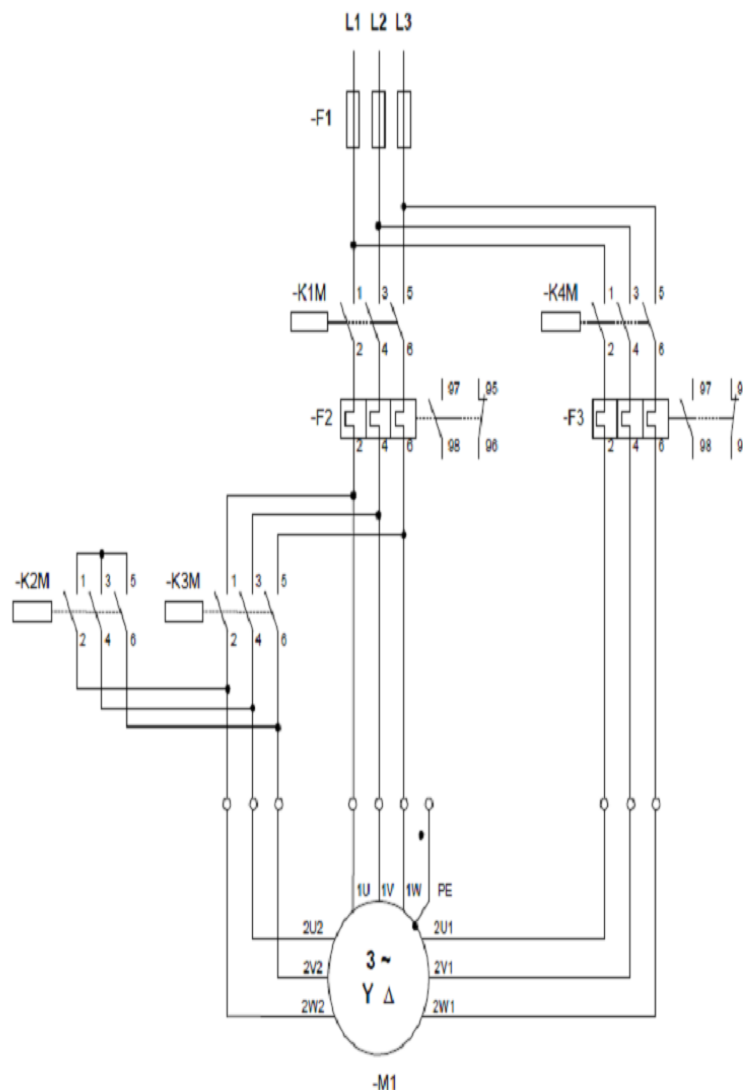


Cours Schémas et Appareillages Electriques 3ème Année : Electromécanique Electrotechnique



Elaboré par Dr : BELKHIRI SALAH

SOMMAIRE

AVANT – PROPOS.....	01
Introduction.....	02
I. Généralités sur l'appareillage.....	02
I.1. Phénomènes de contacts électriques	03
I.1.1 Définition.....	03
I.1.2 Types et caractéristiques.....	04
II. Phénomènes liés aux courants et à la tension.....	05
II.1 Surintensités	05
II.1.1 Surintensités passagères	05
II.1.2 Surintensités anormales.....	05
II.1.2.1 Surcharges	05
II.1.2.2 Courts - circuits	06
II.2 Surtensions	07
1. Effet de l'arc sur les contacts	08
2. Les efforts électrodynamiques	08
3. Claquage électrique	08
4. Ionisation des gaz.....	08
5. Rigidité diélectrique (gradient de potentiel)	09
6. Isolation électrique.....	09
III. Phénomènes d'interruption du courant électrique.....	10
III.1. Introduction	10
III. 2. Définition	10
III. 3. Naissance d'un arc électrique.....	10

