

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

8/87

2es

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTROTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**Dimensionnement des Circuits
principaux d'un poste THT / HT**

Proposé par :

Mr DAOUADJI

Résponsable à la Sonelgaz

Etudié par :

Hocine MEGHARI

Hacene HADJ-RABIA

Dirigé par :

Mr BENCHEIKH

Résponsable à la Sonelgaz

Promotion Janvier 1987



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTROTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**Dimensionnement des Circuits
principaux d'un poste THT / HT**

Proposé par :

Mr DAOUADJI

Résponsable à la Sonelgaz

Etudié par :

Hocine MEGHARI

Hacene HADJ-RABIA

Dirigé par :

Mr BENCHEIKH

Résponsable à la Sonelgaz

Promotion Janvier 1987

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance et nos plus vifs remerciements à M.M Bencheikh et Daouadji pour toute l'aide précieuse qu'ils n'ont cessés de nous apporter tout le long du projet.

Nous tenons également à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, en particulier M.NEZLI, pour toute l'aide qu'il nous a apporté au cours de ce projet.

On ne saura comment remercier M.M Abdelli et Chabouni, ainsi que tous les agents du service K.D.LIP de la sonelgaz pour la précieuse aide morale et matérielle qu'ils nous ont prêtée.

MEGHARI - HADJ-RABIA .

— 0 0 0 — Dedicaces — 0 0 0 —

A ma mère.

A mon père.

A mon Frère Karim.

A mes Frères et sœurs.

A mes trois Cousines

A mon Cousin Mustapha.

A toute ma Famille.

A mes Amis Toive Carlson et Unni. Hélène Hermansen.

A tous les amis que j'ai rencontré ces six dernières années aux bords des autoroutes et qui aspirent à un monde de justice, de paix et de fraternité entre tous les hommes, quelque soit leur couleur, leur religion et leur Langue.

— Je dedie ce modeste travail
Hocine - MEGHARI

A mon père

A ma mère

A mes Frères et sœurs

A toute ma famille

A tous mes Amis

— Je dedie cet humble travail
Hacène - Hadj- Rabia.

Sommaire

<u>Introduction</u>	1
<u>Chapitre I : Presentation du poste.</u>	
I. Agencement du poste	4
II. Choix du schema de poste	6
III. La coordination de l'isolement	12
IV. Distance de securité dans le poste	16
<u>Chapitre II : Calcul des courants de court-circuit.</u>	
I. Introduction	20
II. Rappels théoriques	21
III. Applications	28
<u>Chapitre III : Dimensionnement des jeux de barres.</u>	
I. Introduction	29
II. Efforts électrodynamiques	29
III. Efforts thermiques	35
IV. Applications	37
<u>Chapitre IV : Dimensionnement du reseau de terre.</u>	
I. Introduction	44
II. Calcul du courant de court-circuit unipolaire	44
III. Dimensionnement du reseau de terre	46
<u>Chapitre V : Choix des équipements électriques HT du poste</u>	
I. Introduction	53
II. choix des disjoncteurs	53
III. choix des Sectionneurs	54
IV. choix des transformateurs de mesures	56
V. choix des isolateurs	61

Chapitre VI : Calculs des connexions tendues

I. Géométrie de la portée	66
II. connexions tendues de compositions homogènes	67
III. Méthode de SeGond	70
IV. Applications	72

Chapitre VII : Protection du poste

I. Introduction	77
II. Protection des lignes	78
III. Protection des transformateurs	81
IV. Protection des jeux de barres	83
V. Protection du poste contre les surtensions	84
<u>Conclusion</u>	87

INTRODUCTION :

Les postes à haute tension sont les points de concentration du réseau de distribution d'énergie électrique dont la grande importance se mesure au nombre, à l'ampleur et à la nature des consommateurs raccordés, ceux - ci posent aujourd'hui d'une manière générale les plus hautes exigences en ce qui concerne la continuité et la sécurité de la livraison d'énergie.

Il est impossible d'éliminer complètement, avec des moyens économiques raisonnables, les incidences d'origines atmosphériques pour la plus part qui prennent naissance occasionnellement sur les lignes. Par suite, une des tâches les plus importantes du poste consiste à isoler du réseau de manière rapide et sélective les parties affectées d'un défaut, et à répartir en même temps que le flux d'énergie sur les autres voies de transmission. Il est évident que le couple de couplage lui - même ne doit pas être le siège d'un incident car la continuité du transport d'énergie serait sérieusement compromise.

Le haut niveau de sécurité ainsi demandé implique des investissements importants. Comme toutes les entreprises de distribution d'énergie se doivent d'assurer aux utilisateurs une livraison non seulement, mais également la plus économique possible, il est judicieux d'examiner en temps opportun. Si les moyens que l'on a coutume de mettre en oeuvre sont encore adaptés au stade atteint par la technique, cet examen nécessite que l'on connaisse les marges de performance que les installations et les matériels ont en réserve.

Dans la constitution des réseaux de transport et de distribution, on distingue trois catégories de poste :

- Les postes de transformation à haute - tension ;
- Les postes de couplages ;
- Les postes de distribution ou a baisseurs.

Le poste que nous avons à étudier, est un poste de transformation 225/63/11 K.V permettant également d'alimenter des clients aussi bien en 225 K.V qu'en 63 K.V ce qui lui confère également un caractère de poste de distribution.

Dans une première étape on établira le schéma unifilaire qui donne les dispositions principales du poste déduites des manoeuvres que l'on veut pouvoir exécuter pour les besoins de l'exploitation, le schéma complet indiquant les conducteurs principaux et les circuits auxilliaires de mesure, de commande et de signalisation, enfin les dessins compéts de l'installation avec tous les plans et coupes, nécessaires à l'exécution du travail. En principe les générateurs (alternateurs ou transformateurs élévateurs) et les lignes de "départ et d'arrivée", sont réunis en parallèle sur des conducteurs qui desservent toute l'installation et sont désignés sous le nom des jeux de barres et par la façon dont les transformateurs et les lignes de transport d'énergie leur sont raccordés que se distinguent les divers types de postes.

Dans une seconde phase nous abordons le calcul du courant de court - circuit triphasé au jeu de barres selon la puissance de court-circuit normalisée pour tout le réseau d'interconnexion.

Cette valeur normalisée de court - circuit ainsi que le courant nominal retenu pour chaque départ nous permettra de procéder à un choix judicieux des équipements électriques tels que :

- Transformateurs de puissance ;
- Transformateurs de mesure de courant ;
- Transformateurs de mesure de tension ;
- Sectionneurs de couplage et de ligne ;
- Disjoncteur haute - tension ;
- Parafoudre.

Le dimensionnement portant essentiellement sur le jeu de barres et le réseau de terre, nous nous attacherons à l'étude des effets électrodynamiques et thermique en fonction de la puissance de court - circuit envisagée.

Nous terminerons notre étude par un choix et un réglage approprié du système de protection du poste, qui joue un rôle très important dans le bon fonctionnement du réseau de distribution et de transformation de l'énergie électrique.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DU POSTE

I - Agencement du poste :

II - Choix d'un schéma de poste :

- 1 - Catégories des schémas de poste ;
- 2 - Exploitation des différentes catégories de schéma ;
- 3 - Schéma retenu.

III - La coordination de l'isolement :

- 1 - Principe de la coordination de l'isolement ;
- 2 - Contraintes diélectriques et autres facteurs affectant l'isolement ;
- 3 - Les risques consentis en fonction du type de matériel ;
- 4 - Les dispositifs de protection ;
- 5 - Organigramme de la détermination et de la coordination de l'isolement d'une installation électrique.

IV - Distances de sécurité dans le poste :

- 1 - Distances minimales entre pièces sous tension et masse ;
- 2 - Distances pratiques ;
- 3 - Distance de sécurité ;
- 4 - Distance minimale entre le sol et les parties sous tension ;
- 5 - Distance de Travail ;
- 6 - Distance de sécurité pour les manutentions.

I. Agencement du poste :

1. Role du poste :

Situé à AZZABA le poste est relié par deux lignes aériennes en 225 KV à une Centrale électrique et est interconnecté au réseau 225 KV national. Son rôle est aussi de renforcer les échanges d'énergie avec le réseau à 63 KV. par l'intermédiaire d'une transformation 225/63 KV et à fournir au réseau urbain une distribution 33 KV, dans une deuxième étape à partir du réseau 33 KV au moyen de transformateur 63/33 KV

2. Consistance Sommaire des installations :

L'ouvrage comprend essentiellement :

Installation à 225 KV :

- Deux jeux de barres omnibus
- Trois cellules de liaisons transformateurs 225/63/11 KV
- Deux cellules liaisons groupes.
- Dix cellules départ (y compris réserves équipées)
- Une cellule de couplage.

Installation à 63 KV :

- Deux jeux de barres omnibus.
- Trois cellules arrivées transformateurs.
- Huit cellules départ (y compris les réserves équipées)

Transformateurs :

- Trois transformateurs 225/63/11 KV à 120 MVA.
- Trois transformateurs 11/0,4 KV.

3. Caracteristiques des installations :

Poste 225 KV.

C'est un poste à deux jeux de barres du type phase séparées isolé à l'air. Ses caractéristiques électriques sont :

- Intensité nominale 3000 A.
- Tension nominale 225 KV.

- Puissance de court - circuit normalisée : $S_{cc} = 7500 \text{ M VA}$;
- Tension de tenue à la masse :
 - . - A 50 Hz 1 minute : 460 K.V efficace ;
 - . - Au choc ~~1 minute~~ : 1050 K.V crête.

1,1 - 50 μs

Poste 63 K.V :

C'est un poste à deux jeux de barres du type à phases séparées à l'air. Ses caractéristiques électriques sont :

- Intensité nominale : 2500 A ;
- Tension nominale : 63 K.V ;
- Puissance de court - circuit : $S_{cc} = 2500 \text{ M VA}$;
- Tension de tenue à la masse :
 - . - A 50 Hz 1 minute : 140 K.V efficace ;
 - . - Au choc 1 minute : 325 K.V crête.

Transformateurs 225/63/11/K.V :

- Puissance nominale : 120/120/40 M VA ;
- Tension nominale : 225/63/11/ K.V ;
- Couplage $\Delta / \Delta / \Delta$.

Transformateurs 11/0,4/K.V :

.../...

II - Choix d'un schéma de poste :

Les critères intervenant dans le choix d'un schéma qui dépendra en définitive de celui d'entre - eux auquel l'exploitant attribue le plus d'importance sont :

- **Souplesse** de l'exploitation ;
- **Facilité** d'entretien ;
- **Élimination** des défauts ;
- **Coût** des ouvrages.

1 - Catégories des schémas de poste :

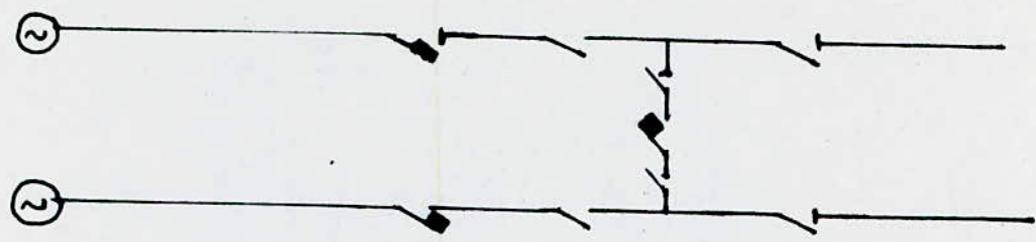
Les schémas de postes se rangent dans les catégories :

- **Simplifié** : comportant le nombre minimum de disjoncteurs, ils sont utilisés lorsque l'exploitant cherche en priorité un coût minimum ;
- **A couplage de barres** : comportant une ou plusieurs connexions susceptible de matérialiser les noeuds sur lesquels sont raccordés les différentes branches protégées par un disjoncteur ;
- **A couplage de disjoncteurs** : comportant un certain nombre de disjoncteur reliés entre eux par les connexions formant un circuit fermé et matérialisant le noeud d'où les branches sont dérivées entre les disjoncteurs.

2 - Exploitation des différentes catégories de schémas :

a) - Schéma simplifié :

Ces schémas sont principalement utilisés sur les réseaux de livraison à la distribution, ils permettent la protection des ouvrages situés en aval dans le sens de l'écoulement de l'énergie, et permettent souvent des réalimentation en secours en cas d'indisponibilité de la source.



b) - Schéma à couplage de barres :

Schéma simplifié :

La disposition la plus simple comporte un jeu de barre sur lequel sont raccordées n derivations protégées chacune par un disjoncteur. Cette disposition est économique, elle ne permet aucune modification, et les interventions sur le jeu de barre nécessitent la mise hors service du poste.

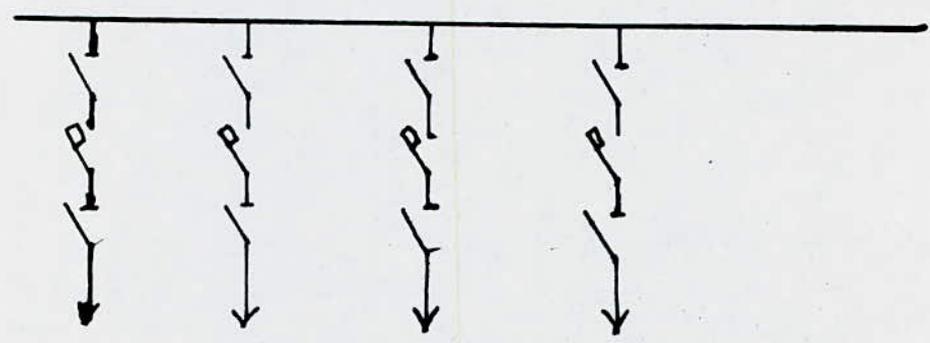


Schéma de poste à 1 jeu de barre

.../...

Schéma à deux jeu de barres :

Avec cette disposition, la souplesse peut-être améliorée en raccordant le disjoncteur protégeant chaque branche sur un système d'aiguillage à base de séctionneurs susceptible de la raccorder sur l'un ou l'autre des demi - jeux de barres :

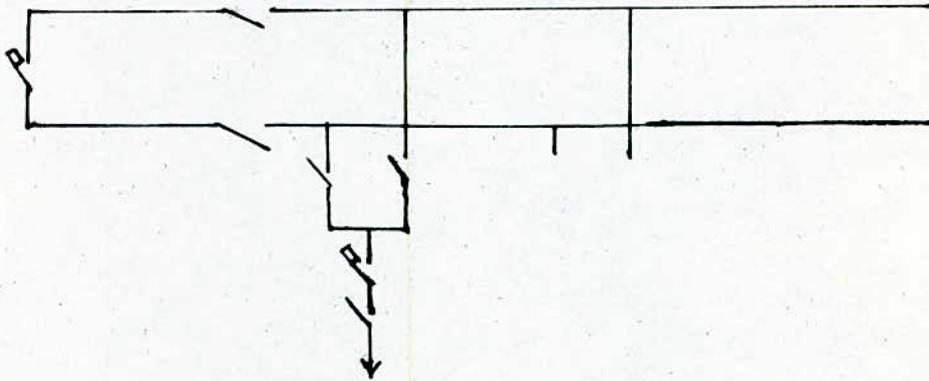


Schéma de poste de deux jeux de barres.

La disponibilité peut être améliorée dans ce cas de schéma par le tronçonnement de chacun des jeux de barres par un disjoncteur.

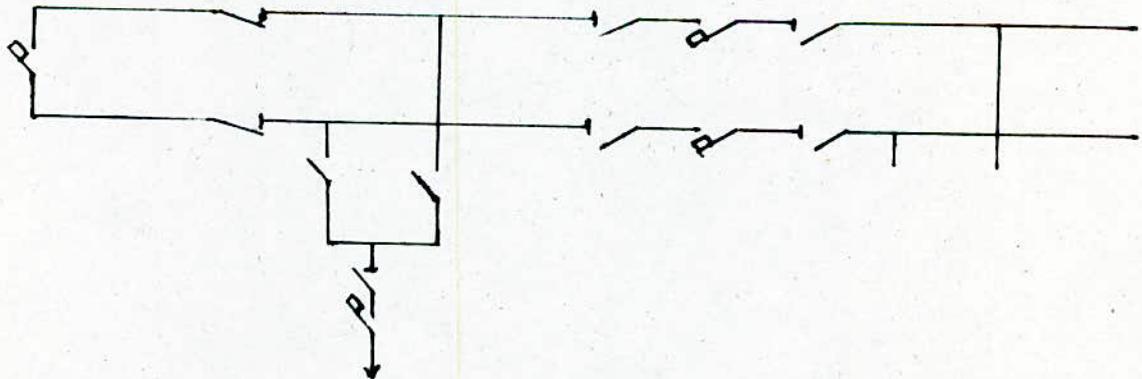


Schéma de poste à deux jeux de barres avec disjoncteur de liaison.

Schéma à trois jeux de barres :

L'application de la technique du découplage pour limiter l'intensité du courant de court - circuit du réseau de transport implique à la fois la souplesse, la sécurité et la disponibilité. Il faut donc étendre ce qu'apporte la duplication des jeux de barres. Un troisième jeu de barre améliore souplesse et disponibilité, le tronçonnement de ces jeux de barres améliore la sécurité.

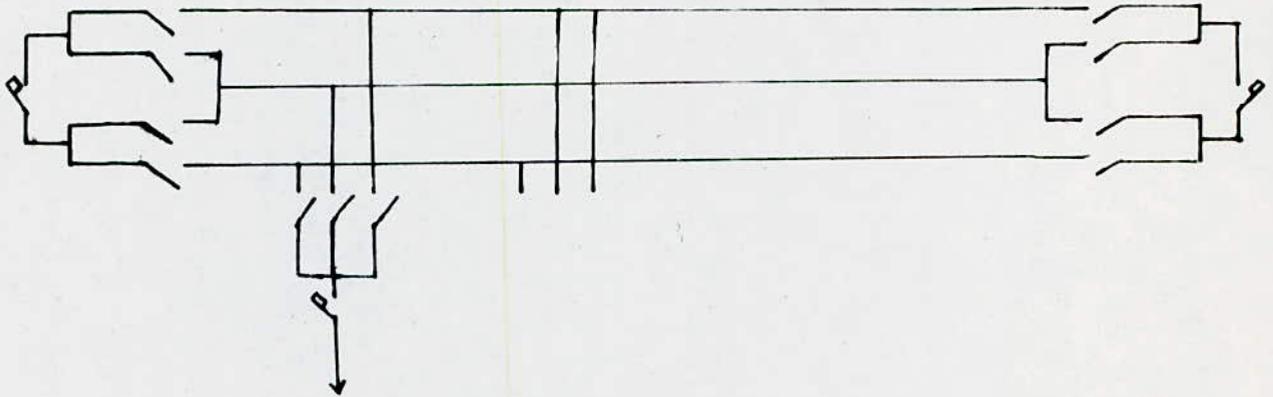


Schéma de poste à trois jeux de barres.

c) - Schéma à couplage de disjoncteurs :

La sécurité implique que les schémas à couplage de disjoncteurs soient exploités tous les disjoncteurs fermés ce qui conduit à des puissances de court - circuit élevées et des délais de stabilité très courts. Cette option est donc assez onéreuse tant par le nombre de disjoncteurs nécessaire que par les performances exigées de ces derniers puisque ces schémas conduisent à des configurations de réseaux figées sans aucune souplesse.

Schéma à jeu de barre en anneau :

La disposition la plus simple comporte n disjoncteurs encadrés par des sectionneurs d'isolement, raccordés en série de façon à former un anneau fermé, les n branches étant raccordées entre les sectionneurs d'isolement.

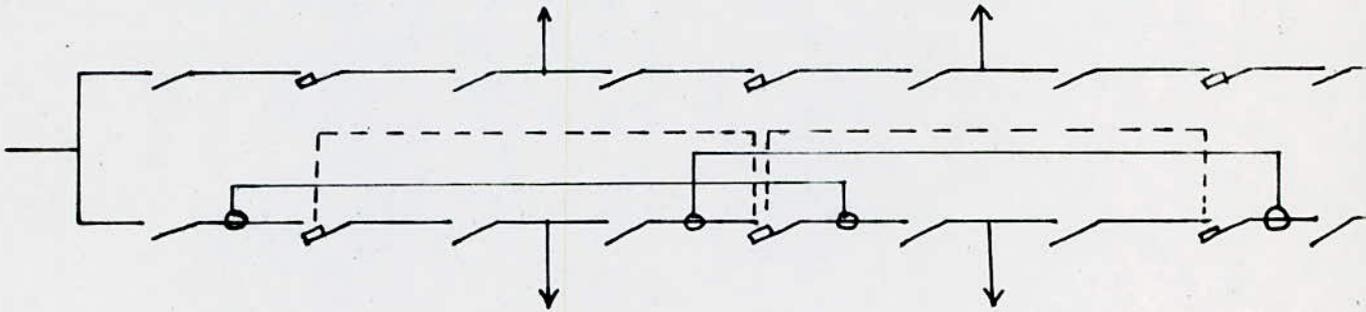


Schéma de poste à jeu de barre en anneau

Schéma en double boucle :

La sécurité et la disponibilité sont améliorées en cas de consignation d'un disjoncteur en divisant l'anneau en deux anneaux symétriques comportant $n/2$ dérivations reliées deux à deux par un disjoncteur encadré par deux sectionneurs.

