

13/75

UNIVERSITÉ D'ALGER

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

red

DÉPARTEMENT ÉLECTRICITÉ

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
 PROJET DE FIN D'ÉTUDES
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

CIRCUITS AUXILIAIRES D'UNE
 CENTRALE HYDRO-ÉLECTRIQUE
 المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
 المكتبة

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

Proposé par :

Mr: L. PREDA

Étudié par :

S. ELFRÉHAT

JUIN 1975

**CIRCUITS AUXILIAIRES D'UNE
CENTRALE HYDRO-ÉLECTRIQUE**

Proposé par :
Mr: L. PREDA

Étudié par:
S.ELFRÉHAT

JUIN 1975

Mes Parents

A) : Mes Amis

A. F.Z.

Qu'il me soit permis de renouveler mes vifs remerciements à mon promoteur Monsieur L. PREDA, Docteur Ingénieur pour la bienveillante attention avec laquelle il m'a aidé pour l'élaboration de ce projet.

Je remercie vivement tous les Professeurs qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à ma formation.

Je profite par la même occasion pour exprimer ma reconnaissance à tous les agents de la sonelgaz pour leurs judicieuses aides.

| | |
|--|----|
| Introduction | 4 |
| Chapitre I DESCRIPTION et CARACTERISTIQUES de Centrale.. | 6 |
| A)Materiel Hydraulique | 6 |
| B)Refrigeration | 8 |
| C)Equipement Electrique | 8 |
| I)Groupes Principaux | 8 |
| 1)Alternateur | 8 |
| 2)Excitatrice | 10 |
| 3)Cellules 12KV de Sortie d'Alternateur | 11 |
| 4)Sortie B.T. d'Alternateur | 11 |
| 5)Liaison Alternateur-Transformateur | 11 |
| II)Groupe de 5MW | 12 |
| 1)Alternateur | 12 |
| 2)Excitatrice | 13 |
| 3)Cellule 5,5KV de Sortie d'Alternateur | 13 |
| 4)Sortie B.T. d'Alternateur | 13 |
| III)Groupes Auxiliaires (500KVA) | 14 |
| 1)Alternateur | 14 |
| 2)Excitatrice | 15 |
| 3)Sorties d'Alternateur | 15 |
| D)Fonctionnement des Groupes | 15 |
| A)Manoeuvre de Demarage | 17 |
| B)Manoeuvre d'Arrêt | 19 |
| LES AUXILIAIRES..... | 22 |
| Auxiliaire de 5,5KV | 23 |
| A)Alimentation par les Groupes de 500KVA | 23 |
| B)Alimentation par le Groupe de 6MVA | 24 |
| C)Considerations sur L'EXPLOITATION | 25 |

| | |
|--|----|
| Chapitre II COURT-CIRCUIT | 34 |
| 1) Generalité | 34 |
| 2) Application : CALCUL des Courants de Court-Circuit .. | 36 |
| 3) LES VARIANTES : Puissances Maxi des Systemes Energétiques | |
| 1) TOUS les GROUPES EN SERVICE | 39 |
| a) Calcul des Courants de Court-Circuit EN K_1 | 39 |
| b) Calcul des Coefficients de Distribution | 41 |
| c) Calcul des Courants Reels | 43 |
| COURT-CIRCUIT EN K_2 | 44 |
| COURT-CIRCUIT EN K_3 | 48 |
| COURT-CIRCUIT EN K_4 | 50 |
| 2) Un Seul GROUPE de 500KVA EN SERVICE | 51 |
| 3) GROUPE DE 6MVA EN ARRÊT | 56 |
| 4) Alimentation PAR le Groupe de 6MVA SEUL | 58 |
| 4) Puissance MINI des Systemes Energétiques | 62 |
| Chapitre III CHOIX de L'APPAREILLAGE | 68 |
| 1) Choix des DISJONCTEURS | 68 |
| A) Generalité | 68 |
| B) Application | 69 |
| 2) CHOIX DES SECTIONNEURS | 70 |
| Chapitre IV DIMENSIONNEMENT DE JEU DE BARRE | 71 |
| A) Differentes Despositions des Departs | 71 |
| B) Determination des Dimensions de Barre | 72 |
| Chapitre V VERIFICATIONS | 74 |
| 1) EFFET ELECTRO-DYNAMIQUE | |
| 1) Generalité | 74 |
| 2) Application | 76 |
| 2) EFFET STATIQUE | |
| 1) Generalité | 77 |
| 2) Application | 78 |

3)EFFET DYNAMIQUE
1)Generalité79
2)Application80
4)EFFET THERMIQUE
1)Generalité83
2)Application85
5)CHUTE DE TENSION88
C O N C L U S I O N90

oooooooooooooooooooooooooooo

oooooooooooooooooooo

oooooooo

ooo
ooo
o

- I N T R O D U C T I O N -

Utilisant l'énergie des chutes d'eau des centrales hydrauliques furent les premiers dès le début du XX^{ème} siècle à produire industriellement de l'électricité aujourd'hui encore en de nombreux pays ce sont les chutes d'eau, les barrages les usines hydrauliques qui assurent l'essentiel de la production électrique, la presque totalité en Norvège, près de 80% en Suisse, plus de 75% au Canada quelque 70% en Suède.

De toutes évidences les conditions géographiques, géologiques et climatique (abondance des sites hauteur des chutes, volumes des précipitations annuelles) ont favorisé dans ce domaine les pays de montagne en France par exemple la région dites les Alpes fournit 73% de l'hydraulique totale.

On estime pourtant que dans la plupart des pays industrialisés l'équipement des sites rentables sera achevé à la fin du siècle. Si on considère que la consommation d'électricité doit doubler d'environ tous les dix ans, le capital "houille blanche" ne peut plus satisfaire les besoins futurs des nations industrielles en tout cas les centrales hydrauliques offriront encore longtemps une solution intéressante au problème de l'énergie dans les pays en voie de développement certains entre eux disposant à l'heure actuelle d'abondantes ressources inexploitées.

Les gigantesques installations représentées par les barrages et les usines hydro-électriques sont coûteuses en investissement, ceci peut-être compensé par de faibles frais d'exploitation, mais le véritable problème est qu'on est limité par les conditions physiques; dans la question de puissance des centrales hydro-électriques, quand même on peut avoir des centrales hydro-électriques puissantes comme krospoiande (URSS) de 5.100 MW, Bratsk (URSS) 4.500 MW ou Boguchansk (URSS) 3.600MW.

D'autre part on trouve des centrales moins puissantes et qui sont encore rentables comme la centrale de DARGUINAH, qui de puissance $2 \times 40 \text{ MVA} + 6\text{MVA} \times 2 + 500 \text{ KVA}$.

Notamment on peut dire que pour toutes les centrales or plus généralement pour toutes les installations on a les mêmes problèmes au cours de fonctionnement, il peut apparaitre des perturbations du régime normal, celles-ci provoquent des processus transitoires importants du courant, de la tension, de la fréquence ... Dont les conséquences peuvent être graves qui est en fonction de plusieurs facteurs dont les plus importants sont les suivants:

- Structure des systèmes électro-énergétiques.
- Possibilité d'avoir des avaries simultanées.
- Variation en fonction de courant, des réactances des circuits magnétiques non linéaires.

Les régimes transitoires peuvent avoir naissance d'après plusieurs causes dont on distingue:

- Les court-circuits
- les défauts de syndronisation des machines.
- les défauts de l'excitation.

généralement le cas le plus grave et le plus fréquenté est celui des court-circuits qu'on étudiera plus tard pour avoir dimensionner les disjoncteurs en suite on étudie des efforts électro-dynamiques, la chute de tension pour avoir dimensionner les feux de barres.

L'usine souterraine de DARGUINAH est située à quelques kilomètres de courges du CHABET EL AKRA a peu de distance de la route nationale BOUGIE/SETIF dans une cavité dont le radier est aménagé à une soixantaine de mètres sous la plate-forme du poste d'interconnexion. Elle utilise.

- les eaux de l'oued AGRIOUN
- les eaux de l'oued AHRZEROUFTIS

le barrage de l'oued AGRIOUN de KERRATA crée une retenue de 900 000 m³ et autorise la prise d'eau de l'aménagement principale qui est fait par une galerie souterraine de 8 800 m canalise les eaux jusqu'à la cheminée d'équilibre où deux conduites forcées de 1,65 m de diamètre et de 600 m de long distribuent aux groupes principaux sous une chute maximum de 370 m.

Ces eaux entraînent deux turbines pelton de 4 jets de 46 000 CH 375 tr/mn à axe vertical accouplées chacune à un alternateur de 33 MW 12 000 V.

L'oued AHRZEROUFTIS comporte un petit barrage relié à l'usine souterraine par une galerie de 2 km et une conduite forcée sous une hauteur de chute de 170 m, ses eaux entraînent une turbine FRANCIS de 7 280 CH, 730 tr/mn accouplée à un alternateur de 5 MW 5 500 V. Pour l'emplacement noir la coupe dans l'HALL de l'usine.

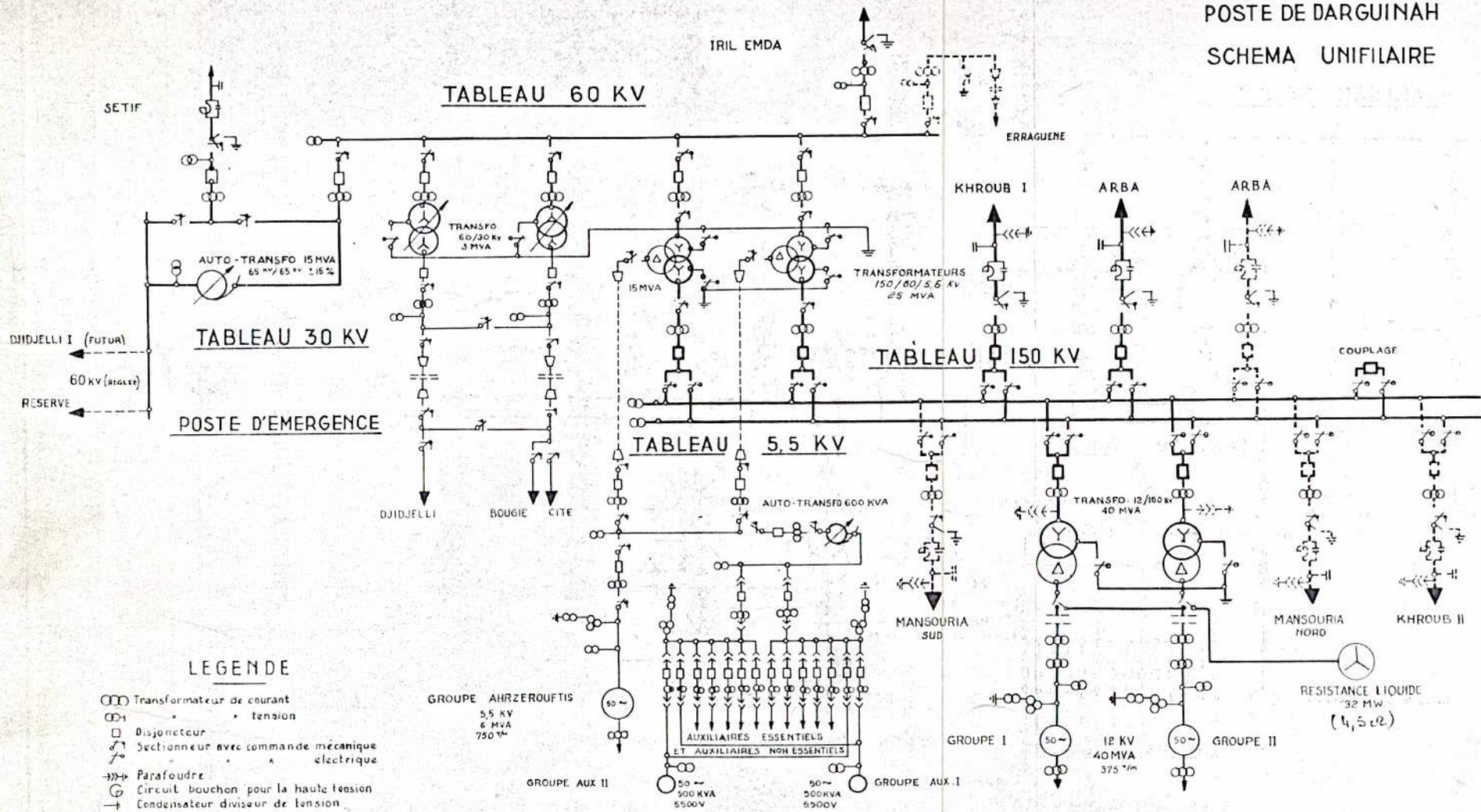
A) Matériel hydraulique: comme on a trois groupes donc on a trois genres de matériaux hydrauliques.

Le matériel hydraulique pour chaque groupe comporte principalement

- l'organe de garde
- la turbine
- les organes de régulation

et peut comporter le matériel complémentaire, la réfrigération, la station d'air comprimé, le graissage centralisé, les bateaux et volets de sécurité, le canal de mesure.

POSTE DE DARGUINAH
SCHEMA UNIFILAIRE



LEGENDE

- Transformateur de courant
- Disjoncteur
- Sectionneur avec commande mécanique
- Parafoudre
- Circuit bouchon pour la haute tension
- Condensateur diviseur de tension

GROUPE AHRZEROUFTIS
5,5 KV
6 MVA
750^{VA}

GROUPE AUX II

50 ~
500 KVA
5500V

50 ~
500KVA
5500V

GROUPE AUX I

GROUPE I
12 KV
40 MVA
375^{VA}

GROUPE II

RESISTANCE LIQUIDE
32 MW
(4,5 cl)

PONT SUR L'OUED TISSEMLALT

Document communiqué par le service de l'énergie électrique de l'Algérie

Nous nous intéressons surtout à la turbine:

I) Groupes principaux

Comme on a dit, on a deux groupes principaux donc, on a a deux turbines qui sont semblables. On donne une idée générale sur une turbine.

Cette turbine à axe vertical, le calnage repose le plancher de l'étage turbine l'ensemble tournant qui pèse 128 t repose sur une pivoterie rendue solidaire du crouillon supérieur de l'alternateur il tourne à la vitesse de 375 tr/mn en développant une puissance de 46 280 CV. Tout les organes sont susceptibles de supporter la vitesse d'emballement qui est ~~de~~ 675 t/mn qui peut atteindre lors de la décharge brusque de la turbine avec les injecteurs à pleine ouverture la mise en marche normale d'un groupe ne nécessite pas le lavage aux verines de la partie tournante.

2) Turbine pour le groupe complémentaire: cette turbine est susceptible de fonctionner pour les niveaux de la retenue du barrage de l'ARRZEROUFTIS du type FRANCIS à axe vertical tourne à la vitesse normale de 750 t/mn et vitesse d'emballement de 1 425 t/mn en développant une puissance de 7280 CV. Refroidissement à l'huile Le groupe peut démarrer sans lavage préalable au vérin de la partie tournante mais avec simple justification de manoeuvrer pour faciliter la formation du film à l'huile avec rendement maximum de 90/° quand on a 9/10 de pleine ouverture.

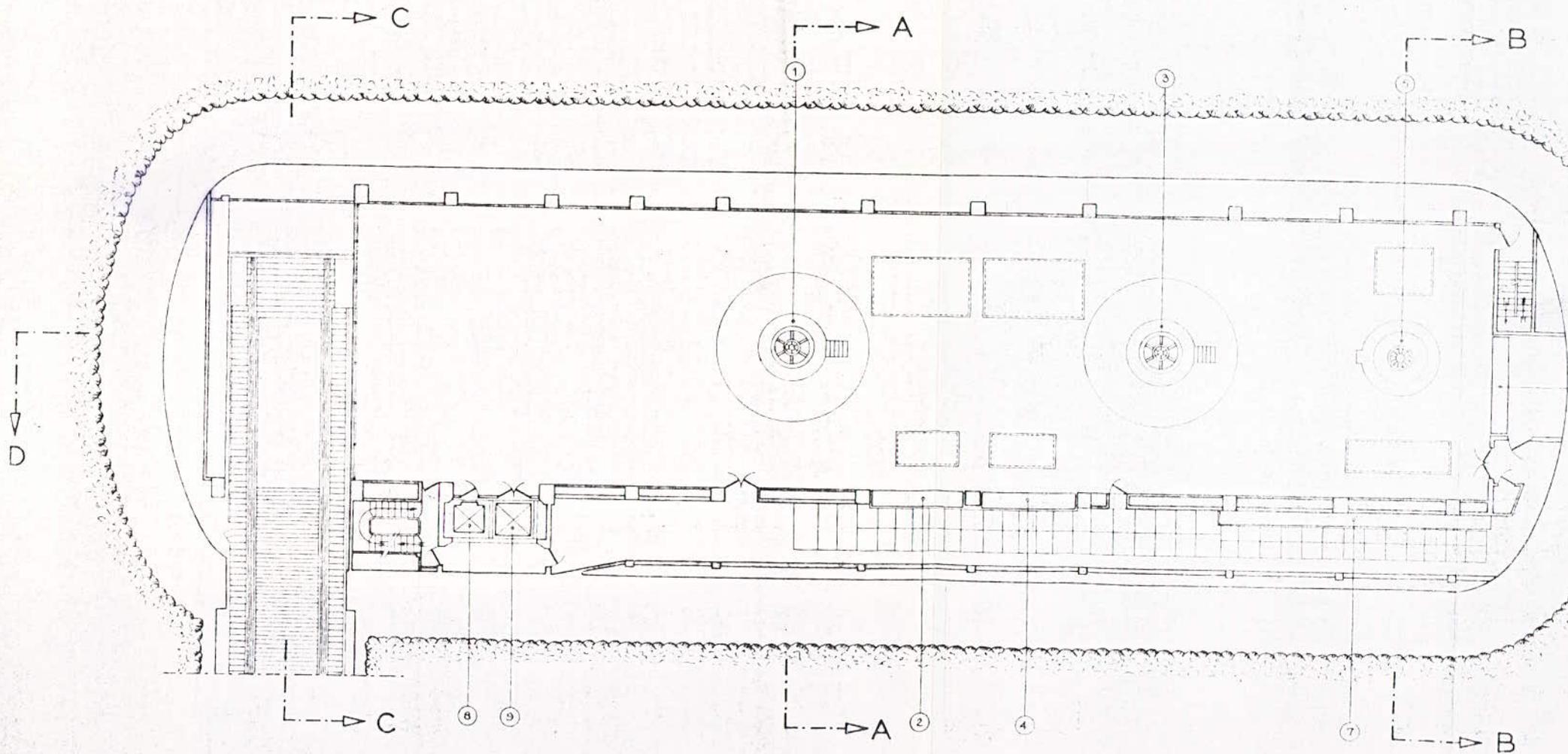
3) Turbines de groupe auxiliaires de 500 KVA

On a deux turbine du type pëlton à axe horizontal chacune tourne à la vitesse normale de 1 000 tr/mn et vitesse d'emballement de 1 850 tr/mn en développant une puissance de 580 CV à pleine ouverture le rendement de chacune de ces turbines est conditionné par la marche ou l'arrêt des groupes principaux on note que le rendement maximum à pleine charge et pleine ouverture 87/°.

;;;;;;;;;;

- HALL DE L'USINE - 71,90 -

VUE EN PLAN



B) REFRIGERATION:

les alternateurs des groupes principaux et l'alternateur du groupe complémentaire sont ventilés en circuit fermé l'air est refroidi en passant dans les réfrigérants des alternateurs. Ces réfrigérants sont alimentés par un circuit d'eau pure qui est également utilisé pour le refroidissement de l'huile des paliers et pivots des diverses machines. Cette eau pure qui provient des installations de surface circule en circuit fermé entre deux bassins l'une recueille l'eau froide en dessous à 15 m l'autre qui recueille l'eau chaude. L'eau froide circule par gravité du bassin supérieur au bassin inférieur, l'eau chaude remontée par pompage du bassin inférieur vers le bassin supérieur en passant par des échangeurs thermiques dans lesquels circulent à contre courant.

C) EQUIPEMENT ELECTRIQUE:

I) Groupes principaux:

I-Alternateur caractéristiques générales

deux alternateurs sont à axe vertical et accouplées directement avec leurs turbines, tourne en sens inverse mais leurs pièces principales restent interchangeable. Le stator en deux pièces assemblées par des boulons son circuit magnétique est constitué par des tôles dont les pertes sont de 1,45 W par kg sous 10 000 gauss l'enroulement statorique est à deux faces par encouche et isolation par mica. La résistance d'une phase est d'environ 0,01 ohm.

Le rotor dont le moyeu est en acier moulé porte à chacune de ces extrémités un plateau d'accomplissement. Le plateau inférieur est accoupli à un arbre de la turbine, le plateau supérieur est accoupli à un arbre en acier supportant les rouleaux d'appui sur le pivot et les induits d'excitatrice.

Les pôles fixés au volant par assemblage en T avec les bobines inductrices sont en cuivre dont l'isolation à base d'amiante, la résistance totale au rotor est de 0,29 ohms à 75° C

L'alternateur comporte une seule palier guide disposé en dessous de la pivoterie dont on a fait une solation pour éviter les courants de circulation.

Le freinage est réalisé à l'aide de 6 verins munis de sabots à rotule agissante sur une fonte de freinage situé à la partie supérieur de la roue polaire. Le freinage est obtenu à l'air comprimé. Vis à vis le démarrage est réalisé par un rogane appelé commutateur tournant.

CARACTERISTIQUES DU FONCTIONNEMENT :

Chaque alternateur peut assurer ~~un service continu~~ ^{un service continu} de 24 heures par jour à pleine charge 32,5 MW sous $\cos Q = 0,81$ soit 40 MVA à la tension de 1200 V ce qui correspond à un courant nominal du 1925 A par phase.

A) Echauffement en marche normale :

On remarque que le stator est plus chaud que le rotor car on a successivement la température du stator 96°C mais celle du rotor 73°C en sachant que la température de l'eau des refrigerants est 19°C et celle de l'air des refrigerants 25°C on peut déterminer les différents écarts de température entre chaque agent refrigerant et les deux organes statorique et rotorique.

E) Surcharge :

Chaque machine peut supporter exceptionnellement les surcharges suivantes :

| | Temperature d'entrée de l'eau | | |
|---------------------|-------------------------------|-----|------|
| | 35° | 25° | 15° |
| En regime Permanent | 0 | 5% | 9% |
| Pendant une heure | 0 | 10% | 15% |
| Pendant 10 minutes | 10% | 18% | 20% |
| Pendant 5 secondes | 5% | 6% | 100% |

C) Pertes et rendement:

Comme toutes les machines synchrones ont des rendements élevés chez nous, un alternateur en régime normale stable pour une température de 75°, P = 32500 KW nous avons les pertes suivantes :

| $\cos \varphi = 1$ | $\cos \varphi = 1$ | $\cos \varphi = 0,81$ |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------|
| PERTES mécaniques : 196 KW | | 188 KW |
| Electrique en charge 184 KW | | 281 KW |
| Par sécitation : 65 KW | | 148 KW |
| Pertes totales mesurées 633 KW | | 813 KW |
| $N = 98,09$ | | $N = 97,56\%$ |

On calcule N d'après la formule $N = \frac{P - p}{P}$

Remarques :

On remarque chaque machine on a une constante de temps Pour établissement de la tension est de 2,3 secondes si on a eu surelevation de tension avec le réacteur synchrone longitudinale est de 3,600 d'autre par le courant de court-circuit entre l'alternateur et son transformateur sans faire intervenir le réacteur de ce dernier sont :
courant de court-circuit triphasé $4 I_N$ mais le courant de court-circuit monophasé est $5 I_N$

2) EXCITATRICES :

Chaque groupe de 40 MVA à :

Une excitatrice principale montée en bout d'arbre de l'alternateur qui alimente l'inducteur de l'alternateur.

Cette excitatrice est de deux fois la tension nominale

- Excitation indépendante, manuelle et automatique
- Excitation phosphorique montée en bout d'arbre de la précédente.

Caractéristique du fonctionnement :

Pendant le début du démarrage l'excitatrice polymorphique est alimentée sur batterie par son excitateur séparé, les carac-

Caractéristiques en charge de deux excitatrices sont pratiquement linéaires. La rapidité de réponse de la principale en réglage manuel est d'ordre 0,78 secondes vis à vis dans la désexcitation est d'ordre 0,48 sec.

3) Cellules 12KV de sortie d'alternateur : Voir plan N° 2

Elles sont placées : entre la chambre de ventilation de l'alternateur et la galerie des barres on distingue le matériel suivant :

- Les sorties H.T d'alternateur
- La formation de neutre
- 6 transformateurs d'intensité 15 KV à double secondaire
- 3 transformateurs de potentiel à une borne isolée pour l'alimentation du régulateur électronique.
- 3 transformateurs monophasés à 3 enroulements pour la protection contre les mises à la masse du stator.

Les connexions de sortie sont réalisées par 3 barres de cuivre.

4) Sorties B.T d'alternateurs:

Sur la carcasse de la machine une planchette à borne rassemble les extrémités de tous les contacts qui sont réunies avec un câble traversant la chambre de ventilation à un coffret de répartition qui avec les différentes liaisons sont réalisées en câble armé multi-conducteur avec :

- L'excitation principale
- Les armoires de régulation
- les armoires de démarrage
- Le tableau de commande de l'étage turbin
- Le tableau de commande des installations de refroidissement.

5) LIAISON alternateur - Transformateur : Voir plan 3

Elle est réalisée par phase à l'aide de 3 barres de cuivre de 100 X 5 montées sur champ avec supports de barres à libre dilatation fixes sur isolateur de type extérieur, la disposition des barres montées sur champs dans un plan vertical, conduit au minimum d'intensité pour les efforts dynamiques entre phases due aux courants de court-circuit.