III.3.1 Dans l'air	10
III.3.2 Dans l'huile	11
III.4. Propriétés de l'arc	11
III.4.1 Tension d'arc	11
III.4.2 Energie de l'arc	12
III.4.3 Section de l'arc.....	12
III.4.4 Longueur d'arc.....	12
III.4.5 Mobilité de l'arc	13
III.4.6 Volume de l'arc	13
III.4.7 Milieux de coupure de l'arc.....	13
III.4.8 Danger de l'arc.....	15
III.5 Principe de coupure de l'arc	15
III.6 Condition d'extinction de l'arc	16
III.6.1 Coupure de l'arc par blocage.....	16
III.6.2 Coupure de l'arc par extinction.....	16
III.7 Tension de rétablissement de l'arc (U_R)	17
III.8 Différentes techniques de coupure de l'arc	17
III.8.1 Coupure dans l'air	17
III.8.2 Coupure dans l'huile	18
III.8.3 Coupure dans le SF6	18
III.8.4 Coupure dans le vide	18
III.9 Les avantages et les inconvénients de l'arc	19
III.9.1 Les avantages.....	19
III.9.2 Les inconvénients.....	19

IV. Appareillages électriques.....	20
Introduction	20
IV.1 Appareillages de connexions	20
Contacts électriques	20
Bornes de connexion	21
Prises de courants	21
Le sectionneur	22
IV.2 Appareillages de commande et d'interruption	25
Les interrupteurs	25
Les commutateurs	27
Les boutons poussoirs	28
Les contacteurs	29
a. Contacteur de puissance	29
b. Contacteur de commande (relais d'automatisme séparé)	36
V. Appareillages de protection.....	37
Les fusibles	38
Les Relais de protection	45
a. Relais thermique.....	45
b. Relais Magnétique	51
c. Relais Magnétothermiques	53
Les discontacteurs	54
Les disjoncteurs	55
Différents types des disjoncteurs	61
a- Disjoncteur thermique	61
b- Disjoncteur magnétique	62
c- Disjoncteur magnétothermique	63
d- Disjoncteur différentiel	67

VI. Elaboration des schémas électriques	71
Classification des schémas électriques	73
1- Classification selon le nombre de conducteurs	73
2- Classification selon l'emplacement des symboles.....	74
3- Classification selon représentation topographique.....	76
Détermination pratique de la section minimale des conducteurs.....	82
Travaux pratiques	84
1- Installations électriques domestiques (circuits d'éclairage).....	84
a- Montage simple allumage	84
b- Montage double allumage	86
c- Montage va- et- vient	87
d- Montage avec térupteur	88
e- Montage avec minuterie.....	89
2- Commande électromécanique des machines électriques à courant alternatif.....	91
a- Démarrage direct d'un moteur à un et deux sens de rotation.....	92
b- Démarrage statorique (moteur à cage).....	93
c- Démarrage étoile triangle.....	94
d- Freinage par contre courant.....	95
e- Freinage par injection d'un courant continu.....	96
Références Bibliographiques	98
Canevas du module.....	100

AVANT - PROPOS

Tout le monde sait que notre spécialité GENIE ELECTRIQUE est une science destiné à étudier trois principaux domaines qui sont la production, transport et l'exploitation de l'énergie électromagnétique donc toute une chaîne d'électricité, la compréhension des différents phénomènes qui se produisent et accompagnent son fonctionnement nécessite la connaissance du rôle et la fonction de chaque élément de cette chaîne.

Ce cours est adressé aux étudiants poursuivant des études en troisième année licence options : Electromécanique et Electrotechnique ainsi à toute les personnes intéressées par l'électricité et tout particulièrement aux installateurs électriciens.

L'objectif principal de ce support de cours est de présenter des notions de base d'électricité fondamentale et de faciliter l'apprentissage des différents types d'appareillages constituant une installation électrique, bien sûr après avoir cité les différents phénomènes liés aux courants et à la tension, ainsi de savoir élaborer et décoder les schémas électriques en se basant sur des règles et symboles normalisés.

