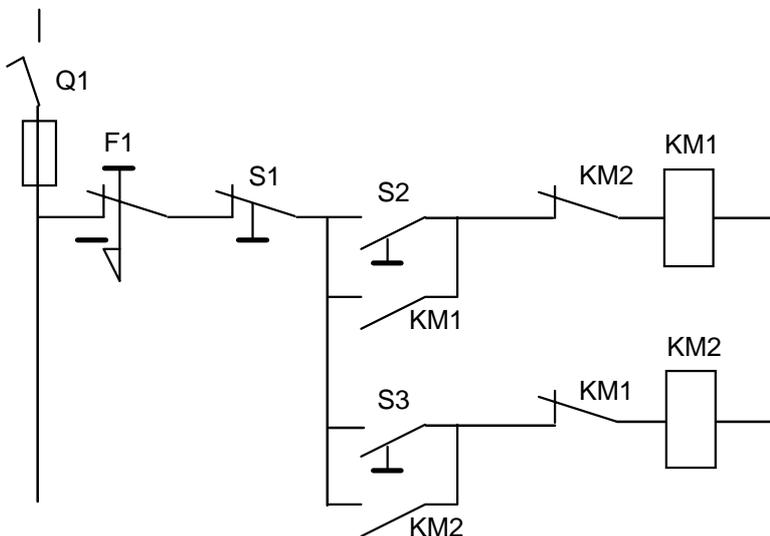


le contacteur KM1 permet la rotation dans un sens, et KM2 la rotation dans l'autre sens.

Vous pouvez voir que si, par accident ou maladresse, les deux contacteurs sont fermés simultanément, il se produit un court-circuit. Pour prévenir cette éventualité, il existe deux techniques : le verrouillage électrique et le verrouillage mécanique.

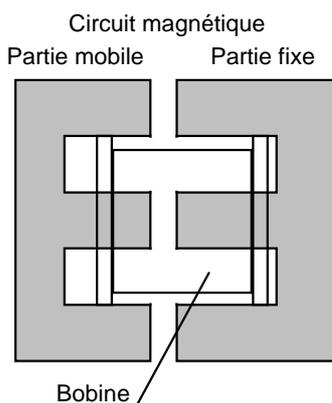
Le verrouillage mécanique est un bloc à insérer entre les deux contacteurs. Il s'agit d'une pièce articulée en son milieu, solidaire des parties mobiles. Le verrouillage mécanique est représenté par un triangle entre les contacts principaux.

Le verrouillage électrique est illustré par le schéma de commande ci-dessous. Vous remarquerez que l'on hésite pas à doubler les protections.



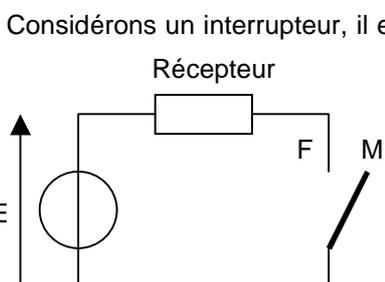
on reconnaît le schéma classique de l'auto-maintien vu au paragraphe précédent. Le verrouillage est constitué par les deux contacts à ouverture KM1 et KM2, lorsque la bobine KM1 est alimentée, le contact KM1 en série avec KM2 s'ouvre empêchant l'alimentation de la bobine KM2. Plusieurs variantes sont possibles mais le principe reste le même.

12. Annexe 1 : Le magnétisme du contacteur



La bobine est représentée en transparence. Lorsqu'elle est traversée par un courant elle se comporte comme un aimant. Grâce au circuit magnétique, l'énergie de cet aimant est canalisée. La partie mobile est attirée par la partie fixe. Il suffit de d'attacher des contacts électriques à cette partie pour réaliser une sorte d'interrupteur commandé électriquement. C'est le principe du contacteur.

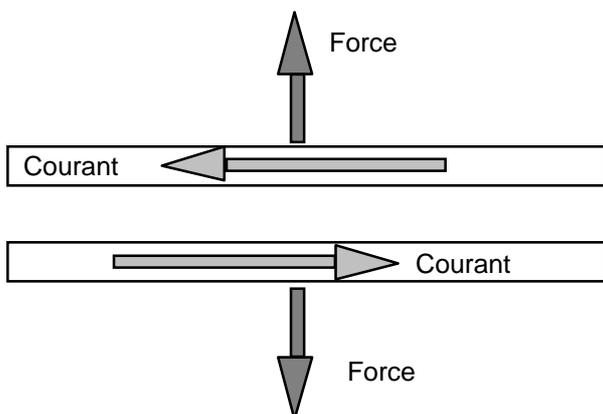
13. Annexe 2 : la tenue en tension



Considérons un interrupteur, il est composé d'une partie fixe et d'une partie mobile. Lorsque l'interrupteur est ouvert, la partie fixe F et la partie mobile M présentent une différence de potentiel de E . Or, la tension est capable de projeter des électrons à travers un isolant si la tenue en tension est insuffisante. Il y a naissance d'un arc, c'est grave. La distance entre F et M doit être assez grande pour que l'air présente une résistance suffisante. La tension disruptive de l'air sec est de 20 kV/cm environ.

14. Annexe 3 : la tenue en courant

Lors d'un court-circuit, l'intensité des courants est très importante. Apparaissent alors des phénomènes spectaculaires dus à l'interaction de ces forts courants, ce sont **les effets électrodynamiques**. Ces effets se caractérisent par des forces importantes qui peuvent déformer ou détruire le matériel. Voyons cela sur un schéma.



Deux conducteurs parallèles sont traversés par des courants de sens opposé. Les forces tendent à écarter les conducteurs. Il faut que les fixations soient solides. Lorsque les courants sont de même sens, les forces tendent à rapprocher les conducteurs.

14.1. La commande marche-arrêt

Le contacteur présente l'avantage de pouvoir être commandé par une tension inférieure à la tension principale. Vous avez remarqué, lors des premières manipulations, que le contacteur ne restait enfoncé que si le bouton poussoir était actionné. C'est un sérieux inconvénient. On pourrait utiliser un interrupteur à la place du bouton poussoir. Cette solution n'est pas judicieuse pour des raisons de sécurité.

La commande marche-arrêt d'un contacteur reproduit le fonctionnement d'un interrupteur sans en avoir les inconvénients.