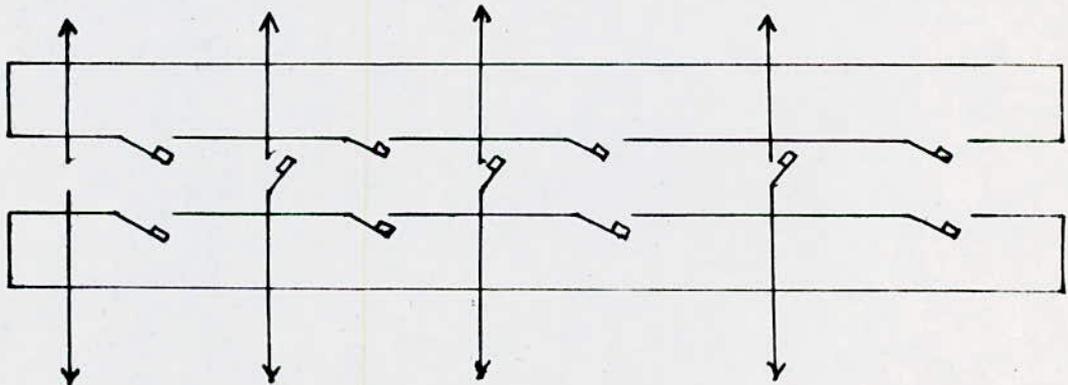


Schéma de poste en double boucle

Schéma à un disjoncteur et demi par départ :

Ce schéma comporte deux jeux de barres reliés par des files de trois disjoncteurs entre lesquels sont dérivées deux branches. L'élimination d'un défaut entraîne l'ouverture de deux disjoncteurs.

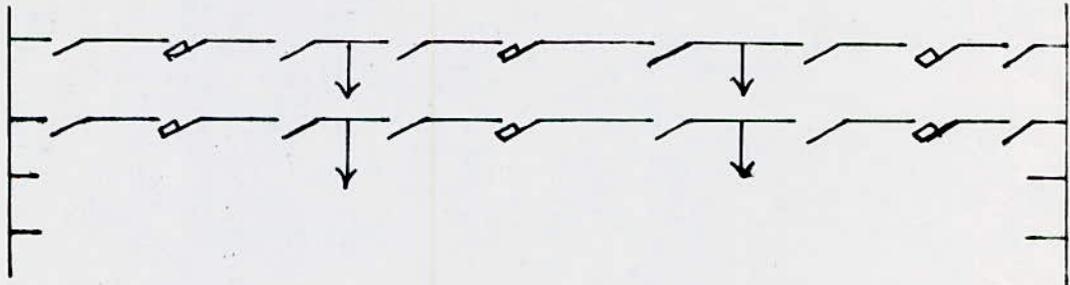


Schéma de poste à un disjoncteur et demi par départ

Schéma à deux disjoncteurs par départ :

Ces schémas comportant deux jeux de barres reliés par des files de deux disjoncteurs entre lesquels sont dérivées les branches. Dans ce type de schéma la disponibilité des liaisons de chaque branche aux jeux de barres est équilibrée.

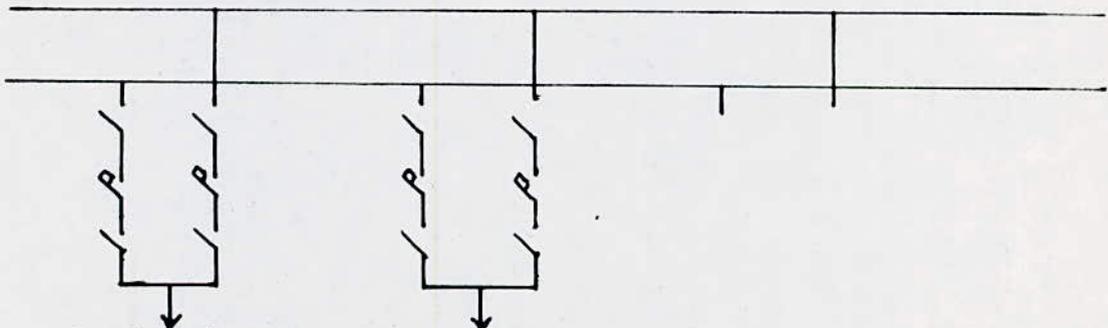


Schéma à deux disjoncteurs par départ

3 - Schéma retenu :

Le schéma de poste retenu dans le cas du poste de AZZABA, est le schéma à deux jeux de barres qui permet :

- La continuité de service dans le cas de la mise hors service d'un jeu de barre pour l'entretien, sous réserve que la réalisation comporte les sécurités nécessaires ;
- La marche en réseau séparés avec possibilité de combinaison des départs ;
- L'utilisation de la cellule de couplage comme moyen de dépannage d'un départ dont le disjoncteur est défaillant ;
- L'utilisation du disjoncteur de la cellule de couplage dans le but de faciliter la mise en parallèle de groupes de départs.

III - La coordination de l'isolement :

1 - Principe de la coordination de l'isolement :

La coordination de l'isolement englobe la sélection de la tenue diélectrique des matériels et sa mise en oeuvre, en fonction des tensions qui peuvent apparaître dans le réseau auquel ces matériels sont destinés et compte tenu des caractéristiques des dispositifs de protection disponibles, elle vise alors à réduire à un niveau acceptable du point de vue de l'économie et de celui de l'exploitation, la probabilité que les contraintes diélectriques résultantes imposées aux matériels causent des dommages aux isolations des matériels ou affectent la continuité de service.

.../...

2 - Contraintes diélectriques et autres facteurs affectant l'isolement :

Les contraintes diélectriques sont essentiellement définies par trois paramètres à savoir, leur amplitude, leur forme et leur fréquence d'apparition. Les paramètres retenus ont l'avantage d'être indépendants du réseau et facile à simuler en laboratoire avec certains schéma d'essais.

Un matériel peut, en service, être soumis à des contraintes diélectriques appartenant aux classes suivantes :

- Le régime à 50 hz, comprenant les régimes permanents et les régimes temporaires ;
- Les surtensions de manoeuvre ;
- Les surtensions de foudre.

Pour une contrainte diélectrique donnée, le comportement de l'isolation interne peut être influencé par son degré de vieillissement et celui de l'isolation externe par son degré de pollution.

3 - Les risques consentis en fonction du type de matériel :

Un autre facteur important qui doit intervenir dans la détermination des isolements et leur coordination, est le risque de défaillance consenti pour un appareil, s'il est évident qu'il faut comparer le coût d'un dispositif de protection à celui du remplacement ou de la réparation d'un appareil, il faut aussi fixer le nombre de degré de protection possibles en estimant la possibilité de défaillance de la protection et la possibilité d'un deuxième écran de protection.

.../...

En fait la comparaison des coûts directs n'est qu'un élément très insuffisant, le facteur qui interviendra dépend beaucoup plus de l'importance stratégique de l'appareil dans le réseau. Cela conduit à considérer comme possible des dispositions différentes et des marges de sécurité par rapport aux contraintes différentes, pour les appareils similaires qui seraient placés en des points d'importance stratégique considéré comme différentes.

4 - Les dispositifs de protection :

Les dispositifs de protection peuvent être groupés en deux classes :

- Les éclateurs ;
- Les parafoudres.

a) - Les éclateurs :

Le principal intérêt d'un éclateur est son faible prix c'est la raison pour laquelle ils sont très répandus sur le réseau. Malheureusement, ces avantages sont compensés par les nombreux inconvénients suivants :

- En général, les éclateurs ne se desamorcent pas d'eux-mêmes, ils provoquent une mise hors tension du réseau après chaque fonctionnement ;

- Le fonctionnement d'un éclateur provoque une onde coupée à front raide et il peut en découler :

- . Des avariés du matériel bobiné placé au voisinage ;
- . Des surtensions dues à des réflexions dans le cas des réseaux aéro - souterrains ;

- Le temps entre le moment où la tension atteint le niveau de protection et le moment où l'éclateur amorce n'est en général pas négligeable.

b) - Les parafoudres :

Ce sont des appareils qui écoulent, comme les éclateurs une onde de courant lorsqu'une surtension arrive à leurs bornes, maintenant ainsi la surtension dans certaines limites. En outre, ils limitent eux - mêmes l'amplitude et la durée du courant que le réseau continu de débiter à travers eux après le passage de l'onde due à la surtension, sans que, généralement, les disjoncteurs de ce réseau aient à fonctionner. En plus de cette aptitude bien déterminer, certains types de parafoudre, peuvent tenir correctement :

- Des tensions supérieures à leurs tension nominale pendant des durées courtes spécifiées ;

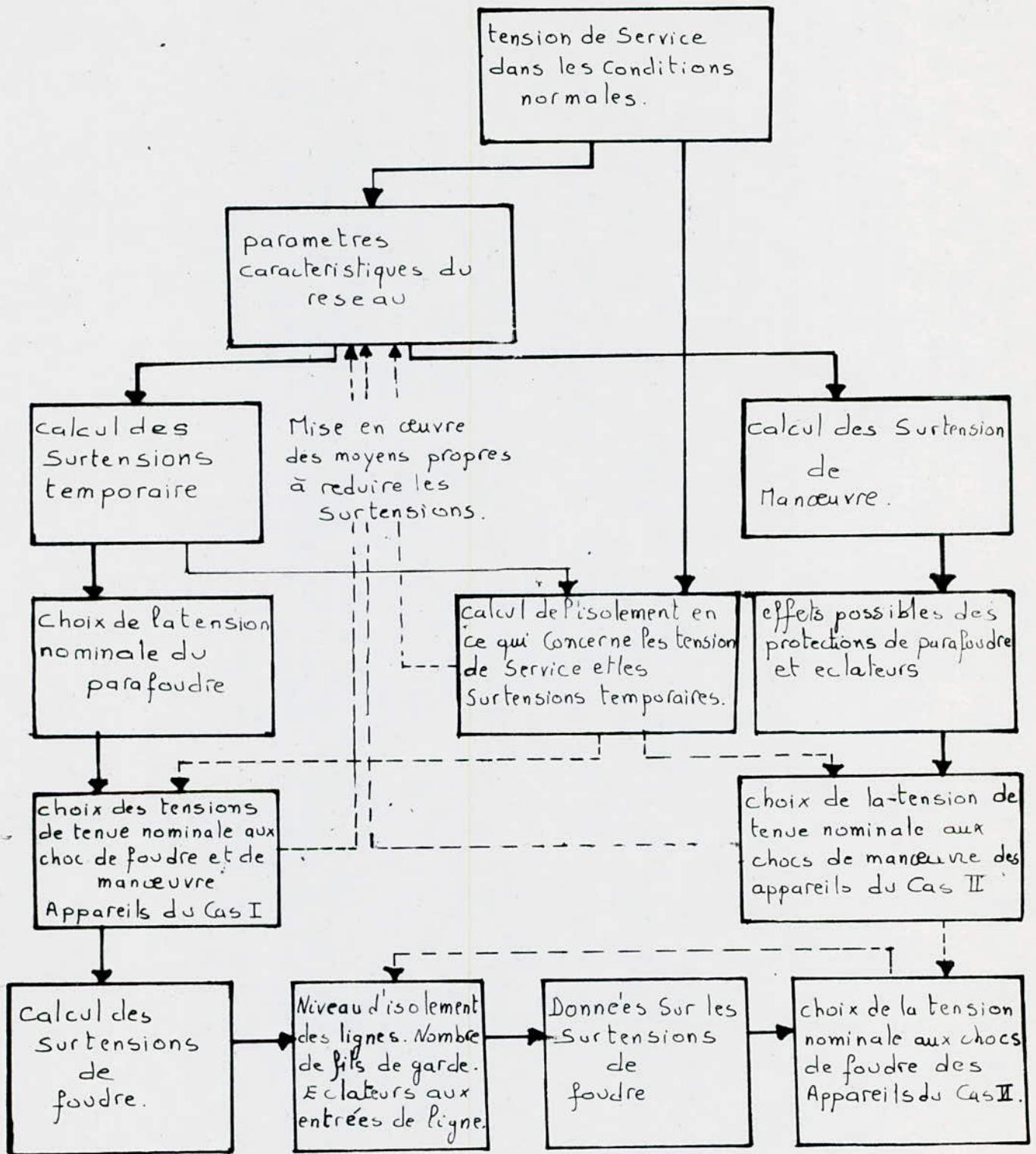
- Un nombre spécifié de décharges successives.

5 - Organigramme de la détermination et de la coordination de l'isolement d'une installation électrique :

La plupart des prévisions ou des analyses des niveaux de surtension d'un réseau supposent qu'un appareil fonctionne comme prévue lors de sa conception.

Dans d'autre cas, il faut définir une limite arbitraire pour la sécurité "crédible" des surtensions ainsi qu'on le fait souvent dans le cas de la foudre. Il est évident que les niveaux de surtensions basés sur de telles suppositions seront parfois dépassées.

Pour analyser le processus de conception, de calcul et de la coordination de l'isolement d'un réseau électrique sous forme d'un organigramme, il est utile de distinguer le cas I (matériel protéger par parafoudre) et le cas II (matériel non protéger par parafoudre proche ou même éloigné). Un organigramme illustrant alors la méthode à adopter est présenté ci-dessous.



Organigramme de la coordination de l'isolement d'une installation électrique.

IV - Distances de sécurité dans le poste :

La réalisation d'un poste nécessite le respect de certaines conditions relatifs à la sécurité du personnel exploitant, et qui se matérialisent par des distances minimales, entre pièces sous tension et masse ; entre parties sous tension de phase différentes et entre pièces pouvant se trouver en opposition de phase etc....

Il est donc intéressant de définir les distances minimales à respect lors de la conception du poste.

1 - Distances minimales entre pièces sous tension et masse :

Les distances minimales entre pièces sous tension et masse correspondant aux distances d'amorçage zéro pour cent augmentées de 10% pour tenir compte d'une sécurité par rapport aux conditions limites de non amorçage et de la dispersion. Une tolérance ne dépassant, en aucun cas, les valeurs précisées ci-dessus peut être admise en certains points particuliers des installations.

2 - Distances pratiques :

Les distances ainsi définies s'entendent à un minimum, c'est à dire entre pièces sous tension et non entre axes des appareils ou de leurs connexion de raccordement.

La dissymétrie de certains appareils rendent difficile la détermination à priori de distances pratiques "entre axes" convenable, qui ne conduirait pas à un accroissement axagéré des dimensions de l'ouvrage.

D'autres considérations entrent également en ligne de compte lors de l'étude de l'installation, ce sont essentiellement :

.../...

- Le balancement des connexions sous l'effet du vent ;
- Les mouvements d'oscillations consécutifs aux efforts dynamiques engendrés dans les connexions par des courants de court - circuit très élevés ;
- L'effet couronne qui à partir de l'échelon 245 K.V ; conduit dans certains cas à un accroissement des distances entre phases, ou si cela est économiquement impossible, au choix d'une section des conducteurs plus élevée ;
- L'altitude à laquelle est construit l'ouvrage ; les valeurs indiquées sont valable jusqu'à l'altitude de 1000m, au dela et jusqu'à 3000 m ces distances doivent être majorée par 1,25% par 100m .

La tension disruptive varie en fonction de l'altitude, cette variation est représentée par un coefficient empirique dit coefficient de diminution de la tension disruptive en fonction de l'altitude et qu'on représente dans le tableau suivant :

Altitude en mètre au dessus du niveau de la mer.	0	150	300	450	600	750	900	1200	1500
Coefficient	1	0,98	0,96	0,94	0,92	0,91	0,89	0,86	0,77

3 - Distance de sécurité :

Les distances déterminées selon les conditions précisées ci - dessus correspondent aux conditions de fonctionnement d'un ouvrage, la nécessité pour le personnel d'exploitation et d'entretien, de pouvoir circuler et intervenir dans le cadre défini de ses attributions, en n'importe quel point

du poste et en toute circonstance à conduit à définir d'autres distances dites de sécurité.

4 - Distance minimale entre le sol et les parties sous tension :

En l'absence de grèllage ou d'écran, cette distance est de $2,30 \text{ m} + 0,0075 U$; U étant (en K.V) ; la tension nominale d'isolement du matériel U ; pour l'échelon de tension considéré.

La distance ainsi déterminée ne vise que la circulation du personnel, elle s'entend à un minma, en l'absence de toute considération, entre le niveau de circulation à l'endroit considéré, sol, trottoir, caniveau, et la partie inférieure des pièces nues sous tension, appareil de connexion, flèche comprise.

Les conditions d'exploitation et d'entretien des ouvrages ont conduit par ailleurs à la définition des distances minimales au sol suivantes, applicable en toutes tension :

- 2,25 m à partir de la base de la jupe inférieure des isolateurs ;
- 2,25 m plus la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré à partir du point sous tension le plus bas, cette valeur ne devant pas être inférieure à 3 m.

5 - Distance de travail :

Ces distances sont comptées horizontalement et verticalement entre parties sous tension et masses, et entre pièces sous tension.

Elles résultent de l'application des expressions suivantes :

- Horizontalement :

1,75 m plus la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré avec comme pour les distances au sol un *minimum* de 3m. Il est toutefois admis que lorsque deux appareils appartiennent à des travées différentes sont séparées par une charpente, celle ci forme écran, ce qui permet alors de tenir compte uniquement de la distance d'ordre électrique.

- Verticalement :

1,25 m plus la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré.

6 - Distance de sécurité pour les manutention :

La largeur des passages servant à la manutention du matériel à proximité des parties sous tension de l'installation est terminée par la largeur du gabarit maximale susceptible d'être occupée par ce matériel à laquelle est ajoutée de part et d'autre une distance à la masse. Il est entendu que la largeur du gabarit maximal comprend celle du matériel, augmentée s'il y-a lieu de latitude de déplacement du véhicule transporteur.

Les distances de sécurités sont précisées pour chaque échelon de tension normalisée dans le réseau.

Tension nominale		Tension de tenue au choc U_c (KV)	Distance D'amorçage 0% (cm)	Distance minimale		Distance de Sécurité		
Du reseau U_n (KV)	d'isolement U_i (KV)			à la masse (cm)	entre phases et en opposition de phase (cm)	minimale au sol sous connexion (cm)	de travail	
						horizontale (cm)	Verticale (cm)	
5,5	7,2	60	9	10	12	Minimum de 300cm en l'absence de grillage ou d'écran.	Minimum de 300cm en l'absence de grillage ou d'écran.	Minimum de 300cm en l'absence de grillage ou d'écran.
10	12	75	12	13	15			
15	17,5	95	16	18	21			
	23	95	16	18	21			
20	24	125	20	22	25			
30	36	170	30	33	38			
45	52	250	48	53	61			
63	72,5	325	63	70	80			
90	100	380	73	83	95	308		
150	170	650	138	152	175	377	327	
225	245	900	196	216	250	445	391	341
380	420	1550	330	350	400	575	527	475

CHAPITRE II

CALCUL DES COURANTS DE COURT - CIRCUIT

I - Introduction :

II - Rappels théoriques :

- 1 - Généralités ;
- 2 - Effets physiques des courants de court-circuit ;
- 3 - Hypothèses simplificatrices ;
- 4 - Etude du court - circuit triphasé ;
- 5 - Emploi des composantes symétriques, pour le calcul des courants de court - circuit ;
- 6 - Courant de choc.

III - Applications :

- 1 - Calcul du courant de court - circuit triphasé sur le jeu de barre 225 K.V ;
- 2 - Calcul du courant de court - circuit triphasé sur le jeu de barre 53 K.V.

I - Introduction :

Un court - circuit est un bouclage accidentel de deux ou plusieurs conducteurs entre le ou les récepteurs et la source. L'intensité du courant de court - circuit n'est limitée que par la résistance (ou par l'impédance) de la ligne et celle du générateur. Lorsqu'un court - circuit se produit en un point proche d'un alternateur ou d'un transformateur, cette intensité peut atteindre des valeurs très grandes. L'effet joule, les arcs, les efforts électrodynamiques sont d'autant plus importants et dangereux que cette intensité de court - circuit est plus grande.

En général, les causes des courts - circuits sont accidentelles : mise à la masse d'une phase de l'installation, liaison de deux ou plusieurs conducteurs de phases différentes. En courant alternatif, il faut tenir compte des valeurs instantanées déphasage, des caractéristiques des circuits.

La connaissance du courant de court - circuit dans les réseaux de transport d'énergie permet :

- Le dimensionnement des jeux de barres ;
- Le dimensionnement des disjoncteurs, transformateur de courant ;
- Le dimensionnement du réseau de terre ;
- Le réglage des différentes protections ;
- Les prévisions des troubles éventuels induits sur les autres lignes ou sur le réseau de télécommunication.

.../...