Introduction

Dans toute installation domestique et industrielle, le raccordement des appareillages électriques est une des règles de base à respecter pour garantir la sécurité du réseau électrique. L'absence de ces règles peut entraîner de réels dangers pour la vie des personnes et la mise en risque des installations électriques et des biens. Les appareils électriques jouent un rôle très important dans les circuits électriques, que ceux-ci soient de puissance ou de commande, de très haute comme de très basse puissance. La nature et la fonction de l'appareillage sont les paramètres technologiques prédominants dans les applications. Pour améliorer les performances des appareils et par conséquent les contacts électriques (résistance à l'érosion par l'arc, résistance de contact, soudure au rebondissement...) il est indispensable de comprendre les différents phénomènes qui se produisent lors de l'ouverture ou de la fermeture de ceux-ci, notamment l'effet des différentes forces qui se développent entre les électrodes de l'appareillage électrique. A fin d'influer le moins possibles sur le rendement des installations ou des appareils électriques, un contact ne doit consommer qu'une énergie très faible.

I. Généralités sur l'appareillage

L'énergie électrique, mise à la disposition des installations industrielles ou domestiques par l'intermédiaire du réseau de distribution, ne peut être connectée en permanence sur l'ensemble des récepteurs. Il est donc primordial d'employer des systèmes de commande de puissance permettant le transfert ou l'interruption de l'énergie électrique en origine du réseau vers les récepteurs.

Ce sont les appareillages (interrupteurs, disjoncteurs, sectionneurs, contacteurs etc.....) qui assurent cette activité appelée « commande de puissance ».

Avant de lire un schéma électrique, il faut connaître les différents appareillages qui le constituent et chaque fois que nous aurons à traiter un problème électrotechnique nous serons conduits à regarder la fonction de l'appareillage adapté.

D'une manière générale, la classification des appareillages se fait selon plusieurs paramètres :

a. Les paramètres d'entrées de l'installation:

- La nature du réseau : alternatif, continu, monophasé, triphasé, la fréquence.etc.....

b. Les paramètres de sortie de l'installation:

- La nature du récepteur : résistif, inductif, domestique, usin.etc.....
- La puissance nominale (courant assigné, tension nominale).
- La catégorie d'emploi.
- La taille : unipolaire, bipolaire, tripolaire et tétra polaire.

c. La fonction: l'appareillage est classé suivant la fonction qu'il réalise.

- Distribuer.
- Isoler, connecter, raccorder, séparer.
- Protéger.
- Commander.
- Gestion d'énergie.
- Convertir etc.....

d. La classe de tension: l'appareillage est classé aussi suivant sa tension.

- B.T.A: $50\text{ V} < U_n < 500\text{ V}$. C'est la basse tension terminale (BTT) avec 400V entre phases.
- B.T.B: $500\text{ V} < U_n < 1\text{ kV}$. C'est le réseau basse tension (BT).
- H.T.A: $1\text{ kV} < U_n < 50\text{ kV}$. Ce niveau recouvre les réseaux d'alimentation de la clientèle, dénommé réseau moyenne tension (MT) avant 1989.
- H.T.B: tension nominale supérieure à 50 kV (HT).

e. La nature de la commande: deux techniques qui peuvent se présenter.

- Manuelle.
- A distance.

f. Endroit et destination: trois catégories selon l'endroit d'emplacement.

- Aérien, en plein air.
- Sous enveloppe métallique, muni des gaz comprimés de soufflage.
- Immergé dans l'huile.

I.1. Phénomènes de contacts électriques

I.1.1 Définition :

On établit un contact électrique en pressant l'une contre l'autre deux électrodes conductrices, pour améliorer les performances des contacts des appareils électriques il est essentiel de comprendre les différents phénomènes qui se produisent lors de l'ouverture ou de la fermeture de ceux-ci, notamment l'effet des différentes forces qui se développent entre les électrodes (forces électromagnétiques, forces exercées par l'arc sur les contacts...). Vue l'importance et afin d'influer le moins possibles sur le rendement des circuits ou des appareils un contact ne doit consommer qu'une énergie très faible, d'où l'intérêt des caractéristiques suivantes : Résistance de contact, chute de tension et la densité de courant, aussi pour lutter contre les couches mauvaises conductrices et permettre la création de passages conducteurs, on peut agir sur quatre paramètres principaux : Le revêtement terminal des électrodes, la force de contact, les courbures des surfaces des électrodes et le frottement d'une électrode par rapport à l'autre.