APPAREILLAGE DU GROUPE 5 MW

1) Alternateur: C'est une machine à axe vertical et reliée directement à la turbine avec le refroidissement en circuit fermé par l'équipement général réfrigération utilisée pour les groupes principaux. Il est capable de fournir en service continue une puissance de 6000 KVA à la tension de 5,5 KV et une facteur de puissance 0,7 ce qui correspond à un courant de 750 A avec vitesse normale 750 T/MN et vitesse d'emballement 1425T/MN dont la carcasse est inéplaques d'acier. Le stator est d'une seule pièce son circuit magnétique est des tôles à faible perte; L'enroulement statorique est à deux faixceaux de 7 conducteurs par incouche dont la résistance d'une phase est de 0,01300 le rotor en acier molilé et porte un plateau d'accouplement à chacune de ses extrimités dont l'inférieur est accoupli à la turbine et la supérieur à un arbre.

Les pôles sont fixes en T par un ajustage. Les bobines inducteur sont en cuivre avec une resistance totale de 0,18300 l'alternateur comporte un seul palier guide, le freinage est réalisé par 4 dispositifs à levier qui agissent sur un volant à l'hateur de l'accouplement avec la turbine et il est assuré par une commande à air comprimé d'autre part on remarque que la machine peut supporter pendant 3 minutes un courant de court-circuit qui arrive jusqu'à 1500 A et qui cette machine fonctionne avec les tempréatures des tôles sta tor et rotore 80° mais celles des enroulements 75°.

Le rendement de tension :

Une fois on a cette phénemonie l'alternateur passe brusquement de la pleine charge à la marche à vide àn peut avoir 15% à $\cos Q \neq$ et 31% à $\cos Q = 0,7$

Cette machine à les réacteurs suivants :

| | |
|-------------------------|----------|
| Synchrone longitudinale | 5,05 ohm |
| Direct | 76% |

| | |
|------------------------------|-------|
| INVERSE | 50% |
| Subtransitoire longitudinale | 16,7% |
| Subtransitoire transversale | 17% |

2) EXCITATRICE DU GROUPE 5 MW

Le groupe comporte :

- Une excitatrice principale montée sur un arbre raccordée par un plateau d'accouplement à l'arbre de l'alternateur. C'est une excitation shunt de $P = 120 \text{ MW}$ $V = 150 \text{ V}$ $Z = 470 \text{ A}$

Une excitatrice pilote montée en bout d'arbre de la précédente c'est excitation comprend de $P = 3,5 \text{ KW}$ $V = 220 \text{ V}$ $I = 9 \text{ A}$

CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT :

L'excitatrice pilote fonctionne en permanence en shunt, les caractéristiques en charges des deux sont linéaires et les branches sont superposables.

3) Cellules 5,5 KV de sorties alternateurs :

Elles sont placées entre le hall et l'étage des alternateurs

Elles comprennent le matériel suivant :

- 6 TRANSformateurs d'intensité à 7500V
- 3 transformateurs de potentiel montés entre phases
- 3 sectionneuses unipolaires 7,5 KV 800 A à commande mécanique.
- Le matériel nécessaire à la formation de neutre
- Toutes les connexions en barres sont réalisées en cuivre de 2X50X2 montées sur supports de 7500 V - 400 kg.

4) Sortie sb;t d'alternateur:

Toutes les contacts des organes de contrôle de la machine sont ramenés sur une planchette à bornes solides fixée sur la carcasse de l'alternateur toutes ces bornes sont réunies à l'aide de câbles avec le coffret de répartition de ce coffret les liaisons avec les différents organes de commande et de contrôle placés sur les tableaux sont exécutées en câbles armés multiconducteurs isolés au papier imprégné.

APPAREILLAGE DES GROUPES DE 500 KVA

I) Alternateur:

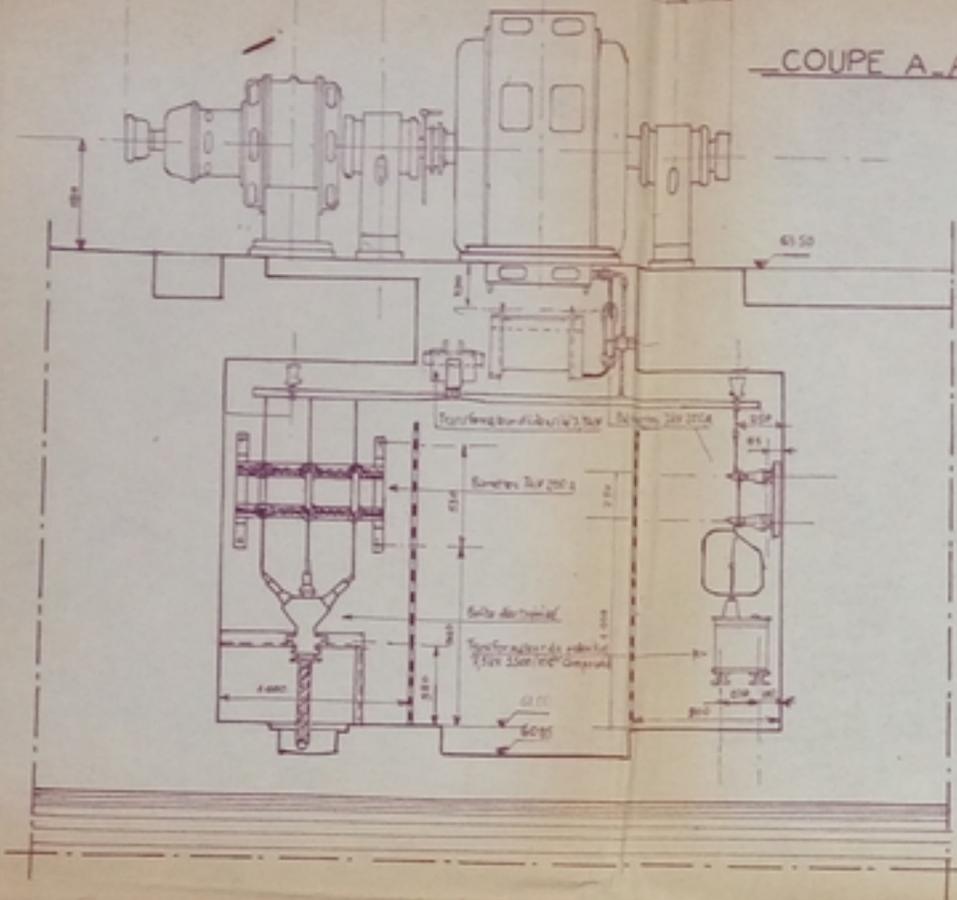
Comme on a dit précédemment on a deux groupes donc on a deux alternateurs qui sont identiques, elles sont à axe horizontal et reliées directement avec leurs turbines respectives leur vitesse de rotation est de 1000 tr/mn. Et vitesse d'emballlement 1850 tr/mn chacune d'elles est capable de fournir en service continu une puissance de 400 KW soit 500 KVA sous un $\cos Q = 0,8$ et pour une puissance disponible sur l'arbre de la turbine de 580 CV, le stator est constitué par une carcasse en fonte qui contient le circuit magnétique, l'enroulement statorique est composé en 3 bobines identiques, 4 bornes sont sorties pour l'ensemble des 3 phases et le point neutre dont la formation est intérieure à la machine avec une résistance moyenne par phase est 0,75 ohms, le rotor est constitué par un arbre d'une seule pièce en acier formant tambour inducteur sur lequel sont fixés les pôles les bobines inductrices sont réalisées avec du ruban du cuivre isolé enroulé sur champ dont la résistance totale du rotor est de 0,1760ohms.

On remarque qu'un seul alternateur est suffisant pour le service propre de la centrale donc on met un seul en marche pendant que l'autre en réserve après une période de marche de quelques jours. Le groupe en service passe en réserve et l'on met en marche l'autre groupe.

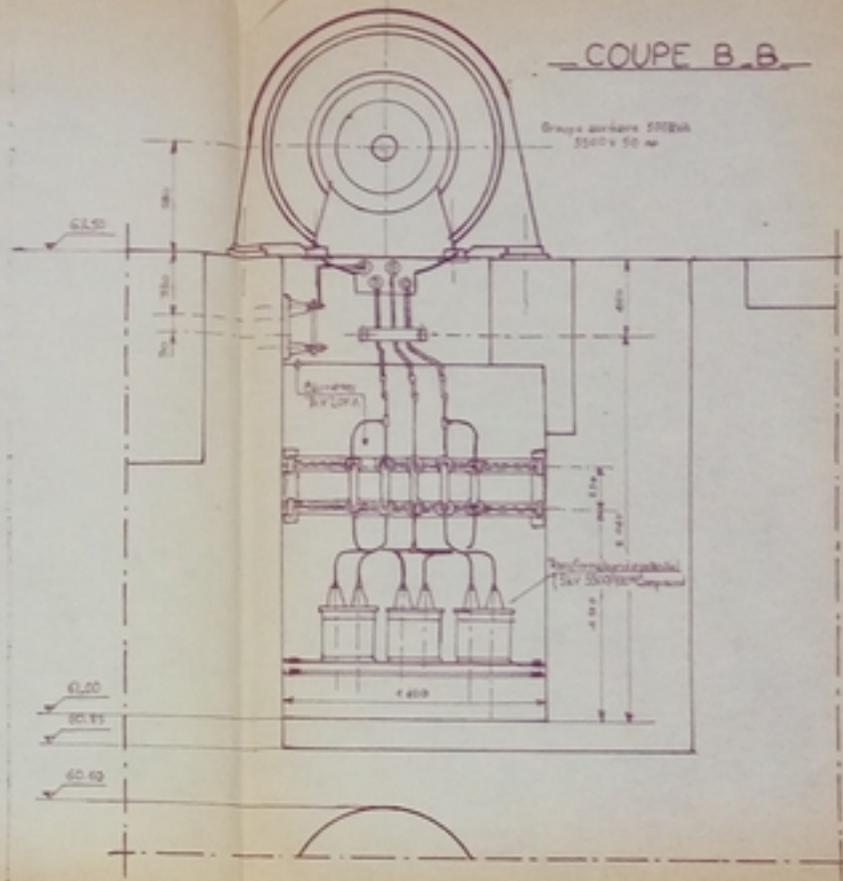
d'autre part on note que la plus haute température de cette machine est celle des enroulement statorique et rotorique qui peut arriver jusqu'à 75° c mais dans les tôles est de 70°c.

Chaque alternateur peut supporter pendant 10 secondes le courant de court-circuit permanent symétrique qui est de 70 A le rendement est de 95,6% avec $\cos Q = 1$ à pleine charge et de 94% avec $\cos Q = 0,8$ à pleine charge.

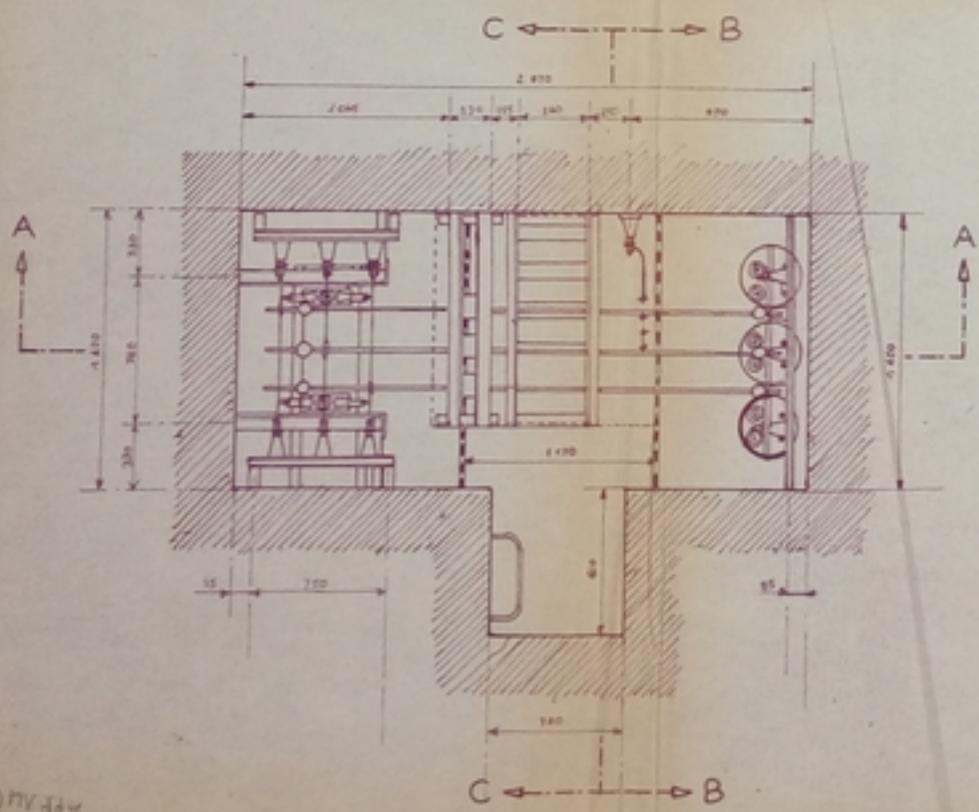
COUPE A_A



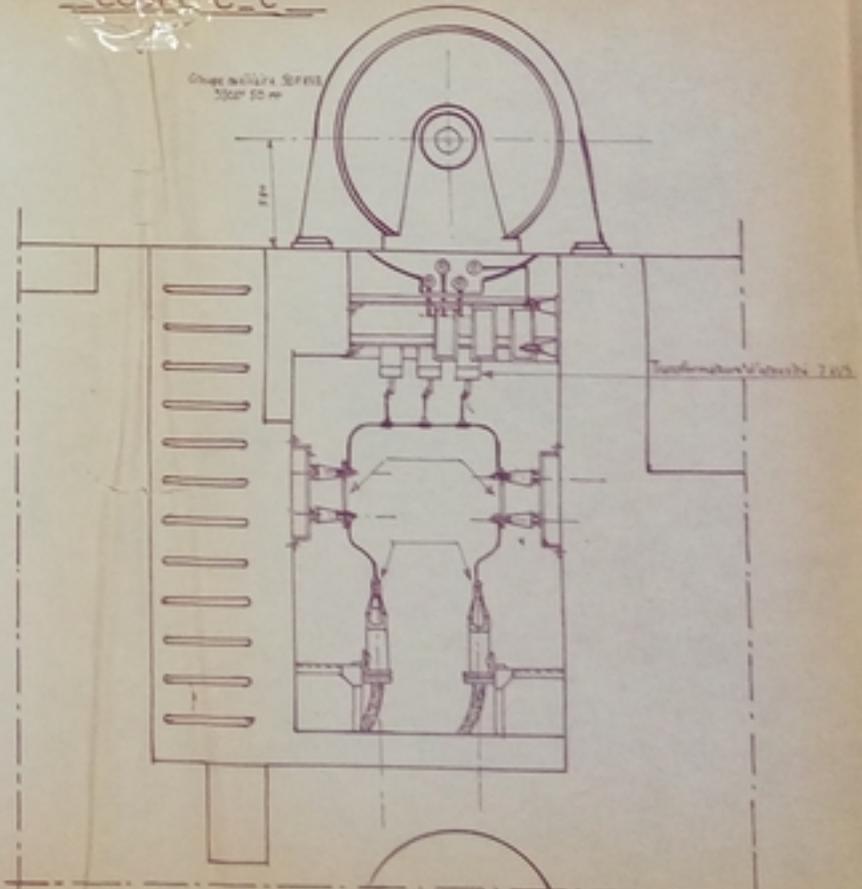
COUPE B_B



VUE EN PLAN



COUPE C_C



Plans 25
Aff. 1/12

Le réacteur synchrone longitudinale 5,1 ohms et la réactance directe est de 80%.

II) EXCITATION:

Chacun des groupes de 500 KVA comporte

Une excitation principale de $P = 7KW$ $v = 165$ $I = 42A$

Excitation séparée

une excitation pilote de $P = 2 KW$ $V = 125$ $I = 16 A$

excitation shunt

III) Sorties des alternateurs : voir plan 4

1) il n'y a pas de cellules à H.T pour les groupes l'appareillage à H.T

Est situées sous chaque machine et qui comprennent :

- 3 transformateurs de potentiel 7,5 KV 5500/100V
- 6 TRANSFORMATEURS D'INTENSITE 7,5 KV au rapport 60/5
- 6 barrettes de sectionnement 7KV 200 A jouant le rôle de sectionneurs
- Les boîtes d'extrémités du câble de liaison 550V avec le tableau blindé

2) à basse tension

Une plaque à bornes ressemble toutes les extrémités à B.T de l'alternateur de cette planchette les liaisons avec les différents organes de commande et de contrôle isolés au papier.

3) La liaison alternateur cellules 5,5 KV est réalisée en câble armé 5,5 KV 3 conducteurs isolés au papier imprégné de 14 MM² de section.

FONCTIONNEMENT DES GROUPES :

I) considération d'ordre général :

Les groupes principaux de 40 MVA sont normalement destinés à être exploités et contrôlés automatiquement à partir de tableaux généraux de commande destinés.



- à effectuer son couplage sur le réseau
 - à provoquer la mise à l'arrêt du groupe toutes les autres opérations s'effectuent automatiquement aussi bien la suite du démarrage; que
- Le couplage et l'ajustage de la charge une fois le groupe accroché au réseau.

Il est prévu néanmoins le démarrage et l'exploitation de ces mêmes groupes à partir de l'étage turbine. Mais on marche ~~manuelle~~ manuelle seulement dans ce but les tableaux de l'étage trubines comportent non seulement les mêmes appareils inducteurs de sgnalisation que le tableau général de salle de commande mais tous les commutateurs et organes de manoeuvre

- Le démarrage de groupe
- Leur couplage au réseau
- Le réglage de la tension
- L'ajustage de la charge active et la charge réactive dans le cas particuliers de la marche compensateurs synchrone
- La mise à l'arrêt.

Le groupe de 5 MW utilisant les eaux de l'Oeud AHRZEROUFTIS fonction dans des conditions identiques à celles des groupes principaux sauf en ce qui concerne la marche en compensateur synchrone du point de vue exploitation l'énergie qu'il produit peut être distribuée partiellement

sur les auxiliaires 5,5 KV ne sont pas prévus pour marcher en parallèle, un seul de ces derniers suffit à assurer la présentation d'énergie nécessaire aux auxiliaires de l'usine et du poste.

Aucune de ces priorité n'interviennent sur le fonctionnement de l'un ou de l'autre de ces groupes dont l'utilisation est en fonction de l'aménagement.

Le démarrage de ces groupes est manuel et opéré à partir de l'étage turbines. Le changement de groupe en service s'effectue donc obligatoirement de l'étage turbines, par contre le réglage de la charge adoptée à la demande des auxiliaires est automatique et ne nécessite aucune intervention.

Les panneaux de commande et de contrôle des groupes auxiliaires sont donc à l'étage turbines avec toute-fois un rappel au tableau général de commande des principales grandeurs électriques et des signalisations de positions et de défauts

A) MANOEUVRES DE DEMARAGE DES GROUPES PRINCIPAUX

a) Démarrage automatique

Le démarrage automatique est considéré comme normal si le groupe sont en période d'exploitation normale et n'ait été pas mis à l'arrêt qui pour temps de courte durée justifie par la demande d'énergie.

On doit suivre les étapes suivantes :

- 1°) préparation et verrouillages préliminaires
- 2°) suivre l'ordre pour le démarrage hydraulique
- 3°) fixation des conditions de marche à niche
- 4°) mise en service des circuits d'eau de réfrigération
- 5°) mise en service des circuits d'huile
- 6°) ouverture du by-pass et du robinet sphérique
- 7°) refermeture du by-pass et arrêt des pompes à huile
- 8°) démarrage de la turbine et mise en vitesse
- 9°) suivre l'ordre de démarrage électrique et opérations préliminaires sur les excitations.
- 10°) démarrage et mise en service du groupe amligne
- 11°) marche en manuel du groupe amplidyne
- 12°) synchronisation et couplage

et com e ça on a le démarrage du groupe en marche automatique normal

b) démarrage manuel et marche en moteur synchrone il es t supposé que le groupe est suscepible d'avoir subi une mise à l'arrêt prolongé ce qui justifie avant sa mise en route un certain nombre de vérification priables ce qui nous donne les marches suivantes :

- 1°) préparation et vérification préliminaires
 - sur les alimentations des auxiliaires
 - sur les organes mécaniques : si la mise hors service est due à une mécanique.
 - sur les organes électriques.
- 2°) verrouillage préliminaire
- 3°) suivre l'ordre pour la démarrage hydraulique
- 4°) mise en service de la réfrigération
- 5°) mise en service des circuits d'huile
- 6°) ouverture du by-passe et du robinet sphérique
- 7°) refermeture du by-pass et arrêt des pompes à huile
- 8°) démarrage de la turbine et mise en vitesse
- 9°) suivre l'ordre de démarrage électrique et opérations sur les excitations.
- 10°) fermeture du contacteur d'excitation
- 11°) synchronisation et couplage à partir de l'étage turbines
- 12°) synchronisation et couplage à partir du tableau général.

B) MANOEUVRES D'ARRÊT

On remarque qu'on a plusieurs sortes d'arrêt dont chacune peut être différente de l'autre pour plusieurs raisons.

a) Arrêt normal :

Ce genre d'arrêt passe dans les étapes

- 1) mettre sous tension la barre de commande automatique d'arrêt et couper l'alimentation du relais général
- 2) mise à l'arrêt des auxiliaires de la turbine
- 3) arrêt des pompes de régulation
- 4) mise en service du dispositif courant freinage et fin de l'arrêt hydraulique
- 5) opération d'arrêt sur l'excitation pilote et mise en service de relais d'arrêt électrique.
- 6) déclenchement du disjoncteur H.T et d'excitation de la principale
Desexcitation de l'alternateur et fin de l'arrêt électrique

b) arrêt électrique :

Automatique : il est provoqué par les défauts extérieurs

à l'alternateur soit :

- temps de démarrage électrique trop long
- maximum d'intensité sur les barres 12 KV
- maximum de tension sur les barres 12 KV
- charge déséquilibrée des barres 12 KV

Maximum d'intensité sur les barres de 150 KV

c) Arrêt d'urgence automatique : il prend lieu dans le cas grave à la suite des défauts graves.

D) Arrêt entièrement manuel des groupes principaux : il est réalisé à partir des mêmes organes de commande que ceux qui sont nécessaires au démarrage manuel il demande les étapes suivant dans l'ordre :

1) arrêt électrique

2) fermeture du réglage du robinet sphérique et des auxiliaires de réglage.

3) freinage et mise hors service des sécurités

4) mise hors service de la réfrigération

5) mise hors service des auxiliaires d'alimentation

Manoeuvre et démarrage du groupe de 5MW et de 500 KVA

Ces des marches identiques à ceux de groupes principaux pour les différentes étapes (démarrage manuel et automatique et les synchronisation et couplage :

Le couplage peut être automatique ou manuel il s'effectue normalement dans l'un et l'autre cas à partir du panneau de couplage du principal, il peut également être exécuté à partir des tableaux de l'étage turbines.

a) automatique :

Dans le cas de synchronisation et couplage automatiques les automates

du synchro-coupler se chargent des toutes les opérations :

- De synchronisation
- De recherche de la tension de refermer
- de couplage pour un écart de phase au plus égal à 8°

2) manuel :

Dans ce cas on remarque deux positions où on effectue

le synchronisation et couplage

1) du tableau principal :

on devra faire

- régler la tension du groupe à l'aide du commutateurs I de tension
- enclencher le disjoncteur au moment opportun
- Si le couplage s'effectuera de l'étage turbine : l'opération est possible grâce à la console de synchronisation commun à tous les groupes et se tranchant d'une façon amovible par une fliche multiple sur les panneaux alternateurs du groupe à coupler.

AUXILIAIRES.