II - Rappels théoriques :

1 - Généralités :

Les différents types de court - circuit qui peuvent se présenter dans un réseau de transport d'énergie sont :

- Court - circuit monophasé : c'est un court-circuit causé par la mise à la terre accidentelle d'une phase, et il représente 65 % des cas de court-circuit ;
- Court - circuit biphasé-terre : c'est un court-circuit causé par la mise à la terre de deux phases, et il représente 20 % des cas de court-circuit ;
- Court - circuit biphasé : c'est un court-circuit causé par le contact de deux phases entre - elles, et il représente 10% des cas de court-circuit ;
- Court - circuit triphasé : c'est un court-circuit causé par la mise à la terre de trois phases, ou par le contact de trois phases entre -elles, et il représente 5% des cas de court-circuit.

Malgré leur faible probabilité d'apparition les courants de court - circuit triphasé sont à la base du calcul des autres types de court - circuit, ainsi qu'au réglage des protections et au choix du matériel utilisé dans les postes.

2 - Effets physiques des courants de court - circuit :

Lorsqu'un court - circuit apparaît au niveau d'un poste de transformation il s'accompagne généralement des effets suivants :

.../...

- Effet thermique :

Généralement les courts - circuits apparaissant sur les réseaux sont éliminés assez rapidement pour qu'on puisse négliger l'effet thermique dans les lignes, mais si la durée du court - circuit devient importante, il peut se produire un échauffement excessif des conducteurs entraînant la détérioration des isolations.

- Effet électrodynamique :

Les conducteurs traversés par les courants de court-circuit sont soumis à des forces d'attraction et de répulsion proportionnelle au carré du courant de court - circuit et inversement proportionnelle à la distance entre - eux.

$$f = k \frac{I_{cc}^2}{d}$$

- Effet d'induction :

En cas de défaut dissymétrique, les courants de court-circuit induisent dans les lignes de télécommunication et les conduites enterrées, situées au voisinage des lignes à haute tension, des forces électromotrices qui peuvent endommager le matériel ou même porter atteinte à la sécurité des personnes.

3 - Hypothèses simplificatrices :

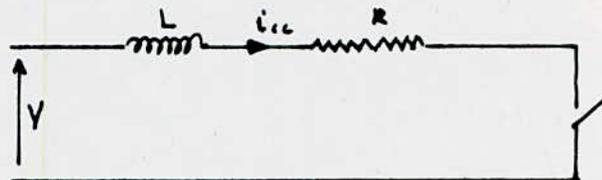
Le calcul exact du courant de court - circuit en un point du réseau est en général très compliqué, et afin de simplifier le calcul il est admis d'appliquer les hypothèses simplificatrices suivantes :

.../...

- Les circuits magnétiques sont non saturés ;
- Les courants de magnétisation des transformateurs sont négligeables ;
- Les capacités des lignes sont négligeables ;
- La résistance de l'arc dû au court - circuit est négligeable.

4 - Etude du court - circuit triphasé :

Soit le circuit monophasé alimenté par une source de tension sinusoïdale infiniment puissante.



L'application de la loi d'ohm au circuit ci - dessus nous donne

$$v = V_m \sin (wt + \psi) = R I_{cc} + L \frac{dI_{cc}}{dt}$$

ψ : phase initiale

R, L : sont les paramètres de la ligne

La résolution de cette equation nous donne

$$I_a (t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \left[\sin (wt + \psi - \phi) - \sin (\psi - \psi) e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

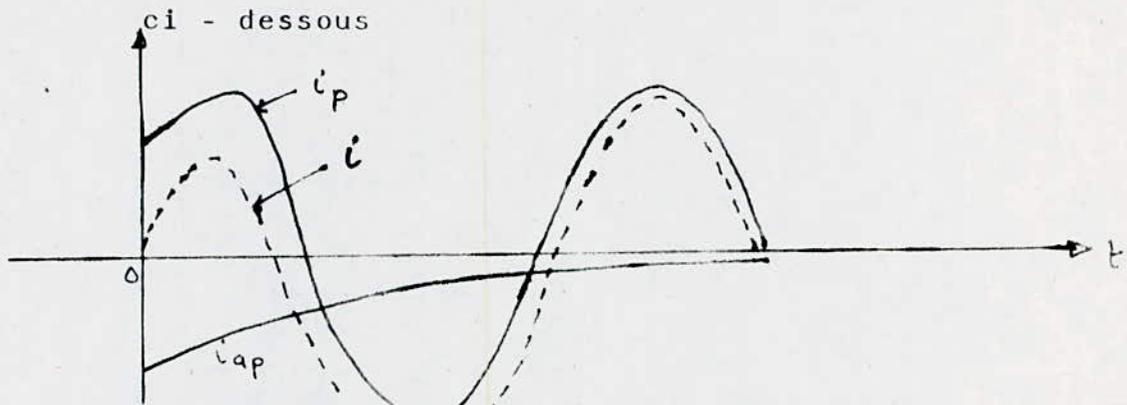
: angle de court - circuit donné par $\phi = \text{arctg} \frac{L\omega}{R}$

Cette equation montre qu'il s'agit d'une equation à deux composantes, l'une périodique i_p , l'autre apériodique i_{ap} .

$$I_p = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \sin (wt + \psi - \phi)$$

$$I_{ap} = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \sin (\psi - \phi) e^{-\frac{R}{L}t}$$

L'allure du courant de court - circuit est schématisée

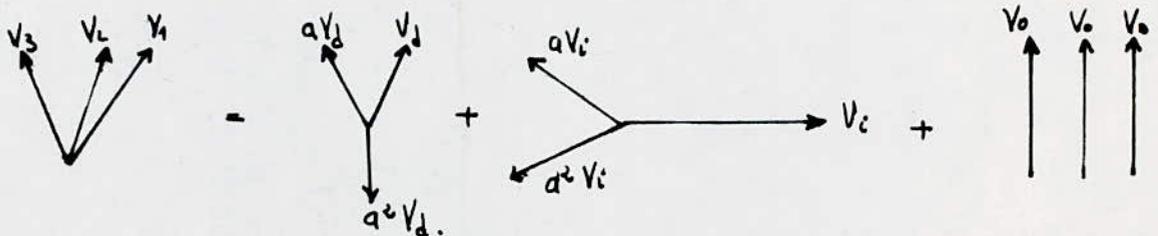


5 - Emploi des composantes symétriques, pour le calcul des courants de court - circuit :

Dans la distribution de l'énergie électrique, le réseau à haute tension constitue un système équilibré ou symétrique, mais lors d'un défaut dans le réseau, le système se trouve déséquilibré ou dissymétrique. L'étude de ce déséquilibre permet de connaître les conséquences résultant de ce défaut et peut nous renseigner quant aux mesures à prendre pour protéger le réseau contre les conséquences. Elle se fait en employant la méthode des composantes symétriques.

Soit un système comme la superposition de trois systèmes équilibrés.

- L'un direct ;
- L'autre inverse ;
- Le troisième homopolaire.



On a les équations suivantes

$$V_1 = V_d + V_i + V_o$$

$$V_2 = a^2 V_d + a V_i + V_o$$

$$V_3 = a V_d + a^2 V_i + V_o$$

a : étant un opérateur vectoriel représentant une rotation de

$$a = e^{j2\pi/3} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Les trois vecteurs V_d ; V_i ; V_o sont appelées les composantes symétriques du système réel V_1 ; V_2 ; V_3 .

Ces composantes sont définies par :

$$V_d = \frac{1}{3} (V_1 + a V_2 + a^2 V_3)$$

$$V_i = \frac{1}{3} (V_1 + a^2 V_2 + a V_3)$$

$$V_o = \frac{1}{3} (V_1 + V_2 + V_3)$$

Schéma triphasé pour les composantes directes et inverses :

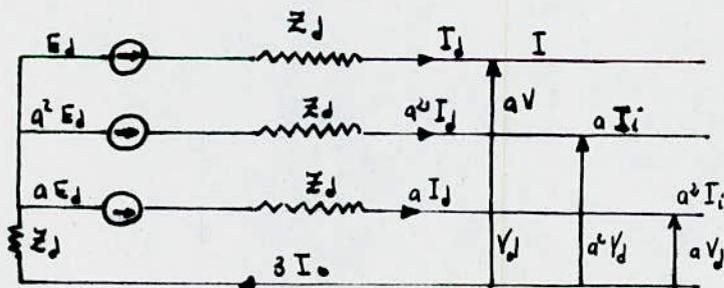
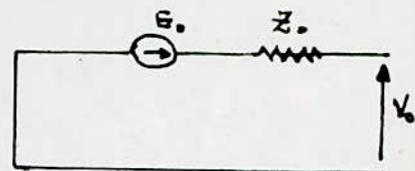


Schéma monophasé



.../...

Schéma de la composante homopolaire

Schéma triphasé

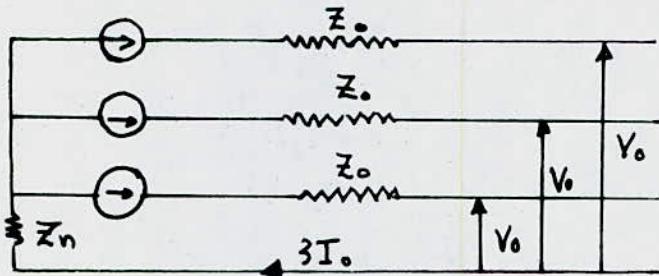
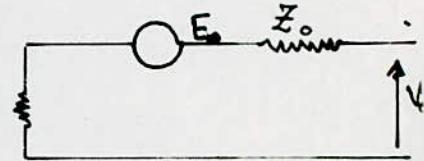


Schéma monophasé



L'application de la loi d'ohm au circuit nous donne

$$E_d = Z_d I_d + V_d$$

$$E_i = Z_i I_i + V_i$$

$$E_o = Z_o I_o + V_o$$

Comme l'alternateur donne les tensions symétriques à des courants symétriques alors

$$E_i = E_o = 0$$

$$E_d = Z_d I_d + V_d$$

$$0 = Z_i I_i + V_i$$

$$0 = Z_o I_o + V_o.$$

et comme on est dans le cas d'un court - circuit triphasé alors

$$V_1 = V_2 = V_3 = 0$$

$$V_d + V_i + V_o = 0 \quad (1)$$

$$a^2 V_d + a V_i + V_o = 0 \quad (2) \quad (I)$$

$$a V_d + a^2 V_i + V_o = 0 \quad (3)$$

la sommation des 3 equations du système (I) nous donne

$$3V_o = 0 \quad \Rightarrow \quad V_o = 0$$

.../...

$$\text{ainsi } (1) + (2) \quad (1 + a^2) V_d + (1 + a) V_i = 0$$

$$a^2 \neq 0 \text{ et } a \neq 0 \quad V_d = V_i = 0$$

finalement :

$$E_d = Z_d I_d$$

$$I_i = I_o = 0$$

$$I_d = \frac{E_d}{Z_d}$$

l'équation du courant de court - circuit triphasé est donc

$$I_a = \frac{1,1 \text{ un}}{\sqrt{3} Z_d} = \frac{1,1 E_d}{Z_d}$$

b) - Courant de choc :

Le courant de choc est par définition la valeur maximum du courant de court - circuit symétrique et il correspond à la valeur de ce dernier après un temps $t = 0,01 \text{ s}$ de sa naissance.

$$I_{ch} = I_{ap} + I_{pmax}$$

$$I_{pmax} = \sqrt{2} I_{cc}$$

$$I_{ap} = I_{apmax} e^{-(t/T_a)}$$

I_{apmax} : valeur maximum de la composante apériodique

$$I_a : \text{ constante de temps } T_a = \frac{X_{eq}}{\omega_{req}}$$

$$\text{Or à } t = 0 \text{ on a } I_{ap} = I_{apmax} = \sqrt{2} I_{cc}$$

$$I_{ap} = \sqrt{2} I_a e^{-t/t_a}$$

D'où

$$I_{ch} = 2 I_a e^{-t/T_a} + \sqrt{2} I_a = \sqrt{2} I_a (1 + e^{-t/T_a})$$

$$I_{ch} = 2 K_{ch} I_{cc}$$

$$K_{ch} = (1 + e^{-t/T_a})$$

III - Applications :

1 - Calcul du courant de court-circuit triphasé sur le jeu de barre 225V

$$S_a = 7500 \text{ MVA.}$$

$$I_a = \frac{S_a}{\sqrt{3} U_n} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 225} = 19,3 \text{ KA.}$$

Calcul du courant maximum périodique.

$$I_{pmax} = \sqrt{2} I_a = \sqrt{2} \times 19,3 = 27,2 \text{ KA.}$$

Calcul du courant de choc.

$$I_{ch} = \sqrt{2} \cdot K_{ch} \cdot I_a$$

$$I_{ch} = \sqrt{2} \times 1,8 \times 19,3$$

$$I_{ch} = 49 \text{ KA.}$$

2 - Calcul du courant de court-circuit triphasé sur le jeu de barre 63KV

$$S_a = 2,5 \text{ GVA.}$$

$$I_a = \frac{S_a}{\sqrt{3} U_n} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 63} = 22,9 \text{ KA.}$$

Calcul du courant maximum périodique.

$$I_{pmax} = \sqrt{2} I_a = \sqrt{2} \times 22,9 = 32,4 \text{ KA.}$$

Calcul du courant de choc.

$$I_{ch} = \sqrt{2} \cdot K_{ch} \cdot I_a$$

$$I_{ch} = \sqrt{2} \times 1,8 \times 22,9$$

$$I_{ch} = 58,3 \text{ KA.}$$

Chapitre III

Dimensionnement des jeux de barres.

I - Introduction.

II - Efforts électrodynamiques.

- 1 - vérifications aux efforts statiques.
- 2 - vérifications aux efforts dynamiques.

III - Effets thermiques.

IV - Applications.

- 1 - détermination de la section des jeux de barres.
- 2 - calcul des efforts statiques.
- 3 - calcul des efforts dynamiques.
- 4 - vérifications aux effets thermiques.

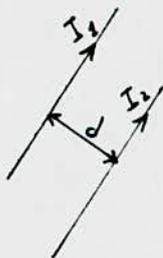
I - Introduction :

Dans un réseau de transport les jeux de barres constituent des centres de répartitions de puissance d'où arrivent et repartent de nombreuses lignes, tout défaut entre phase ou la terre sur ces jeux de barres, entraîne leur indisponibilité, donc celle des lignes qui leurs sont raccordées. Ils ont par conséquent de graves repercussions sur la stabilité du réseau. d'où la nécessité d'un choix judicieux de la section du jeu de barre en fonction des courants admissibles qui y circulent, et d'examiner ensuite si ces sections peuvent résister ou non aux efforts électrodynamiques et thermiques.

II - Efforts électrodynamiques :

Lors d'un court-circuit sur les jeux de barres, ce dernier est le siège d'efforts électrodynamiques qui peuvent avoir un caractère permanent et un caractère de choc. Les forces électrodynamiques dues au courant de choc sont les plus importantes, et leur calcul servira à la détermination des résistances mécaniques des jeux de barres et des structures qui les supportent.

Soit deux conducteurs parallèles traversés par deux courants I_1 et I_2 .



La force électrique par unité de longueur qui s'exerce sur les deux conducteurs est.

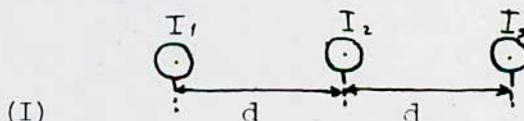
$$f = \frac{\mu_0}{2\pi d} I_1 I_2$$

μ_0 = perméabilité de l'air.

Pour les circuits triphasés dont les barres sont parallèles et dans le même plan, les forces électriques qui s'exècent sur les barres sont.

$$f_1 = f_3 = \frac{\mu_0}{2\pi d} I_1 I_2 + \frac{\mu_0}{2\pi d} I_1 I_3$$

$$f_2 = - \frac{\mu_0}{2\pi d} (I_2 I_3 - I_2 I_1)$$



(I)

- f1 : force exercée par les barres 2 et 3 sur la barre 1.
- f2 : force exercée par les barres 1 et 3 sur la barre 2.
- f3 : force exercée par les barres 1 et 2 sur la barre 3.

En régime normal les courants appliqués sont donnés par.

$$i_1 = I_{\max} \sin (\omega t + \alpha - \varphi)$$

$$i_2 = I_{\max} \sin (\omega t + \alpha - \varphi - \frac{2\pi}{3})$$

$$i_3 = I_{\max} \sin (\omega t + \alpha - \varphi - \frac{4\pi}{3})$$

φ : déphasage entre la tension et le courant.

α : déphasage entre la tension et l'axe de temps.

Afin de simplifier les calculs on considère le cas particulier.

$\alpha - \varphi = 0$ ainsi on aura.

$$i_1 = I_{\max} \sin \omega t.$$

$$i_2 = I_{\max} \sin (\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$i_3 = I_{\max} \sin (\omega t - \frac{4\pi}{3}).$$

En remplaçant i_1 i_2 i_3 par leurs nouvelles valeurs dans le système (I) on aura.

$$f_1 = f_3 = \frac{\mu_0}{2\pi d} I_{\max}^2 \sin \omega t \left[\sin (\omega t - \frac{2\pi}{3}) + \frac{1}{2} \sin (\omega t - \frac{4\pi}{3}) \right]$$

$$f_2 = -\frac{\mu_0}{2\pi d} I_{\max}^2 \sin (\omega t - \frac{2\pi}{3}) \left[\sin (\omega t - \frac{4\pi}{3}) - \sin \omega t \right]$$

Les valeurs maximales de ces forces sont obtenues en annulant les dérivées premières.

$$f_1 \max = f_3 \max = 0,81 \cdot \frac{\mu_0}{2\pi d} I_{\max}^2$$

$$f_2 \max = -0,87 \frac{\mu_0}{2\pi d} I_{\max}^2$$

On remarque que la plus grande force est appliquée à la barre du milieu (0,87 0,81)

on doit donc calculer f_2 pour avoir la sollicitation maximale à laquelle est soumis le jeu de barre.

Lors d'un court-circuit les courants circulant dans les barres ont pour expression.

$$i_1 = I_{pmax} \left[\sin(\omega t + \psi) - \sin\psi e^{-t/Ta} \right]$$

$$i_2 = I_{pmax} \left[\sin\left(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3}\right) - \sin\left(\psi - \frac{2\pi}{3}\right) e^{-t/Ta} \right]$$

$$i_3 = I_{pmax} \left[\sin\left(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3}\right) - \sin\left(\psi - \frac{4\pi}{3}\right) e^{-t/Ta} \right]$$

avec $I_{pmax} = \sqrt{2} I_{cc}$

d'où

$$f_2 = -\frac{\mu_0}{2\pi d} \cdot 2 \cdot I_{cc}^2 \left[\sin\left(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3}\right) - \sin\left(\psi - \frac{2\pi}{3}\right) e^{-t/Ta} \right] \times$$

$$\left[\sin\left(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3}\right) - \sin(\omega t + \psi) - \left(\sin\left(\psi - \frac{4\pi}{3}\right) - \sin\psi\right) e^{-t/Ta} \right]$$

Après développement de cette équation, on obtient :

$$f_2 = -\frac{\mu_0}{2\pi d} \cdot 2 \cdot I_{cc}^2 \frac{\sqrt{3}}{2} \left[\sin\left(2\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}\right) - 2 e^{-t/Ta} \sin\left(\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}\right) + \sin\left(2\psi - \frac{\pi}{3}\right) e^{-t/ta} \right]$$

Posons. $A = \sin\left(2\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}\right)$

$B = \sin\left(\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}\right)$

$C = \sin\left(2\psi - \frac{\pi}{3}\right)$

.../...

On voit bien que f_2 à trois composantes dont deux périodique et l'autre apériodique.

A : composante périodique de fréquence $2f$.

B : composante périodique amortie de fréquence f .

C : composante apériodique amortie.

La valeur maximum de f_2 est obtenue lorsque.

$$A = -1$$

$$B = -2 e^{-t/Ta}$$

$$\text{d'où } \psi = \frac{\pi}{12}$$

$$C = e^{-2t/Ta}$$

$$t = 0,01 \text{ s.}$$

$$f_2 \text{ max } (t = 0,01 \text{ s ; } \psi = -\frac{\pi}{12}) = f_{2ch}.$$

D'où

$$f_{2ch} = -\frac{M_0}{2\pi d} \sqrt[2]{I_{cc}} \frac{\sqrt{3}}{2} \left[\sin \frac{3}{2} \pi - 2 e^{-t/Ta} \sin \frac{\pi}{2} - e^{-2t/Ta} \sin \left(-\frac{\pi}{2}\right) \right]$$

$$f_{2ch} = \frac{M_0}{2\pi d} \sqrt[2]{I_{cc}} \frac{\sqrt{3}}{2} (1 + 2e^{-t/Ta} + e^{-2t/Ta})$$

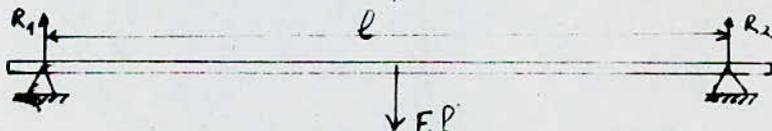
$$f_{2ch} = \frac{M_0}{2\pi d} \frac{\sqrt{3}}{2} \left[\sqrt{2} I_{cc} (1 + e^{-t/Ta}) \right]^2$$

$$\text{en posant } K_{ch} = 1 + e^{-t/Ta}$$

$$f_{2ch} = 0,87 \frac{M_0}{2\pi d} \sqrt[2]{I_{cc}} K_{ch}$$

1 - Vérifications aux efforts statiques.