I.1.2 Types et caractéristiques

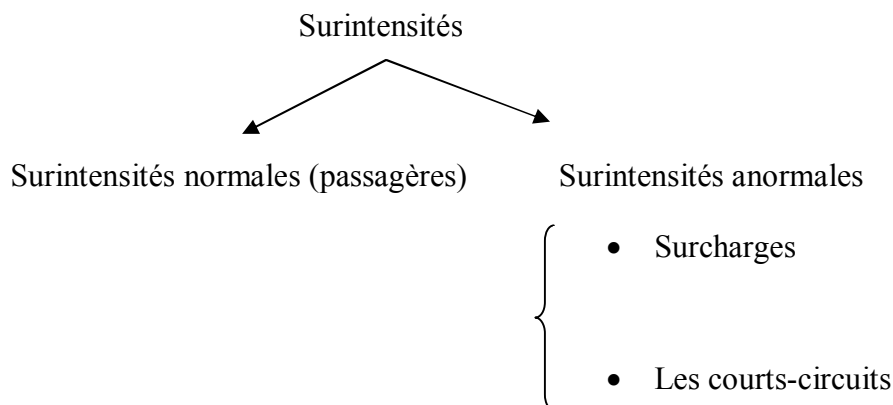
Les contacts jouent un rôle très important dans les installations électriques. Du fait qu'ils peuvent prendre des configurations extrêmement variées, il est difficile, voire impossible d'établir une classification indiscutable des contacts électriques. Il existe néanmoins des grandes familles que nous essaierons d'illustrer en fonction du rôle qui leur est demandé.

- Contacts permanents (fixe) : assurant une continuité électrique permanente entre deux pièces en immobilité relative, deux cas qui peuvent se présenter ;
 1. Les contacts permanents non démontables (soudure, éclisses, cosses et sertissage, etc....).
 2. Les contacts permanents démontables (visses ou par coincement).
- Contacts semi-fixe (temporaires) : assurant une continuité électrique entre deux pièces en immobilité relative, la mise en contact et la séparation s'effectuant par une manœuvre simple (prise de courant, douille de lampe, borne d'interrupteur, etc....).
- Contacts glissants : assurant la continuité électrique entre deux pièces en mouvement relatif de translations ou de rotation (le cas des moyens de transport électrique locomotive, trolleybus, métro, etc....).

II. Phénomènes liés aux courants et à la tension

L'expansion, des réseaux électriques en tous genres : transport, distribution d'énergie, dans les secteurs tant industriels que domestique a fortement contribué à l'augmentation des risques d'apparition de défauts, tels qu'une surtension ou surintensité. Le rôle de la protection électrique des matériels est d'éviter ou de limiter les conséquences destructives des défauts (les anomalies liés aux courants et la tension) et de séparer la partie défectueuse du reste de l'installation. Parmi ces phénomènes on peut établir la classification suivante :

II.1 Surintensités : La détection de la surintensité est généralement installée sur tous les conducteurs de phase. Elle ne provoque pas nécessairement la coupure omnipolaire, on distingue :



II.1.1 Surintensités passagères :

Elles surviennent lors du démarrage des moteurs, de la mise sous tension des transformateurs ou de l'allumage des tubes fluos, etc.....

Ces surintensités ne doivent pas provoquer le déclenchement des dispositifs de protection (pas de coupure de l'alimentation).