L'ensemble des auxiliaires de l'usine comprend

- Auxiliaires 5,5 KV
- Auxilliaires B.T alternatif 220/127
- Auxiliaires 125 V à courant continu
- Auxilliaires généraux

Nous intrissons au 5,5 KV qui est l(auxiliaire

de centrale proprement dite

AUXILIAIRE 5,5 KV

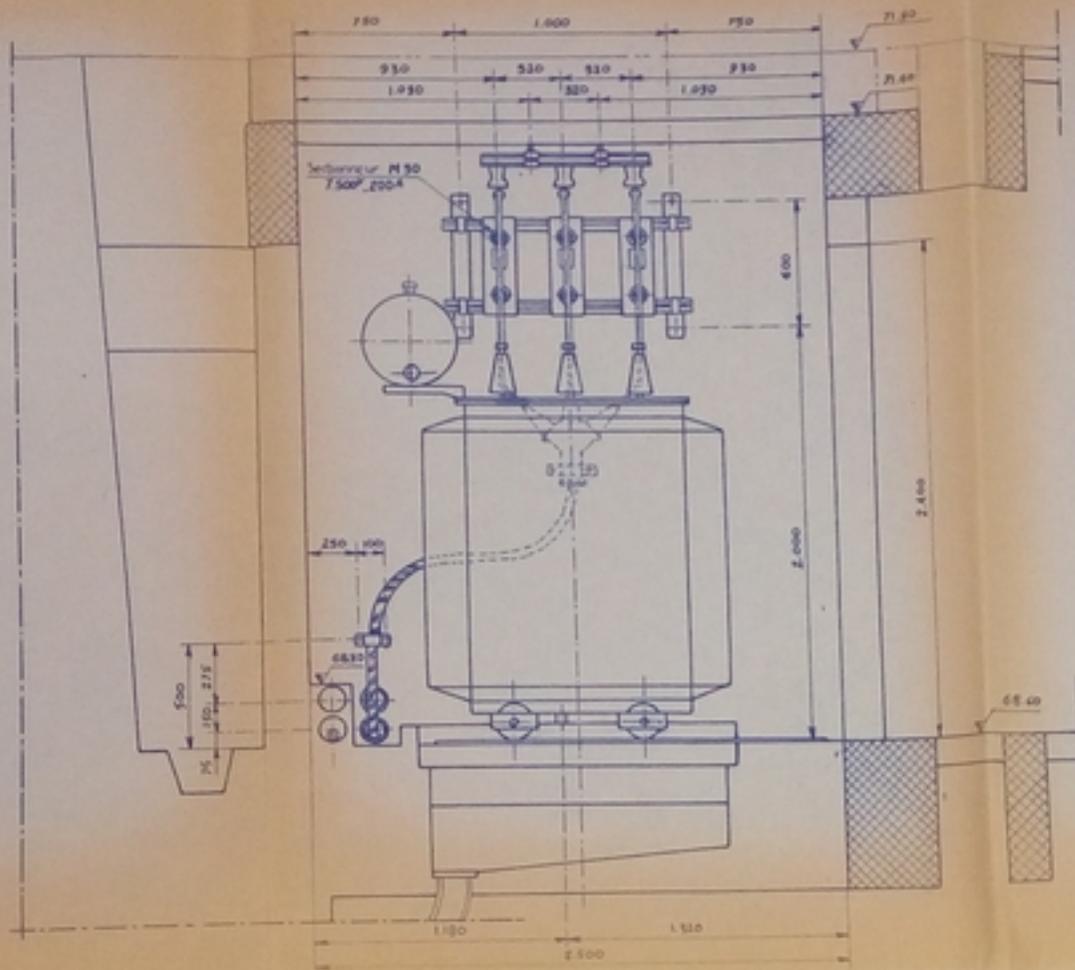
L'énergie à 5,5 KV distribuée par le tableau blindé du bâtiment de commande au moyen de deux feux de barres indépendantes comportant chacun le même nombre de départs de distribution est fournie

- soit par les groupes de 500 KVA
- soit par le groupe de 5 MW

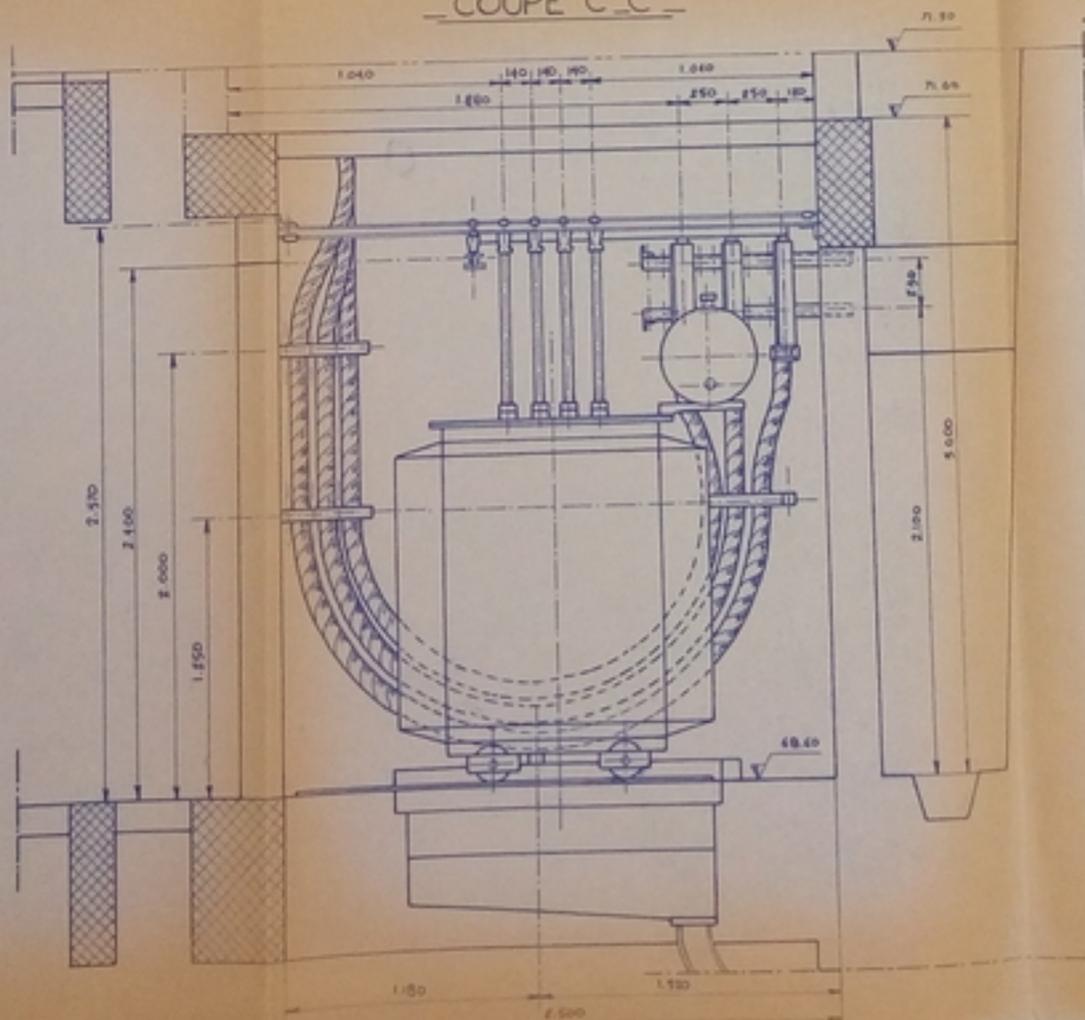
A) Alimentation par les groupes de 500 KVA : mois plan 5 chacun des des groupes de (500 KVA) est relié par un câble armé à chacun des yeux de barres du tableau blindé par l'intermédiaire d'un disjoncteur à air comprimé.

De chacun des yeux de barres 5,5 KV du tableau blindé un départ en câble alimente chacun des deux transformateurs de 315 KVA 5500/220 127 QUI assurent les auxilliaires B.T de l'usine.

COUPE B_B



COUPE C_C



03013 25
1 PR 23



Il s'ensuit que les transformateurs de 315 KVA ne peuvent fonctionner en même temps. Ces transformateurs sont de type intérieur à refroidissement naturel, bobinage cuivre, immergé dans un diélectrique chloré avec puissance 315 KVA

- Tension primaire 5,5kv avec prise de 15% manoeuvrables au dessus du couvercle l'appareil étant hors tension couplage et aile

Tension secondaire 220/127 V couplage étoile neutre sortie

tension de court-circuit 3,1% chacun est muni d'un thermomètre à contacte et d'un réservoir d'expansion .

Le rendement maximum est obtenu pour une valeur inférieure à la pleine charge qui de 98,2% pour $\cos \phi = 1$ DU POINT de vue protection chacun des départs issus de groupes de 500 KVA est équipé

- Une protection à maximum de courant instantanées par relais

R S A 2

- Une protection contre la mise à la masse par relais R A CH I

Alimentations par le groupe de 5 MW , le groupe de 5 MW n'est pas relié directement au tableau blindé 5,5 KV SA liaisons en câble qui part des cellules de l'étage alternateur aboutit à un disjoncteur situé dans la cellule de la salle des auxiliaires du bâtiment de commande, l'énergie produite, qui est normalement transitée sur la

H.T au moyen des transformateurs d'échange de 15 et de 25 MVA peut aussi être partiellement absorbé par les auxiliaires 5,5 KV de l'aménagement en cas d'avaries sur les groupes de 500 KVA PAR exemple l'ajustage de la tension réseau est obtenu par un auto-transformateur d'ajustage.

C) CONSIDERATION SUR L'EXPLOITATION DES AUXILLIAIRES 5,5 KV

Differents systèmes d'exploitation possibles des auxilliaires 5,5 KV

Le mode d'exploitation normal est celui qui consiste à alimenter l'ensemble des auxilliaires par l'un de jeux de basses 5,5 KV au moyen de l'un groupes de 500KVA, le réseau étant considéré comme secours.

En cas de panne sur le réseau 5,5KV on peut alimenter certains auxilliaires avec l'un des groupes de 500KVA comme les auxilliaires de l'usine et les auxilliaires essentiels poste tandis que l'autre groupe de 500 KVA alimente par la deuxième jeu de barre 5,5 KV les auxilliaires non essentiels en fin un cas de defection totale des groupes de 500KVA

Alimentation complète des auxilliaires par le réseau 5,5 KV selon le

mode d'expl itation utilisé les répercussions produit par l'apparition d'un défaut sont différentes.

1°) Exploitation normale :

Si les auxiliaires en services sont alimentés par l'intermédiaire de l'un des groupes de 500 KVA et que cette alimentation soit le siège d'un défaut qu'elle que soit la nature de ce défaut la liaison malsaine est éliminée par déclenchement de disjoncteur du groupe en service ; tandis que le réseau se substitue au groupe défaillant fermeture du disjoncteur réseau qui provoque la réalimentation des auxiliaires à partir du même jeu de barres. Cette suite d'opération est automatique.

Remarques :

- a) Cette substitution ne peut s'effectuer dans le cas particulier où le défaut se produit sur le feu de barres 5,5 KV il faut procéder au changement manuel de feu de barres avec interruption de service courte inévitable.
 - b) Un défaut sur les barres est donc un accident extrêmement rare.
- 2°) En cas de panne sur le réseau de 5,5 KV / les auxiliaires usine et les auxiliaires essentiels poste sont alimentés par un groupe et un feu de barres, les auxiliaires non essentiels poste sont alimentés par groupe et l'autre feu de barres. Si le défaut prend naissance sur l'alimentation des auxiliaires usine, il s'ensuit le déclenchement du

alimentés par un groupe et un jeu de barre les auxiliaires 27
non essentiels poste sont alimentés par l'autre groupe et l'autre
jeu de barres.

Si le défaut prend naissance sur l'alimentation des auxiliaires
usine, il s'ensuit le déclenchement du disjoncteur du groupe aussi
bien si le défaut est situé sur le groupe qui sur la liaison par câ-
ble. Il n'est pas possible de procéder à la mise en parallèle des jeux
de barres 5,5KV il faut donc déclencher à la main le départ usine
du jeu de barres défaillant et enclencher également à main le départ
de secours qui s'alimente par l'autre jeu de barres toujours en
service sur les auxiliaires non essentiels.

3°) En cas d'indisponibilité totale les groupes de 500 KVA les
auxiliaires usine et poste sont pris sur un même jeu de barre et
alimentés sur réseaux.

Si le défaut prend naissance sur la liaison en câble ou sur les
barres 5,5 KV en service le disjoncteur réseaux déclenche il faut
alors enclencher à main le disjoncteur réseaux de l'autre jeu de barre
et enclencher également à main tous les disjoncteurs de départ de ce jeu
de barre après avoir provoqué le déclenchement des disjoncteurs
correspondants de la tranche défaillante.

Enfin si le siège du défaut est sur le réseaux 5,5 KV
LUI MÊME? IL s'entraîne la mise à l'arrêt de l'usine il découle de ce
procédé que sauf en cas de nécessité le seul système d'exploitation
à utiliser normalement est (L'Alimentation totale à l'aide d'un
groupe de 500 KV) avec le secteur en secours.

b) Verrouillage en exploitation normale:

Les différents fonctionnements envisagés précédemment
sont conditionnés par les verrouillages suivants:

1) - Impossibilité d'alimenter simultanément les deux jeux de
barres 5,5 à partir d'un même groupe de 500 KVA.

- 2) - Impossibilité d'alimenter simultanément les deux jeux de barres 5,5 à partir du réseaux.
- 3) - Impossibilité d'alimenter le même jeu de barres: avec les deux groupes DE 500 KVA (pas de couplage ces deux groupes et même entre groupe de 500 KVA et le réseaux.
- 4) - Impossibilité de fermer un disjoncteur de groupe correspondant à un jeu de barres. Si le sectionneur placé dans la fosse de la machine n'est aiguillé dans la bonne direction.
- 5) - Impossibilité de mettre en parallèle les deux transformateurs de 315 KVA aussi bien par la A.T que par le B.T.

Auxiliaires B.T Alternatifs 220/127.

A) consistance des équipements:

L'Energie provenant de chacun des deux transformateurs de 315 KVA est distribuée aux armoires d'auxiliaires B.T Situées à l'étage alternateurs. La liaison est obtenue pour chacun de ces transformateurs par trois câbles triphasés en parallèle de 5 X 240mm + 1 X 120 mm² dont les titres de côtés armoires aboutissent à un contacteur type 800 A monté sur barreaux isolants. Ces deux contacteurs qui distribuent l'énergie de l'un ou de l'autre des transformateurs de 315 KVA SONT connectés sur un feu de barres générale 220/127 V

Sur ce feu de barres sont montés (6) départ principaux, (5) d'entre eux sont équipés d'un sectionneur 500 A ET d'un contacteur de 500 A qui alimente chacun un feu de barres divisionnaire le (6°) départ est utilisé pour une liaison usine poste il est simplement équipé d'un sectionneur 500 A étant entendu que l'organe de disjonction se trouve à l'autre extrémité de la liaison côté alimentation de secours c;a; d. dans les armoires B.T alternative du bâtiment de commande. Tous les auxiliaires B.T DE l'usine sont donc pris à partir de (5) feux de barres divisionnaires la distribution des départs sur les feux de barres et prévue de telle sorte qu'en aucun

Cas un organe de secours d'un auxiliaire de groupe par exemple ne puisse se trouver sur le même jeu de barres d'alimentation que l'organe normal.

Dans ces conditions si un défaut survient dans un câble de liaison ou même sur l'un des contacteurs auxiliaires. La tranche malsaine est éliminée et l'on peut exploiter avec l'organe de secours alimenter par l'autre liaison.

B) Considération sur l'exploitation des auxiliaires B.T.

Si l'on considère successivement les 5 jeux de barres divisionnaires donc il sera plus facile d'analyser les repercussions produites sur l'exploitation par la defaillance de l'un d'eux.

Donc pour ceux-ci il faut bien étudier les deux étapes suivantes:

- a) distribution de s départs sur les 5 jeux de barres
- b) defaillance sur chaque jeu de barres.

La réparation entre les differents jeux de barres divisionnaires des nombreux départs individuels et telle que la mise hors service d'un jeu de barres divisionnaire quelconque n'entraîne pas de conséquences graves pour la marche des groupes.

En d'autres termes les défaillances sur le jeu de barre divisionnaire gênant l'exploitation mais ne portent pas atteinte à la bonne marche de l'usine.

Une défaillance sur la B.T. du transformateur en service entraîne le déclenchement du disjoncteur 5,5 kv, ~~il placé~~ placé sur la H.T du transformateur de 315 KVA qui en service lui même alimenté par l'un des jeux de barre 5,5 kv ,il s'ensuit obligatoirement un changement de jeu de barre ,ce dernier doit s'executer à vide par manoeuvre des sectionneurs d'aiguillage cette operation entraîne un manque de tension sur les auxiliaires pendant le temps nécessaire à la manoeuvre de changement de jeu de barre.

Pour cela on peut utiliser de manière permanente la liaison usine-poste ; a . d. mettre en parallèle les auxiliares de poste avec les auxiliares de l'usine.

Dans le cas du défaut précédent le transformateur d'auxiliares usine est éliminé et le transformateur d'auxiliares essentiels poste prend en charge les auxiliares usine sans interruption de service.

Ce mode de fonctionnement assure la continuité de l'exploitation présente néanmoins quelques inconvénients.

c) Condition de marche en parallèle des transformateurs d'auxiliares USINE ET POSTE.

Les transformateurs usine et poste n'ayant pas le même caractère et les circuits d'utilisation ayant des charges différentes , il s'ensuit un courant de circulation permanent dans la liaison usine-poste.

On peut estimer la puissance nécessaire sur les barres d'auxiliaire B.T. usine à 270 KVA, pour les barres d'auxiliaire essentiels poste à 100 KVA.

Dans ces conditions compte-tenu des puissances nominales et des tensions de court-circuit de deux transformateurs qui sont:

| | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------|
| transformateur usine | $P_n = 315 \text{ KVA}$ | $V_{cc} = 3,1\%$ |
| " poste | $P_n = 250 \text{ KVA}$ | $V_{cc} = 3,18\%$ |

La répartition des charges entre les deux transformateurs dans les conditions d'exploitation supposées est la suivante:

| | |
|----------------------|---------|
| transformateur usine | 210 KVA |
| " poste | 160 KVA |

Enfin d'autres termes, pour le régime d'exploitation indiqué la liaison usine-poste est le siège en permanence d'un courant de circulation de 150 A dans le sens poste-usine.

A noter que les très faibles écarts entre les tensions de court

circuit des deux appareils réduit à une valeur négligeable le
courant de circulation d'un transformateur dans l'autre

En conséquence la liaison usine -poste peut donc être continuellement en service pour avoir le secours maximum.

L'Ecart entre les puissances totales débitées et la somme des puissances nominales ne doit pas être supérieur à 5% quand le transformateur usine développe ses 315 KVA et d'après ce qui précède il n'est en réalité que 2,1%.

AUXILIAIRES GENERAUX:

A) Epuissement et inondation:

Qui consiste de deux groupes de pompage destinés à refouler les eaux provenant des fuites et des infiltrations de toute la partie souterraine de l'aménagement dans le canal de fuite ces deux groupes se trouvent dans une chambre située sous l'étage turbines.

B) Conditionnement de l'air et ventilation:

Cet équipement est destiné à entretenir dans l'usine souterraine des conditions de température et d'hygrométrie propres à faciliter la tâche du personnel lorsque l'exploitation des groupes se fait à partir de l'usine souterraine.

C) Eclairage et circuit de force motrice.

Les installations d'éclairage comportant

- Eclairage normal
- Eclairage Secours.
- Eclairage Sûreté

d'autre part on a les circuits de force motrice suivant circuit.

- De 57 KW de conditionnement de l'usine
- De 5KW de rechauffeur du même ouvrage
- De 50KW de roulout du hall de l'usine

Pour compléter notre étude on doit dire que la centrale à encore les installations suivantes:

-

-Installations Telephoniques

- " de Telemesures
- " alimentation en eau
- PONT ROULANT de hall de l'usine
- Ascenseur et monte -charge
- Monorail et Monopoutres
- Manutention de materiel lourd par la galerie

comme ça on peut dire qu'on a fait la presentation complete de
la centrale de DARGUINAH.

CHAPITRE II

Calcul des Courants de Court-Circuit.

II - 1) Generalités:

Le choix des équipements électriques des centrales et poste électriques est fait à l'aide des valeurs des courants de court-circuit

La valeur maximale du courant apparaît pendant la première demie-période. Simultanément avec l'augmentation du courant dans le circuit avarié au point du court-circuit le calcul exact des ces courants est difficile à cause de la complexité du processus transitoire en pratique on utilise les hypothèses simplificatrices suivantes:

- Les circuits magnétiques sont non saturés d'air on aura des Schemas lineaires.
- Les courants de magnétisation des transformateurs sont négligeables
- On néglige les résistances d'où $(U, I) = \varphi_K = 90^\circ$
- Pour les machines synchrones on utilise X_d
- Pour les transformateurs $X_d = X_{ii} = Z_{cc} = \frac{U_{cc}\% \cdot U_n}{100 S_n}$
avec $U_{cc}\% = x\%$
- Pour les lignes on utilise $X = 0,1445 \log \frac{D_{med}}{r} + 0,0157$
avec $D_{med} = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}$
D = Distance entre conducteurs (cm)
R = Rayon du conducteur (cm)

Ces simplifications dependent du Schema à étudier et de la précision nécessaire pour le calcul:

on admet des erreurs plus grand dans le choix et la vérification des appareils et des barres.

On remarque les ty pes suivants:

1) -Courts-Circuit non symétriques:

- Monophasé - Q_N
- Biphassé sans terre $2Q$
- Biphassé avec terre $2Q_N$

2) Courts-Circuit symétrique:

- Triphasé sans terre $3Q$
- Triphasé avec terre $3Q_N$

II - 12) Mode de calcul/

On fait le calcul des courants des courts - circuits pour les reseaux avec neutre isolé et on s'ineteresse au Court-Circuit triphasé d'où se presente deux hypothèse de mode de calcul.

1) Hypothèse de la variation séparée:

Cette hypothèse est utilisée quand les sources d'alimentation ont des conditions très différents par rapport au point de court-circuit.

2) Hypothèse de la variation générale:

On considère une variation générale donc on aura une seul réactance générale.

a)- Par ^{des} transfigurations du Schema générale, on détermine la réac-
tence resultante reduite X_{E}^* du Schema equivalent.

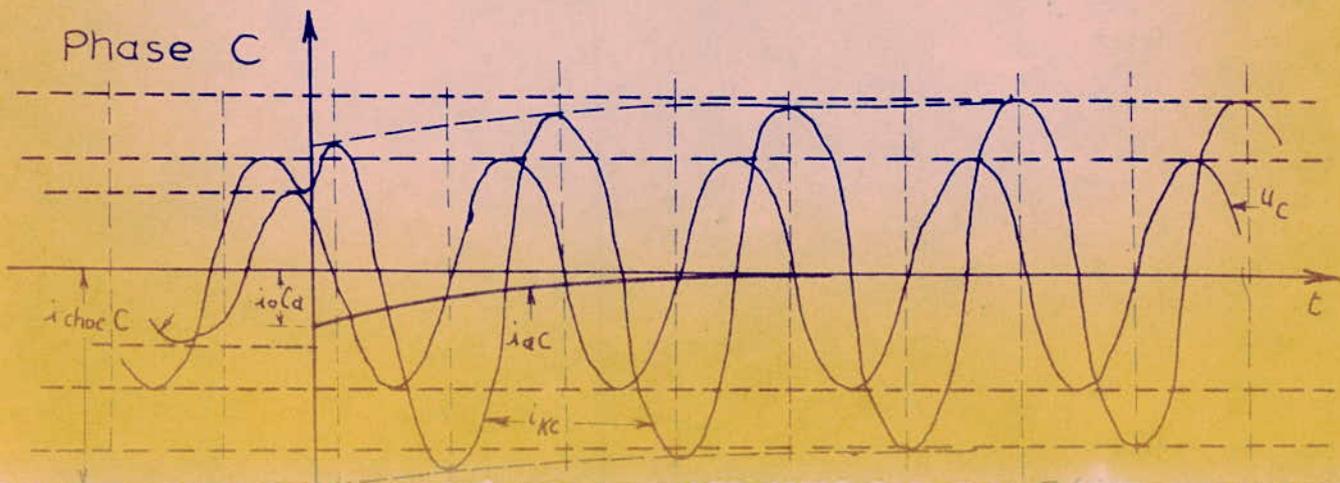
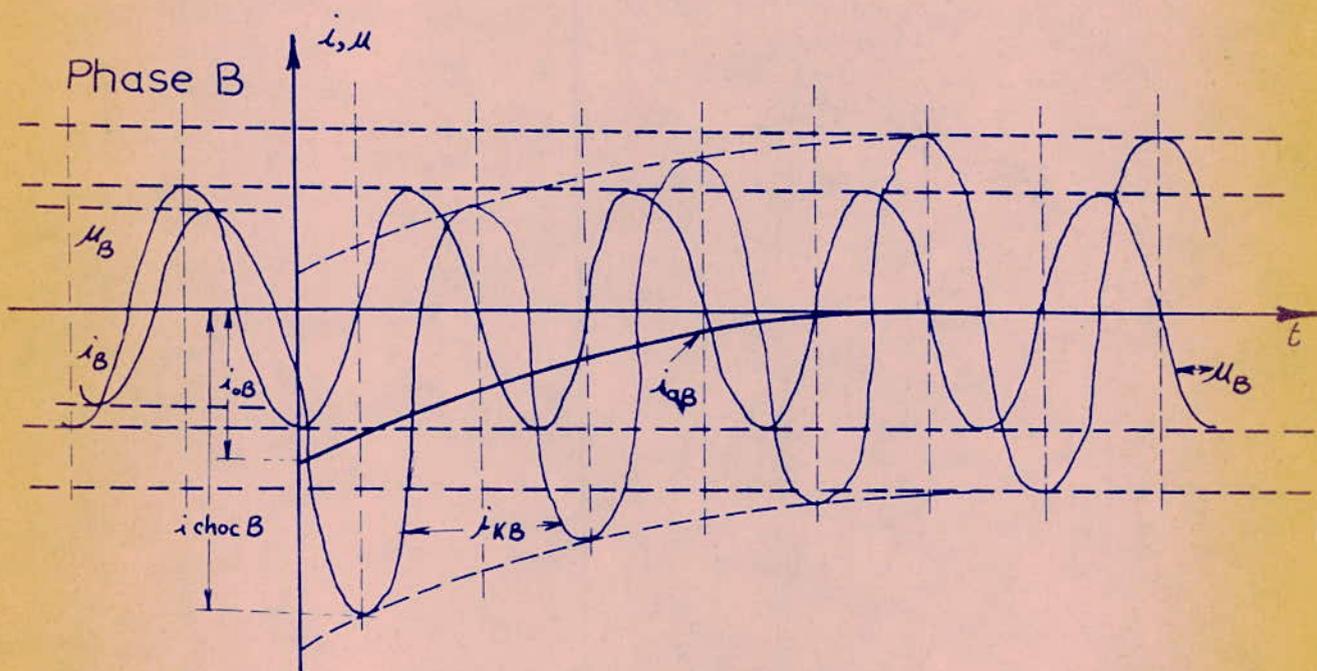
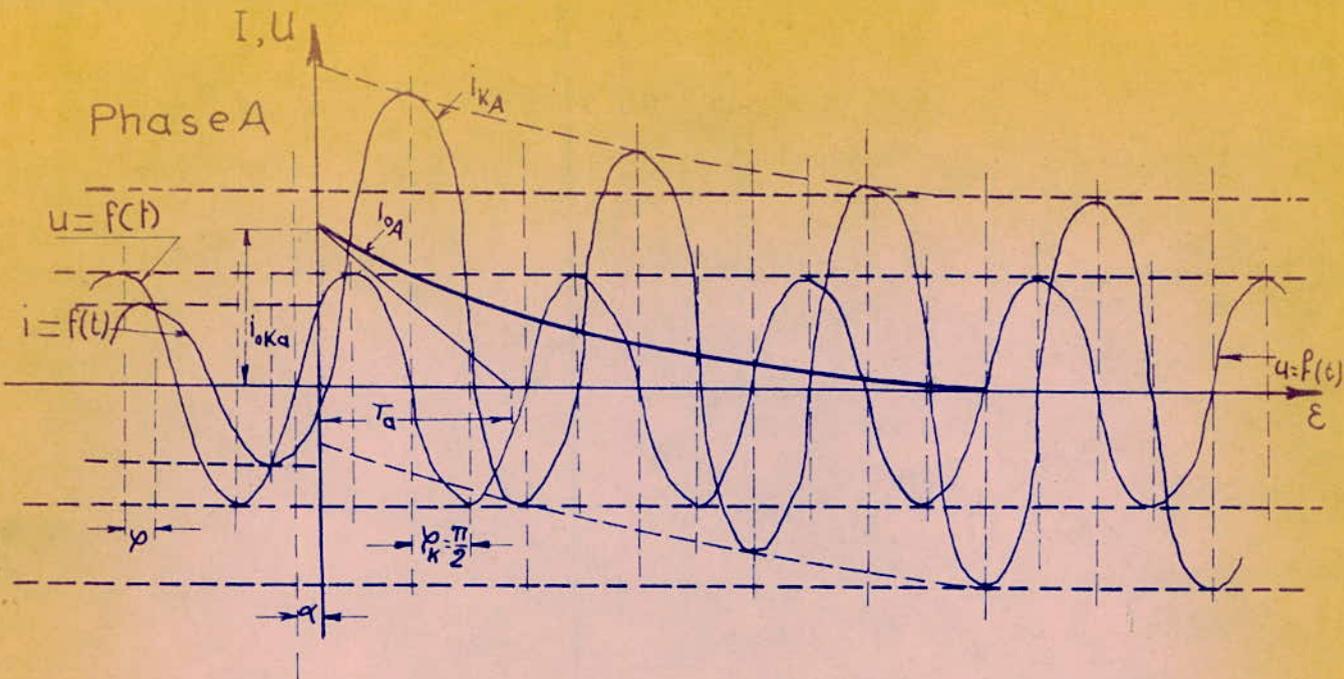
b) - On determine la réactance relative de calcul avec la relation:

$$X_c^* = X_E^* \frac{S_{n1}}{S_b}$$

c) - On relève I_{pcct}^* pour divers instants sur les courbes de calcul

On déduit ensuite $I_{pcct}^* = I_{pcct}^* \cdot I_{n2}$

avec $I_{n2} = S_{n2} / \sqrt{3} U_b$



II- 13) Système de grandeurs reduites:

Ce système est utilisé pour simplifier les calculs des courants de courts-circuits. La grandeur réduite d'une grandeur physique est un nombre qui s'obtient en rapportant cette grandeur à une grandeur physique de même nature qui a été choisie comme grandeur de mesure et nommée grandeur de base.