On considère une barre avec appuis aux extrémités.



F : Poids linéique de la barre.

$F.l$: poids de la barre.

R_1, R_2 : réactions des supports agissants sur la barre. $R_1=R_2 = F \cdot \frac{l}{2}$.

Dans ces conditions le moment flechissant sur la barre est :

$$M_f(x) = Fx - \frac{x}{2} + F \cdot \frac{1}{2} x.$$

Le moment flechissant maximum est donné par l'annulation de la dérivée première.

$$M_f(x) = -F \cdot x + F \cdot \frac{1}{2} = 0 = x = \frac{1}{2}$$

$$d'où M_f(\max) = M_f \left(\frac{1}{2} \right) = F \frac{l^2}{8}.$$

On demontre que pour une barre à double encastrement.

$$M_{fmax} = F \cdot \frac{l^2}{12}.$$

Du fait qu'on à ni double encastrement, ni double appuis, on prend la valeur intermédiaire du moment flechissant.

$$M_{fmax} = F \cdot \frac{l^2}{10}$$

La contrainte statique maximale appliquée à la barre est :

$$= \frac{M_{fmax}}{W} \quad M_{fmax} : \text{moment flechissant maximum de la barre}$$

W : module de la résistance de la barre.

La résistance à l'effort statique nécessite la vérification de la condition suivante.

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{ad} \leq \sigma_{rup}.$$

pour le cuivre $\sigma_{ad} = 2400 \text{ Kgf/cm}^2$.

pour l'aluminium $\sigma_{ad} = 700 \text{ Kgf/cm}^2$.

pour l'A.G.S $\sigma_{ad} = 1700 \text{ Kgf/cm}^2$.

2 - Vérifications aux efforts dynamiques.

Lors du régime de court-circuit le jeu de barre est le siège des sollicitations électrodynamiques trop complexes, et afin de faciliter les calculs, on fait un calcul approximatif de la contrainte dynamique maximale en fonction de la contrainte statique.

$$\sigma_{dymax} = K_{\sigma} \sigma_{stmax} \quad \text{avec} \quad K_{\sigma} = \varphi \left(\frac{f_0}{f_n} \right).$$

f_0 : fréquence propre de la barre.

f_n : fréquence nominale du réseau.

Pour pouvoir éliminer le phénomène de résonance, il faut que la fréquence propre de la barre soit différente des fréquences $2f$ et f des composant périodiques et apériodiques de la force f_{2ch} .

Dans ces conditions la contraintes dynamique maximale doit être inférieure à la contrainte statique maximale, ce qui donne.

$$0 < K < 1. \quad \text{D'où} \quad 0 < \frac{f_0}{f_n} < 0,5 \Rightarrow 3,4 < \frac{f_0}{f_n} < 4.$$

détermination de la fréquence propre de la barre.

L'expression donnant la fréquence propre de la barre est la suivante

$$f_s = C_1 C_2 \frac{3}{4l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\rho s}}$$

l : distance entre deux isolateurs rigides

E : module d'élasticité

ρ : densité du matériau de la barre.

s : section de la barre.

J : moment d'inertie de la section considérée de la barre.

$C_1 = 1$. pour une barre simple.

C_2 est donné par l'expression.

$$C_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \frac{J_e}{J} \left(\frac{l}{l_e}\right)^2 \mu_e}{1 + \frac{S_e}{S} \left(\frac{l}{l_e}\right) \mu_e}}$$

J_e : moment d'inertie de la barre en dérivation

l_e : longueur de la barre en élastique.

S_e : section de la barre élastique.

l_a : distance entre la barre en dérivation et l'isolateur le plus proche.

III - Effets thermiques :

Lors du régime normal de fonctionnement les jeux de barres se trouvent à une température initiale θ_r . Lorsqu'un court-circuit apparaît, ces barres sont exposées à un surchauffement qui conduit à une augmentation de leur température qui dépendra de la durée du court-circuit. Pour que les barres résistent aux effets thermiques, il faut que la valeur finale θ_f de ces barres ne dépasse pas une valeur limite qui est la température admissible du matériel.

pour les barres en A.G.S $\theta_{ad} = 200^\circ \text{ c.}$

pour les barres en Cu $\theta_{ad} = 250^\circ \text{ c.}$

1 - Jeux de barres 225 KV et 63 KV.

L'échauffement dépend de la durée du court-circuit donc du temps de déclenchement du disjoncteur qui est en général de 0,2 s ; mais nous considérerons le cas le plus défavorable où le défaut persiste jusqu'à l'intervention de la protection de réserve ; ce qui correspond à un temps d'action d'une seconde. Pour les tubes en A.G.S, l'échauffement maximal lors du régime normal est ($\theta_i = 60^\circ \text{ c.}$). Les courbes de la figure I donnent les échauffement en fonction de l'intensité efficace de court-circuit d'une durée d'une seconde.

La température maximale est obtenue en ajoutant à cet échauffement la température permanente maximale.

2 - Jeux de barres 33 KV :

L'échauffement d'un conducteur homogène est donné par :

$$p dt = CM d\theta + \lambda S dt \quad (1)$$

p : puissance d'échauffement.

c : chaleur spécifique du matériau.

M : masse du conducteur.

S : surface latérale du conducteur.

λ : coefficient de transmission de la chaleur vers le milieu.

θ : élévation de la température du conducteur par rapport au milieu ambiant.

Le terme $CM d\theta$ représente la chaleur émmagasinée dans le conducteur.

Le terme $\lambda S dt$ représente la chaleur transmise au milieu ambiant pendant le temps t .

Ce terme est négligeable devant le premier du fait que dt est très faible.

L'expression (1) s'écrit :

$$p dt = CM d\theta$$

$$p = Ri^2 \quad \text{soit} \quad Ri^2 dt = CM d\theta \quad (2)$$

$$\text{avec } R = R_0 (1 + \alpha \theta) \quad ; \quad R_0 = \rho \frac{1}{S}$$

$$C = C_0 (1 + \beta \theta) \quad ; \quad M = \gamma l s.$$

ρ : résistivité du matériau.

γ : masse volumique.

L'expression (2) s'écrit :

$$i^2 \rho (1 + \alpha \theta) \frac{1}{S} dt = C_0 (1 + \beta \theta) \gamma l s d\theta \quad (3)$$

En considérant.

$t = 0$: temps initial du court-circuit.

t : durée du court-circuit.

θ_i : température initiale du conducteur.

θ_f : température finale du conducteur.

On aura.

$$\frac{1}{s^2} \int_0^t i^2 dt = \frac{C_0}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} d\theta.$$

Après intégration on trouve.

$$\frac{1}{s^2} \int_0^t i^2 dt = \frac{C_0}{\rho_0} \left\{ \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \text{Log} (1 + \alpha \theta_f) + \frac{\beta}{\alpha} \theta_f \right] - \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \text{log} (1 + \alpha \theta_i) + \frac{\beta}{\alpha} \theta_i \right] \right\} \quad (4)$$

$$\text{En posant : } A(\theta) = \frac{C_0 \beta (\alpha - \beta)}{\rho_0 (\alpha^2)} \text{log} (1 + \alpha \theta) + \frac{\beta}{\alpha} \theta.$$

L'expression (4) devient.

$$A(0) = \frac{1}{s^2} \int_0^t i^2 dt + A(\theta_i) \quad (5)$$

Connaissant les valeurs de $\frac{1}{s^2} \int_0^t i^2 dt$ et θ_i , on peut déterminer la valeur de θ_f vu que l'on dispose de la courbe $\theta = f [A(\theta)]$ pour le cuivre (fig.

IV - Applications

1 - Détermination de la section des jeux de barres :

La circulation du courant à travers le jeu de barres dépend de la nature et de l'emplacement des diverses cellules, à chaque disposition des cellules correspond un tronçon de barres plus chargé ou plus sollicité, et parmi ces dispositions nous retiendrons celle qui nous permettra d'obtenir le courant nominal maximal.

Jeux de barres 225 KV :

Le courant nominal maximum obtenu pour la disposition suivante :

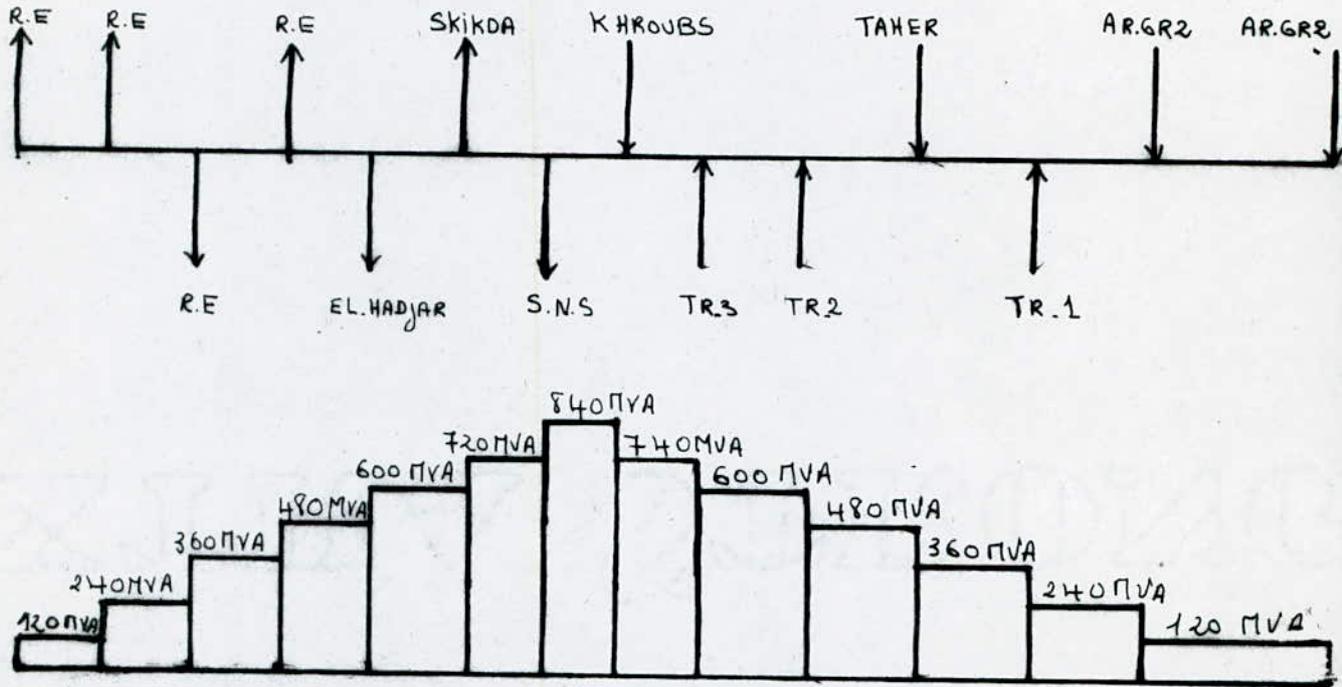


Diagramme de la distribution de puissance.

La sollicitation maximale au niveau du jeu de barre correspond à une puissance nominale $S_n = 840 \text{ MVA}$.

Le courant nominal correspondant est :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{840 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 225 \cdot 10^3} = 2155 \text{ A.} \quad I_n = 2155 \text{ A.}$$

Le courant admissible est donc $I_{ad} = 1,2 I_n$ $I_{ad} = 2586 \text{ A.}$

La section du jeu de barre est donnée par le tableau I.

$$S = 2800 \text{ mm}^2 \quad D_{int} = 104 \text{ mm} \quad D_{ext} = 120 \text{ mm.}$$

Jeux de barre 63KV:

Le courant nominal maximum est obtenu pour la disposition suivante.

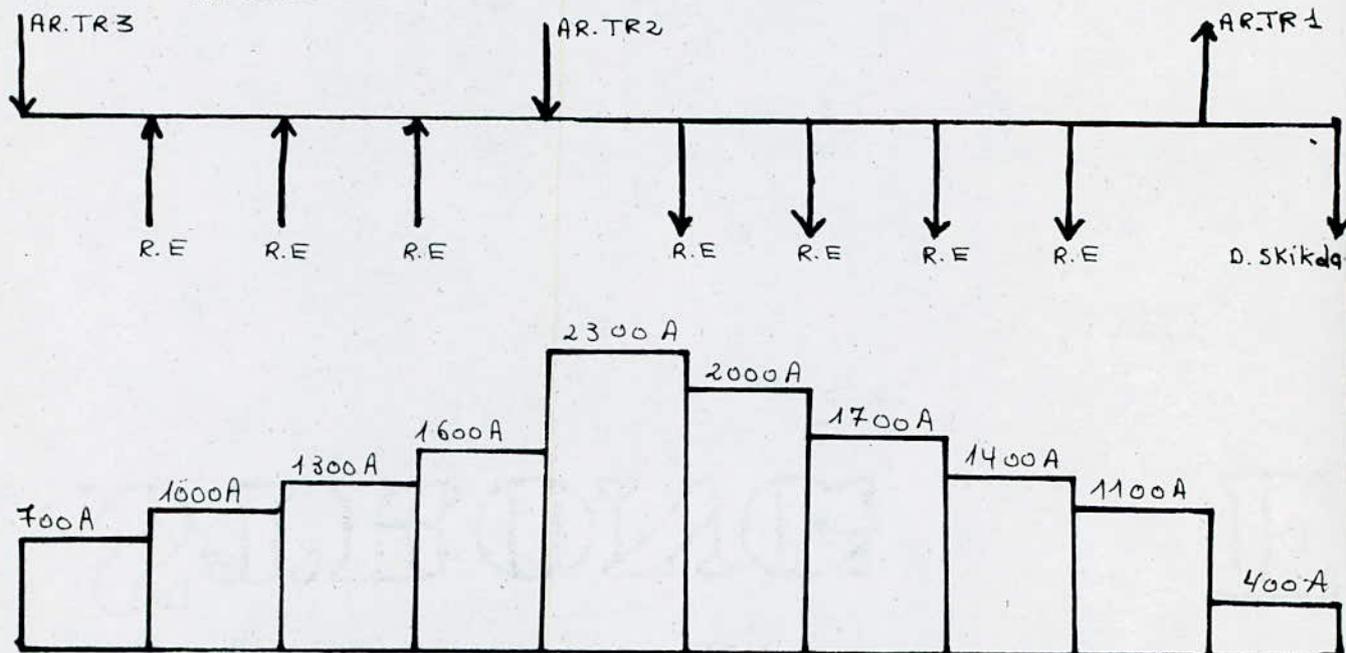


Diagramme de la distribution de courant.

La sollicitation maximale au niveau du jeu de barre correspond à un courant nominal $I_n = 2300 \text{ A}$.

La section du jeu de barre est donnée par le tableau I.

$$S = 2800 \text{ mm}^2, D_{\text{int}} = 104 \text{ mm}, D_{\text{ext}} = 120 \text{ mm}.$$

2 - Calcul des efforts statiques :

Jeux de barre 225 KV :

$$f_{2\text{ch}} = 0,87 \frac{\mu_0}{2d} \cdot 2 I_{cc}^2 K_{ch} \quad \mu_0 = 4 \cdot 10^{-7}$$

$$f_{2\text{ch}} = 0,87 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot (3,8)} \cdot 2 \cdot (1,8)^2 (19,5)^2 \cdot 10^6 = 110,6 \text{ N/m}.$$

$$f_{2\text{ch}} = 110,6 \text{ N/m} = 11,06 \text{ Kgf/m}.$$

moment de flexion maximal :

$$M_{\text{max}} = f_{2\text{ch}} \cdot \frac{l^2}{10} \quad l : \text{distance entre deux appuis} = 15 \text{ m.}$$

$$M_{\text{max}} = 110,6 \frac{(15)^2}{10} = 249 \text{ .Kgf. m} = 24900 \text{ Kgf.cm.}$$

Sollicitation statique maximale :

$$\sigma_{\text{max st}} = \frac{M_{\text{max}}}{W} \quad W : \text{module de la résistance de la section de la barre, donné par le tableau I.}$$

$$W = 74 \text{ cm}^3.$$

$$\sigma_{\text{stmax}} = \frac{24900}{74} = 337 \text{ Kgf/cm}^2.$$

$$\sigma_{\text{maxst}} = 337 \text{ Kgf/cm}^2 < \sigma_{\text{ad}} = 1700 \text{ Kgf/cm}^2.$$

La condition est donc vérifiée et par conséquent on prend un tube en A.G.S de $s = 2800 \text{ mm}^2$; $D_{\text{int}} = 104 \text{ mm}$; $D_{\text{ext}} = 120 \text{ mm}$.

Jeu de barre 63 KV :

$$f_{2\text{ch}} = 0,87 \cdot \frac{10^7 \cdot 4\pi \cdot 2 \cdot (1,8)^2 (22,9)^2 10^6}{2 \cdot 1,5} = 394,6 \text{ N/m.}$$

$$f_{2\text{ch}} = 39,5 \text{ Kgf/m.}$$

Moment de flexion maximal:

$$M_{\text{max}} = f_{2\text{ch}} \frac{l^2}{10} \quad l : \text{distance entre deux appuis} = 6,5 \text{ m.}$$

$$M_{\text{max}} = 39,5 \frac{(6,5)^2}{10} = 166,9 \text{ Kgf.m} = 16690 \text{ Kgf-cm.}$$

Sollicitation statique maximale.

$$\sigma_{st} = \frac{M_{\max}}{W} \quad W = 74 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{st} = \frac{16690}{74} = 226 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{st\max} = 226 \text{ Kgf/cm}^2 < \sigma_{ad} = 1700 \text{ Kgf/cm}^2$$

La condition est donc vérifiée; et par conséquent on prendra un tube en A.G.S de

$$S = 2800 \text{ mm}^2 ; D_{int} = 104 \text{ mm} ; D_{ext} = 120 \text{ mm}.$$

3 - Verification aux efforts dynamiques :Jeux de barre 225 KV.

La fréquence propre de la barre est :

$$f_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{3}{4l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\rho \cdot S}}$$

$$l = 15 \text{ m}.$$

$$E = 7000 \text{ Kg/mm}^2$$

$$S = 2800 \text{ mm}^2.$$

$$\rho_{AGS} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ Kgf/m}^3$$

$$C_1 = 1. ; C_2 = 1$$

$$J = 443 \text{ cm}^4.$$

$$= f_0 = 1 \cdot 1 \cdot \frac{3}{4(15)^2} \sqrt{\frac{7 \cdot 10^9 \times 443 \times 10^{-8}}{2800 \cdot 10^{-6} \cdot 2,7 \cdot 10^3}}$$

$$f_0 = 0,214 \text{ Hz}.$$

$$0 < \frac{f_0}{f_n} < 1 \Rightarrow \frac{f_0}{f_n} = 0,0043.$$

La section choisie vérifie la condition. $0 < \frac{f_0}{f_n} < 1.$

Jeu de barre 63 KV :

La fréquence propre de la barre est :

$$f = C1 \cdot C2 \cdot \frac{3}{4l^2} \sqrt{\frac{EJ}{P \cdot S}}$$

$$l = 6,5 \text{ m.}$$

$$E = 7000 \text{ Kg/mm}^2.$$

$$S = 2800 \text{ mm}^2.$$

$$P_{AGS} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ Kgf/m}^3.$$

$$C1 = 1, C2 = 1.$$

$$J = 443 \text{ cm}^4.$$

$$f = 1 \cdot 1 \cdot \frac{3}{4(6,5)^2} \sqrt{\frac{7 \cdot 10^9 \cdot 443 \times 10^{-8}}{2800 \times 10^{-6} \times 2,7 \cdot 10^3}}$$

$$f = 3,84 \text{ Hz.}$$

$$\frac{f_0}{f_n} = 0,077. = 0 < \frac{f_0}{f_n} < 1.$$

Donc la choisie verifie la condition $0 < \frac{f_0}{f_n} < 1.$

4 - Verifications aux effets thermiques :

Pour les tubes en A.G.S ; l'échauffement lors du régime normal est $\theta_i = 60^\circ \text{ C}$

Les courbes de la figure II donnent les échauffements en fonction de l'intensité efficace du courant de court-circuit d'une durée d'une seconde.

La température maximale est obtenue en ajoutant à cet échauffement la température permanente maximale.

$$\theta_f = \theta_i + \theta.$$

..//..

Jeu de barre 225 KV :

$$I_{cc} = 19,3 \text{ KA.}$$

$$D_{int} / D_{ext} = 104/120 \text{ mm.}$$

$$\theta = 3^{\circ}\text{C. (voir courbes fig I)}$$

La température finale est donc.

$$\theta_f = \theta + \theta_i = 63^{\circ}\text{C} < 200^{\circ}\text{C.}$$

Le jeu de barre choisie vérifie bien les conditions des effets thermiques.