II.1.2 Surintensités anormales : deux cas qui peuvent se présenter

II.1.2.1 Surcharges :

Les surcharges sont dues généralement à une surabondance momentanée de récepteur en service surtout dans les heures de pointe. A titre d'exemple dans

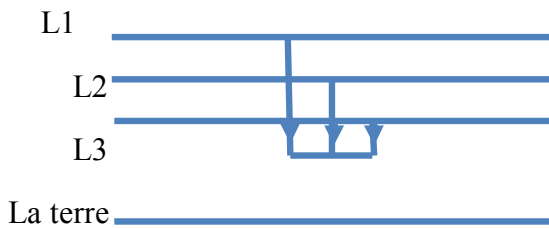
l'été la demande successive de l'électricité consommée par les dispositifs de refroidissement ; ventilateurs, climatiseurs, etc.... provoque des surcharges. L'appel de puissance mécanique (cas des moteurs électriques) plus importante que la normale, peut également entraîner les surcharges. Dans ce cas les circuits électriques sont sains, les valeurs des courants sont en générale de l'ordre de 1,5 à 03 fois le courant nominal, sans jamais dépasser dix ($10 I_n$). La prolongation de ces surcharges provoque un échauffement thermique excessif dans l'installation, la protection contre les surcharges est assurée par les disjoncteurs et relais thermique (la coupure de l'alimentation se fait après certains délais d'attente)

II.1.2.2 Courts - circuits :

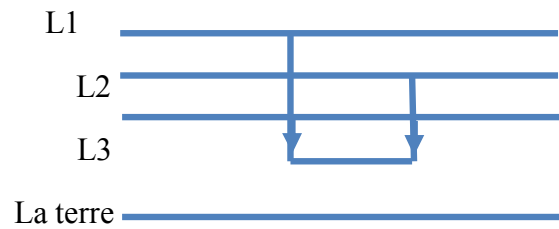
Tout fonctionnement d'un réseau électrique peut être sujet à l'apparition de défauts se manifestant souvent par des courants élevés de « courts-circuits », le court-circuit est un régime transitoire de caractère électromagnétique pendant lequel l'impédance du système est diminuée puis s'annule. Plusieurs types de défauts existent selon le réseau de distribution (ligne aérienne ou câble souterrain), selon le lieu de défaut, selon le nombre de phases qui sont en contact et également selon la durée du défaut (fugitif lorsqu'il est inférieur à 0,3 secondes, semi-permanent pour des défauts inférieurs à 15 seconds ou permanents si la durée dépasse 15 secondes). Beaucoup d'autres facteurs peuvent encore intervenir sur le type de défaut, comme le mode d'exploitation, le régime de neutre ou les performances des protections.

Les réseaux électriques doivent non seulement être dimensionnés pour supporter leurs régimes nominaux (courant assigné et tension nominale), mais aussi en cas de défaut.

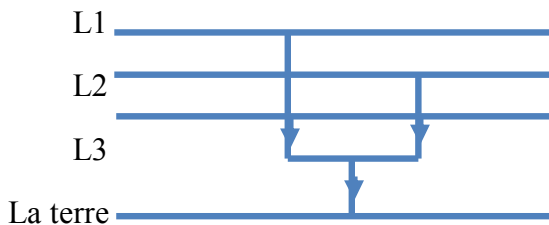
Les courants de court – circuit comme prévue sont consécutifs à un défaut dans un circuit (erreur de connexion, détérioration de l'isolement.etc...), ces courants sont nuisibles pour les réseaux, soit par des raisons thermiques (fusion des conducteurs, dégradation des isolants), soit pour des raisons mécaniques à cause des déformations provoquées par les forces électromagnétiques, soit pour des raisons de coût car ils provoquent des vieillissements prématurés du matériel. On distingue les types suivants :



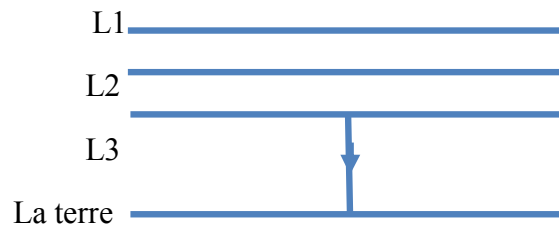
a) Court circuit triphasé symétrique (LLL).



b) Court circuit entre phase, isolé (LL).



c) Court circuit entre phase, avec la Terre (LLT).



d) Court circuit phase terre (LT).