Les grandeurs de base utilisées sont (S - U - I - X) et on a deux seulement sont independantes généralement on choisie Vb et Sb et on determine Ib , Xb.

II-2) APPLICATION/

A) Grandeur de base: On fait l'application de l'étude de court-circuit à la central Hydrolique de DARGUINA.

a) Grandeurs de base: On choisie les grandeurs de bases aux données de notre centrale suivante

$$U_b = 5,5 \text{ Kv} , S_b = 40 \text{ MVA}$$

$$\text{d'où } I_b = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 5,5} = 4,203 \text{ KA}$$

$$X_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{(5,5)^2}{40} = 0,756 \Omega$$

On garde ces valeurs dans tous les calculs quisuivent d'autre part on prend pour chaque portion une tension de base égale à la tension de cette portion.

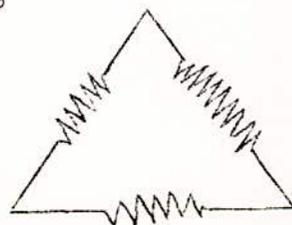
II - 2)B) Calcul des réactances: Voir Schema qui donne les caractéristiques nécessaires pour faire ce calcul.

1) Transformateurs:

La réactance égale à la tension de C.C en %

a)- Transformateurs de 15 MVA et 25 MVA

| | | |
|------|---------------------|--------------------|
| On a | $U_{cc1,2} = 11\%$ | $X_{1,2} = 0,11$ |
| | $U_{cc1,3} = 5,6\%$ | $X_{1,3} = 0,056$ |
| | $U_{cc2,3} = 5,6\%$ | $X_{2,3} = 0,056.$ |



Maintenant on passe en étoile.

$$X_4 = X_1 = \frac{X_{1,2} + X_{1,3} - X_{2,3}}{2} = \frac{0,11 + 0,056 - 0,056}{2} = 0,055$$

$$X_e = X_5 = \frac{X_{1,2} + X_{2,3} - X_{1,3}}{2} = \frac{0,11 + 0,056 - 0,056}{2} = 0,055$$

b) Transformateurs de 40 MVA.

$$X \% = U_{cc} \% = 12 \%$$

$$\text{Donc } X_9 = X_{11} = 0,12$$

c) Auto-Transformateur $X \% = U_{cc} \% = 8 \%$

$$X_{14} = 0,08$$

2) ALTERNATEURS:

a) Générateur de 40 MVA

$$X'' = X''_d = 0,24 = X_{12}$$

b) Générateur de 6 MVA

$$X'' = X''_d = 0,17 = X_{13}$$

c) Générateur de 500 KVA

$$X'' = X''_d = 0,03$$

II- 2.C) Calculs des réactances en grandeurs réduites

1) Transformateur

a) Transformateur de 25 MVA

$$X_1^* = X_1 \cdot \frac{S_b}{S_n} = 0,055 \cdot \frac{40}{25} = 0,087$$

$$X_2^* = X_e \cdot \frac{S_b}{S_n} = 0,055 \cdot \frac{40}{25} = 0,087$$

$$X_3^* = X_3 \cdot \frac{S_b}{S_n} = 0,01 \cdot \frac{40}{25} = 0,0016$$

b) Transformateur de 15 MVA

$$X_5^* = X_4^* = X_4 \frac{S_b}{S_n} = 0,055 \cdot \frac{40}{15} = 0,147$$

$$X_6^* = 0,001 \cdot \frac{40}{15} = 0,0027$$

6) Auto-transformateur de

$$X_{14}^* = 0,08 \frac{40}{0,7} = 4,571$$

d) Transformateur de 40 MVA

$$X_9^* = X_{11}^* = 0,12 \frac{40}{40} = 0,12$$

2) Générateurs

a) de 40 MVA

$$X_{10}^* + X_{12}^* = 0,24 \frac{40}{40} = 0,24$$

b) de 6 MVA

$$X_{13}^* = 0,17 \frac{40}{6} = 1,135$$

c) de 500 KVA

$$X_{15}^* = X_{16}^* = 0,03 \frac{40}{0,5} = 2,4$$

3) Systèmes énergétiques.

On a deux systèmes énergétique l'un sur le jeu de barre 60KV
a vec puissance maxi de court-circuit Pcc max = 144,5 MVA

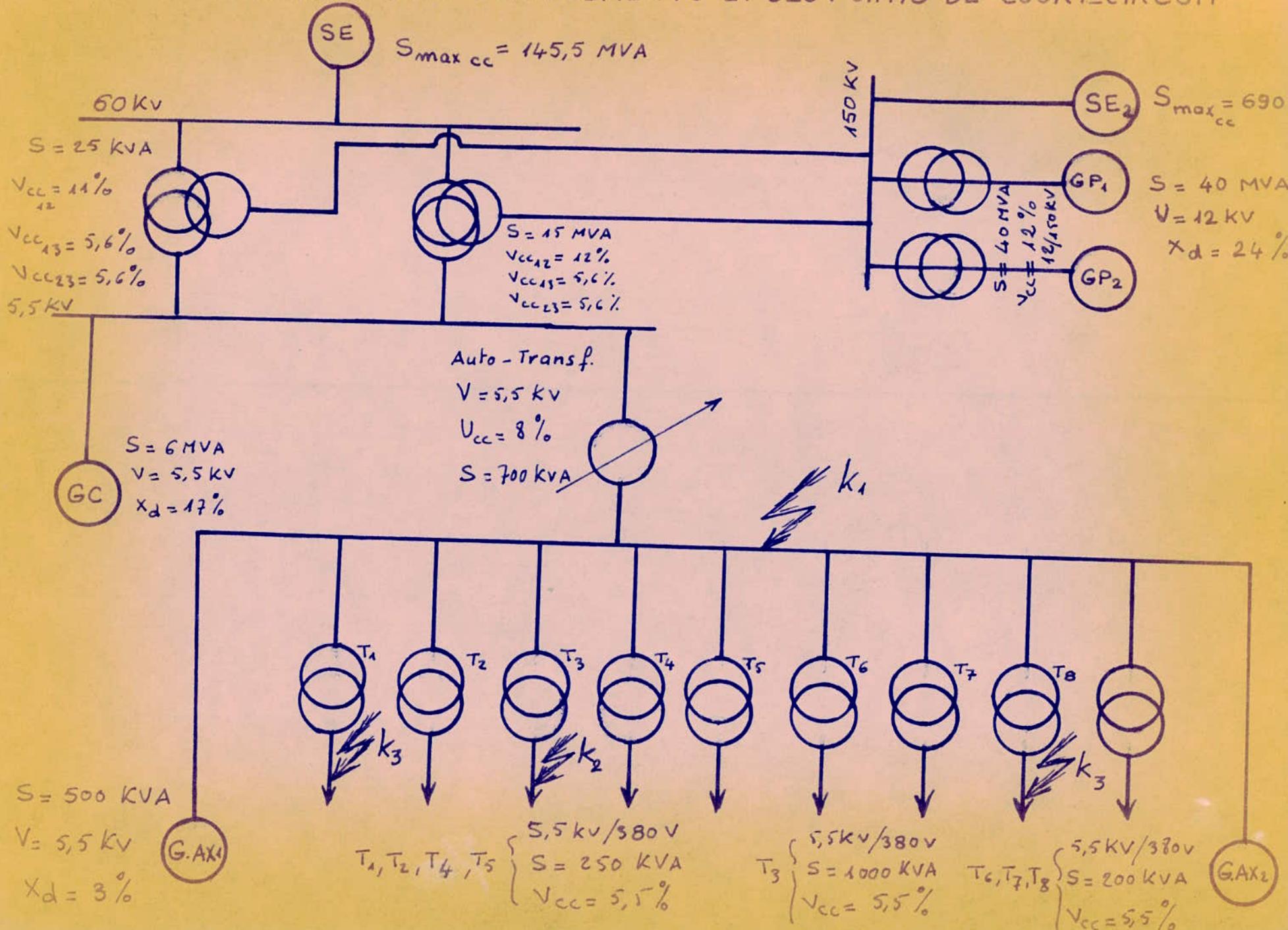
$$\text{donc } X_7^* = \frac{40}{144,5} = 0,275$$

l'autre système est sur le jeu de barre 150 KV avec puissance maxi
de court-circuit Pcc maxi = 690 MVA ces valeurs sont données par
SONELGAZ.

$$X_{-8}^* = \frac{40}{690} = 0,058$$

Les autres réactances sont calculées chacune dans sa place.

SCHEMA DES CARACTERISTIQUES ET DES POINTS DE COURT-CIRCUIT

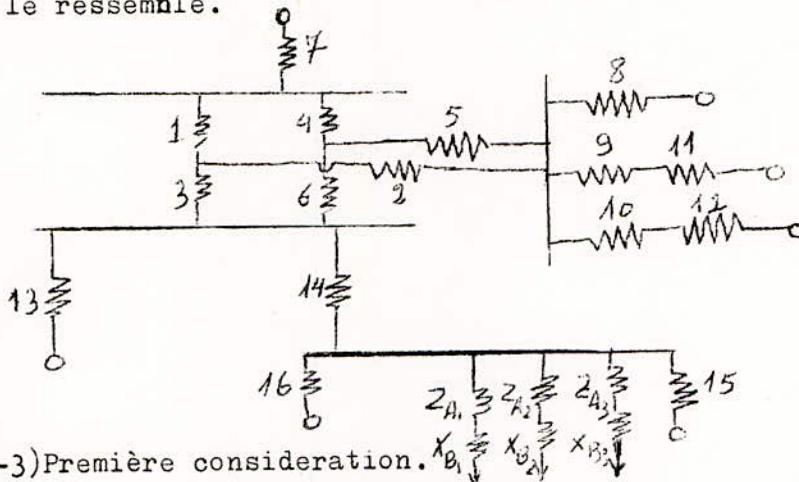


II - 2d) Schema et lieux des courts-circuits:

On a choisie 4points de C.C

- 1) Sur le jeu de barre de 5,5KV
- 2) Depart de l'usine de DARGUINA
- 3) Depart pour alimentation de tableaux de commande
- 4) Depart pour alimentation de poste

Les trois points derniers regroupe chacune plusieurs departs qui le ressemble.



II - 3) Première consideration.

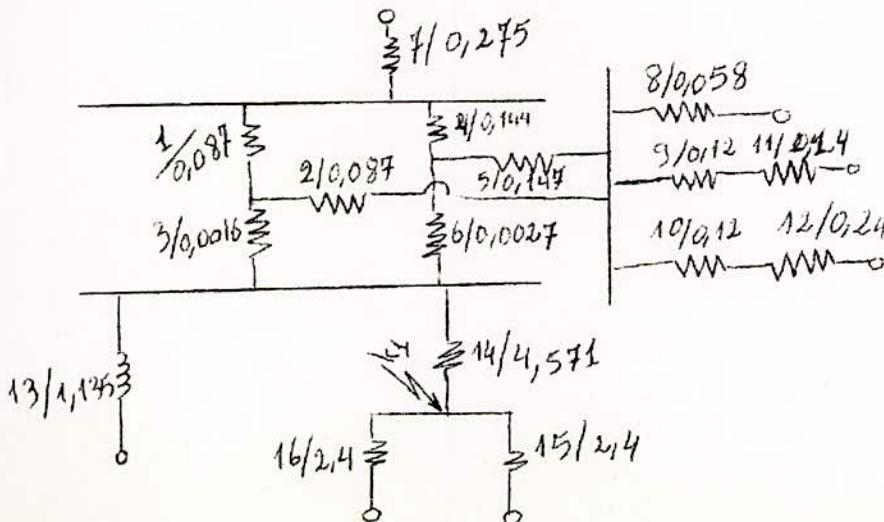
Puissance maxi des systèmes énergétique.

II - 3.1) Toutes les générateurs en marches:

On considère que les deux groupe de 500 KVA

II - 1.1) Court-Circuit en K₁

On a le Schema.



a) Transfiguration: toutes les (X) qui suivent sont en (X)*

On regroupe les deux étoiles qui sont en //:

$$X_{18} = X_{17} = \frac{X_1 \cdot X_4}{X_1 + X_4} = \frac{0,087 \cdot 0,147}{0,087 + 0,147} = 0,0546$$

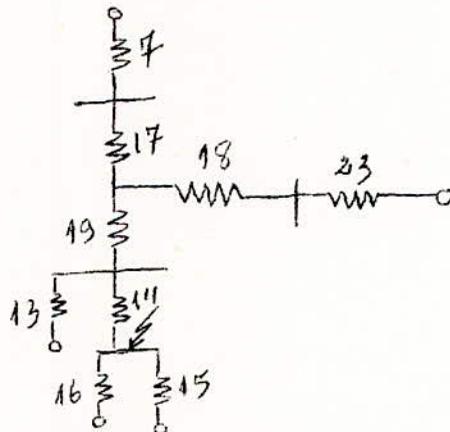
$$X_{19} = \frac{X_3 \cdot X_6}{X_3 + X_6} = \frac{0,0016 \cdot 0,0027}{0,0016 + 0,0027} = 0,001$$

On regroupe les réactances des groupes 40 MVA

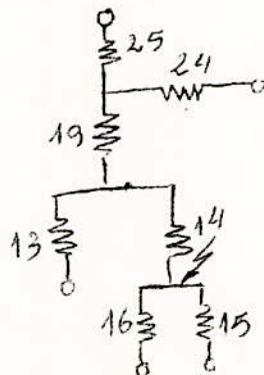
$$X_{22} = \frac{X_{21} \cdot X_{20}}{X_{21} + X_{20}} = \frac{(0,24 + 0,12) (0,24 + 0,12)}{2(0,24 + 0,12)} = 0,18$$

$$X_{23} = \frac{X_{22} \cdot X_8}{X_{22} + X_8} = \frac{0,18 \cdot 0,058}{0,18 + 0,058} = 0,0438$$

$$X_{24} = X_{18} + X_{23} = 0,0546 + 0,0438 = 0,0984$$

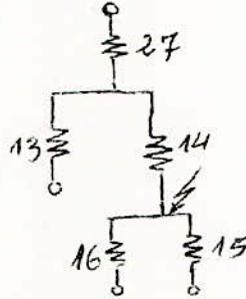


$$X_{25} = X_7 + X_{17} = 0,0546 + 0,0275 = 0,3296$$

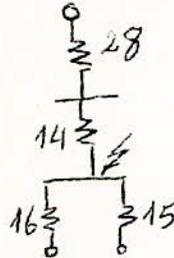


$$X_{26} = \frac{X_{24} \cdot X_{25}}{X_{24} + X_{25}} = \frac{0,0984 \cdot 0,3296}{0,0984 + 0,3296} = 0,0757$$

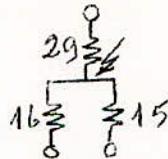
$$X_{27} = X_{26} + X_{19} = 0,0757 + 0,001 = 0,0767$$



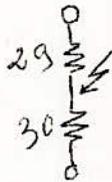
$$X_{28} = \frac{X_{27} \cdot X_{13}}{X_{27} + X_{13}} = \frac{0,0767 \cdot 1,135}{0,0767 + 1,135} = 0,0718$$



$$X_{29} = X_{28} + X_{14} = 0,0718 + 4,571 = 4,6428$$



$$X_{30} = \frac{X_{15} \cdot X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{2,4 \cdot 2,4}{2,4 + 2,4} = 1,2$$



$$X_{31} = \frac{X_{29} \cdot X_{30}}{X_{29} + X_{30}} = \frac{4,6428 \cdot 1,2}{4,6428 + 1,2} = 0,9535$$

b) Calcul de coefficients de distributions.

$$C_{31} = 1$$

$$C_{30} = C_{31} \frac{X_{31}}{X_{30}} = 1 \cdot \frac{0,9535}{1,2} = 0,7945$$

$$C_{29} = C_{31} \frac{X_{31}}{X_{29}} = 1 \cdot \frac{0,9535}{4,6428} = 0,2053$$

$$C_{15} = C_{30} \frac{X_{30}}{X_{15}} = 0,7945 \frac{1,2}{1,4} = 0,3972$$

$$C_{16} = C_{30} \frac{X_{30}}{X_{16}} = \frac{1,2}{1,4} = 0,3972$$

$$C_{29} = C_{14} = C_{28}$$

$$C_{13} = C_{28} \frac{X_{28}}{X_{13}} = 0,2053 \cdot \frac{0,0718}{1,135} = 0,0129$$

$$C_{27} = C_{28} \frac{X_{28}}{X_{27}} = 0,2053 \cdot \frac{0,0718}{0,0767} = 0,1921$$

$$C_{27} = C_{26} = C_{19} = 0,1921$$

$$C_{24} = C_{26} \frac{X_{26}}{X_{24}} = 0,1921 \frac{0,0757}{0,984} = 0,1477$$

$$C_{25} = C_{26} \frac{X_{26}}{X_{25}} = 0,1921 \frac{0,0757}{0,3296} = 0,04412$$

$$C_{28} = C_7 = C_{17} = 0,04412$$

$$C_{24} = C_{18} = C_{23} = 0,1477$$

$$C_{22} = C_{23} \frac{X_{23}}{X_{22}} = 0,1477 \frac{0,0438}{0,18} = 0,0359$$

$$C_8 = C_{23} \frac{X_{23}}{X_8} = 0,1477 \frac{0,0438}{0,058} = 0,1115$$

$$C_{21} = C_{22} \frac{X_{22}}{X_{21}} = 0,0359 \frac{0,18}{0,036} = 0,0179$$

$$C_{20} = C_{22} \frac{X_{22}}{X_{20}} = 0,0359 \frac{0,018}{0,036} = 0,0179$$

$$C_{20} = C_9 = C_{11} = 0,0179$$

$$C_{21} = C_{10} = C_{12} = 0,0179$$

$$C_1 = C_{17} \frac{X_{17}}{X_1} = 0,0441 \cdot \frac{0,0546}{0,087} = 0,0276$$

$$C4=C17 \frac{X17}{X4} = 0,0441 \frac{0,0546}{0,147} = 0,01638$$

$$C2=C18 \frac{X18}{X2} = 0,1477 \frac{0,0546}{0,087} = 0,0226$$

$$C5=C18 \frac{X18}{X2} = 0,1477 \frac{0,0546}{0,147} = 0,0548$$

$$C3=C19 \frac{X19}{X3} = 0,1921 \frac{0,001}{0,0016} = 0,1200$$

$$C6=C19 \frac{X19}{X6} = 0,1921 \frac{0,001}{0,0027} = 0,0721$$

C) Calcul des courants sur ... reels

$$I''_{K1}^* = \frac{1,1}{0,953} = 1,15 \quad \text{C'est le courant en grandeur reduit}$$

En grandeur réelle $I''_k = I''_{k1}^* I_b = 1,15 \cdot 4,203 = 4,766 \text{ kA}$

$$I''_{15} = 1,920 \text{ kA} = I''_{16}$$

$$I''_{14} = C14 \cdot I''_{k1}^* I_{b1} = 0,2053 \cdot 1,15 \cdot 4,2038 = 0,9924 \text{ kA}$$

$$I''_{13} = C13 \cdot I''_{k1}^* I_{b1} = 0,0129 \cdot 1,15 \cdot 4,2038 = 0,062 \text{ kA}$$

$$I''_3 = C3 \cdot I''_{k1}^* I_{b1} = 0,12 \cdot 1,15 \cdot 4,2038 = 0,580 \text{ kA}$$

$$I''_6 = C6 \cdot I''_{k1}^* I_{b1} = 0,0721 \cdot 1,15 \cdot 4,2038 = 0,348 \text{ kA}$$

$$I_{b2} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 60} = 0,385 \text{ kA}$$

$$I_{b2} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 150} = 0,144 \text{ kA}$$

$$I_2 = C2 \cdot I''_{k1}^* I_{b2} = 0,0926 \cdot 1,15 \cdot 0,144 = 0,0153 \text{ kA}$$

I_3

$$I_5 = C5 \cdot I''_{k1}^* I_{b1} = 0,0548 \cdot 1,15 \cdot 4,2038 = 0,0090 \text{ kA}$$

$$I_1 = C1 \cdot I''_{k1}^* I_{b3} = 0,0276 \cdot 1,15 \cdot 0,385 = 0,0122 \text{ kA}$$

$$I_4 = C4 \cdot I''_{k1}^* I_{b3} = 0,01638 \cdot 1,15 \cdot 0,385 = 0,0072 \text{ kA}$$

$$I_{20} = C20 \cdot I''_{k1}^* I_{b2} = 0,0179 \cdot 1,15 \cdot 0,144 = 0,0029 \text{ kA}$$

$$I_{20} = I_{21} = C21 \cdot I''_{k1}^* I_{b2} = 0,0029 \text{ kA}$$

II- 3.1.2. Court-circuit en k2

cette point de court-circuit est à la fois de la départ pour l'usine qui est fait avec

a) cables dont les caractéristique sont

- longueur = 90 m
- section = 25 mm²

b) Transformateur

$$P = 4000 \text{ kVA } 5,5/400\text{v}$$

$$U_{cc} = 5,5$$

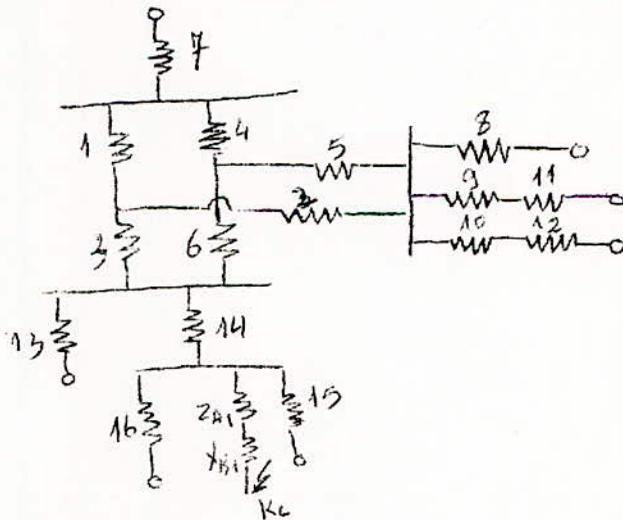
comme la tension de cette départ est de 5,5 kV

on a d'après la courbe on aura les réactances et la résistance du

Cable $X/km = 0,085$

$$R/km = 0,71$$

On a le schéma



a) transfiguration

$$X_{17} = \frac{X_1 \cdot X_4}{X_1 + X_4} = 0,0546$$

$$X_{18} = \frac{X_2 \cdot X_5}{X_2 + X_5} = 0,0546$$

$$X_{19} = \frac{X_3 \cdot X_6}{X_3 + X_6} = 0,0010$$

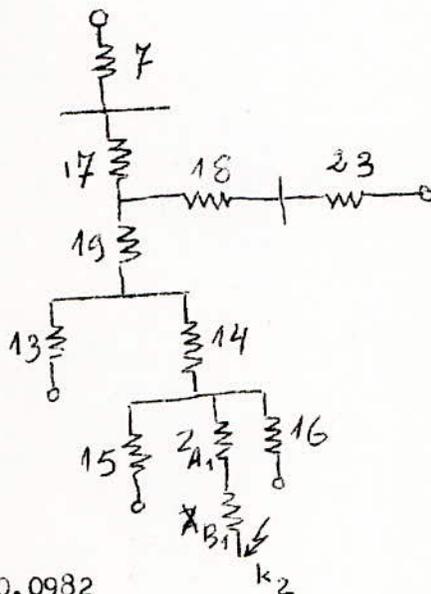
$$X_{20} = X_9 + X_{11} = 0,12 + 0,24 = 0,36$$