Jeu de barre 63 KV :

$$I_{cc} = 22,9 \text{ KA.}$$

$$D_{int} / D_{ext} = 104/120 \text{ mm.}$$

$$\theta = 4,5^{\circ}\text{C. (voir figure I)}$$

La température finale est donc

$$\theta_f = \theta + \theta_i = 64,5^{\circ}\text{C} < 200^{\circ}\text{C.}$$

Le jeu de barre choisi vérifie bien les conditions des effets thermiques.

DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE TERRE

I - INTRODUCTION.

II - CALCUL DU COURANT DE COURT CIRCUIT UNIPOLAIRE

III - DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE TERRE .

- 1 - Schéma unifilaire de l'installation.
- 2 - Calcul des réactances.
- 3 - Calcul des courants de court circuit unipolaire.
- 4 - Courant maximum passant par la mise à la terre de la sous station.
- 5 - Résistance totale de dispersion.
- 6 - Tension de l'électrode de terre.
- 7 - Tension de pos.
- 8 - Section des conducteurs utilisés pour la mise à la terre.

I - INTRODUCTION :

Le poste sujet de notre étude, comprend un jeu de barre 225 KV; un jeu de barre 63 KV, 3 transformateurs de 120 MVA chacun, plusieurs lignes de 225 KV et 63 KV.

Les réseaux 225 KV et 63 KV seront pourvus d'une mise à la terre du point neutre. Les points neutres des transformateurs du côté primaire et secondaire peuvent être mis à la terre par l'intermédiaire de sectionneurs. La puissance de court-circuit du réseau 225 KV nous a été indiquée comme étant de 7500 MVA, celle du réseau 63 KV étant de 2500 MVA. La durée du défaut selon l'information donnée par Sonelgaz est de 1 seconde, la protection de réserve aura lieu après 3 secondes.

Le poste sera irrigué sur un sol dont la résistance spécifique est de 200 Ω .m.

II - CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT UNIPOLAIRE :

Le court-circuit de terre constitue un défaut asymétrique. Le courant de court-circuit unipolaire est calculé selon le procédé des composantes symétriques.

Le procédé des composantes symétriques :

Ce procédé est basé sur le principe de superposition. Les courants de réseau des conducteurs s'obtiennent grâce à la composition des courants des composantes symétriques. Pour pouvoir déterminer les courants composés il nous faut 3 montages équivalents monopolaires.

Système direct : Système du courant triphasé symétrique avec position de phases normale.

Système inverse : Système du courant triphasé avec disposition inverse des phases.

Système homopolaire : Système composé des trois courants ayant une puissance et une disposition de phase égales.

Les trois montages équivalents des composantes sont totalement découplés entre eux lors de l'opération symétrique du réseau triphasé. Ce n'est qu'au moyen du défaut asymétrique que les 3 montages équivalents des composantes entrent en contact à l'emplacement du défaut donné.

Le calcul du courant de court-circuit unipolaire se fait de la façon suivante.

- Schéma unifilaire de l'installation.
- Schéma équivalent des composantes symétriques avec système direct, système inverse, système homopolaire et couplage en série des différents systèmes à l'endroit du défaut.
- Calcul de la réactance résultant du système direct X_d , du système inverse X_i , et du système homopolaire X_o .
- Calcul du courant de court-circuit unipolaire $I_{cc} =$

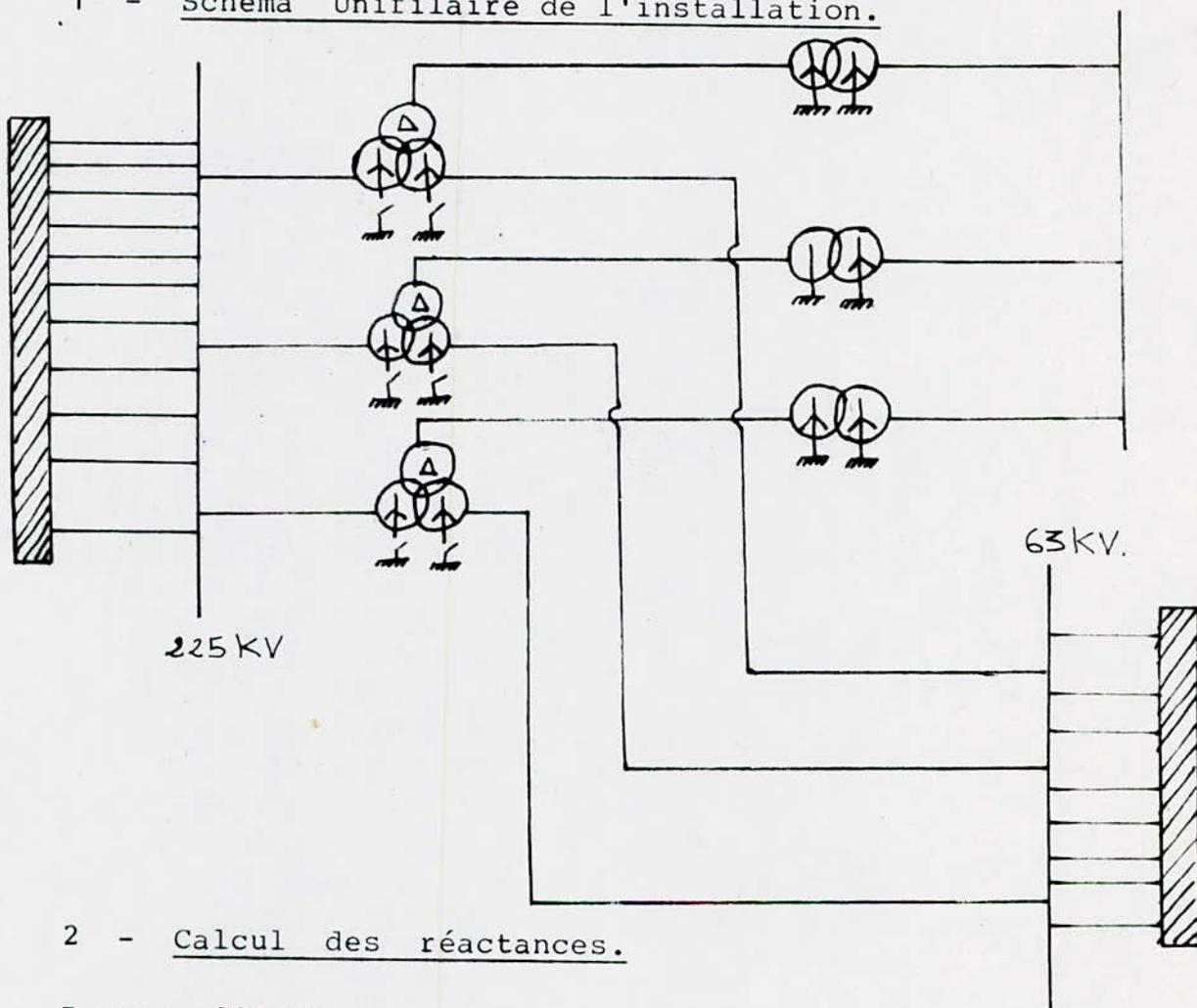
$$I_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot U_n}{X_d + X_i + X_o}$$

- Calcul du courant homopolaire . $I_o = \frac{I_{cc}}{3}$
- Détermination des part de courant dans les branchements du système homopolaire.

.../...

III - DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE TERRE :

1 - Schéma Unifilaire de l'installation.



2 - Calcul des réactances.

Reseau 225 KV :

$$X_{11} = 1,1 \frac{U_n^2}{S_{ec}} = 1,1 \frac{(225 \cdot 10^3)^2}{7,5 \cdot 10^9} = 7,425 \Omega$$

$$X_{11} = 7,425 \Omega$$

$$X_{01} / X_{11} = 3 \Rightarrow X_{01} = 3 \cdot X_{11} = 22,275 \Omega$$

$$X_{01} = 22,275 \Omega$$

.../...

Reseau 63 KV :

$$X_{12} = 1,1 \frac{U_n^2}{S_{cc}} \frac{1}{m^2} = 1,1 \frac{(63 \cdot 10^3)^2}{2,5 \cdot 10^9} \times \frac{(225)}{(63)} = 22,275 \Omega$$

$$X_{12} = 22,275 \Omega$$

$$X_{02} / X_{12} = 3 \Rightarrow X_{02} = 3 \cdot X_{12} = 66,825 \Omega$$

$$X_{02} = 66,825 \Omega$$

Transformateurs 225 / 63 / 11 KV :

$$* X_{113} = U_{k12} \frac{U_n^2}{S_{n1}} = 0,12 \frac{(225 \cdot 10^3)^2}{120 \cdot 10^6} = 50,625 \Omega$$

$$X_{113} = 50,625 \Omega$$

$$X_{013} / X_{113} = 0,3 \Rightarrow X_{013} = 0,3 \cdot X_{113} = 15,20 \Omega$$

$$X_{013} = 15,20 \Omega$$

$$* X_{123} = U_{k13} \frac{U_n^2}{S_{n2}} = \frac{0,18 \cdot 225 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^6} = 75,94 \Omega$$

$$X_{123} = 75,94 \Omega$$

$$X_{023} / X_{123} = 0,05 \Rightarrow X_{023} = 0,05 \cdot X_{123} = 3,4 \Omega$$

$$X_{023} = 3,4 \Omega$$

$$* X_{133} = U_{k23} \frac{U_n^2}{S_{n3}} = 0,05 \frac{(225 \cdot 10^3)^2}{40 \cdot 10^6} = 63,3 \Omega$$

$$X_{133} = 63,3 \Omega$$

$$X_{033} / X_{133} = 0,15 \Rightarrow X_{033} = 0,15 \cdot X_{133} = 9,5 \Omega$$

$$X_{033} = 9,5 \Omega$$

Transformateurs 11 KV / 0,4 KV :

$$X_{14} = \frac{\Delta U_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \cdot \frac{1}{m^2} = 0,042 \cdot \frac{(11 \cdot 10^3)^2}{250 \cdot 10^3} \times \frac{(220)^2}{11} = 8131 \Omega$$

$$X_{14} = 8131 \Omega$$

$$X'_{04} / X_{16} = 0,1 \Rightarrow X'_{04} = 0,1 \cdot X_{16} = 813,1 \Omega$$

$$X'_{04} = 813,1 \Omega$$

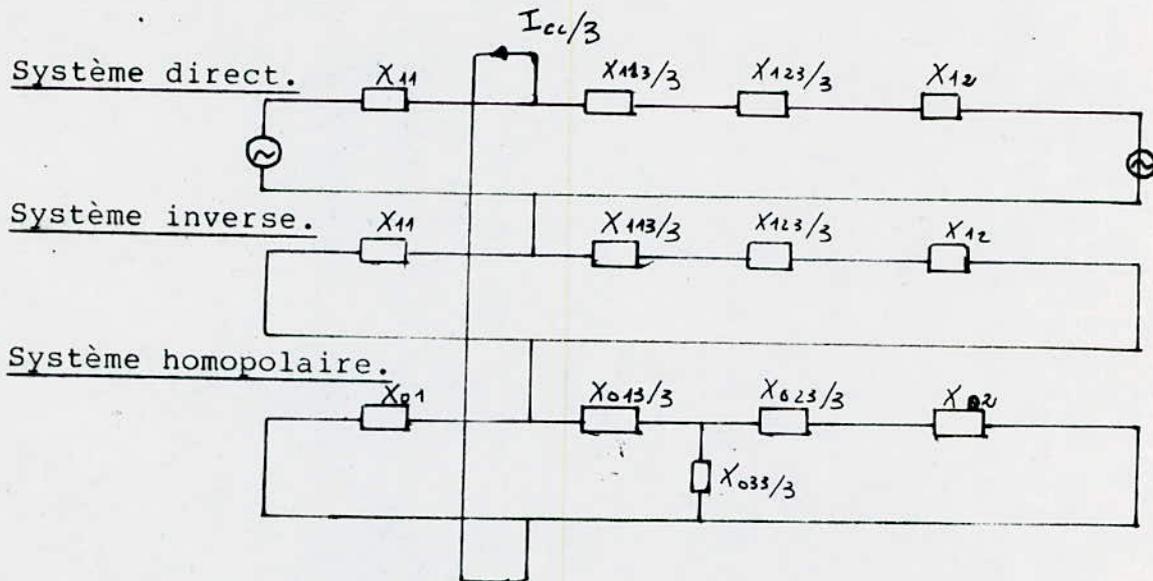
$$X''_{04} / X_{16} = 3 \Rightarrow X''_{04} = 3 \cdot X_{16} = 24,3 \text{ K}\Omega$$

$$X''_{04} = 24,3 \text{ K}\Omega$$

.../...

3 - Calcul des Courants de court-circuits Unipolaire :

Court circuit unipolaire dans le système 225 KV.



Calcul des réactances directe, inverse et homopolaire.

$$X_d = X_i = X_{11} \quad // \quad (X_{113}/3 + X_{123}/3 + X_{12})$$

$$X_d = X_i = 6,7 \, \Omega$$

$$X_o = X_{01} \quad // \quad (X_{02} + X_{023}/3) \quad // \quad (X_{033}/3) + X_{013}/3) .$$

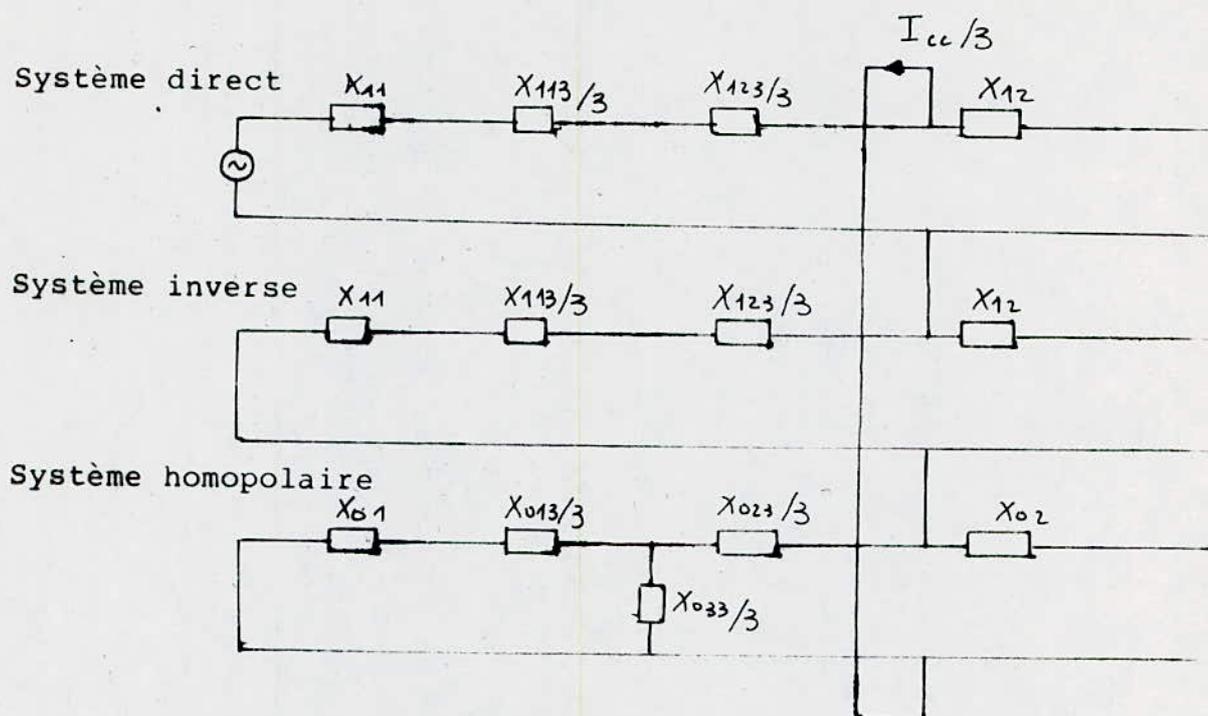
$$X_o = 6 \, \Omega$$

D'où le courant de court circuit unipolaire.

$$I_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \, U_n}{X_o + X_d + X_i} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 225 \cdot 10^3}{6,7 + 6,7 + 6} = 22 \, \text{KA}.$$

Court circuit unipolaire dans le système 63 KV.

.../...



Calcul des réactances directe, inverse et homopolaire.

$$X_d = X_i = (X_{11} + X_{113}/3 + X_{123}/3) // X_{12}$$

$$X_d = X_i = 15,4 \Omega$$

$$X_o = (X_{01} + X_{013}/3) // (X_{033}/3) + X_{023}/3 // X_{02}$$

$$X_o = 4 \Omega$$

D'où le courant de court circuit unipolaire dans le système 63 KV.

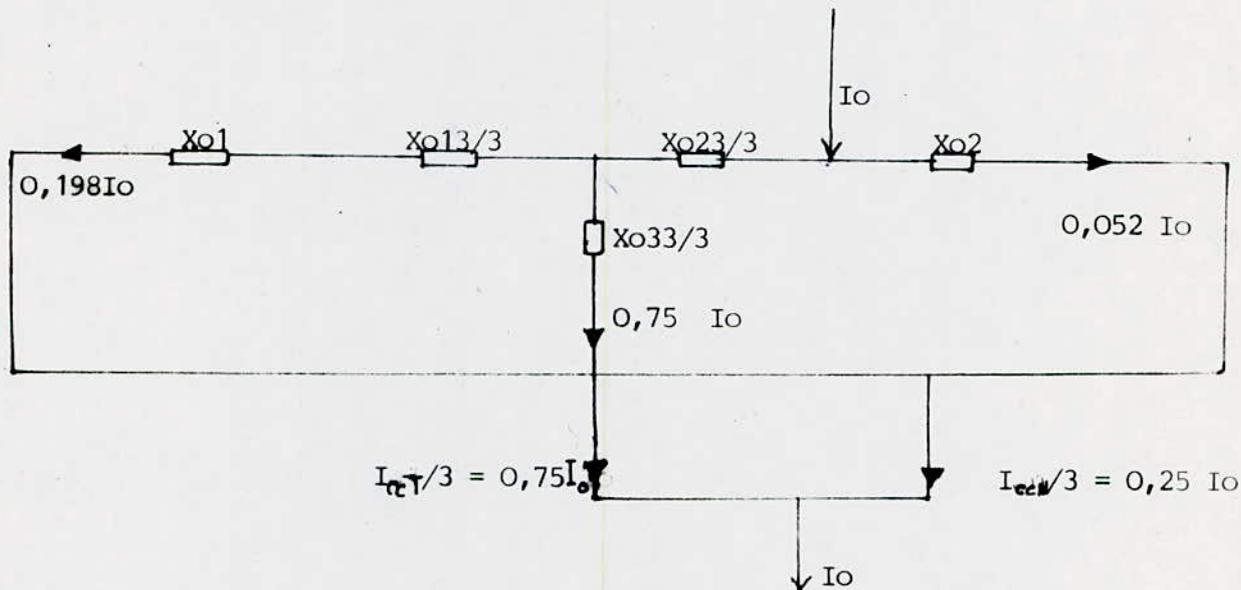
$$I_{cc} = \frac{\sqrt{3} \times 1,1 \cdot U_n}{\frac{1}{m^2} (X_o + X_d + X_i)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 63 \cdot 10^3}{(225)^2} = 44 \text{ KA.}$$

$$\frac{1}{m^2} (X_o + X_d + X_i) = (15,4 + 15,4 + 4) \frac{(63)^2}{(225)^2}$$

.../...

4 - Courant maximum passant par la mise à la terre de la sous-station :

Le calcul du courant de court-circuit unipolaire à montré que ce courant est plus élevé au niveau du système 63 KV, il est donc nécessaire et suffisant de calculer la distribution des courants dans le schéma homopolaire pour le système 63 KV.



- Court circuit dans ou près de la station 63 KV.

$$I_E = W I_{ccN} = 0,7 \times 0,25 \cdot 44 = 7,7 \text{ KA.}$$

- Court-circuit dans le reseau 63 KV.

$$I_E = W I_{ccT} = 0,7 \times 0,75 \times 44 = 23,1 \text{ KA}$$

Cas le plus grave : Court - circuit dans le reseau 63 KV (les courants passants par la mise à la terre en cas de C.C dans le système 225 KV ne peuvent pas être plus grands).

$$I_E \text{ max} = 23,1 \text{ KA.}$$

.../...

5 - Resistance totale de dispersion :

La puissance de la resistance de terre résulte du couplage en parallèle de la resistance des plaques de terre ; et des resistances du système iteratif. W1 , W2. des lignes aériennes connectées.

Caracéristiques du réseau maillé de mise à la terre des sous station 225 KV et 63 KV.