→ Les valeurs des courants de court circuit sont, en general, supérieures à 10 fois I_n et peuvent atteindre 100 fois I_n ou plus.

Les protections sont généralement assurées par les disjoncteurs ou des fusible (la coupure de l'alimentaion se fait immédiatement).

II.2 Surtensions :

Toute installation électrique peut être soumise à des surtensions occasionnelles d'origine très diverses telles que :

- Surtensions d'origine atmosphériques (cas d'un coup de foudre) : ces surtensions sont dues et causées par le coup direct ou indirect de foudre sur tous les éléments conducteurs et particulièrement sur les câblages et les équipements électriques.
 - Surtensions de manœuvre : dues par une modification du régime établi dans un réseau électrique (lors d'une manœuvre d'appareillage, l'ouverture d'un circuit inductif en charge une surtension

proportionnelle au facteur $L \, di/dt$ est générée au moment de la coupure.etc...).

- Surtensions dues un défaut: causées par un changement d'état permanent du réseau (suite à un défaut d'isolement, rupture de conducteur neutre. etc....).
- Surtensions consécutives à un amorçage MT/BT: localisées dans les postes de transformation.

1. **Effet de l'arc sur les contacts**: au niveau des contacts, notons que les matériaux doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- Une bonne conductivité électrique et thermique.
- Bonne tenue à l'oxydation en présence de SO_2 et H_2S .
- Grande dureté mécanique superficielle pour résister aux contraintes De frottement.
- Résistance à la soudure et à l'érosion électrique.

2. **Les efforts électrodynamiques**: quand deux conducteurs parallèles sont parcourus par des courants de même sens, il ya une force d'attraction ; s'ils sont parcourus par des courants de sens inverse, il ya répulsion, il peut aussi y avoir création de forces électrodynamiques lorsque un conducteur forme une boucle et est parcouru par un courant.

En cas de surintensités importantes (court- circuit), ces forces d'attraction ou de répulsion peuvent avoir des effets destructifs.

3. **Claquage électrique** : lorsqu'on augmente suffisamment la différence de potentiel appliquée sur deux électrodes métalliques séparées par un isolant, un arc électrique prendre naissance et peut être observé. La tension qui engendre l'arc électrique entre les deux électrodes est appelée tension de claquage (tension disruptive).

4. **Ionisation des gaz** : dans les conditions habituelles, les gaz sont isolants. Mais sous l'action d'une élévation de température, ils peuvent devenir conducteurs.

5. Rigidité diélectrique (gradient de potentiel) : Si on augmente la tension à laquelle est soumis un isolant au-delà d'une certaine valeur appelée tension de claquage, il apparaît un arc électrique dans l'isolant sous forme d'un courant intense traversant l'isolant en suivant un chemin formé par l'arc lui-même. Dans ce cas, l'isolant est percé (il y a rupture de la rigidité diélectrique), cette dernière est exprimée en KV /mm et elle dépend de :

- La fréquence, la forme et la durée d'application de la tension.
- La température, la pression et l'humidité de l'atmosphère.
- La présence d'impuretés dans l'isolant (bulles d'air,...).

6. Isolation électrique :

Les isolants sont des matériaux ayant une résistivité très élevée : 10^8 à 10^{16} $\Omega.m$, ne conduisent pas le courant électrique, car il contient très peu d'électrons libres dans la bande de valence. Ils sont caractérisés par des propriétés chimiques, mécaniques, thermiques et électriques dont l'objectif de remplir les fonctions suivantes :

- D'assurer une séparation électrique entre des conducteurs portés à des potentiels différents.
- De supporter les éléments d'un réseau électrique et les isoler les uns par rapport aux autres et par rapport à la terre.
- De réaliser les fonctions de diélectrique d'un condensateur.