- 45 -

$$X_{21} = X_{10} + X_{12} = 0,12 + 0,24 = 0,36$$

$$X_{22} = \frac{X_{20} \cdot X_{21}}{X_{22} + X_{21}} = 0,13$$

$$X_{23} = \frac{X_{22} \cdot X_8}{X_{22} + X_8} = 0,0438$$

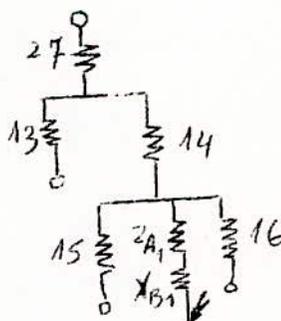


$$X_{24} = X_{18} + X_{23} = 0,0546 + 0,0436 = 0,0982$$

$$X_{25} = X_{17} + X_7 = 0,0346 + 0,075 = 0,3296$$

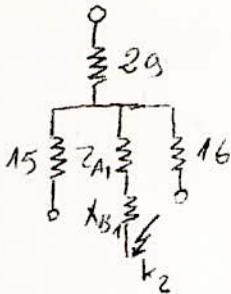
$$X_{26} = \frac{X_{25} \cdot X_{24}}{X_{25} + X_{24}} = 0,0757$$

$$X_{27} = X_{26} + X_{19} = 0,0757 + 0,0767$$



$$X_{28} = \frac{X_{27} \cdot X_{13}}{-X_{13} + X_{27}} = \frac{0,0767 \cdot 1,155}{0,0767 \cdot 1,135} = 0,0718$$

$$X_{29} = X_{28} + X_{14} = 0,0718 + 4,571 = 4,642$$

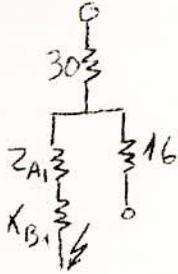


$$X_{29} = X_{28} + X_{14} = 0,0818 + 4,571 = 4,6528$$

$$X_{30} = X_{29} \cdot X_{15} = 4,6528 \cdot 2,4 = 11,1667$$

$$X_{29} + X_{15} = 4,6528 + 2,4$$

$$X_{31} = \frac{X_{30} \cdot X_{16}}{X_{30} + X_{16}} = \frac{11,1667 \cdot 2,4}{11,1667 + 2,4} = 0,9535$$

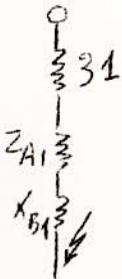


$$X_A = 0,085 \cdot 0,09 = 0,00765$$

$$k_A = 0,71 \cdot 0,09 = 0,0639$$

$$X_b = 0,055$$

$$X_b + 0,055 \frac{40}{1} = 2,200$$



$$Z_A = \sqrt{10^3(7,65)^2 + 10^3(63,9)^2} = 0,0644$$

$$Z_A = 0,0644 \frac{40}{(5,5)^2} = 0,0852$$

$$Z_{32} = Z_A + Z_B + Z_{31} = Z_A + Z_B + X_{31}$$

$$= 0,0852 + 2,2 + 0,9535 = 3,2387$$

$$X_2 = 3,2387$$

b) Coefficients de distributions

$$C_{32} = 1$$

$$C_{32} = C_{31} = C_A = C_B = 1$$

$$I''_{k2} = \frac{1,1}{3,2387} = 0,340$$

$$C_{30} = C_{31} \frac{X_{31}}{X_{30}} = 1 \frac{0,9535}{11,1667} = 0,0852$$

$$C_{16} = C_{31} \frac{X_{31}}{X_{16}} = 1 \frac{0,9535}{2,4} = 0,397$$

$$C20 = C22 \frac{X22}{X20} = 0,01795$$

$$C21 = C22 \frac{X22}{X21} = 0,01795$$

$$C1 = C17 \frac{X17}{X1} = 0,0453 \frac{0,0546}{0,87} = 0,0285$$

$$C4 = C17 \frac{X17}{X4} = 0,0453 \frac{0,0546}{0,147} = 0,01681$$

$$C2 = C18 \frac{X18}{X2} = 0,1472 \frac{0,0546}{0,087} = 0,0925$$

$$C5 = C18 \frac{X18}{X5} = 0,1472 \frac{0,0546}{0,147} = 0,0546$$

$$C3 = C19 \frac{X19}{X3} = 0,1932 \frac{0,001}{0,0016} = 0,1209$$

$$C6 = C19 \frac{X19}{X6} = 0,1932 \frac{0,001}{0,0027} = 0,0718$$

C) courant sur transistoir reels :

$$I''k2 = I''k2 Ib = 0,340 \cdot 4,203 = 1,44 \text{ kA}$$

$$I20 k2 = I''21 k2 = I''k2 Ib2 C20 = 0,340 \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 150} \cdot 0,01795 = 0,0094 \text{ kA}$$

$$I8k2 = I''k2 Ib2 C8 = 0,340 \frac{40}{150\sqrt{3}} \cdot 0,1113 = 0,058 \text{ kA}$$

$$I13 = I''k2 Ib1 C13 = 0,340 \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 5,5} \cdot 0,013 = 0,0185 \text{ kA}$$

$$I16 = I''k2 Ib1 C16 = 0,340 \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 5,5} \cdot 0,398 = 0,568 \text{ kA}$$

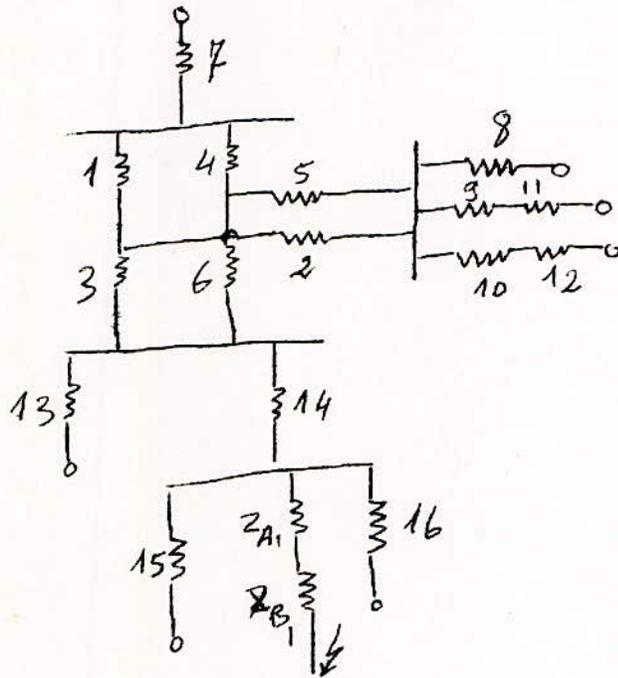
$$I15 = I''k2 Ib1 C16 = 0,340 \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 150} \cdot 0,3944 = 0,562 \text{ kA}$$

$$I7 = I''k2 Ib1 C7 = 0,340 \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 60} \cdot 0,0453 = 0,059 \text{ kA}$$

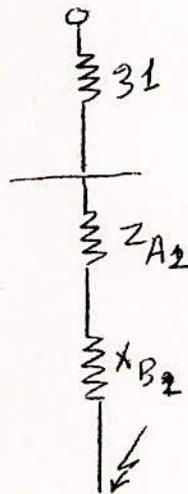
II 3.1.3. Court circuit en k3

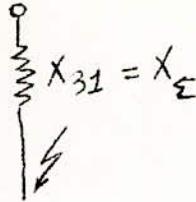
Ce point de court circuit est à la fin de liaison entre le feu de barre 5,5 Kv et la service propre du tableau de commend.

On a le chéma :



avec un calcul pareil de k2 on arrive au schéma.





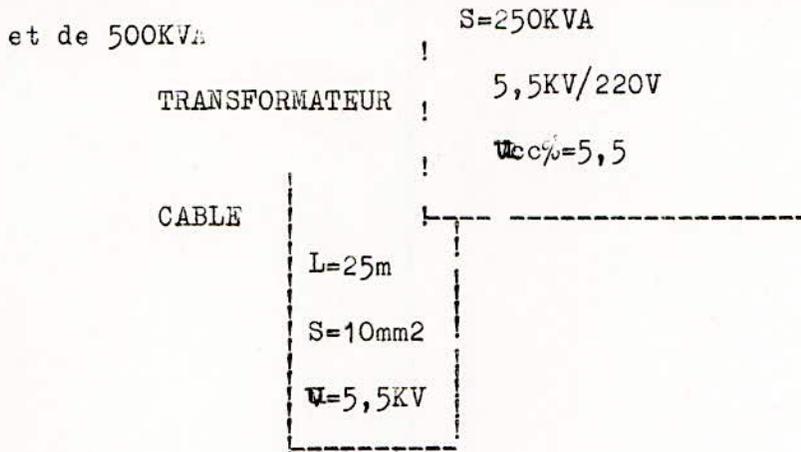
- 49 -

-avec $x_{31} = 0,9535$

-On calcul les nouveaux impédances de transformateurs.

-ZB2 et du cable ZA2 en sachant que la longueur du cable est de 25m.

-Et la section du cable est de 10mm², la puissance de transformateur



-D'après les courbes on aura

$$x_{A2} = 0,025 \cdot 0,1 = 0,0025$$

$$r_{A2} = 0,25 \cdot 1,78 = 0,445$$

-Comme on néglige la résistance du transformateur donc $X_B = 0,055$

$$d'cù Z = \sqrt{x^2 + r^2}$$

$$= \sqrt{10^{-4} \cdot (4,45^2 + 2,52^2)} = 0,051$$

on calcul l'impédance réduite

$$Z = Z \cdot \frac{40}{(va)^2} = 0,051 \cdot \frac{40}{(5,5)^2} = 0,0675$$

$$X_B = x_b \cdot \frac{SB}{snt} = 0,055 \cdot \frac{40}{0,25} = 8,8$$

Donc on a devant nous le schémas

$$x_{31} = 0,9535$$

$$Z_{A2} = 0,0675$$

$$X_{B2} = 8,8$$

$$Z=0,9535+0,0675+8,4=9,8210$$

-50-

donc $Z_{32}=9,821$

d'où on a le courant de court circuit sur transitoire réduit en

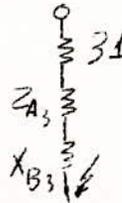
$$K3 \cdot I''_{k3} = \frac{E''^*}{Z_3} = \frac{1;1}{9,821} = 0,112$$

ON calcule le courant de CC: réel du côté 5,5KV

$$I''_{k3} = 0,112 \cdot 4,203 = 0,474 \text{ KA}$$

$\frac{1}{4} \cdot 3 \cdot 1,4$ calcul du courant de court circuit en K 4

Remarqu'on d'agords que c'est ci le même calcul comme le cas précédant avec Z_{a3} et Z_{b3} différentes



-On calcule les impédances du cable et du transforma-

teur correspondant avec les caractéristiques suivants

Cable | $l=600$
| $S=16\text{mm}^2$

Transformateur | $S=200\text{Kva}$
| $V_{cc}\% = 5,5$
| $5,5/220$

Cable $r = 0,6 \cdot 1,12 = 0,672$

$$X = 0,6 \cdot 0,094 = 0,0564$$

$$Z_{a3} = 0,6745 \cdot \frac{40}{(5,5)} = 0,892$$

Transformateur $X = 0,055$

$$X = 0,055 \cdot \frac{40}{0,2} = 11$$

L'impédance totale

$$\frac{X^*}{Z_3} + Z_{A3}^* + X_{B3}^*$$

$$= 0,9535 + 0,892 + 11 = 12,8455$$

Courant sur transitoire du courant réduit

$$I_{k4} = \frac{E''^*}{Z_3} = \frac{1,1}{12,8455} = 0,0855$$

-Courant sur transitoire de court circuit réel.

$$I''_{k4} = I''_{kS} \cdot i_{B.C} = 0,0855 \cdot 4,203 \cdot 1 =$$

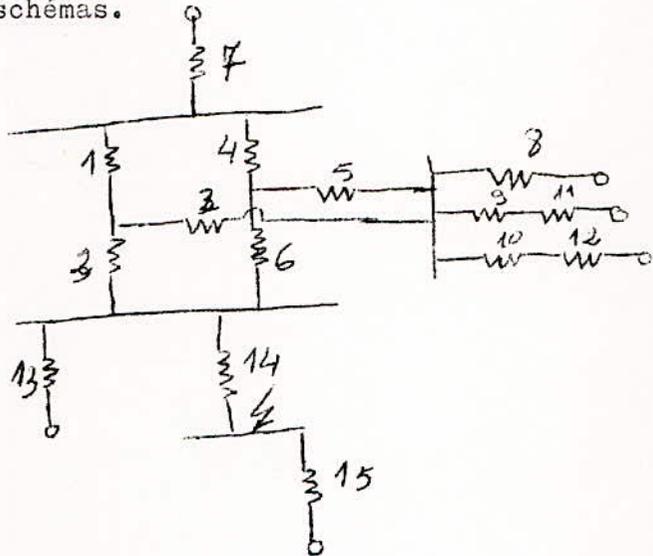
-51-

$$= 0,362 \text{ kA}$$

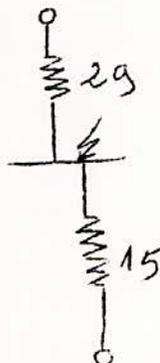
3.2

Un seul groupe auxiliaire en marche .

Dans cette case on suppose qu'on a un seul groupe de 590kVa en utilisant donc on aura le schémas.



Avec des transfiguration succesives comme à le cas précédant on arrive au schémas:

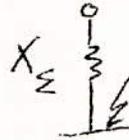


On va garder ces deux schemas et les valeurs correspondants pour les quatre points de court-circuits qui suivent, La seule changement c'est les impédences de transformateur et. du cable

II.2.3.1) Calcul de court-circuit en K₁

a) calcul de résistance

on passe au schéma :



$$X_{30} = \frac{x_{29} \cdot x_{15}}{x_{29} + x_{15}} = \frac{4,6428 \cdot 2,4}{4,6428 + 2,4} = 1,582$$

b) courant de court-circuit surtransistoire réduit :

$$I_{K1} = \frac{E}{x_2} \cdot \frac{1?1}{1,582} = 0,695$$

c) CALCUL DE COEFFICIENT DE DESTRICTION :

$$C_{30} = 1$$

$$C_{29} = C_{30} \frac{x_{30}}{x_{29}} = 1 \cdot \frac{1,582}{4,6848} = 0,341$$

$$C_{15} = C_{30} \frac{x_{30}}{x_{15}} = 1 \cdot \frac{1,582}{2,4} = 0,659$$

$$C_{28} = C_{14} = C_{29} = 0,341$$

$$C_{13} = C_{28} \frac{x_{28}}{x_{13}} = 0,341 \cdot \frac{0,0788}{1,135} = 0,0216$$

$$C_{27} = C_{28} \frac{x_{28}}{x_{27}} = 0,341 \cdot \frac{0,0718}{0,0767} = 0,319$$

$$C_{26} = C_{19} = C_{27} = 0,319$$

$$C_{24} = C_{26} \cdot \frac{x_{26}}{x_{24}} = 0,319 \cdot \frac{0,0757}{0,0984} = 0,246$$

$$C_{23} = C_{18} = C_{24} = 0,246$$

$$C_{22} = C_{23} \cdot \frac{x_{23}}{x_{22}} = 0,246 \cdot \frac{0,0438}{0,18} = 0,0597$$

$$C_{21} = C_{20} = \frac{C_{22}}{2} = \frac{0,0597}{2} = 0,02985$$

Calcul de Courants surtransistor de court-circuit réel

le courant total en point de court-circuit :

$$I_{K1} = I_{K1} \cdot I_b = 0,695 \times 4,203 = 2,94 \text{ ka}$$

donné par le groupe auxiliaire

$$I_{15k1} = I_{k1} \cdot I_b \cdot C_{15} = 0,695 \cdot 4,203 \cdot 0,659 = 1,94 \text{ ka}$$

donné par le groupe complémentaire de 6 MVA

$$I_{13KA} = I_{KA} \cdot I_b \cdot C_{13} = 0,695 \cdot 4,203 \cdot 0,0216 = 0,636 \text{ KA}$$

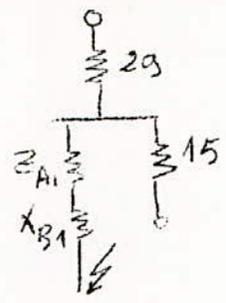
donnés par chacun des groupes principal

$$I_{K1} = I_{K1}^* \cdot I_{b2} \cdot C_{25} = 0,695 \cdot 0,144 \cdot 0,0298 = 0,030 \text{ KA}$$

$$I''_{15K2} = I''_{K2} \cdot C_{15} = 1,21 \cdot 0,659 = 0,799 \text{ KA}$$

court circuit en k2 :

le schéma ci dessus se présente comme suit:



$$x_{30} = \frac{x_{29} \cdot x_{15}}{x_{29} + x_{15}} = \frac{4,6428 \cdot 2,4}{4,6428 + 2,4} = 1,583$$

$$Z_{A1} = \frac{29 \cdot 15}{29 + 15} = 0,0852$$

$$X_B = 0,055 \cdot \frac{40}{7} = 2,2$$

donc on arrive au schéma

$$X = 1,583 + 0,0852 + 2,2 = 3,8682$$

soit le $I''_{K2} = \frac{I''_{K1}}{3,868} = 0,284 \text{ KA}$

et le courant réel $I''_{k2} = 0,284 \times 4,203 = 1,21 \text{ kA}$

coefficient de distribution

$$C = 1 = C_{A1} = C_{B1} = C_{30}$$

$$C_{15} = C_{30} \cdot \frac{x_{30}}{x_{15}} = 1 \cdot \frac{1,583}{2,4} = 0,659$$

$$C_{29} = C_{30} \cdot \frac{x_{30}}{x_{29}} = 1 \cdot \frac{1,583}{4,6428} = 0,341$$

$$C_{28} = C_{14} = C_{29} = 0,341$$

$$C_{13} = C_{28} \cdot \frac{x_{30}}{x_{13}} = 0,341 \cdot \frac{1,583}{2,4} = 0,216$$

$$C_{27} = 0,319 \quad C_{21} = 0,02985$$

courants sur transitoires ruls : donnés par le groupe auxiliaires

$$I''_{15K2} = I''_{K2} \cdot C_{15} = 1,21 \cdot 0,659 = 0,799 \text{ KA}$$

Donnés par le groupe 6MVA

$$I''_{13K2} = I''_{K2} \cdot C_{13} = 1,21 \cdot 0,216 = 0,262 \text{ KA}$$

Donné par chacun de générateurs principal

$$I''_{k2} C21 = I''_{k2}^* C21 = 1,21 \cdot 0,02985 = 0,0361 \text{ kA}$$

Court circuit en kr.4

on remarque que ce ci le même calcul doit avec la réaction de transformateur et l'impédance de cable qui sont différents.

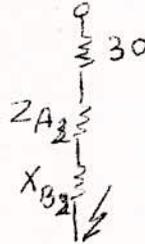
$$X_{30} = 1,583$$

$$Z_{A2} = 0,0675$$

$$X_{B2} = 8,8$$

$$X_2 = 1,583 + 0,0675 + 4,4 = 10,4405$$

$$\text{soit le courant réduit } I''_{k3} = \frac{1,1}{10,4405} = 0,1052$$



ET LE courant sur transitoir reel.

$$I''_{k3} = I''_{k3}^* I_b = 0,105 \cdot 4,203 = 0,445 \text{ kA}$$

le courant donné par le groupe auxiliaire

$$I''_{15 k3} = I''_{k3}^* C15 = 0,445 \cdot 0,659 = \text{kA } 0,292$$

donné par le groupe de GMVA

$$I''_{13 k3} = I''_{k3}^* C13 = 0,445 \cdot 0,0216 = 0,0097 \text{ kA}$$

Court circuit en kr

soit le chéma

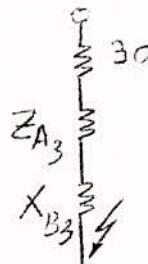
$$X_{30} = 1,583$$

$$X_{A3} = 0,892$$

$$X_{B3} = 11$$

$$X_2 = 1,583 + 0,892 + 11 = 13,475$$

$$\text{Soit : } I''_{k4} = \frac{1,1}{13,475} = 0,0817$$



$$I''_{k4} = 0,0817 \cdot 4,203 = 0,346 \text{ kA}$$

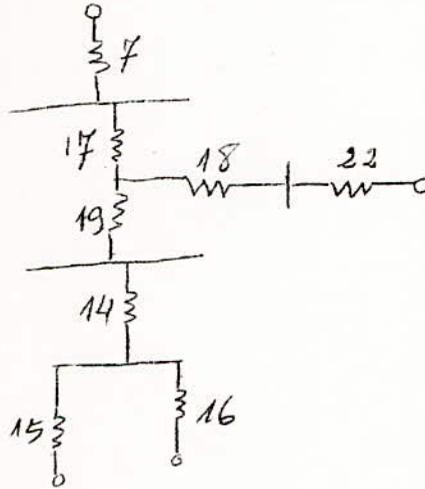
$$I''_{15 k4} = 0,346 \cdot 0,659 = 0,228 \text{ kA}$$

$$I_{13} = 0,346 \times 0,0216 = 0,008 \text{ kA}$$

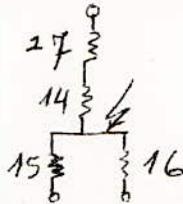
$$I_{21} = 0,346 \times 0,02985 = 0,011 \text{ kA}$$

sans le groupe de 6 MVA
 ooooooooooooooooooooooooooooo

On a le schéma



avec des transfiguration pareilles comme les précédentes on arrive au schéma



$$X_{28} = X_{27} + X_{14} = 0,0767 + 4,571 = 4,6477$$

$$X_{29} = \frac{X_{15} X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{2,4 \times 2,4}{2,4 + 2,4} = 1,2$$

$$X_{30} = \frac{X_{29} X_{28}}{X_{28} + X_{29}} = \frac{4,6477 \times 1,2}{4,6477 + 1,2} = 0,955$$

$$\text{soit : } I''_{k1} = \frac{1,1}{0,955} = 1,14$$

et le courant réel. $I''_{k1} = I''_{k1}^* I_{b1} = 1,14 \times 4,203 = 4,835 \text{ kA}$

les coefficients de distribution.

$$C_{30} = 1$$

$$C_{29} = C_{30} \frac{X_{30}}{X_{29}} = 1 \frac{0,955}{1,2} = 0,794$$

$$C_{28} = C_{30} \frac{X_{30}}{X_{28}} = 1 \frac{0,955}{4,6477} = 0,2058$$

$$C15 = C16 = \frac{C29}{2} = 0,397$$

-57-

$$C25 = C14 = C28 = 0,2058$$

$$C27 = C26 = C19 = 0,2058$$

$$C24 = C26 \frac{X26}{X24} = 0,2058 \frac{0,0757}{0,0984} = 0,1582$$

$$C24 = C23 = C18 = 0,1582$$

$$C22 = C23 \frac{X23}{X22} = 0,1582 \frac{0,0438}{0,18} = 0,0386$$

$$C21 = C20 = \frac{C22}{2} = \frac{0,0386}{2} = 0,0193$$

chacun des groupes principaux:

$$I_{21}^{K1} = I_{K1}^* \cdot C_{21} = 4,835 \cdot 0,0193 = 0,0925 \text{ KA}$$

chacun des groupes auxiliaires:

$$I_{15}^{K1} = I_{K1}^* \cdot C_{15} = 4,835 \cdot 0,397 = 1,905 \text{ KA}$$

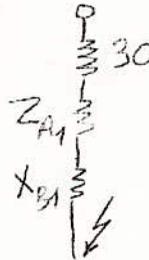
court circuit en K₂

soit le schema

$$x_{30} = 0,955$$

$$Z_{A1}^k = 0,0852$$

$$x_{B1} = 2,2$$



$$\text{donc } x = 0,955 + 0,0852 + 2,2 = 3,2402$$

$$\text{soit } I_{K2}^* = \frac{1,1}{3,2402} = 0,339 \text{ KA}$$

$$\text{et le courant r_{ul} } = 0,339 \times 4,203 = 1,435 \text{ KA}$$

donc on aura les courants ruls sur transitoires donnees par:

Chacun des groupes auxiliaires:

$$I_{16K2} = I_{15K2} = I_{K2}^* \cdot C_{15} = 1,435 \times 0,397 = 0,570 \text{ kA}$$

$$I_{20K2} = I_{21K2} = I_{K2}^* \cdot C_{20} = 1,435 \times 0,0193 = 0,0278 \text{ KA}$$

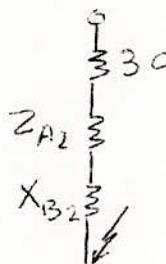
Court circuit en K₃

soit le schema ci contre

$$\text{avec } x_{30} = 0,955$$

$$x_{B2} = 8,8$$

$$Z_{A2} = 0,0675$$

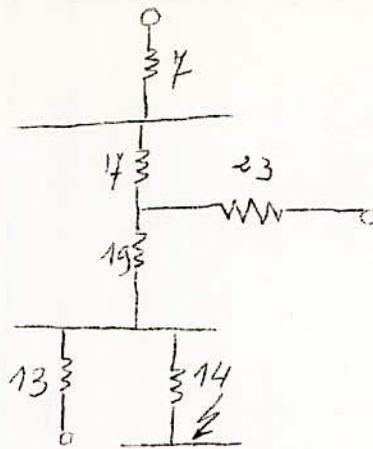


$$x = 0,955 + 0,0675 + 8,8 = 9,8225$$

on remarque que le groupede 6 M V A a une influence négligeable sur les points de court circuit de service propre de la central.