Surface :	$A = 27540 \text{ m}^2$
Diamètre équivalent	$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 187,26 \text{ m.}$
Profondeur	$H = 0,8 \text{ m.}$
Longueur totale des conducteurs.	$L = 6300 \text{ m.}$
Section des conducteurs.	$S = 120 \text{ mm}^2$
Diamètre équivalent.	$D = 14 \text{ mm.}$

La resistance des plaques de terre est donnée par la relation.

$$R_A = \frac{\rho}{2 \cdot D} + \frac{\rho}{Lc} = \frac{200}{2 \times 187,26} + \frac{200}{6300} = 0,565 \Omega$$

$$R_A = 0,565 \Omega.$$

La resistance totale de dispersion est donc

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{\text{ot}}} &= \frac{1}{R_A} + \frac{1}{W1} + \frac{1}{W2} \\ &= \frac{1}{0,565} + \frac{11}{1,3} + \frac{8}{1,3} \end{aligned} \quad R_A = 0,061 \Omega$$

6 - Tension de l'électrode de terre :

La tension de la mise à la terre est le produit du courant de la mise à la terre I_E et de la résistance totale de dispersion R_{ot} .

$$U_E = (W) I_E \cdot R_{\text{ot}}.$$

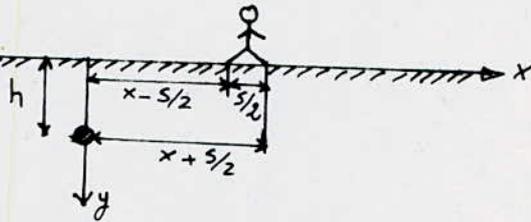
Le facteur escompté W du courant de la mise à la terre tient compte du fait que le calcul de ce courant est basé sur les conditions les plus défavorables dont la coïncidence est invraisemblable. En ce qui concerne les réseaux munis d'une mise à la terre du point neutre à faible valeur ohmique et des tensions nominales \gg 110 KV. cela donne $W = 0,7$.

$$U_E = (W) I_E R_{rot}.$$

$$U_E = 0,7 \cdot 23.100 \times 0,061$$

$$U_E = 987 \text{ V.}$$

7 - Tension de pas :



La tension de pas est donnée par l'expression suivante.

$$U_s = U_E \cdot \frac{2}{\pi} \left[\arcsin \frac{D}{2(D/2 + \sqrt{H^2 + (x - s/2)^2})} - \arcsin \frac{D}{2(D/2 + \sqrt{H^2 + (x + s/2)^2})} \right]$$

$$x = \sqrt{\frac{5^2}{4} + H^2} = \sqrt{\frac{1}{4} + (0,8)^2} = 0,94 \text{ m.}$$

D'où $U_s = 30 \text{ V.}$

8 - Section des conducteurs de mise à la terre :

Température du cuivre avant le court-circuit : $\sim 40^\circ \text{C.}$

Température du cuivre après le court-circuit : $\leq 300^\circ \text{C.}$

D'où la densité du courant admissible. $\rho_{1,5} = 200 \text{ A/mm}^2$

$$\rho_{0,75} = 350 \text{ A/mm}^2$$

Système 225 KV :

$$A = \frac{22 \cdot 10^3}{200} = 110 \text{ mm}^2$$

Système 63 KV :

$$A = \frac{44 \cdot 10^3}{200} = 220 \text{ mm}^2$$

Les sections des conducteurs utilisés pour la mise à la terre, et donc on prend une section normalisée de 240 MM² ou deux conducteurs de 120 mm² chacun.

CHAPITRE V

Choix des équipements électriques Haute tension du poste.

I - Introduction

II - Choix des disjoncteurs

III - Choix des sectionneurs.

IV - Choix des transformateurs de mesures.

1 / - Transformateur de courant.

2 / - Transformateur de potentiel.

V - Choix des isolateurs.

I - Introduction :

Pour un bon fonctionnement du poste, il est nécessaire de choisir convenablement les différents appareils faisant parties des éléments constructif du poste, et qui permettent l'obtention de la mesure et par conséquent la sécurité souhaitée de la part de l'exploitant.

II - Choix des disjoncteurs.

Les disjoncteurs sont des appareils de coupure dont l'ouverture est commandée automatiquement dans des conditions prédéterminées. Ces conditions sont détectées au moyen de capteurs qui sont presque toujours des relais sensible à la tension ou à l'intensité d'un courant de défaut.

Les grandeurs caractéristiques d'un disjoncteur sont :

- la tension nominale : Elle correspond à la tension nominale du système où est placé la disjoncteur.

- Le courant nominal : le courant nominal indiqué pour le disjoncteur est le courant admissible de durée établi, à l'aide des considérations thermique quand la température ambiante est de 25°C. Ce courant doit être supérieur au courant de charge maximum.

- type d'installation : intérieur ou extérieur.

- Le pouvoir de coupure nominal : doit être plus grand que la valeur efficace du courant de court-circuit au moment ou commence la séparation des contacts du disjoncteur.

$$I_{coup} = K_{coup} \cdot p \cdot I \quad .$$

$$\text{avec} \quad K_{coup} = f \left(t_{coup}; \frac{I_{cc}}{\sum I_n} \right)$$

I_{cc} : courant de court-circuit

t_{coup} : temps de coupure du disjoncteur.

$\sum I_n$: somme des courants nominaux des générateurs du réseau.

Le coefficient K_{coup} ne peut être déterminé du fait que nous ne connaissons par les courants nominaux des générateurs, on considèrera alors le cas le plus défavorable qui correspond à $K_{coup} = 1$.

Tableau récapitulatif des caractéristiques des disjoncteurs choisis

ée	: :Un (KV) :	: :In (A) : service :	: :In (A) : normalisé :	: :Icoup(KA) : calculé :	: :Icoup (KA) : normalisé :	: :nombre :
e 225 KV	: 225	: 350	: 400	: 19,3	: 20	: 11
lage 225 KV	: 225	: 1200	: 1600	: 19,3	: 20	: 1
Transf 225	: 225	: 600	: 800	: 19,3	: 20	: 3
Transf 63 KV	: 63	: 1400	: 1600	: 22,9	: 25	: 3
e 63 KV	: 63	: 300	: 400	: 22,9	: 25	: 8
lage 63 KV	: 63	: 1200	: 1600	: 22,9	: 25	: 1

III - Choix des sectionneurs :

Le sectionneur est un appareil destiné à interrompre la continuité d'un conducteur ou l'isoler d'un autre, son pouvoir de coupure est pratiquement nul sous charge, il ne doit jamais être manoeuvré à vide, et pour cela il faut qu'il soit accompagné de verrouillages empêchant la manoeuvre lorsqu'un courant passe ou pourrait passer.

Les sectionneurs sont choisis à l'aide des caractéristiques suivantes :

- tension nominale.
- courant nominal.
- type d'installation.

Tableau récapitulatif des caractéristiques des sectionneurs choisis.

Travée	Un (KV)	In (A) service	In (A) normalisé
Ligne 225 KV	225	350	400
Couplage 225 KV	225	1200	1600
Dep. Transf. 225 KV	225	600	800
Arr. Transf. 63 KV	63	1400	1600
Ligne 63 KV	63	1400	1600
Couplage 63 KV	63	1200	1600

IV - Choix des transformateurs de mesures :

Les transformateurs de mesure revêtent une importance capitale pour la bonne exploitation des réseaux électriques ; ils servent d'organes de liaison entre les réseaux et les appareils suivants :

- appareils de mesure : ampèremètre, voltmètre....
- appareils de comptage : compteur d'énergie.....
- appareils de protection : relais de protection ; localisateur de défaut....

Le rôle principal des transformateurs de mesure est :

- Alimenter en grandeurs réduites les éléments de mesure, de comptage et de protection.
- De garder leur potentiel à un niveau relativement faible par rapport aux masses qui les entourent.

Choix des transformateurs de mesure :

Pour déterminer le transformateur de mesure qui convient à une application donnée, on se réfère aux caractéristiques suivantes.

- relation entre les grandeurs primaires et secondaires.
- puissance de précision.
- caractéristiques du circuit magnétique.
- caractéristiques du régime transitoire.

1/ - Transformateur de courant (T.C) :

Un transformateur de courant est un transformateur de mesure, dans lequel le courant secondaire est pratiquement proportionnel au courant primaire et en phase avec ce dernier.

Les principales caractéristiques d'un transformateur de courant sont

- la tension nominale.
- Le rapport de transformation nominal.
- La puissance de précision.
- La classe de précision.
- Le facteur de sécurité F_s .
- Le facteur limité de précision.

Il faut aussi tenir compte de la valeur maximale du courant de court circuit à l'endroit où l'on installe le T.C.

- Facteur de sécurité F_s : Caractérise le comportement du moyen de mesure dans le domaine des surintensités. Ce facteur est le multiple du courant nominal pour lequel l'erreur de courant ϵ_i atteint la valeur admissible 10 %, valeur pour laquelle le noyau est saturé.

$$\epsilon_i (\%) = 100 \cdot \frac{K_n I_2 - I_1}{I_1} \quad \text{avec} \quad K_n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

K_n : rapport de transformation nominal.

I_1 , et I_2 : courants primaire et secondaire du T.C.

- Facteur limité de précision : Caractérise le comportement du noyau de protection du T.C dans le domaine des surintensités. Ce facteur est le Multiple du courant nominal pour lequel l'erreur composée atteint la valeur admissible; valeur à partir de laquelle la saturation peut commencer.

$$e = \frac{100}{I1} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (Kn \dot{i}_2 - \dot{i}_1)^2 dt} \quad (\%)$$

T : durée d'une période.

I1 : valeur efficace du courant primaire (A)

\dot{i}_1 et \dot{i}_2 : valeurs instantanées des courants primaire et secondaire

Kn : rapport de transformation nominal.

- puissance de précision :

La puissance de précision d'un transformateur de courant est la valeur de la puissance apparente, avec un facteur spécifié, que le transformateur fournit au secondaire, à la valeur secondaire nominal (I_{2n} , U_{2n}) sans que les erreurs qu'il introduit dans les mesures dépassent les valeurs garanties.

Applications.

T.C ligne 225 KV :

Le choix de la puissance de précision se fait en fonction de la consommation des appareils raccordés au secondaire. Le choix doit aussi tenir compte des connexions, particulièrement importantes pour les T.C.

Tableau des différents appareils de mesure et leur consommation :

Appareils	Nombre	Consommation (VA)
Compteurs d'énergie	4	12
Wattmètre enregistreur	1	3
Varemètre enregistreur	1	3
Amperemètre	1	3
Compteur pour télécommande	1	2
	Total	23/..

On choisit un enroulement de mesure du T.C de puissance égale à 50 VA. l'excès de puissance représente les pertes dans la filière.

$$50 - 23 = 27 \text{ VA.}$$

$$RI^2 = 27 \text{ VA.}$$

$$I = 5 \text{ A} \quad \Rightarrow R = \frac{27}{25} = 1,08 \text{ } \Omega.$$

$$R = p \cdot \frac{l}{S} \quad :$$

l: longueur de la filerie reliant le T.C aux appareils se trouvant dans le bâtiment de commande.

$$l = 360 \text{ m.}$$

$$p = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m.}$$

$$\text{donc. } s = p \cdot \frac{l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{360}{1,08} = 6 \text{ mm}^2.$$

On prend une section normalisée de Snor = 6 mm².

- Enroulement protection :

Appareils de protection et leur consommation.

Appareils	Consommation (V A)
Protection principale.	4
Protection complémentaire	16
Localisateur de défaut	1
Réenclencheur	10
	Total = 31

On choisit un T.C d'enroulement de protection de puissance égale à 50 VA.

Pertes dans la filerie = $50 - 31 = 19$ VA.

$$RI^2 = 19 \text{ VA.}$$

$$\Rightarrow R = \frac{19}{25} = 0,76 \text{ } \Omega.$$

$$I = 5 \text{ A}$$

l : longueur de la filerie = 150 m.

$$s = p \cdot \frac{l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{150}{0,76} = 3,56 \text{ mm}^2.$$

On choisit une section normalisée $S_{nor} = 4 \text{ mm}^2$.

2/ - Transformateur de tension (T.T).

Un transformateur de tension est un transformateur de mesure, dans lequel la tension secondaire est pratiquement proportionnelle à la tension primaire et en phase avec celle-ci.

Le transformateur de tension a pour tâche de transformer la tension du réseau en une tension mesurable alimentant les appareils de mesure et de protection.

Les principales caractéristiques d'un transformateur de tension sont

- Le rapport de transformation nominal.
- La puissance de précision.
- La classe de précision.

Applications.

Transformateur de tension pour ligne 225 KV :

Les transformateurs de tensions couramment utilisés dans les poste sont des transformateurs à tension simple au secondaire : $V = \frac{100}{\sqrt{3}} = 57,7V$

Aux T.P de la ligne 225 KV en relie les appareils de mesure ainsi que ceux de protection ; données dans le tableau ci-dessous.

Appareils de mesures et leurs consommation.

APPAREILS	CONSUMMATION (VA)
Wattmètre enregistreur	2
Varemètre enregistreur	2
Voltmètre	7
Voltmètre différentiel	7
Synchronoscope	22
Fréquence mètre (F.S)	3
Fréquence mètre (F.M)	3
	Total = 46

Appareils de protections et leurs consommation :

APPAREILS	CONSUMMATION (V A)
Compteur d'energie	4 X 5 = 20
Capteur pour télémétre	2
Protection de reserve	15
Protection principale	15
Protection complémentaire	7
Localisateur de défaut	1
Réenclencheur	10
	Total = 70

La consommation totale dans les TT est égale à 116 VA.

On choisit un TT de puissance de 160 VA.

- détermination des sections de filerie :

Calcul de la section de la filerie (TT - bâtiment de Re layage).

Longueur de la filerie = 70m.

Consommation des appareils = 70 VA.

On admet une chute de tension dans la filerie de 0,5 % de la tension secondaire du T.T égale à 100 V.

D'où

$$I = \frac{S_2}{\sqrt{3} U} = \frac{70}{\sqrt{3} \cdot 100} = 0,4 \text{ A.}$$

$$U = R I \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{0,5}{0,4} = 1,25 \Omega$$

On choisit une filerie en cuivre : $\rho = 1,8 \cdot 10^{-2} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

La section de la filerie est donc.

$$s = \rho \frac{1}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{170}{1,25} = 2,448 \text{ mm}^2$$

On prend une section normalisée de $s_{nor} = 2,5 \text{ mm}^2$.

Calcul de la section de la filerie de protection :

Les appareils de protections consomment 46VA. on estime la chute de tension dans la filerie à 0,5 %

D'où

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 100} = \frac{46}{\sqrt{3} \cdot 100} = 0,27 \text{ A.}$$

$$U = R I \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{0,5}{0,27} = 1,85 \Omega$$

$$D'où S = \rho \cdot \frac{1}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{170}{1,85} = 1,65 \text{ mm}^2$$

On prend une section normalisée de $s_{nor} = 2,5 \text{ mm}^2$.

V - Choix des isolateurs :

Les isolateurs ont pour rôle d'assurer l'isolement électrique entre les conducteurs sous tension et les structures qui les supportent, sans que leurs qualités électriques et mécaniques ne soient modifiées par une contrainte quelconque de sa nature.

Les isolateurs que nous proposons d'utiliser dans le poste de Azzabā sont de deux types ; à savoir

- isolateurs de suspension.
- isolateurs rigides.

a) - Les isolateurs de suspension :

Sont formés de plusieurs isolateurs en serie, ces isolateurs sont type capot-tige ; constitués d'une cloche en verre trempé avec canilures circulaires intérieures. Ce type d'isolateur présente les caractéristiques suivantes.

- Une grande résistance du verre sous les différentes contraintes rencontrées en service normal ou perturbé ; lui garantissant une longue durée de vie.
- Une grande sécurité dans l'exploitation, en effet l'isolateur conserve sa résistance mécanique garantie, même lorsque le dielectrique est détérioré.
- Une grande facilité d'exploitation.

b) - Les isolateurs rigides :

Les isolateurs rigides servent à supporter les connexions rigides ou celles non tendues : on trouve deux types de ces isolateurs.

- isolateur à jupe.
- isolateur à fût massif.

Les isolateurs à fût massif sont les plus utilisés du fait qu'ils peuvent être composés d'un ou plusieurs éléments de longueur et diamètre variable, mais sont toujours désignés par la tension nominale de l'installation, indépendamment de leur composition.

Caractéristiques des isolateurs :

Pour assurer la fiabilité de l'installation, la chaîne d'isolateurs doit tenir aux contraintes électriques suivantes.

- La tension à fréquence industrielle.
- La tension de l'on de de choc.
- Une ligne de fuite suffisamment longue pour chaque zone d'implantation

La vérifications de ces conditions est nécessaires, car une trop forte contrainte électrique peut provoquer.

- soit un contournement
- soit une perforation.

Choix des isolateurs.

Le choix des isolateurs se fait en fonction de la région d'implantation du poste, et cela du fait que pour chaque échelon de tension la composition des chaînes d'isolateurs, ou des colonnes support isolantes est susceptibles de variations selon que les installations se trouvent ou non situées dans une zone particulièrement exposée, à la foudre, aux condensations ou à la pollution des surfaces isolantes.

Dans le cas du poste de Azzaba on à considéré, une ligne de fuite de 3cm/KV.

Determination du nombre d'éléments dans la chaîne d'isolateurs de suspension.

- Poste 225 KV.

Caractéristique de l'isolateur

Diamètre : 280 mm.

Pas : 146 mm.

Tension de tenue au choc : 120 KV.

tension de tenue à fréquence industrielle.

. à sec : 80 KV

. sous pluie : 45 KV.

.../...

Longueur de la ligne de fuite (L_e) = 445 mm.
 Poids approximatifs : 5,5 Kg.

La longueur totale de fuite de la chaîne est :

$$L_{ft} = 3 \times 225 = 675 \text{ cm.}$$

Nbre d'élément = $\frac{\text{Longueur de fuite totale de la chaîne}}{\text{Longueur de fuite d'un élément de la chaîne.}}$

$$n = \frac{L_{ft}}{l_e} = \frac{675}{44,5} = 14,8$$

On prend $n = 15$ éléments.

Poste 63 KV :

caractéristique de l'isolateur :

Diamètre : 254 mm.

Pas : 130 mm.

Tension de tenue au choc

. à sec : 72,5 KV.

. sous pluie : 45 KV.

tension de tenue à fréquence industrielle.

. à sec : 66 KV.

. sous pluie : 40 KV.

Longueur de la ligne de fuite (L_e) = 286 mm.

poids approximatif : 4 Kg.

La longueur de fuite totale de la chaîne est :

$$L_{ft} = 3 \times 63 = 189 \text{ cm.}$$

D'où

$$n = \frac{L_{ft}}{L_e} = \frac{189}{28,6} = 6,6$$

On prend $n = 7$ éléments.

Colonnes support :

Les colonnes support choisies pour le poste de Azzaba sont du type à fût massif à ailettes supportants les jeux de barres, partie vitale du réseau. Ces colonnes sont du type renforcé extérieur.

Colonne supportant le jeu de barre 225 KV.

Caractéristiques des colonnes

- . tension nominale d'isolement : UC = 245 KV.
- . hauteur : 2290 mm.
- . tension de tenue à fréquence industrielle :
 - . à sec : 600 KV.
 - . sous pluie : 510 KV.
- . tension de tenue sous onde de choc : 1050 KV.
- . nbre d'élément par colonne : 3 éléments
- . ligne de fuite totale : 4200 mm.
- . effort de rupture à la flexion : 350 Kg
- . effort de rupture à la traction : 14000 Kg.
- . effort de rupture à la tension : 1000 Kg.m

Colonne supportant le jeu de barre 63 KV.

Caractéristiques des colonnes.

- . tension nominale d'isolement : $U_c = 72,5$ KV.
- . hauteur : 740 mm.
- . tension de tenue à fréquence industrielle.
 - . à sec : 220 KV.
 - . sous pluie : 180 KV.
- . tension de tenue sous l'onde de choc : 325 KV.
- . nbre d'élément par colonne : 3 éléments.
- . ligne de fuite totale : 1240 mm.
- . effort de rupture à la flexion : 550 Kg
- . effort de rupture à la traction : 9000 Kg.
- . effort de rupture à la tension : 550 Kg.m.

CHAPITRE VI

CALCUL DES CONNEXIONS TENDUES DU POSTE

INTRODUCTION

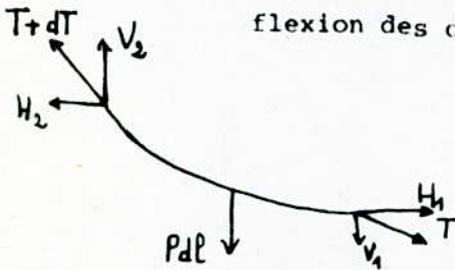
- I - Géométrie de la portée
- II - Connexions tendues de composition homogène
 - a/ equations de base
 - b/ longueur du conducteur entre les deux appuis
 - c/ coefficient de surcharge
 - d/ equation de changement d'état.
- III - Methode de second pour le calcul des connexions tendues
 - a/ equations générales
 - b/ relation entre fleche et tension
 - c/ equation de changement d'état.
- IV - Applications

INTRODUCTION :

Connaissant la fleche maximum admise par la Sonelgaz, le but de ce calcul sera, la détermination des efforts de traction des conducteurs aeriens pour que l'on puisse déterminer les conditions de réglage lors de leurs mise en place, ainsi que la structure des support concernés et celles de leurs massifs.

I - Géométrie de la portée

Pour pouvoir résoudre ce problème il faut faire appel à certaines approximations, en particuliers, négliger la résistance à la flexion des cables et admettre qu'ils sont inextensibles.