alimentation des services propre avec le résaau et le groupe 6MVA

Dans cette situation on a le schéma suivant:



avec des etapes pareilles de transfigurations on arrive au schéma

avec $x_{29}=4,6428$

1) court-circuit en K_1

on a dans ce cas :

$$I''_{K1} = \frac{1,1}{4,6428} = 0,237$$

calcul des coefficients de distributions:

$$C=C_{29}=1, \quad C_{28}=C_{14}=C_{29}=1$$

$$C_{13}=C_{28} \cdot \frac{x_{28}}{x_{27}} = 1 \cdot \frac{0,0718}{1,135} = 0,064$$

$$C_{27}=C_{28} \cdot \frac{x_{28}}{x_{27}} = 1 \cdot \frac{0,0718}{0,0767} = 0,936$$

calcul des courants sur transitoires ruls

$$I''_{K1} = I''_{K1} \cdot I_b = 0,237 \times 4,203 = 1,002$$

donnés par le groupe 6MVA

$$I''_{13} = I''_{K1} \cdot C_{13} = 1,002 \times 0,064$$

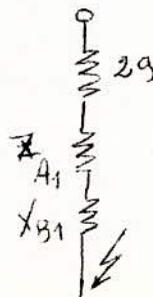
court circuit en K_2

on a le schéma suivant :

avec $x_{29}= 4,6428$

$$z_{A_1} = 0,0852$$

$$x=2,2$$



$$X_{B1} = 4,6428 + 0,0825 + 2,2 = 6,9253$$

$$\text{Soit } I''_{K2} = \frac{1,1}{6,9253} = 0,159$$

courant sur transitoires réels

$$\text{Soit } I''_{K2} = I''_{K2} \cdot I_b = 0,159 \cdot 4,203 = 0,672 \text{ KA}$$

courant donné par le groupe 6MVA

$$I''_{13K2} = 0,672 \times 0,064 = I''_{K2} \cdot C_{13} = 0,043 \text{ KA}$$

Court-circuit en K₃

- 61 -

$$X_{29} = 4,6428$$

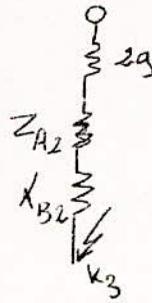
$$Z_{a2} = 0,0675$$

$$X_{B2} = 4,4$$

Soit donc

$$X_2 = 4,6428 + 0,0675 + 8,8 = 13,6103$$

$$\text{d'où } I_{K3} = \frac{1,1}{19,6103} = 0,0808$$



Courants réels surtransistoirs:

$$I_{K3} = I_{K3} \cdot I_b = 0,0808 \cdot 4,203 = 0,342 \text{ KA}$$

$$I_{13K3} = I_{K3} \cdot C_{13} = 0,342 \cdot 0,064 = 0,022 \text{ KA}$$

Courant circuit en K4

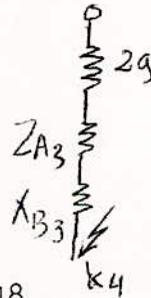
$$X_{29} = 4,6428$$

$$Z_{A3} = 0,892$$

$$X_{B3} = 11$$

$$\text{donc } : X_2 = 4,6428 + 0,892 + 11 = 16,5348$$

$$\text{soit } I_{K3}^{//} = \frac{1,1}{16,5348} = 0,067$$



courant réel surtransistoir:

$$I_{K3}^{//} = I_{K3}^{//} \cdot I_b = 0,067 \cdot 4,203 = 0,282 \text{ KA}$$

$$I_{13K3}^{//} = I_{K3}^{//} \cdot C_{13} = 0,282 \cdot 0,064 = 0,018 \text{ KA}$$

minimum des systemes enregetiques plus les deux auxilliaires

plus le groupe de G M V A

On considère dans le cas que la puissance des deux systèmes énergétique est le suivant:

- Sur le jeu de barre de 150 kv est de 520 MVA
- Sur le jeu de barre de 60 kv est de 145,5 MVA

Ces valeurs sont données par SONELGAZ.

Remarquons que le système énergétique sur le jeu de barre de 60 kv reste le même pour les considérations de SONELGAZ.

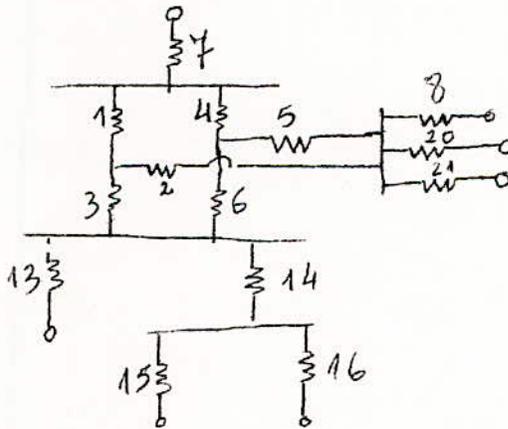
II.4.1. TOUES LES GENERATEURS EN MARCHES.

Calcul des résistances réduits :

c'est comme en 31.1 avec une seule différence c'est que :

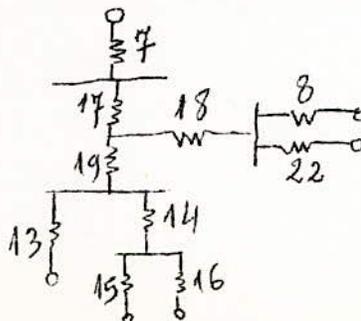
$$X_0 = \frac{40}{520} = 0,077$$

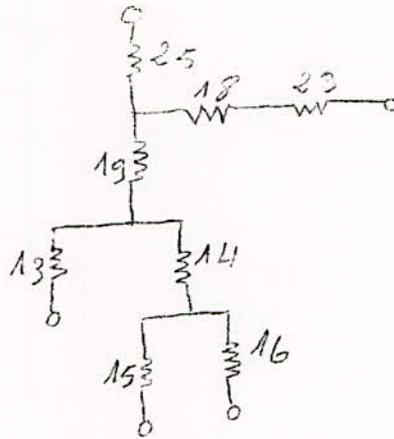
donc on a le schéma :



TRANSFIGURATION:

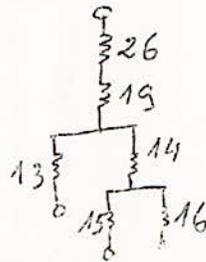
AVEC DES TRNSFIGURATIONS PAREILLES ON ARRIVE AU SCHEMA:



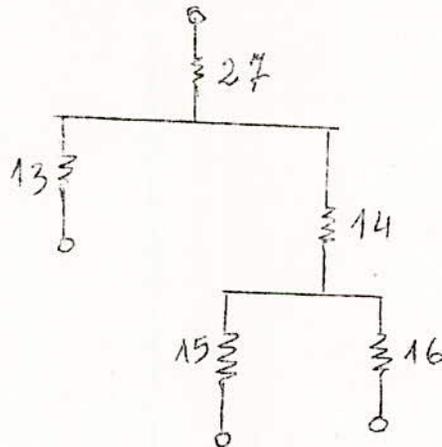


$$\text{avec : } X_{23} = \frac{x_{18} \cdot x_{22}}{x_{18} + x_{22}} = \frac{0,077 \cdot 0,18}{0,077 + 0,18} = 0,054$$

$$X_{24} = x_{18} + x_{23} = 0,0546 + 0,054 = 0,1086$$



$$\text{Donc : } X_{26} = \frac{x_{25} \cdot x_{24}}{x_{25} + x_{24}} = \frac{0,3296 \cdot 0,1086}{0,3296 + 0,1086} = 0,0815$$



$$X_{27} = X_{26} + X_{19} = 0,0815 + 0,001 = 0,0825$$

$$X_{28} = \frac{X_{13} X_{27}}{X_{13} + X_{27}} = \frac{1,135 \cdot 0,0825}{1,135 + 0,082} = 0,077$$

$$X_{29} = X_{28} + X_{14} = 0,077 + 4,571 = 4,648$$

$$X_{30} = \frac{X_{15} X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{44 \cdot 44}{44 + 44} = 1,2$$

$$X_{31} = \frac{X_{29} X_{30}}{X_{29} + X_{30}} = \frac{4,648 \cdot 1,2}{4,648 + 1,2} = 0,955$$

lieu de court-circuit

comme dans le cas de puissance maximum on a 4 points

de court-circuit on calcul pour chacun de ces points les

courants sur transitoirs réels :

II.4.1.1 Court-circuit en k1

Sur la barre 5,5 Kv

on le schéma suivant:

avec $X_{31} = 0,955$

$$\text{soit } I_{k1}'' = \frac{I_b''}{X_{31}} = \frac{1,1}{0,955} = 1,151$$

Le courant réel sur transitoir en k1 :

$$I_{k1}'' = I_{k1}'' I_b = 1,151 \cdot 4,203 = 4,88 \text{ kA}$$

calcul de coefficient de distribution :

$$C_2 = 1 = C_{31}$$

$$C_{30} = C_{31} \frac{X_{31}}{X_{30}} = 1 \frac{0,955}{1,2} = 0,796$$

$$C_{29} = C_{31} \frac{X_{31}}{X_{29}} = 1 \frac{0,955}{4,648} = 0,204$$

$$C_{15} = C_{16} \frac{C_{30}}{2} = 0,398.$$

$$C_{14} = C_{28} + C_{29} = 0,204$$

$$C_{13} = C_{28} \cdot \frac{x_{28}}{x_{13}} = 0,204 \frac{0,077}{1,135} = 0,0189$$

$$C_{27} = C_{28} \cdot \frac{x_{28}}{x_{27}} = 0,204 \frac{0,077}{0,0825} = 0,1905$$

Courant réel des éléments :

donné par chacun des groupes auxiliaires

$$I_{16K1}'' = I_{15K1}'' = I_{K1}'' \cdot C_{15} = 4,88 \cdot 0,398 = 1,942 \text{ KA}$$

Courant donné par le groupe de 6MVA

$$I_{13K1}'' = I_{K1}'' \cdot C_{13} = 4,88 \cdot 0,0189 = 0,0925 \text{ KA}$$

COURANT passé par L' AUTO-TRANSFORMATEUR

$$I_{14K1}'' = I_{K1}'' \cdot C_{14} = 4,88 \cdot 0,204 = 0,996 \text{ KA}$$

$$I''_{16K1} = I''_{15K1} = I''_{K1}^* \cdot C_{15} = 4,88; 0,398 = 1,942 \text{ KA}$$

donné par le groupe 6MVA

$$I''_{13K1} = I''_{K1}^* \cdot C_{13} = 4,88 \cdot 0,0189 = 0,0925 \text{ KA}$$

passé par l'autre transfo.

$$I''_{14K1} = I''_{K1}^* \cdot C_{14} = 4,88 \cdot 0,204 = 0,996 \text{ KA}$$

II 4.12 court circuit en K1

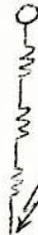
donc court circuit sur le départ pour l'usine

On a le schéma suivant:

avec $X_{31} = 0,955$

$$Z_{A1} = 0,0852$$

$$X_{B1} = 2,2$$



$$\text{d'où } Z_{\Sigma} = X_{31} + Z_{A1} + X_{B1} = 0,955 + 0,0852 + 2,2 = 3,2302$$

$$\text{Soit } I''_{K2} = \frac{E^*}{Z_{\Sigma}} = \frac{1,1}{3,2302} = 0,341$$

Courant surtransitoires réels :

en K2 on a $I''_{K2} = I''_{K2}^* \cdot I_b = 0,340 \cdot 4,203 = 1,44 \text{ KA}$

donné par chacun des groupes auxiliaires

$$I''_{15K2} = I''_{K2}^* \cdot C_{15} = 1,44 \cdot 0,398 = 0,574 \text{ KA} = I''_{16K2}$$

donné par le groupe 6 MVA

$$I''_{13K2} = I''_{K2}^* \cdot C_{13} = 1,44 \cdot 0,0189 = 0,0273 \text{ KA}$$

passé par l'auto transformateur

$$I''_{14K2} = I''_{K2}^* \cdot C_{14} = 1,44 \cdot 0,204 = 0,294 \text{ KA}$$

V 4.1.3 Court circuit en k3

$$X_{31} = 0,955$$

$$Z_{A2} = 0,0675$$

$$X_{B2} = 8,8$$

$$Z = 0,955 + 0,0675 + 8,8 = 9,8225$$



$$\text{Soit } I''k3 = \frac{1,1}{9,8225} = 0,112 =$$

-67-

Courants reels surtransitoirs

$$\text{en k3 } I''k3 = I''^*k3 \cdot Ib = 0,112 \cdot 4,203 = 0,475 \text{ kA}$$

Remarquons que cette variante est ressemblable à la variante de Pc.c maxi avec une participation de groupe de 6 MVA plus grande.

Pour tous les résultats voir tableau des résultats.

TABLEAU DES RESULTATS

| Variantes | 2 ALTERNATEURS | | | | | | | | 1 ALTERNATEUR | | | | | | | | AUCUN ALTERNATEUR | | | |
|---------------------------------|----------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|-------------------|-------|-------|-------|
| | K1 | | K2 | | K3 | | K4 | | K1 | | K2 | | K3 | | K4 | | K1 | K2 | K3 | K4 |
| Points de court-circuit | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | P Nulle | P Maxi | | | |
| Jeu de barre de 5,5 KV | 4,860 | 4,835 | 1,440 | 1,418 | 0,474 | 0,455 | 0,362 | 0,345 | 2,940 | 2,922 | 1,210 | 1,195 | 0,445 | 0,435 | 0,346 | 0,340 | 1,002 | 0,672 | 0,342 | 0,282 |
| Auto-transformateur 5,5 kv | 1,022 | 1,015 | 0,296 | 0,305 | 0,098 | 0,091 | 0,075 | 0,073 | 1,000 | 0,995 | 0,403 | 0,395 | 0,152 | 0,148 | 0,120 | 0,120 | 1,002 | 0,672 | 0,342 | 0,282 |
| transformateur 1 5,5kv 380 v | - | - | 1,440 | 1,418 | - | - | - | - | - | - | 1,210 | 1,195 | - | - | - | - | - | 0,672 | - | - |
| | - | - | 19,795 | 19,462 | - | - | - | - | - | - | 16,505 | 16,403 | - | - | - | - | - | 9,250 | - | - |
| transformateur 2 5,5kv 380 v | - | - | - | - | 0,474 | 0,455 | - | - | - | - | - | - | 0,445 | 0,435 | - | - | - | - | 0,342 | - |
| | - | - | - | - | 6,870 | 6,650 | - | - | - | - | - | - | 6,440 | 6,310 | - | - | - | - | 4,950 | - |
| transformateur 3 5,5kv 380 v | - | - | - | - | - | - | 0,362 | 0,345 | - | - | - | - | - | - | 0,346 | 0,340 | - | - | - | 0,282 |
| | - | - | - | - | - | - | 4,956 | 4,747 | - | - | - | - | - | - | 4,750 | 4,668 | - | - | - | 4,090 |
| Générateur 1 ou 2 | 1,920 | 1,910 | 0,568 | 0,557 | 0,188 | 0,183 | 0,143 | 0,135 | 1,940 | 1,929 | 0,799 | 0,790 | 0,294 | 0,290 | 0,228 | 0,225 | - | - | - | - |
| Groupe de 6 MVA | 0,062 | - | 0,019 | - | 0,006 | - | 0,005 | - | 0,063 | - | 0,026 | - | 0,0097 | - | 0,008 | - | 0,064 | 0,043 | 0,022 | 0,018 |

III.1. CHOIX DES DISJONCTEURS:

1. A: Généralités:

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

- Tension nominale.
- Courant nominal.
- Type d'installation.
- Courant ou puissance de coupure.

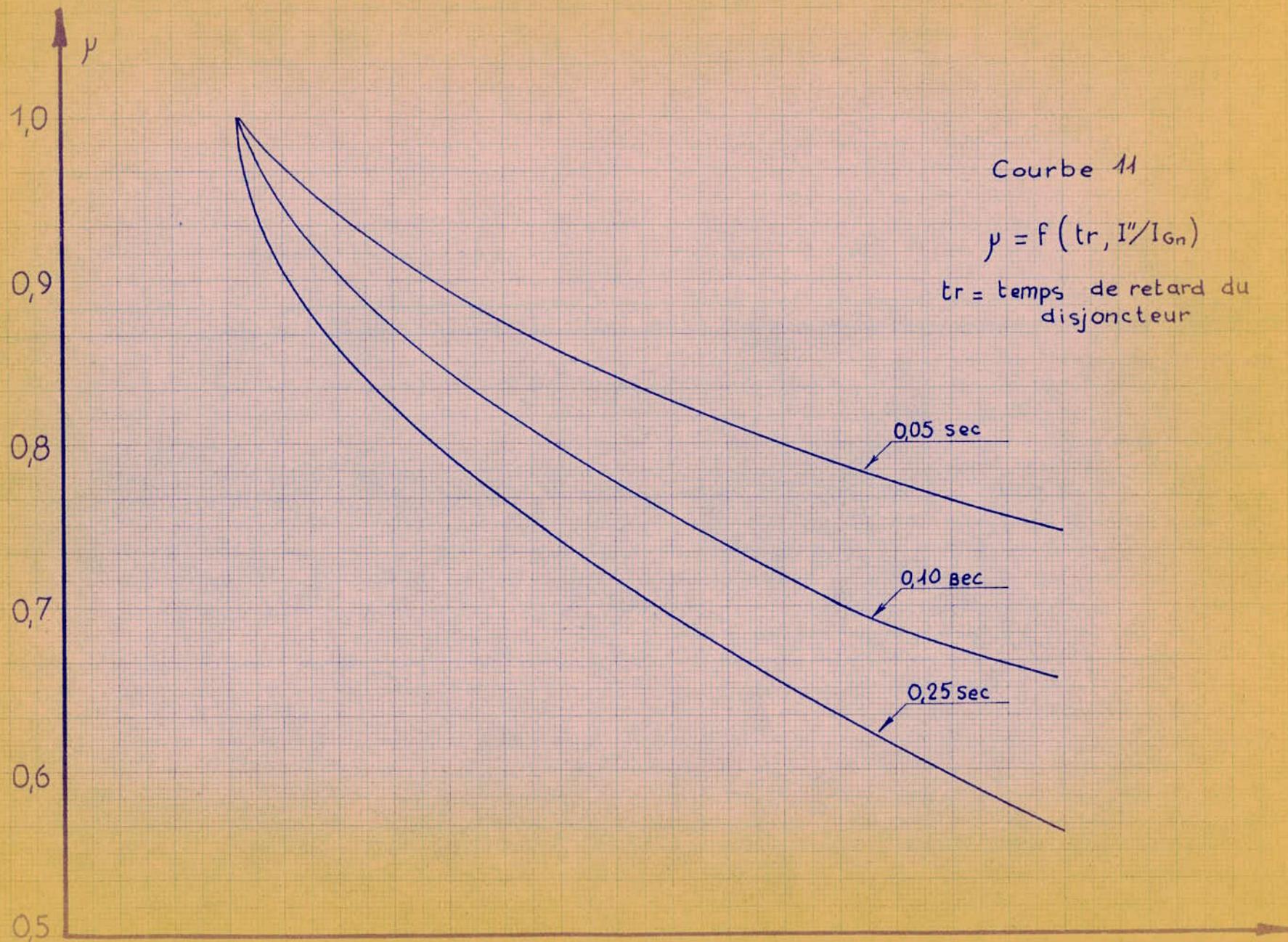
a)Tension nominale:c'est la tension nominale du système.

b)Courant nominal:c'est le courant qui doit être plus grand que le courant de charge maxi;de durée du circuit où est placé l'appareil.

c)Type d'installation: on a deux types d'installation:intérieur ou extérieur pour chaque type on trouve des catalogues qui sont différents.

d)Le courant de coupure d'un disjoncteur set celui indiqué par le fabriquant.Il doit être plus grand que la valeur efficace du courant de court-circuit au moment ou commence la séparation des contacts du disjoncteur.

Généralement on peut considérer que l'ouverture du disjoncteur a lieu au moment $t=0,1$ sec.Par rapport au moment de la production du court-circuit dans ces conditions on peut considérer seulement la composante périodique de I_{cc} puisque la composante apériodique est bien amortie.Si nous utilisons des disjoncteurs plus rapides,on doit déterminer plus exactement le temps de déclenchement du disjoncteur



Courbe 11

$$\mu = f(tr, I''/I_{Gn})$$

tr = temps de retard du disjoncteur

D'autre part, on indique la température pour laquelle le courant admissible du disjoncteur est établi généralement 40°C , mais en réalité la température est bien inférieure de celle-ci, donc le courant sera plus grand que celui indiqué sur l'appareil.

B) Application:

Notons d'abord que notre centrale est de type intérieur; d'autre part on considère que le courant de court-circuit est celui est celui de court-circuit triphasé car celui-ci est le plus grand.

Calcul des courants de coupure:

Il est donné par l'expression:

$$I_d = \lambda I''_{cc} \max$$

avec λ est une fonction du temps de retard du disjoncteur et du rapport du courant surtransitoire au courant nominal, λ est donnée par des courbes (voir courbes à la page suivante). On calcul $\frac{I''}{I_{Gn}}$ en chaque point où existe un disjoncteur.

Exemple de calcul:

1) Départ de l'usine: D4

$$\text{On a; } P_n = 1000 \text{ KvA} \quad U_n = 380 \text{ V}$$

$$\text{Donc } I_n = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1520 \text{ A}$$

$$I'' K_{z\max} = 19,795$$

$$\text{Donc: } \frac{I'' K_z}{I_n} = \frac{19,795}{1,520} = 13$$

De la courbe on a: $\lambda = 0,6$

$$\text{donc } I_d = 19,795 \cdot 0,6 = 11,977 \text{ KA} \quad \underline{\underline{12 \text{ KA}}}$$

2) L'auto-transformateur: D3

$$\text{On a } p_n = 700 \text{ KvA} \quad U_n = \del{380} 5,5 \text{ Kv}$$

$$\text{Donc } I_n = \frac{700}{\sqrt{3} \cdot 5,5} = 73 \text{ A}$$

(suite)

$$I''k_{\text{maxi}} = 1022 \text{ A} , \quad \frac{I''k}{I_r} = \frac{1022}{73} = 14$$

- 70 -

De la courbe on a: $\mu = 0,55$

Donc $I_d = 1022 \cdot 0,55 = 0,565 \text{ kA} \neq 0,6 \text{ kA}$

Pour tous les résultats voir le tableau.

| | Un (Kv) | In (Ka) | Id Calculé KA | P Coupure Calculée MVA |
|--|---------|---------|------------------|---------------------------------|
| D1 = D2 Générateur de 500KvA | 5,5 | 0,052 | 0,960 | 5,3 |
| D3 Auto-transformateur | 5,5 | 0,073 | 0,600 | 3,3 |
| D4 Départ de l'usine | 0,380 | 1,520 | 12,000 | 4,45 |
| D5 = D6 Poste, Cité | 0,380 | 0,026 | 6,000 | 2,25 |
| D7 = D8 Différents Départs (D8 en Réserve) | 0,380 | 0,021 | 2,500 | 0,85 |

III. 2). Choix de sectionneurs:

Comme ces éléments ne travaillent pas en charge, le choix se fait alors en tenant compte du:

- Courant nominal
- tension nominale
- Type d'installation (extérieur ou intérieur).

DIMENSIONNEMENT DE JEUX DE BARRES.

IV.1. Calcul de la section:

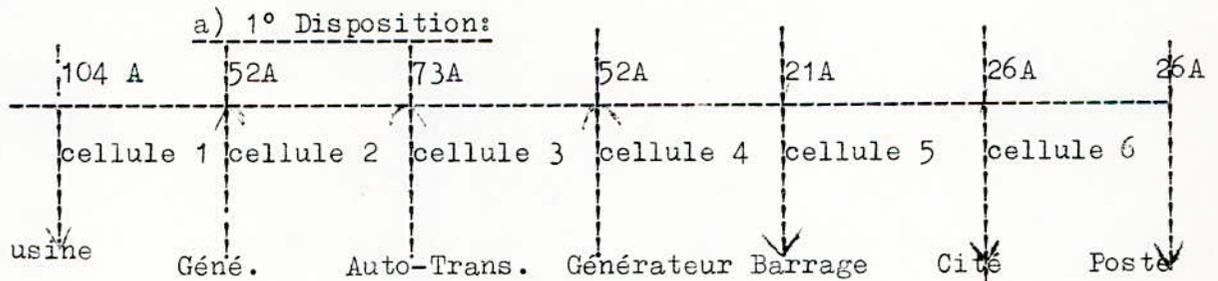
La centrale de DARGUINH EST UNE INSTALLATION de type intérieur on a choisi les jeux de barres de section rectangulaires qui est la forme la plus utilisée; on fait le calcul pour le jeu de barre: 5,5Kv

IV.1? Emplacement des cellules le long des barres et calcul des courants de chaque tronçon:

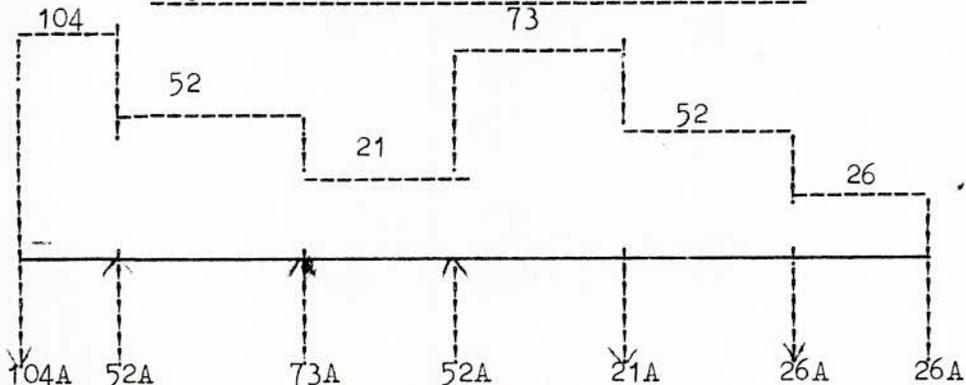
La circulation de courant à travers les barres collectrices dépend de l'emplacement des diverses cellules; à chaque disposition des cellules correspond un tronçon de barre plus chargé. Parmi ces dispositions on retiendra celle correspondant au plus petit des maximums.

A. Les différentes dispositions:

On considère que les départs les générateurs, les consommateurs fonctionnent à pleine charge, ce qui correspond aux courants maximums.



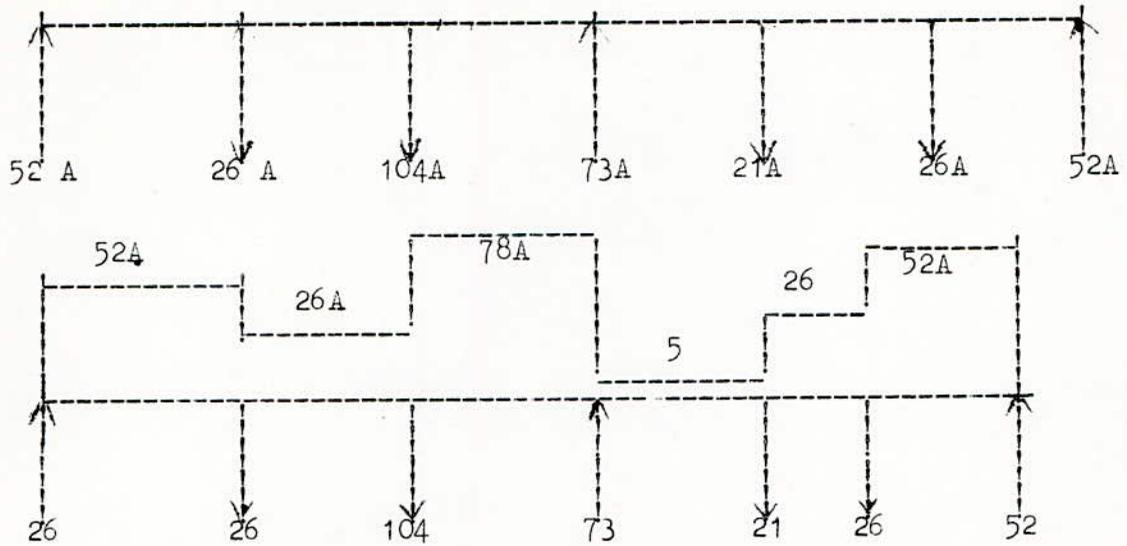
Répartition des charges correspondant:



Le maximum est de 104 A.

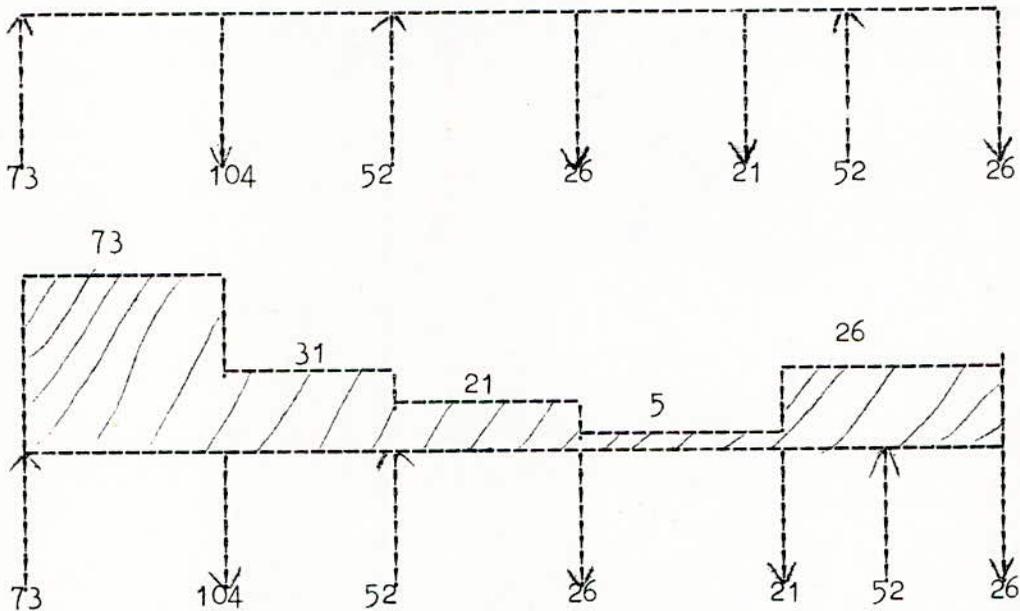
b) 2° Cas de répartition:

- 42 -



Le maximum est de 78 A.

3°) Cas de répartition:



Le maximum est de 73 A.

On prend cette dernière disposition qui donne le minimum du maximum

B). Détermination des dimensions des barres:

Le courant étant de 73 A, on prend un courant 75 A ou 80A et la table donne les dimensions. Remarquons que ce courant n'est pas figuré dans la table car il est très petit. Pour cela on prend la plus petite

barre ce qui est de :

Largeur; 15mm .

Epaisseur: 3mm.

Section: 45mm².

| | | | I adm. en A. |
|-------------|---------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Largeur mm. | Epaisseur mm. | Section mm. ² | 1. barre de Cuivre élémentaire |
| 15 | 3 | 45 | 210 |
| 20 | | 60 | 275 |
| 25 | | 75 | 340 |
| 30 | | 90 | 405 |
| 30 | 4 | 120 | 475 |
| 40 | | 160 | 625 |
| 40 | 5 | 200 | 700 |
| 50 | | 250 | 860 |
| 60 | | 300 | 1025 |
| 50 | 6 | 300 | 955 |
| 60 | | 360 | 1125 |
| 80 | | 480 | 1480 |
| 100 | | | 1810 |
| 60 | 8 | 480 | 1320 |
| 80 | | 640 | 1690 |
| 100 | | 800 | 2080 |
| 120 | | 960 | 2400 |
| 60 | 10 | 600 | 1475 |
| 80 | | 800 | 1900 |
| 100 | | 1000 | 2310 |
| 120 | | 1200 | 2650 |

Détermination des dimensions des barres:

-43-

(Suite)

On a le courant admissible ; pour cette barre en cuivre : 210 A
et en aluminium: 165 A .On peut prendre l'un ou l'autre.

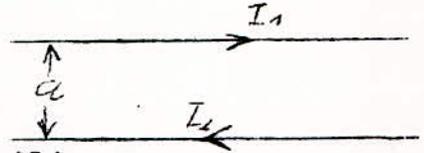
-----oooooooo000000§§§000000oooooooo-----

V.1 Efforts électrodynamiques :

V.1.1 - Généralités -

Deux conducteurs parcourus par des courants électriques I_1 et I_2 sont soumis à des forces électriques données par la formule :

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



avec μ_0 = Perméabilité du milieu

$$I = i_m \sin \omega t$$

- circuit monophasé :

$$\text{on a } I_1 = I_2$$

donc :

$$f = \frac{\mu_0}{2 \pi a} \cdot i_m^2 \sin^2 \omega t = \frac{\mu_0}{2 \pi a}$$

- circuit triphasé :

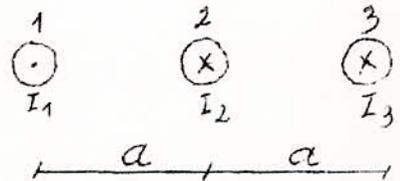
on suppose que

les trois conducteurs sont parallèles et dans un même plan

$$I_1 = i_m \sin \omega t$$

$$I_2 = i_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$I_3 = i_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$



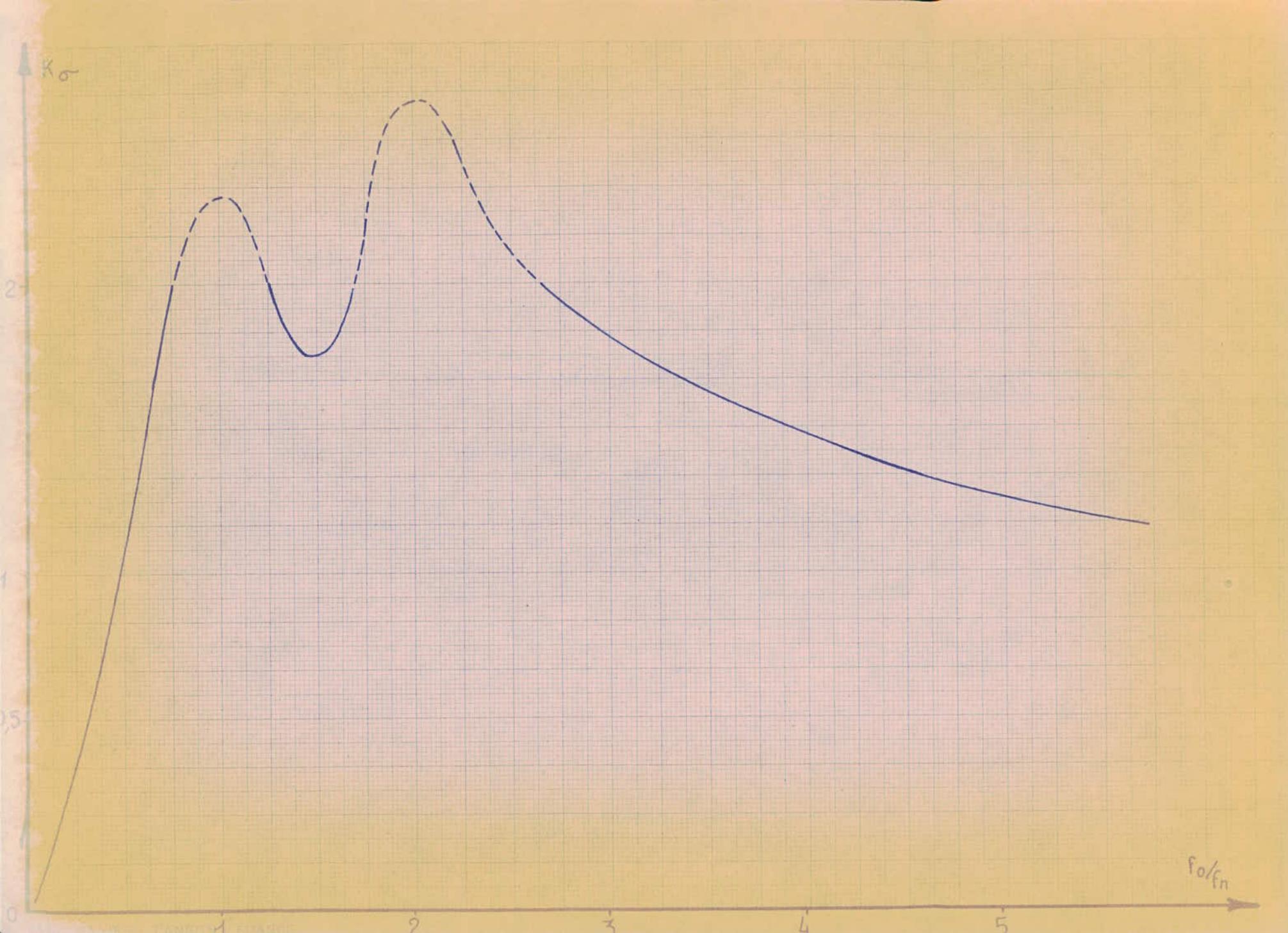
donc on aura :

$$F_1 = f_{12} + f_{13} = \frac{\mu_0}{2 a \pi} I_1 \cdot I_2 + \frac{\mu_0}{2 a \pi} I_2 \cdot I_3$$

$$f_1 = f_3 = \frac{\mu_0}{2 \pi a} I_1 (I_2 + I_3)$$

$$f_2 = f_{12} + f_{23} = - \left(\frac{\mu_0}{2 \pi a} I_1 \cdot I_2 - \frac{\mu_0}{2 \pi a} I_2 \cdot I_3 \right)$$

$$\text{on suppose que } \begin{cases} \hat{\alpha} - \hat{\varphi} = 0 \\ \alpha = (\vec{U}, \vec{t}) = 0 \\ \varphi = (\vec{U}, \vec{I}) = 0 \end{cases}$$



$$f_2 = - \frac{\mu_0}{2\pi a} I_2 (I_1 - I_3) \quad -75-$$

en remplaçant I_1 , I_2 et I_3 par ces valeurs et en annulant les dérivés de f_1 et f_2 par rapport au temps on aura les valeurs maximums :

$$f_{1\max} = 0,81 \frac{\mu_0}{2\pi a} i_{\max}^2 = f_{3\max}$$

$$f_{2\max} = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} i_{\max}^2$$

le cas le plus défavorable pour ces efforts correspond au courant de court-circuit inductif donc : $I_m = 0$, $t = 0$, $\theta = 0$

d'où on aura les équations suivantes :

$$I_1 = i_{pm} \left(\sin(\omega t + \varphi) - e^{-t/Ta} \sin(\varphi) - \frac{2}{3} \right)$$

$$I_2 = i_{pm} \left(\sin(\omega t + \varphi - \frac{2\pi}{3}) - e^{-t/Ta} \sin(\varphi - \frac{2}{3}) \right)$$

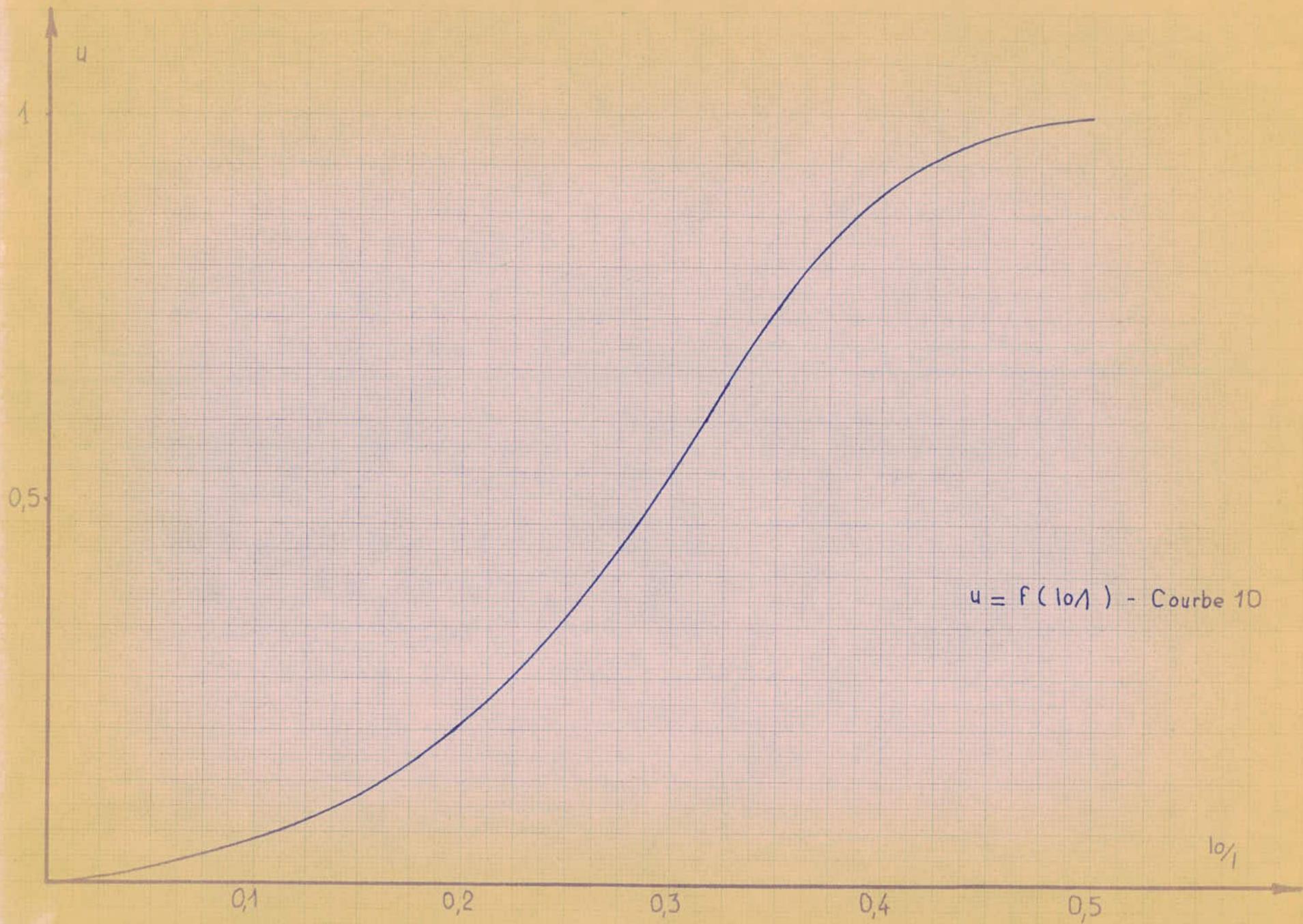
$$I_3 = i_{pm} \left(\sin(\omega t + \varphi - \frac{4\pi}{3}) - e^{-t/Ta} \sin(\varphi - \frac{4\pi}{3}) \right)$$

avec $i_{pm} = \sqrt{2} I''$, $I'' =$ valeur efficace du courant de court-circuit, $\varphi = \alpha - \varphi_k$

en remplaçant on aura :

$$f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} \sqrt{3} I''^2 \left(\underbrace{\sin(2\omega t + 2\varphi - \frac{\pi}{3})}_{C_1} - 2e^{-t/Ta} \underbrace{\sin(\omega t + 2\varphi - \frac{\pi}{3})}_{C_2} \right) + \underbrace{e^{-t/Ta/2} \sin(2\varphi - \frac{\pi}{3})}_{C_3}$$

$$\text{donc } f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} \sqrt{3} I''^2 (C_1 - C_2 + C_3)$$



$u = f(I_o/1)$ - Courbe 10

avec C_1 = composante périodique de double fréquence non amortie
 C_2 = composante périodique de fréquence f amortie
 C_3 = composante non périodique amortie

on voit que pour avoir le module de f_2 maximum il faut que :

$$C_1 = -1 \text{ soit } 2\omega t + 2\varphi - \frac{\pi}{3} = \frac{3\pi}{2} \quad (1)$$

$$C_2 = -2 e^{-t/Ta} \text{ soit } \omega t + 2\varphi - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

pour avoir ces équations vérifiées, on fait

$$(1) - 2(2) \text{ on obtient } \varphi = -\frac{\pi}{12} \Rightarrow \alpha = \frac{5\pi}{12}$$

en remplaçant, on aura pour $\omega t =$ d'où $t = \frac{1}{2f}$

$$f = 50 \text{ Hz, } t = 0,01 \text{ sec}$$

$$f_{2\text{maxi}} = f_{2\text{choc}} = 0,87 \frac{M_0}{2\pi a} 2 I''^2 (1 + e^{0,01/Ta})^2$$

on pose $k_{\text{choc}} = 1 + e^{-0,01/Ta} \neq 1,8$

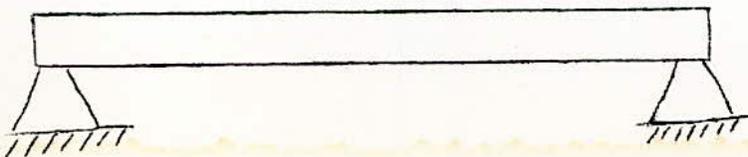
$$F_{2\text{choc}} = 0,87 \frac{M_0}{2\pi a} k_{\text{choc}}^2 \cdot 2I''^2$$

V.1.2 -Application-

Calcul de $f_{2\text{choc}}$ pour les différents jeux de barres

Comme on a fait l'étude pour un seul jeu de barre donc on a un seul cas où on doit faire le calcul de $f_{2\text{choc}}$.

On considère une portion de ce jeu de barre de 5,5 kV reposant entre deux isolateurs supports:



On utilisera la formule qu'on vient de calculer :

77

$$f_{2\text{choc}} = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} k_{\text{choc}}^2 (\sqrt{2} I'')^2$$

avec $a = 4 \cdot 10^{-7}$

a = distance entre deux barres consécutives égale à 50cm

I'' = courant de court-circuit maximum = 4,86 kA

$k_{\text{choc}} = 1,8$

d'où
$$f_{2\text{choc}} = 0,87 \frac{4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5} (1,8)^2 \cdot 2 \cdot (4,86)^2$$

$$f_{2\text{choc}} = 13,76 \text{ N/m}$$

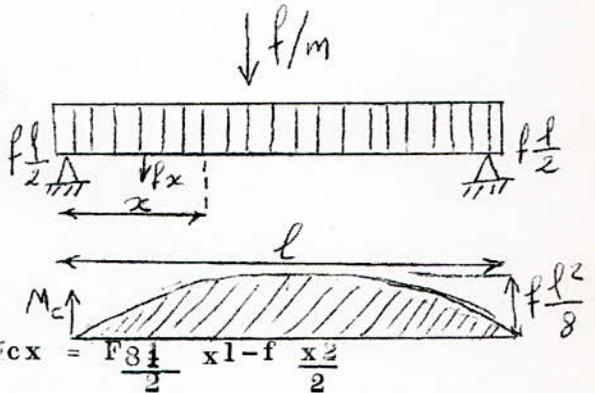
V) EFFORTS STATI UE :

V) 2. 1. Généralité :

Les barres collectrices des installations électriques se trouvent posées sur des isolateurs - supports et la force due au courant qui les traverse est une charge uniformément répartie.

CALCUL DU MOMENT DE COUREURE MAXIMUM :

Notre barre se comporte à double appui



En appli quant les principes de r;d;m.

Le moment à distance x est donné par $M_{cx} = f \frac{x^2}{2} (l - \frac{x}{2})$

Le moment est maxi pour $x = \frac{l}{2}$ donc

$$M_{cmx} = f \cdot \frac{L^2}{8}$$

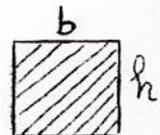
DANS le cas d'une barre à doublement encastree $M_{cmx} = f \cdot \frac{L^2}{12}$

Mais pour nous on a pas ni double appui ni double encastrement d'où on prend un moment de courbure moyen.

$$M_{cmx} = f \cdot \frac{L^2}{10}$$

Le module de resistance des matériaux est donné par

$$\sigma_{max} = \frac{M_{cmx}}{W}$$



Avec $W = \frac{bh^2}{6}$ pour les barres rectangulaires.

d'autre part il faut que $\sigma_{max} < \sigma_{adm} < \sigma_{ruptur}$

où σ_{adm} = contrainte admissible par la barre

σ_{ruptur} = contrainte admissible de rupture de la barre.

Et pour que la barre resiste on doit avoir la condition suivante vérifiée :

$$\sigma_{stat} \max < \sigma_c$$

σ_c = sollicitation à la contrainte électrique du matériel :

pour le cuivre $\sigma_c = 2400 \text{ KGF/Cm}^2$

Pour l'aluminium $\sigma_c = 700 \text{ KGF/Cm}^2$

V) 2.2. APPLICATION /

Calcul du moment statique :

- Le moment statique est donné par la formule :

$$M_c \text{ stat.} = f \cdot \frac{L^2}{10}$$

Avec f : la force du poids par unité de longueur

$$f = s; \rho = 0,00045 \cdot 8,9 \cdot 10^3 = 0,4 \text{ KGF/M}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Donc } M_c \text{ stat} = 0,4 \frac{0,5}{10} = 0,01 \text{ KGF/M}$$

$$\text{ou } M_c \text{ stat} = 0,01 \frac{100}{9,81} = 0,102 \text{ N.GM}$$

- La contrainte statique sera :

$$T \text{ stat} = \frac{M_c \text{ stat}}{W} ; \quad W = \text{module de R.D.M. de la barre}$$

$$\text{comme on a } W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1,5(0,3)^2}{6} = \frac{0,135}{6}$$

$$\text{Donc } \sigma \text{ stat} = \frac{0,102 \cdot 6}{0,135} = 4,55 \text{ N/Cm}^2$$

Donc on a bien $\sigma \text{ stat} < \sigma \text{ admi}$

Car $\sigma \text{ admi}$ pour le cuivre 2400 KGF/Cm^2

Et on a $4,55 < 2400$

V . 3. EFFORT DYNAMIQUE

V . 3. 1). Généralités

On a vu que f_2 choc a trois composants dont :

-2 composants périodiques { fréquence f amortie avec Ta
 " $2f$ non amortie

-1 composant aperiodique ($f=0$) amortie avec $Ta/2$

Pour éliminer la résonance il faut que la fréquence propre f_0 de la barre soit différente de $2f$ et f .

Afin de remédier à cela on modifie les dimensions de la barre et on y ajoute des poids supplémentaires intermédiaires.

La sollicitation maxi dynamique est donnée par :

$$V_{\max \text{ dyn}} = K \cdot V_{\max \text{ stat}}$$

avec $K = (f_0/f_n)$

f_0 = fréquence propre de barre

f_n = fréquence nominale du réseau

Calcul de fréquence propre de la barre .

f_0 de la barre est donnée par :

$$f_0 = C_1 \cdot C_2 \frac{3}{4} \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot Q}}$$

avec C_1 = Coefficient, pour 1 barre simple $C_1 = 1$

C_2 = " qui tient compte des barres dérivations aux appareils:

L = Longueur de barre entre deux isolants

E = Module d'élasticité.