Ces approximations étant admises, considérons un élément de fil, en équilibre, sous l'action d'une charge uniformément répartie (poids propre plus surcharge éventuelle), pdl , et des tensions T , $T+DT$,

$$H_2 - H_1 = 0$$

$$V_2 - V_1 = p \cdot DL$$

$$dV = pdl \text{ et encore } \frac{dV}{dx} = p \times \frac{dl}{dx} = p \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{dx} = p \sqrt{1 + y'^2}$$

d'autre part :

$$V = Hy' \Rightarrow H \frac{dy}{dx} \text{ et } -\frac{dV}{dx} = Hy'' \text{ donc}$$

$$Hy'' = p \sqrt{1 + y'^2}$$

Si la section du Conducteur est S (mm^2) on à

$$\frac{H}{S} y'' = \frac{p}{S} \sqrt{1 + y'^2} \text{ mais } H_2 = H_1 = H = \text{constante et}$$

$$\frac{H}{S} = T_0 \text{ et } \frac{p}{S} = p_0 \text{ est la charge spécifique, alors on à}$$

$$T_0 y'' = p_0 \sqrt{1 + y'^2} \text{ ou } \frac{y''}{\sqrt{1 + y'^2}} = \frac{p_0}{T_0} = \frac{1}{C}$$

c'etant

En partant de cette equation on à successivement

$$y' = \text{sh} \left(\frac{1}{c} x + K1 \right) \quad \text{et} \quad y = c \text{ ch} \left(\frac{1}{c} x + K1 \right) + K2$$

Si on impose les conditions $x = 0 \quad y' = 0$
 $y'' = 0$

On trouve $K1 = 0$ et $K2 = -1$ donc

$$y = c \text{ ch} \left(\frac{x}{c} - 1 \right) \quad \text{qui est l'equation d'une chaînette}$$

La forme prise par un cable soumis à un champ de forces uniforme et tendu entre deux appuis est une chaînette.

II - Connexion tendues de composition homogène :

a) - equations de base :

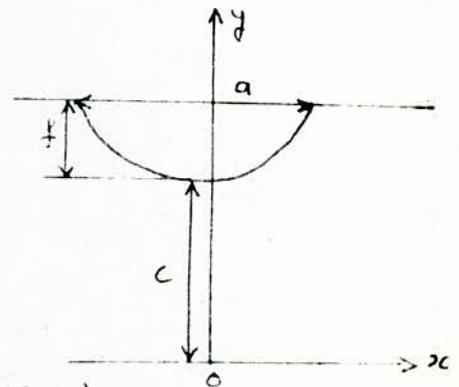
Sur base de l'équation de la chaînette

On à

$$y = c \text{ ch} \frac{x}{c}$$

$$f = y \left(\frac{a}{2} \right) - y(0) = c \left(\text{ch} \frac{a}{2c} - 1 \right)$$

$$L = 2c \text{ sh} \frac{a}{2c}$$



L : étant la longueur de la connexion (en m)

f : étant la flèche de la connexion (en m)

ayant :

$$\text{ch} x = 1 + \frac{1}{2} x^2 + \frac{1}{24} x^4 + \dots$$

$$\text{sh} x = x + \frac{1}{6} x^3 + \frac{1}{125} x^5 + \dots$$

.../...

.../...

et compte tenu de ce que la portée est petite devant c ; on peut remplacer les fonctions hyperboliques par les deux premiers termes de leurs développements en série ci-dessus. Cette opération revient à assimiler la chaînette à une parabole, qui est la figure d'équilibre d'un cable dont la charge par mètre de portée est constante.

On trouve donc

$$y = c \left(1 + \frac{x^2}{2c^2} \right)$$

$$f = \frac{a^2}{8c}$$

$$L = 2c \left(\frac{a}{2c} + \frac{1}{6} \frac{a^3}{8c^3} \right) = a + \frac{a^3}{24c^2}$$

b) - Longueur du conducteur entre les deux appuis :

Deux cas peuvent se présenter

1er cas : Les points d'appuis sont au même niveau. La longueur du conducteur s'obtient en intégrant l'élément différentiel de longueur dl

$$\frac{dl}{dx} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2}$$

$$\text{avec } y = c \operatorname{ch} \frac{x}{c}$$

$$\text{alors } \frac{dy}{dx} = \operatorname{sh} \frac{x}{c}$$

$$dl = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{\operatorname{sh} x}{c} \right)^2} = dx \cdot \operatorname{ch} \frac{x}{c}$$

$$l = \frac{a}{2} \int_0^{a/2} \operatorname{ch} \frac{x}{c} dx = 2c \operatorname{sh} \frac{a}{2c}$$

.../...

En tenant compte du développement en série de $\text{sh} \frac{a}{2c}$; on obtient

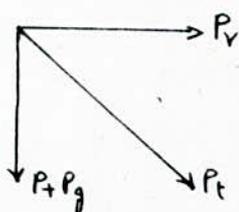
$$l = a + \frac{a^3}{24c^2}$$

2ème cas : Les deux points d'appuis sont dénivelés. La longueur du câble s'obtient par la relation suivante

$$l = a + \frac{h^2}{2a} + \frac{a^3}{24c^2}$$

c) - Coefficient de surcharge :

Mis à part son propre poids, le conducteur peut être soumis à des charges supplémentaires (dûes au vent, et au dépôt de givre) qu'on appelle surcharges. En considérant que ces dernières sont uniformément réparties, on peut déterminer une charge équivalente rapportée au poids propre de ce dernier. L'action du vent sur une portée est supposée uniforme et horizontale de sorte que l'on peut schématiser de la façon suivante



P : poids propre du conducteur par mètre (kg/m)

p_g : surcharge due au givre (kg/m)

p_v : surcharge unitaire due au vent (kg/m)

D'où
$$P_t = \sqrt{(P + p_g)^2 + p_v^2}$$

Le coefficient de surcharge est défini comme étant le rapport du poids total sur le poids unitaire du conducteur.

$$m = \frac{P_t}{P} = \frac{\sqrt{(P + p_g)^2 + p_v^2}}{P}$$

d) Equation de changement d'état:

Soit un état de base caractérisé par t_1, θ_1, m_1, P_1 .

un état dérivé caractérisé par θ_2, m_2, P_2 .

On cherche t_2 .

On a

$$L_2 - L_1 = \frac{a^3 m_2^2 P_2^2}{24 t_2^2} - \frac{a^3 m_1^2 P_1^2}{24 t_1^2}$$

mais aussi

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)) \left(1 + \frac{t_2 - t_1}{E}\right)$$

relation dans laquelle α : coefficient de dilatation thermique.

E : module d'élasticité.

en négligeant un terme du second ordre.

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha (\theta_2 - \theta_1) + L_1 \left(\frac{t_2 - t_1}{E}\right)$$

ou encore en assimilant L_1 à a .

$$L_2 - L_1 = a \alpha (\theta_2 - \theta_1) + a \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Nous pouvons ensuite égaliser les deux expressions de $L_2 - L_1$.

$$t_2^3 + t_2^2 \left[E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{a^2 m_1^2 P_1^2 E}{24 t_1^2} - t_1 \right] = \frac{a^2 m_2^2 P_2^2 E}{24}$$

avec: θ_i : température à l'état considéré.

t_i : tension à l'état considéré.

m_i : coefficient de surcharge à l'état considéré.

III. Méthode de Sebond pour le calcul des Connexions tendues:

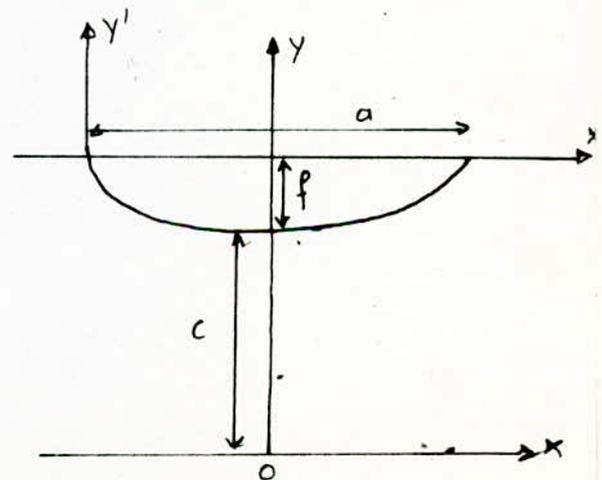
a) Equations générales:

On a vu que pour un fil homogène

$$y = c \left(1 + \frac{x^2}{2c^2}\right)$$

pour $x = \pm \frac{a}{2}$.

$$\text{On a: } y = c \left(1 + \frac{a^2}{8c^2}\right)$$



Deplaçons l'origine des coordonnées en A (x'y')

L'équation de transformation est :

$$x' = x + \frac{a}{2}$$

$$x = x' - \frac{a}{2}$$

$$y' = y - c \left(1 + \frac{a}{8c^2} \right)$$

$$y = y' + c \left(1 + \frac{a}{8c^2} \right)$$

d'où $y' = \frac{1}{2c} (x' - a) x'$

ou selon la notation de second

$$2hy = x(x - a)$$

b) - Relation entre flèches et tensions :

Elle est donnée par :

$$f'd = \frac{p}{2T} \int gq \, dq + 2 \frac{\sum_{r=1}^{q-1} P_r' g_r \, dq + P_q' g_q \, dq + \sum_{r=1}^n P_r' g_r \, dr}{ap}$$

p : charge par unité de longueur ;

px' : surcharge localisée en x

t : effort de traction

a : portée (distance horizontale entre les deux points d'appuis)

gx' dx : distances horizontales entre les points d'applications de la surcharge x et respectivement les points d'ancrages gauche et droit ;

po, p0, to, p, p, t par unité de section et par unité de longueur.

$$m = \frac{px}{ap}$$

$$m = \frac{px}{ap}$$

$$h = \frac{T}{p} = \frac{T_0}{p_0}$$

c) - Equation de changement d'état :

Cette équation est semblable à l'équation classique relative à une connexion homogène, sauf que la portée est remplacée par une portée fictive, cette portée doit être calculée pour l'état de base et pour l'état dérivé.

On a donc :

$$T_0 + T_1^2 \frac{E p_0' Z_1^2}{24 T_0'^2} + E x (\theta'' - \theta') - T_0'^2 = \frac{E p_0''^2 Z''^2}{24}$$

avec pour Z' et Z''

$$Z_1^2 = a^2 + 12 \left[\sum_{r=1}^n \frac{P_r^1 g_r^1 d_r^1}{a p^1} + \sum_{r=1}^n \frac{P_r^{12} g_r^1 d_r^1}{a^2 p^{12}} + 2 \sum_{r=1}^n \sum_{r=1}^{n-r} \frac{P_r^1 P_{(r+1)}^1 g_r^1 d_{(r+1)}^1}{a^2 p^{12}} \right]$$

$$Z''^2 = a^2 + 12 \left[\sum_{r=1}^n \frac{P_r'' g_r'' d_r''}{a p''} + \sum_{r=1}^n \frac{P_r^{''2} g_r'' d_r''}{a^2 p^{''2}} + 2 \sum_{r=1}^n \sum_{r=1}^{n-r} \frac{P_r'' P_{(r+1)}'' g_r'' d_{(r+1)}''}{a^2 p^{''2}} \right]$$

cas particuliers :

- deux charges P_1 et P_2

on aura

$$Z^2 = a^2 + 24 \frac{g_1 \times d_2}{a} \left(\frac{P_1}{P} \right) + 24 \frac{g_1}{a} \left(\frac{P_1}{P} \right)^2$$

P_1 : poids total de la charge.

P : poids du câble par mètre et par unité de section.

APPLICATIONS :

Le calcul que nous nous proposons de faire, consiste à déterminer la tension mécanique des conducteurs de chaque tendue, pour les différentes hypothèses climatiques, caractérisées par la température, le vent sur chaînes et conducteurs et surcharge due au givre, variant d'une hypothèse à l'autre.

La détermination des tensions mécaniques des différentes hypothèses se fait après avoir calculer la tension mécanique à l'hypothèse de base E.

.../...

Cette détermination se fait par résolution de l'équation de changement d'état.

Pour pouvoir palier aux dangers d'endommagement des conducteurs les tensions mécaniques trouvées, doivent vérifier les conditions suivantes :

- | | |
|---------------|-------------------------------|
| - Hypothèse A | TA = charge de rupture /3 |
| - Hypothèse B | TB = charge de rupture /3 |
| - Hypothèse C | TC = charge de rupture /1,75. |

Poste 225 K.V :

tension de service : 225 K.V

portée : 47 m

Conducteurs en Almelec de caractéristiques :

- . Section : $S = 604 \text{ mm}^2$
- . Poids : $P = 1,685 \text{ kg/m}$
- . Diamètre : $\varnothing = 31,1 \text{ mm}$
- . Module d'élasticité : $E = 6010 \text{ kg/ mm}^2$
- . Coefficient de dilatation : $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- . Distance entre conducteurs : $D = 4,5 \text{ m}$
- . Distance entre le point d'application et le point d'ancrage gauche : $g = 1\text{m}$
- . Distance entre le point d'application et le point d'ancrage droit : $d = 46 \text{ m}$

.../...

Chaines d'isolateurs :

- . Diamètre du plateau : $\varnothing_c = 260$ mm
- . Hauteur du plateau : $h = 146$ mm
- . Poids total de la chaîne : $P_c = 70$ Kg
- . Longueur totale de la chaîne : $L_c = 2$ m

Hypothèse de base :

On définit la flèche maximum pour une température maximum de service de 85°C et un vent nul sur la base de 3 % on a

$$f_{\max} = 47 \frac{3}{100} = 1,41 \text{ m}$$

La tension correspondante à cette flèche est :

$$f = \frac{a^2}{8} \frac{P}{T} \left[1 + 8 \frac{91}{j^2} \frac{P_c}{P} \right]$$

$$f = \frac{47^2}{8} \frac{1,685}{T} \left[1 + 8 \frac{1}{47^2} \frac{70}{1,685} \right] = \frac{535,3}{T}$$

$$T = \frac{535,3}{1,41} = 380 \text{ kg}$$

$$T_{o'} = \frac{T}{S} = \frac{380}{604} = 0,63 \text{ kg/mm}^2.$$

.../...

Calcul de la portée fictive Z' correspondante.

$$Z'^2 = a^2 + 24 \frac{g_1 d_1}{a} \frac{(P_c)}{(P)} + 24 \frac{g_i}{a} \frac{(P_c)^2}{(P)}$$

$$Z'^2 = (47)^2 + 24 \frac{1 \times 46}{47} \frac{(70)}{(A,685)} + 24 \frac{1}{47} \frac{(70)^2}{(1,685)}$$

$$Z' = 4066 \text{ m}^2.$$

Le poids du câble par unité de longueur et par unité de section est :

$$P'_{10} = \frac{1,685}{604} = 0,0028 \text{ Kg / mm}^2 \cdot \text{m}.$$

Hypothese A :

$$O'' = 30^\circ \text{ C.}$$

$$\text{Vent : } P_v = 72 \text{ daN/m}^2.$$

$$\text{Vent sur le câble} \quad P'_{1v} = (72 \times 1,02) \times 0,044 = 3,23 \text{ Kg/m.}$$

$$\text{Poids fictif du câble} \quad P'' = \sqrt{P'_{1v}^2 + P'_{10}^2} = \sqrt{(3,23)^2 + (1,685)^2} = 3,65 \text{ Kg/m.}$$

$$\text{Poids fictif du câble par unité de section.} \quad P_{c''} = \frac{P''}{S} = \frac{3,65}{604} = 0,006 \text{ Kg/mm}^2 \cdot \text{m}.$$

Vent sur une chaîne (on considère Pa $\frac{1}{2}$ surface apparente).

$$P_c' = (72 \times 1,02) \times \frac{0,280 \times 0,146 \times 15}{2} = 22,5 \text{ Kg.}$$

$$\text{Poids fictif de la chaîne : } P_{c''} = \sqrt{P_c^2 + P_c'^2} = \sqrt{70^2 + (22,5)^2} = 73,53 \text{ Kg.}$$

D'où la portée fictive à l'état A

$$Z''^2 = a^2 + 24 \frac{g_1 \times d_1}{a} \frac{(P_{c''})}{(P'')} + 24 \frac{g_i}{a} \frac{(P_{c''})^2}{(P'')^2}$$

$$Z''^2 = 47^2 + 24 \times \frac{1 \times 46}{47} \frac{(73,53)}{(3,65)} + 24 \times \frac{1}{47} \frac{(73,53)^2}{(3,65)}$$

$$Z'' = 2889 \text{ m}^2.$$

.../...

D'où l'équation de changement d'état .

$$T_{b''} \left[T_{b''} + \frac{E P_{o''} z''}{24 T_{b''}} + E \alpha (\theta'' - \theta') - T_{b'} \right] = \frac{E P_{o''} z''}{24}$$

Après application on trouve.

$$T_{b''} (T_{b''} + 9,8) = 14,04$$

$$\text{D'où } T_{b''} = 2,9 \text{ Kg/mm}^2.$$

$$\text{et } T'' = 2,9 \times 604 = 1751,6 \text{ Kg.} < \text{ charge de rupture / 3.}$$

Hypothèse B :

$$\theta'' = - 10^\circ \text{ C.}$$

$$\text{Vent : } P_v = 18 \text{ daN / m}^2.$$

$$\text{Vent sur le cable } P'v = (18 \times 1,02) \times 0,044 = 0,808 \text{ Kg / m.}$$

$$\text{Poids fictif du cable } P'' = \sqrt{P'v^2 + P''^2} = \sqrt{(0,808)^2 + (1,685)^2} = 1,87 \text{ Kg/m}$$

Poids fictif du cable

$$\text{par unité de section. } P''_0 = \frac{P''}{S} = \frac{1,87}{604} = 0,003 \text{ Kg/mm}^2 \cdot \text{m.}$$

Vent sur une chaîne (on considère la 1/2 surface apparente).

$$P'c = (18 \times 1,02) \times \frac{0,28 \times 0,146 \times 15}{2} = 5,63 \text{ Kg.}$$

Poids fictif d'une chaîne :

$$P_c'' = \sqrt{P'c^2 + P_c^2} = \sqrt{(70)^2 + (5,63)^2} = 70,2 \text{ Kg.}$$

D'où la portée fictive à l'état considéré (hypothèse B).

$$z''^2 = a^2 + 24 g l \frac{d l}{a} \frac{(P_c'')^2}{(P'')^2} + 24 \frac{g l}{a} \frac{(P_c'')^2}{(P'')^2}$$

$$z''^2 = 3810,4 \text{ m}^2.$$

.../...

L'aquation de changement d'état donne.

$$T_0''^2 (T_0'' + 4,35) = 9,27.$$

D'où

$$T_0'' = 3,08 \text{ Kg/mm}^2.$$

$$T'' = 3,08 \times 604.$$

$$T'' = 1863 \text{ Kg} < \text{charge de rupture} / 3.$$

Hypothese C :

$$O'' = - 10^\circ \text{ C.}$$

$$\text{Vent : } P_v = 72 \text{ daN /m}^2.$$

$$\text{givre : } P_g = 2 \text{ Kg / m.}$$

$$\text{Poids fictif du cable : } P'' = \sqrt{(P_1 + P_g)^2 + P_v^2} = \sqrt{(1,685 + 2)^2 + (3,23)^2} = 4,9 \text{ Kg/m.}$$

$$P_0'' = \frac{P''}{S} = \frac{4,9}{604} = 0,0081 \text{ Kg/mm}^2 \cdot \text{m.}$$

$$\text{Poids de givre sur une chaine : } P_{g_c} = 45 \times \frac{0,280 \times 0,146 \times 15}{2} = 13,8 \text{ Kg.}$$

$$\text{Poids fictif de la chaine : } P_c'' = \sqrt{P_1 + P_{g_c} + P_c'^2} = 86,76 \text{ Kg.}$$

$$\text{D'où } z''^2 = a^2 + 24 \frac{g_1 d_1}{a} \frac{(P_c'')}{P''} + 24 \frac{g_1}{a} \left(\frac{P_c''}{P''} \right)^2 \Rightarrow z''^2 = 2785 \text{ m.}$$

L'équation de changement d'état nous donne.

$$T_0''^2 (T_0'' + 10,28) = 19,146 \Rightarrow T_0'' = 4,1 \text{ Kg/mm}^2$$

$$T'' = 4,1 \times 604.$$

$$T'' = 2476 \text{ Kg} < \text{charge de rupture} / 1,75.$$

Données des tendues de chaque travée.

Poste 225 KV.

Designation	Notation	Valeur			unité
		T. Ligne	T. Couplage	T. transfo	
Section	S	604	1600	604	
Diamètre	ϕ	31,1	44	31,1	
Effort de rupture		16800	33350	16.600	
Poids linéaire	P	1,685	3,18	1,685	daN/m
module d'élasticité	E	6120	6120	6120	daN/m
Coefficient de dilatation	α	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
portée	a	47	47	47	m

Poste 63 KV.

Designation	Notation	Valeur			unité
		T. Ligne	T. Couplage	T. Transfo	
Section	S	288	1600	604	mm ²
Diamètre	ϕ	24,85	44	31,1	mm
Effort de rupture		10400	33350	16.600	daN
Poids linéaire	P	1,016	3,18	1,685	daN/m
Module d'élasticité	E	6120	6120	6120	daN/m
Coefficient de dilatation	α	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
portée	a	23	23	23	m

Valeurs calculées des tensions et des flèches des tendues du poste (225KV)
pour les différentes hypothèses climatiques.

Designation	Notation	Valeur			
		T- Ligne	T- Couplage	T- transfo	Unité
flèche	f_{max}	1,41	1,41	1,41	m
tension: hyp.E	T	380	687	380	kg
tension: hyp.A	T_A''	1751,6	2103	1751,6	kg
tension: hyp.B	T_B''	1863	2310	1863	kg
tension: hyp.C	T_C''	2476	3902	2476	kg

Valeurs calculées des tensions et des flèches des tendues du poste 63KV
pour les différentes hypothèses climatiques.

Designation	Notation	Valeur			
		T- Ligne	T- Couplage	T- transfo	Unité
flèche	f_{max}	0,69	0,69	0,69	m
tension: hyp.E	T	445	803	701	kg
tension: hyp.A	T_A''	2058,5	1925	1533	kg
tension: hyp.B	T_B''	2603	2904	2040	kg
tension: hyp.C	T_C''	2967	3542	2833	kg

CHAPITRE VII

PROTECTION DU POSTE

- I Introduction
- II Protection des lignes
 - 1 - Protection des lignes 225 KV.
 - 2 - Protection des lignes 63 KV.
- III Protection des transformateurs
- IV Protection des jeux de barres
- V Protection du poste contre les surtensions.
 - 1 - Eclateurs de traversée pour les transformateurs de puissance
 - 2 - Eclateurs de protection sur chaines d'isolateurs
 - 3 - Protection par parafoudre.

I - INTRODUCTION :

Tout réseau électrique présente des conditions anormales de fonctionnement et, pour y remédier, on est conduit à concevoir un plan de protection. Les performances conjuguées des équipements et leur choix dépendent des contraintes propre du réseau et de la qualité de service souhaitée.

Les dispositifs de protection retenus provoquent un processus capable de supprimer une contrainte constatée, ces processus se classent en deux catégories.

- processus de coupure.
- processus de shuntage passager.

Les dispositifs de protection sont actionnés par des grandeurs électriques, destinés à la commande des disjoncteurs pour permettre la mise hors service de l'élément en cause.

II - PROTECTION DES LIGNES :

Les lignes de transport d'énergie électrique revêtent une importance capitale pour le bon fonctionnement des réseaux, il est donc primordial de leur assurer un système de protection très efficace, fiable et sélectif.

1 - Protection des lignes 225 KV :

La protection des lignes 225 KV est assurée par :

a) - Protection principale :

Cette protection est assurée par une protection de distance, basée sur la mesure de l'impédance "Z" ou de la réactance "X" de la ligne et elle permet le déclenchement du disjoncteur en un temps dépendant de l'éloignement du défaut. La protection de distance la plus économique est celle de Schlumberger (R x AP) et elle est constituée par :

- 3 relais mise en route à minimum d'impédance (R.M.Z)
- 1 relais de mesure à minimum de réactance (R.M.X)
- 1 relais directionnel de puissance (R.D.W).
- 1 relais de courant homopolaire.

Dès l'apparition d'un défaut quelconque dans la zone de surveillance le dispositif selecteur de phases.

- detecte le défaut.

- provoque la commutation convenable du circuit d'alimentation des relais de mesure R.M.X et R.D.W.

- met en route la chaine de déclenchement et le dispositif de changement de stade. Le relais de déclenchement n'est autorisé à fonctionner que si après la mise en route, le relais directionnel et le relais de réactance ferment leurs contacts.

b) - Protection complémentaire :

Elle est destinée à suppléer à l'insensibilité des protections de distance pour les défauts de terre résistants. Ses critères de qualité seront assurés par l'utilisation de protection directionnelle de puissance homopolaire à temps dépendant. Cette protection est **temporisée** de façon à laisser agir d'abord la protection de distance.

c) - Protection de reserve :

C'est une protection de distance à minimum d'impédance, permettant l'accroissement de la sécurité en cas de défaillance de la protection principale. Ces dispositifs sont alimentés par des reducteurs de mesures indépendants des protections principales, et ils sont plus lents que ceux des autres protections.

d) - Protection defaillance disjoncteur :

Elle est assurée par un relais à maximum d'intensité qui agit en cas d'un défaut de commande du disjoncteur ligne son temps d'action est fixé supérieur à celui de la protection de reserve.

.../...

e) - Réenclencheur :

La continuité de service d'un réseau, liée à sa stabilité exige

- une élimination rapide des défauts : c'est le rôle des protections.
- une reprise rapide du service normal : ce sera le rôle des équipements de reprise automatique du service appelés communément "Réenclencheurs".

Les équipements de protection des lignes seront donc complétés par des moyens propres à assurer la reprise automatique du service après un incident, selon différentes techniques résumées dans le tableau ci-dessous.

(Nature de défaut	Declenchement	: Réenclenchement)
(-----	:	:)
(: Triphasé	: Triphasé rapide)
(: Triphasé	: Triphasé lent)
(Monophasé	: Monophasé	: Monophasé rapide)
(: Monophasé	: Monophasé lent)
(:	:)
(biphasé ou	: Triphasé	: Triphasé rapide)
(triphasé	:	:)
(avec ou sans	:	:)
(terre.	: Triphasé	: Triphasé lent.)
(:	:)

f) - Localisation de défaut :

Le localisateur de défaut mesure avec précision la distance qui sépare le poste d'un point de défaut monophasé ou polyphasé, fugitif ou permanent à l'aide de deux grandeurs (courant, tension).

.../...

2 - Protection des lignes 63 KV :

La protection des lignes 63 KV est assurée par :

- une protection principale
- une protection complémentaire
- une protection de secours
- un localisateur de défaut
- un réenclencheur.

III - PROTECTION DES TRANSFORMATEURS :

Le transformateur de puissance, est l'un des plus important maillons dans un reseau de transmission de puissance. Il possède aussi le plus large domaine de caractéristiques, et certaines situations spéciales requiert une doctrine de protection sans faille.

La protection des transformateurs à trois enroulements est assurée par : des protections incorporées dans le transformateur.

- Protection Bucholz :

L'existence d'un arc dans l'huile, dû à un défaut interne du transformateur provoque un dégagement gazeux provenant de la decomposition du liquide.

Le système detecteur de gaz ou relais Bucholz est basé sur la detection des gaz qui en fonction de la quantité et de la vitesse de ces degagements, donne le signal d'alarme ou de declenchement.

- Protection Thermostat :

Cette protection est destinée à deceler une anomalie de refroidissement de la cave, l'élément de mesure est constitué d'un thermometre avec possibilité de réglage des contacts, le declenchement se fait quand la température de l'huile atteint 80° C.

.../...

des protections exterieures.

- protection à maximum d'intensité
- protection masse cuve
- protection différentielle
- protection de surcharge thermique
- protection defaillance disjoncteur
- un detecteur de terre resistant.

Protection masse - cuve :

Cette protection consiste à relier la cuve du transformateur à une prise de terre à travers un transformateur d'isolement actionnant un relais ampéremétrique instantané.

Tout contournement de la cuve du transformateur donne lieu à un courant de défaut qui se dirige vers la terre. Le transformateur d'isolement actionne le relais ampéremétrique, et on détectera le défaut.

Protection à maximum de courant :

Cette protection est prévue sur tous les enroulements des transformateurs, elle comporte trois relais à maximum d'intensité à temps constant, associés à un relais temporisé.

.../...

Protection de surcharge thermique :

Cette protection est assurée par un relais thermique, servant à la protection contre les surcharges des différentes parties de l'installation électrique, et notamment le transformateur.

Ce relais est équipé d'un relais à max d'intensité qui fonctionne instantanément une fois son réglage dépassé.

Protection différentielle :

Son principe repose sur la comparaison vectorielle permanente des courants entrant dans le transformateur \vec{I}_1 , et les courants sortant du transformateur \vec{I}_2 ou bien sur la comparaison d'une combinaison linéaire des courants des trois phases.

Le relais utilisé est du type différentiel, à pourcentage, sensible au rapport

$$\frac{I_1 - I_2}{\frac{I_1 + I_2}{2}}$$

IV - Protection des jeux de barres 225 KV :

Les jeux de barre sont rarement le siège de défauts. Mais lorsque ceux-ci se produisent, ils entraînent inévitablement de graves dommages. Pour limiter les dommages et isoler la seule partie du jeu de barre concerné, on utilise une protection différentielle par zone.

Chaque phase, de chaque départ, d'une zone est munie d'un capteur de courant. Tous les capteurs d'une même phase sont connectés en parallèle et reliés à l'entrée correspondante du relais. Lors que la zone surveillée est le siège d'un défaut, le courant à l'entrée du relais n'est plus nul, et lorsqu'il atteint la valeur de consigne préalablement affichée, la protection donne l'ordre de déclenchement.

V - Protection du poste contre les surtensions.

Pour protéger le poste contre les surtensions ; on utilise :

- des parafoudres : c'est à dire des appareils qui permettent d'écouler automatiquement à la terre la majeure partie des ondes de surtensions dès que leurs amplitude atteint une valeur déterminée.

- Les éclateurs : L'éclateur est un dispositif de protection contre les surtensions comportant un intervalle d'éclatement à l'air, entre une électrode sous tension et une électrode à la terre.

1/ - Eclateurs de traversée pour les transformateurs de puissance :

Les éclateurs de traversée, pour les transformateurs de puissance sont montés par le constructeur. Nous donnons ci-dessous les caractéristiques.

Transformateurs à trois enroulements 225 /63/11KV.

(bornes de traversées	:	225 KV	:	63 KV	:	11 KV)		
(tension nominale d'isolement	:	245 KV	:	72,5 KV	:	17,5 KV)		
(tension de tenue au choc	:	1050 KV	:	325 KV	:	95 KV)		
(tension de tenue à 50 Hz	:	460 KV	:	140 KV	:	38 KV)		
(éclateur réglé à	:	1210 mm	:	400 mm	:	85 mm)		
(valeur de crête de	:	50 Hz	:	560 KV	:	160 KV	:	60 KV)
(la tension d'amor-	:	1,2/50	:	850 KV	:	250 KV	:	80 KV)
(çage.	:		:		:		:)
(Type	:	à cornes anti-	:	à tiges	:	à tiges.)		
	:	oiseaux	:		:)		

2/ Eclateurs de protection sur chaines d'isolateurs :

Ces éclateurs sont montés sur les chaines d'isolateurs d'encrage des conducteurs des arrivées lignes, leur rôle, est de protéger le poste contre les surtensions se produisant sur les lignes

Les éclateurs utilisés sont du type "à tiges", leur écartement fixe la tension d'amorçage correspondante au niveau de protection.

Installation		Eclateurs			
tension nominale (KV)	tension de tenue au (KV)	Distance de réglage (cm)	valeur de crête de la tension d'amorçage aux chocs (KV)	de foudre	à fréquence industrielle
63	125	28	250		160
225	1050	90	660		460

3/ - Protection par parafoudre :

Le parafoudre est un appareil électrique, destiné à protéger le matériel électrique, en limitant les surtension transitoires élevées ; imposées à ce matériel par le choc de foudre ou de manoeuvre ; le parafoudre le plus utilisé est celui à résistance variable ; il se compose d'une résistance en serie avec un éclateur ; la résistance est à caractéristique non linéaire, telle que résistivité diminue en fonction du courant.

Les caractéristique du parafoudre sont :

- Les tensions d'amorçage : On considère généralement :

La tension 0 % d'amorçage.

La tension 100 % d'amorçage.

ainsi que la tension d'amorçage à fréquence industrielle.

- La tension résiduelle :

C'est la tension maximale qui apparait aux bornes du parafoudre lorsque celui-ci écoule le courant nominal de charge.

Le niveau de protection d'un parafoudre, est par définition, le plus élevé des quatres niveaux de tensions suivantes :

- tension 100 % d'amorçage au choc de foudre normal (1,2/50 μ s)
- tension résiduelle au courant nominal de décharge
- valeur de crête de la tension d'amorçage à fréquence industrielle.
- tension d'amorçage au choc sur front d'onde, divisé par 1,2.

Caractéristiques du parafoudre choisi.

tension nominale (KV)	:	252
tension d'amorçage à fréquence industrielle (KV)	:	378
tension d'amorçage au choc de foudre (KV)	:	570

.../...

Conclusion:

La structure du réseau national évolue constamment pour répondre aux demandes croissantes d'énergie. Les petits réseaux urbains sont progressivement reliés à des réseaux d'interconnexion de plus en plus importants, raccordant les centres de consommations aux centrales de grandes puissances.

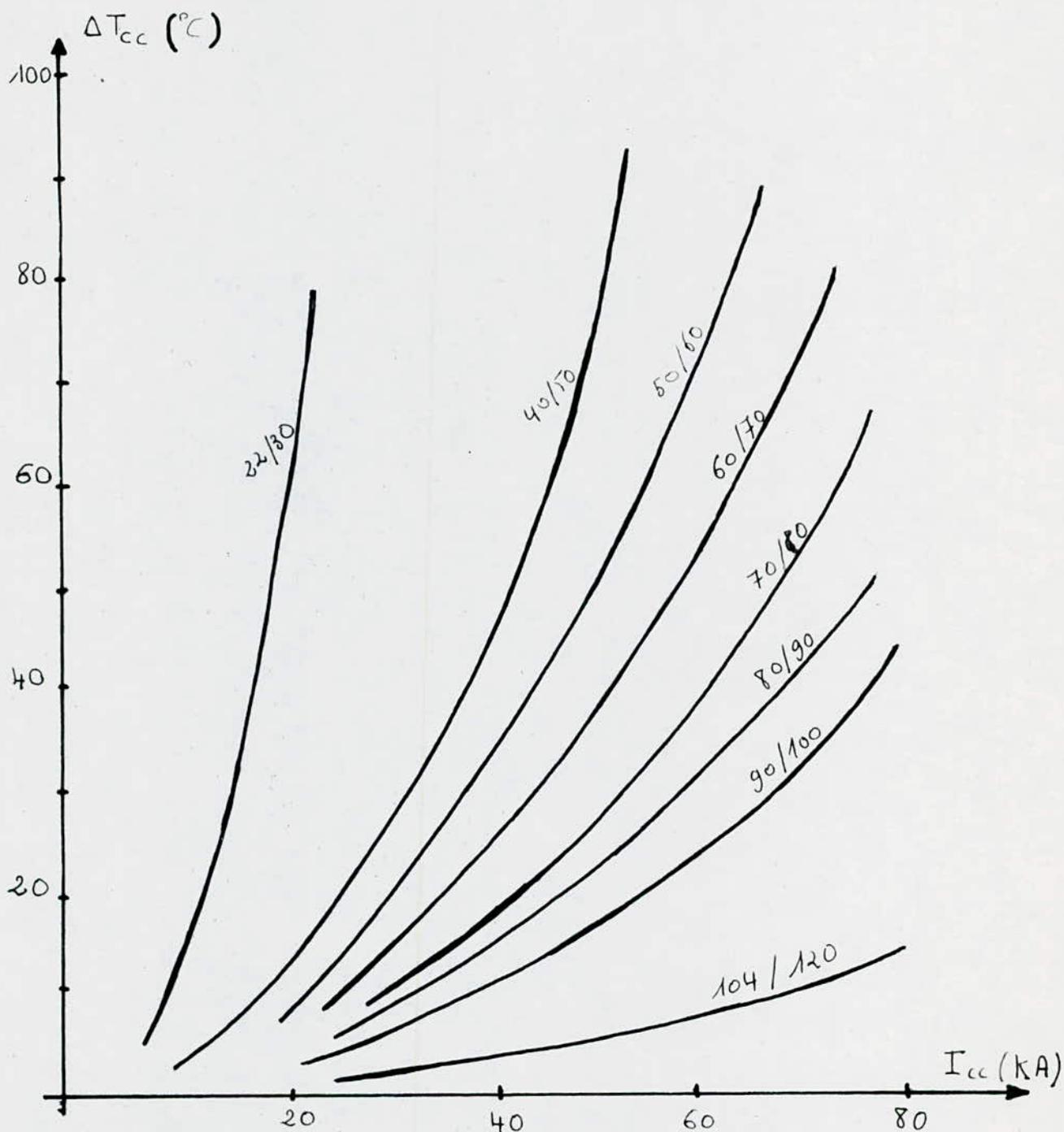
La conception technique des postes est maintenant bien maîtrisée, car des solutions satisfaisantes permettent de coordonner les isolations, de maîtriser la puissance de court-circuit.....

Les installations coûtent cher et doivent durer plusieurs décennies. Un des soucis majeurs des exploitants, est donc de définir les caractéristiques nécessaires et suffisantes des ouvrages des réseaux, dans le cadre d'un plan de développement à moyen et long terme, limitant et stabilisant les performances des appareils qui seront installés au cours des différentes étapes.

Dans notre étude qui consistait à dimensionner les circuits principaux d'un poste THT/HT, l'accent a été mis sur le dimensionnement des jeux de barres, du réseau de terre, et le calcul des connexions tendues, Cependant des difficultés ont été rencontrées et sont dues dans leur totalité au manque de données techniques concernant le réseau national, et le poste de AZZABA en particulier, ce qui ne nous a pas permis d'aborder en détail certaines parties du projet, telles que :

- Le choix de l'appareillage.
- Les dispositifs de protection et leurs réglages.

Enfin, l'étude d'un projet de poste reste une étude très vaste, car elle fait appel à plusieurs spécialités, et de ce fait une étude approfondie ne peut être faite que par des spécialistes ayant les qualifications requises dans les différentes techniques.



Echauffement Pendant un Court-Circuit d'une Seconde
des tubes en alliage d'Aluminium Magnesium Silicium (AGS)

Diamètres des tubes Din / Dex (mm)	Masse au metre lineaire (Kg)	Section (mm ²)	Moment d'inertie (cm ⁴)	Moment de resistance (cm ³)	Intensite' admissible (A)
21/25	0,39	144,5	0,963	0,77	304
26/30	0,475	176	1,734	1,156	368
26/30	0,883	327	2,826	1,884	505
40/50	1,91	707	18,08	7,23	950
50/60	2,33	864	32,88	10,96	1160
60/70	2,76	1021	54,14	15,47	1360
70/80	3,18	1178	83,05	20,76	1560
80/90	3,40	1340	121	27	1760
90/100	4,03	1492	168,5	33,70	1960
104/120	7,65	2800	443	74	2950

Caracteristiques et conditions d'emploi des tubes en

A-G-S.

Section nominale (mm ²)	Constitution du Cable (nombre de fils x D) (mm)	Diametre exterieur (mm)	Masse (kg/m)	Effort de rupture (daN)	Resistance electrique (Ω / Km)	Intensité admissible (A)
93,3	19 x 2,5	12,5	0,258	2700	0,357	270
117	19 x 2,8	14	0,324	3400	0,285	315
148,1	19 x 3,15	15,75	0,410	4300	0,225	365
288	37 x 3,15	22,05	0,799	8200	0,107	550
366	37 x 3,55	24,85	1,016	10400	0,0912	630
408	37 x 3,75	26,25	1,140	11800	0,0813	700
475	61 x 3,15	28,35	1,324	13050	0,0706	725
570	61 x 3,45	31	1,590	16	0,0588	840
604	61 x 3,55	31,1	1,685	16600	0,0556	860
851	91 x 3,65	37,09	2,370	25000	0,0393	1150
1144	91 x 4	44	3,180	33350	0,0294	1600

'Module d'elasticite' E =

Coefficient de dilatation $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}$

Caracteristiques des cables homogenes en Almelec.

INDEX DES PLANCHES

T I T R E

Plan de masse.....	1
Schéma unifilaire du poste 225 KV.....	2
Schéma unifilaire du poste 63 KV.....	3
Voies en plan électriques du poste 225 KV.....	4
Voies en plan électriques du poste 63 KV.....	5
Coupes électriques du poste 225 KV.....	6
Coupes électriques du poste 63 KV.....	7
Schéma bloc protection.....	8
Schéma bloc protection.....	9
Repertoire des feuilles, schéma unifilaire 225 KV.....	10
Developpé alternatif de la tranche protection 225 KV.....	11
Developpé alternatif de la tranche mesure 225 KV.....	12
Developpé alternatif de la tranche T.C - TT 225 KV.....	13

Bibliographie

Cahier de charge Sonelgaz.

Revue Brown BOVERI (B.B.C).

Revue de la conférence internationale des grands réseaux électrique (Cigre')

Revue générale de l'électricité.

technique de l'ingénieur.

Colloque international. "ELEC 1979."

Revue "Session A.C.T.I.M" 1984.

Encyclopédie des Sciences industrielles "Quillet"

Installations électriques à Haute et basse tension (A. MAUDUIT).

Publication CEI (71.1. et 71.2).

Publication tele

technologie de construction de postes à haute tension (SIDLER).

Projets de fin d'étude.