J = Moment d'inertie de la barre.

ρ = Densité volumique.

Q = Section de barre.

C_2 peut être différent : pour 1 barre rigide on a

$$C_{2r} = \sqrt[3]{\frac{1 + 1/64 \cdot J_r/J \cdot (L/L_r) \cdot U_r}{1 + 0,6(q_r/q) \cdot (L_r/L) \cdot U_r}}$$

Pour une barre élastique

$$C_2 = \sqrt[3]{\frac{1 + (I/16) \cdot (J_e/J) \cdot (L/L_e) \cdot U_e}{1 + (q_e/q) \cdot (L_e/L) \cdot U_e}}$$

avec U_e, U_r = facteur de non symétrie donné par la courbe :

$$U = f(1 a/l)$$

$l a$ = distance entre la barre de dérivation et l'isolateur le plus proche.

On doit avoir : $\sqrt{v_{dyn}} < 2 \cdot \sqrt{v_{courbur}}$

V . 3 . 2). Application.

La barre risque d'avoir une fréquence propre égale à celui dit fréquences des forces et par conséquent le phénomène de résonance se produit.

Les fréquences des deux premières oscillations resteront inchangées $f_1 = 100\text{Hz}$ et $f_2 = 50\text{Hz}$ ce sont celles du réseau. Par contre on doit intervenir sur la fréquence d'oscillation de la barre soit sur les dimensions soit modifier la distance entre les points d'appui.

Pour cela on doit avoir toujours comme on a dit :

$$\sqrt{v_{max\ dyn}} = k_{\sigma} \sqrt{v_{max\ stat}}$$

avec $\sqrt{v_{max\ dyn}}$ = contrainte maximum dynamique

$\sqrt{v_{max\ stat}}$ = contrainte maximum statique

k_{σ} est donné par la courbe : $k_{\sigma} = f(f_0/f_n)$

Il est préférable de se situer à

Voir la courbe. il faut avoir $k_{\sigma} < 1 \Rightarrow 3 < \frac{f_0}{f_n} < 9,5$

Mais par cela on doit déterminer f_0 la fréquence propre de la barre.

a). Calcul de la f_0 :

Nous utilisons la formule :

$$f_0 = C_1 \cdot C_2 \frac{3}{4l^2} \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho g}}$$

avec C_1 = Coefficient; pour une barre simple $C_1 = 1$

C_2 = Coefficient qui tient compte des barres dérivation aux appareils.

E = Module d'élasticité

| | |
|---|-----------------------------------|
| { | $E_{cu} : 13000 \text{ kgf/mm}^2$ |
| | $E_{al} : 7000 \text{ kgf/mm}^2$ |

J = Moment d'inertie pour la section de la barre 81 bis
 ρ = Densité du matériau $\left\{ \begin{array}{l} \rho_{cu} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg f/m}^3 \\ \rho_{al} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg f/m}^3 \end{array} \right.$
 Q = Section de la barre.

Remarquons que C_2 et J peuvent varier avec L , L_d avec L_d longueur de la barre de dérivation et on a :

$$\text{-- } \bar{J}_d = J \text{ si } L_d \leq 0,6L$$

$$\text{-- } \bar{J}_d < J \text{ si } L_d < 0,3L$$

d'autre part on a des barres élastiques pour ceci comme on a dit dit :

$$C_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \frac{J_c}{J} \left(\frac{l}{l_e}\right)^3 \cdot U_e}{1 + qe/q \cdot le/l \cdot U_e}}$$

Comme on définit précédemment on a $L = 4\text{m}$, $S = 45\text{mm}^2$ avec $C = 3\text{mm}$, $d = 15\text{mm}$.

$$J = C \cdot d^3/12 = 3 (15)^3/12 \neq 870 \text{ mm}^4$$

$$Q = S = 45\text{mm}^2$$

Barres dérivations on a une seule barre celle de départ de l'usine avec $q = 25 \text{ mm}^2 \equiv 5 \times 5 \text{ mm}$

$$J_e = 5 \cdot (5)^3/12 = 260 \text{ mm}^2 \text{ avec } L_e = 1 \text{ m}$$

$$d'où \frac{la}{2} = 0,25 = \dots = 0,4 = \text{cte}$$

$$\text{Donc } C_{2e} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \frac{260}{870} \cdot 260}{1 + 25/45 \cdot 1/4 \cdot 260}} = 1/1,4 = 1,12$$

$$C_2 = 1,12$$

$$\text{Donc } f_0 = 1 \cdot 1,12 \frac{3}{4 \cdot 42} \sqrt{\frac{13000 \cdot 870}{8,9 \cdot 10^3 \cdot 45}} = 0,28 \text{ Hz}$$

b). Vérification de la condition

Or on a dit $v_{max dyn} < v_{max stat}$

Pour cela on a dit il faut que K_0 soit inférieur à l'unité

ce qui revient à trouver $\frac{f_0}{f_n} < 0,5$

Mais nous avons $\frac{f_0}{f_n} = \frac{0,28}{50}$ donc on a la condition

vérifiée.

V 4.1 Généralité

Au moment du court-circuit, le courant s'élève très rapidement pouvant atteindre des dizaines de kA. La chaleur dégagée dans le conducteur est très intense et entrainer sa fusion. On doit donc vérifier les sections des conducteurs à la stabilité thermique.

La chaleur produite par effet joule se divise en 2 parties:

-la chaleur emmagasinée dans le conducteur qui a pour expression :

$C M d\tau$; avec: C: chaleur spécifique des matériaux

M: masse des matériaux

$d\tau$: différence de température entre le milieu ambiant
et le conducteur

-la chaleur transmise au milieu ambiant, elle s'exprime par $\lambda S dt \cdot \tau$

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

S: surface latérale

t : temps

la chaleur totale produite par effet joule est donc la somme de ces 2

termes : $RI^2 dt = CM d\tau + \lambda S dt \cdot \tau$

mais le 2^o terme est faible par rapport au 1^o, on le néglige et ainsi on

place le conducteur dans la situation la plus défavorable c . a . d

qu'il conserve toute la chaleur produite par l'effet joule .

donc on aura : $RI^2 dt = CM d\tau = P dt$

mais on peut assimiler $d\tau = d\theta$

donc $P = RI^2$

La résistance et la chaleur spécifique sont variables en fonction de la température θ .

$R = R_0 (1 + \alpha\theta)$ avec R_0 la résistance à 0°C

$c = c_0 (1 + \beta\theta)$ " c_0 la chaleur spécifique à 0°C

d'autre part : $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$ et $M = \gamma l s$, $\gamma =$ masse spécifique
donc la chaleur dégagée s'écrit :

$$I^2 R_0 (1 + \alpha \theta) dt = C_0 (1 + \beta \theta) M d\theta$$

ou encore

$$I^2 \frac{\rho_0 l}{S} (1 + \alpha \theta) dt = C_0 \gamma l s (1 + \beta \theta) d\theta$$

pour un temps t de court-circuit on aura

$$\frac{1}{S^2} \int_0^t I^2 dt = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} d\theta$$

avec $\theta_i =$ température initiale

$\theta_f =$ " finale

le second terme s'integre facilement et donne

$$\frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \ln(1 + \alpha \theta_f + \frac{\beta}{\alpha} \theta_f) - \frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \ln(1 + \alpha \theta) - \frac{\beta}{\alpha} \theta_i \right]$$

on aboutit finalement à $A(\theta_f) - A(\theta_i)$

$$\frac{1}{S^2} \int_0^t I^2 dt = A(\theta_f) - A(\theta_i)$$

$A(\theta)$ est fonction tabulée et il existe des courbes donnant A connaissant θ pour les différentes matériaux utilisess

Pour déterminer la section S, il faut trouver la valeur de $\int_0^t I^2 dt$
l'integrale

on sait que le courant I est la somme de 2 courants. La composante périodique I_p et la composante aperiodique I_a

$$\text{donc } \int_0^t I^2 dt = \int_0^t I_p^2 dt + \int_0^t I_a^2 dt$$

en négligeant $2 I_p I_a$

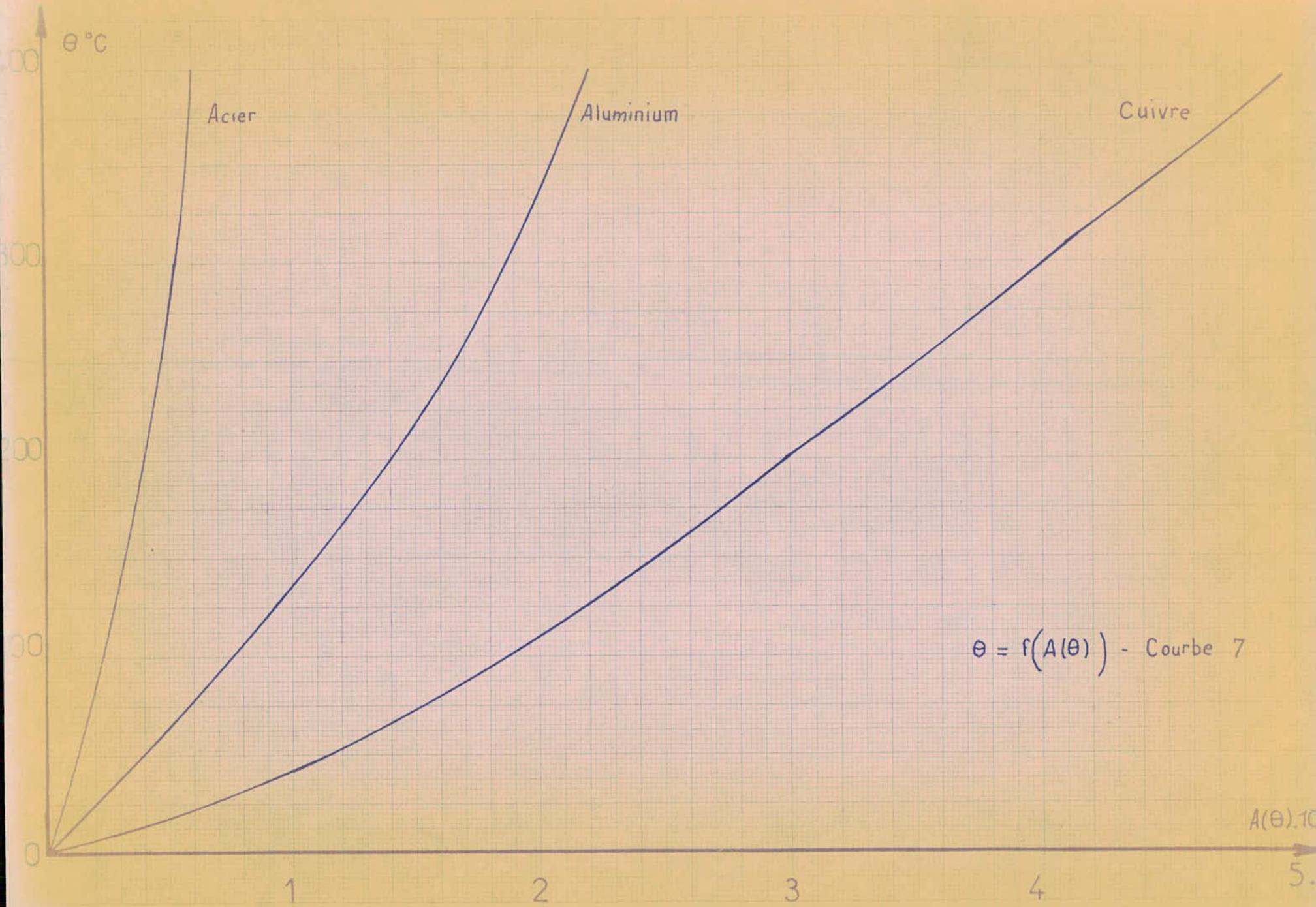
l'intégrale $\int_0^t I_p^2 dt$ est représentée par la surface OA BC de la

Figure. regardez Page suivante.

On determine une surface ODEF égale à OABC rectangle dont le côté oD représente I_∞^2 . Il nous suffit donc de trouver un temps t_f (temps fictif) tel que $I_\infty^2 t_f$ représentera du rectangle

$$ODEF = O A B C$$

t_f sera donc le temps nécessaire pour que la chaleur dégagée sous le



courant I soit égale à celle dégagée pendant le temps réel et sous le courant I'' .

$$\left. \begin{aligned} \int_0^t I_p^2 dt &= I_{\infty}^2 t_{fp} \\ \int_0^t I_a^2 dt &= I_{\infty}^2 t_{fa} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \int_0^t I^2 dt = I_{\infty}^2 (t_{fp} + t_{fa})$$

on pose $t_{fp} + t_{fa} = t_f$

t_{fp} donné par les courbes en fonction de $\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}}$
pendant que à t_{fa} on le calculera analytiquement :

$$I_{\infty}^2 t_{fa} = \int_0^t I_a^2 dt \quad \text{or } I_a = \sqrt{2} I'' e^{-t/\tau_a}$$

donc $t_{fa} = \frac{\int_0^t (\sqrt{2} I'' e^{-t/\tau_a})^2 dt}{I_{\infty}^2}$

ou

$$t_{fa} = 2 \left(\frac{I''}{I_{\infty}} \right)^2 \int_0^t e^{-t/\tau_a}$$

$$t_{fa} = \beta''^2 \tau_a (1 - e^{-t/\tau_a}) \quad \text{avec } \left\{ \begin{array}{l} \tau_a \text{ est de l'ordre} \\ \text{de } 0,05 \text{ sec} \\ t = \text{temps de c.t.} \\ = 0,1 \text{ sec} \end{array} \right.$$

donc $e^{-2t/\tau_a} = e^{-0,2/0,05} = e^{-4} \neq 0$
ce qui donne $t_{fa} = \beta''^2 \tau_a$

finalement $\frac{1}{S} \int_0^t I^2 dt = A(\theta_f) - A(\theta_i) = \frac{1}{S} I_{\infty}^2 t_f$

donc $S_2 = \frac{I_{\infty}^2 t_f}{A(\theta_f) - A(\theta_i)} \quad \text{or } S = \frac{I_{\infty} \sqrt{t_f}}{\sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)}}$

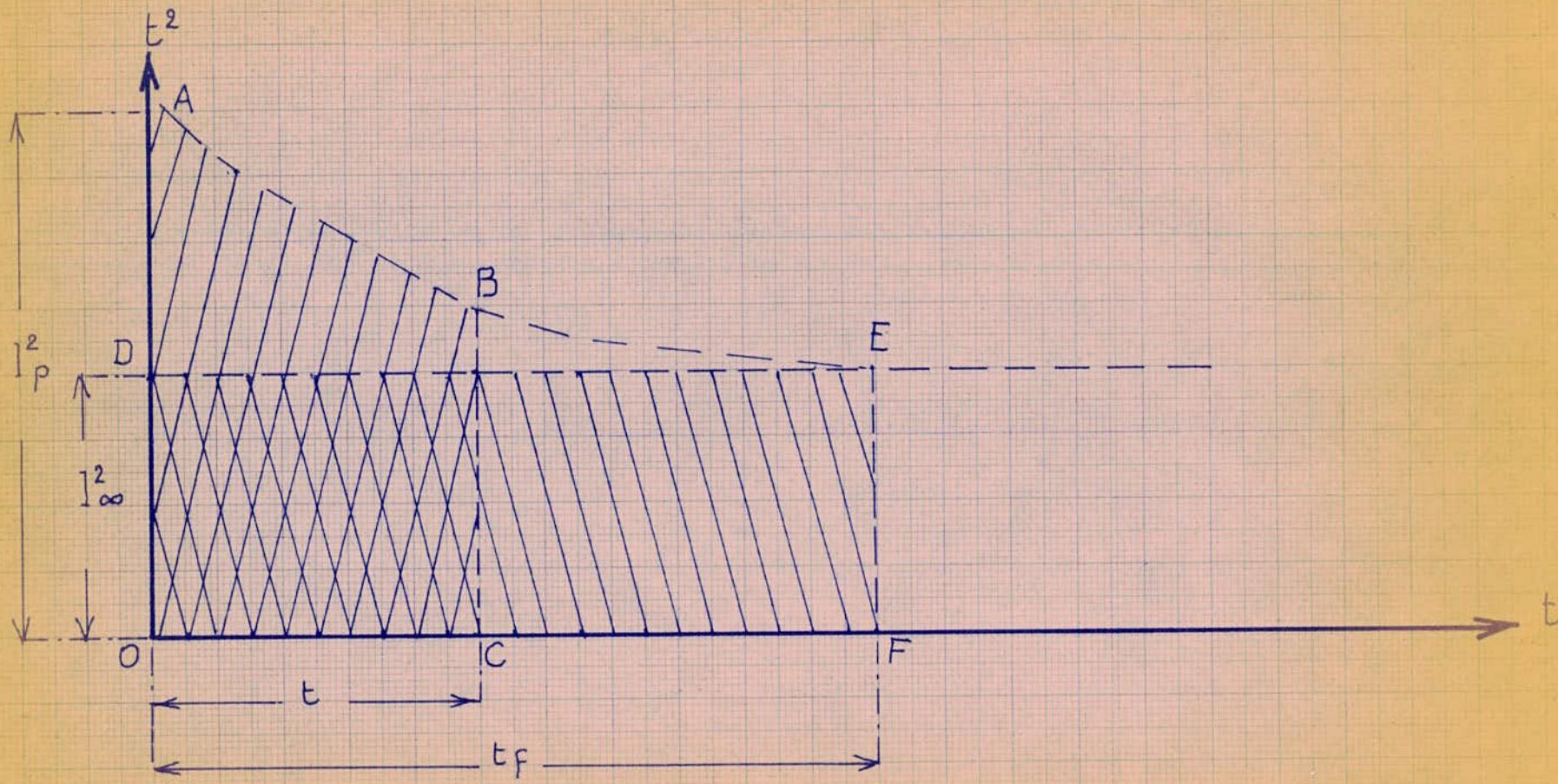
On pose $\sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)} = C$

la valeur de C est donnée pour certains matériaux en fonction de la température limite . Telle que pour le cuivre où l'on ne doit pas dépasser la température de 250° C pendant le temps de Ct , ct.

En régime de fonctionnement normal la température maximale admissible est de l'ordre de 70° C

La température du milieu ambiant étant comprise entre 25 et 30° C les valeurs de C sont pour les câbles dont la tension inférieure de 10 kV les suivants :

- cuivre c = 140
- Aluminium C = 85



V 4.2 APPLICATION:

Vérification des barres 5,5 kV et les conducteurs à la stabilité thermique .

Pour ce calcul on choisira les points de Ct-Ct pour lesquels le conducteur se trouve en amont. Et comme on a trois groupes des conducteurs dont on a considéré pour chacune 1 point de Ct-Ct donc on a trois cas et le 4° sera le jeu de barre de 5,5 kV

I) Pour le 1° groupe donc k2 :

On un câble dont les caractéristiques suivants

Sp = 1000 kVA

Un = 5,5 kV

Sn = 25 mm²

In = 104 A courant qui le traversera

en régime défavorable on a

I4 = 1,440 kA

d'autre part on peut calculer I

on a I # 14 ce qui nous donne λ = 6,5 (voir graphe)

donc I_∞ = 6,5 x 104 = 676 A

maintenant on peut calculer t_{fp} = g(B'', t)

avec B'' = $\frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{1440}{676} = 2,14$ et pour t = t_{cc} = 0,1 sec

d'après la courbe on a t_{fp} = 0,32 sec

d'autre part t_{fp} = B''² . Ta avec Ta = 0,05 sec.

ou t_{fa} = (6,5)² . 0,05 = 42 x 0,05 = 2,2

finalement tf = t_{fp} + t_{fa} = 2,2 + 0,32 = 2,52 sec

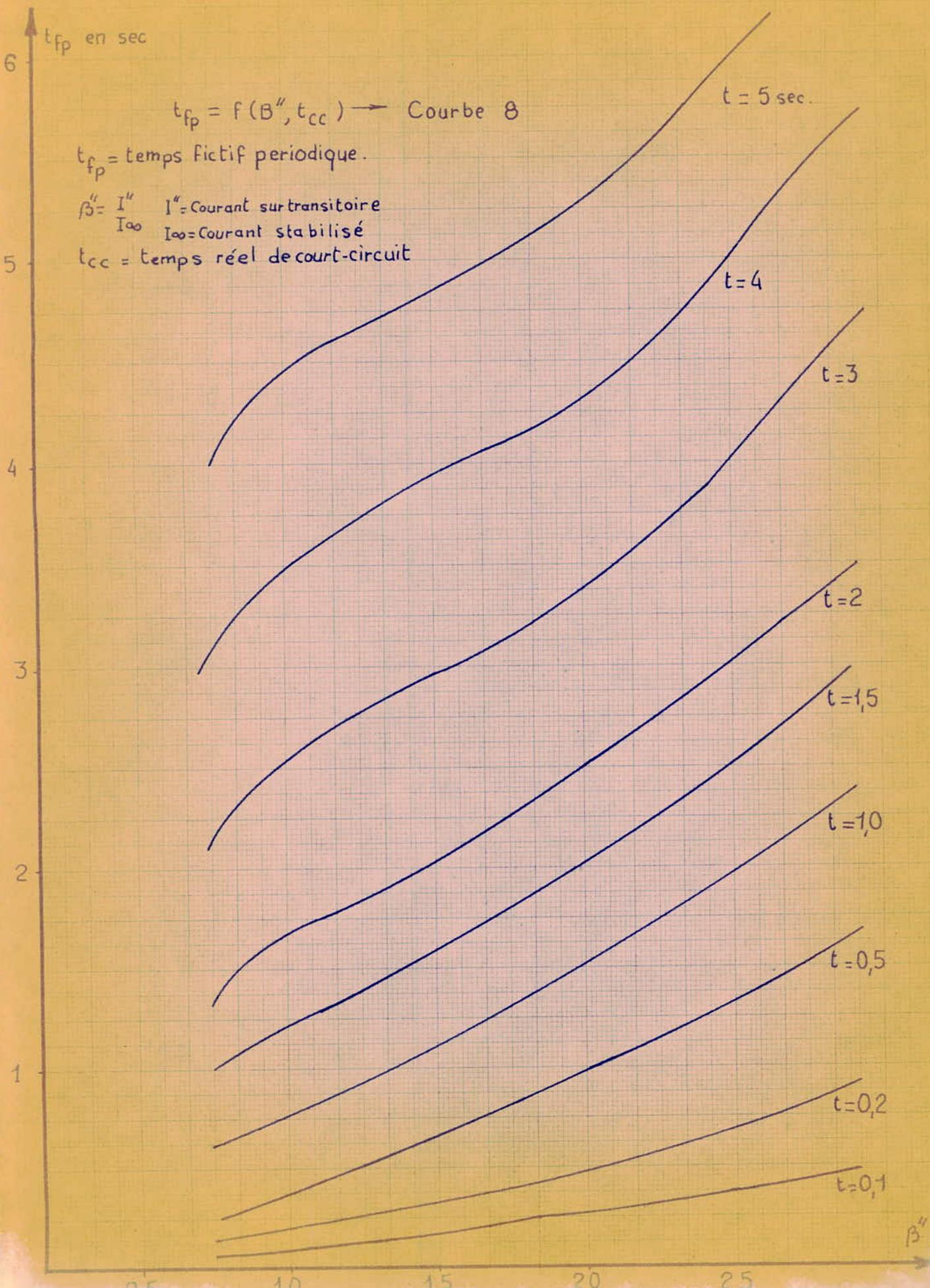
on calcule la section $S_{cc} = \frac{I_{\infty}}{C} \sqrt{t_f}$

avec C pour le cuivre = 140 , donc $S_{cc} = \frac{676}{140} \sqrt{2,52} = 7,8 \text{ mm}^2$

donc la section de 25 mm² peut très bien résister à ce Ct.Ct

On refera le chemin inverse pour déterminer le temps maxi pour lequel notre conducteur peut résister.

$tf = \left(\frac{S_n \cdot C}{I_{\infty}} \right)^2 \Rightarrow t_{fp} = \left(\frac{S_n \cdot C}{I_{\infty}} \right)^2 - t_{fa}$



t_{fp} en sec

$t_{fp} = f(\beta'', t_{cc}) \rightarrow$ Courbe 8

t_{fp} = temps fictif periodique.

$\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}}$ I'' = Courant surtransitoire
 I_{∞} = Courant stabilisé

t_{cc} = temps réel de court-circuit

$t = 5 \text{ sec.}$

$t = 4$

$t = 3$

$t = 2$

$t = 1,5$

$t = 1,0$

$t = 0,5$

$t = 0,2$

$t = 0,1$

β''

0,5

1,0

1,5

2,0

2,5

6
5
4
3
2
1

$$t_{fp} = \left(\frac{25 \cdot 140}{676} \right)^2 - 2,2 = 3 \text{ sec}$$

de même courbe on a $t_{cc} = 4$

cela signifie que le câble supporte le ct-ct pendant un temps suffisant afin de mettre en jeu la protection .

On a fait le calcul pour les 2 autres groupes on trouve que la section sont devenus bonnes et peut supporter le ct-ct pendant un temps largement grand pour mettre les disjoncteurs en service.

2) Pour le jeu de barre de 5,5 KV /

on a trouvé pour ce jeu de barre

$$S = 45 \text{ mm}^2 \quad I'' = 4,860 \text{ kA} \quad t_a = 0,05 \quad I_n = 177 \text{ A}$$

$$\text{d'où } \frac{I''}{I_n} = 27,5 \text{ donc } \lambda \# 10 \Rightarrow I_{\infty} = 1,77 \text{ kA}$$

$$\text{on tire } \beta = \frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{4,86}{1,77} = 2,75$$

$$t_{fp} = (2,75)^2 \cdot 0,05 = 0,38 \text{ sec}$$

de la courbe on a $t_{fp} = 0,44 \text{ sec}$ pour $t_{cc} = 0,1 \text{ sec}$

$$\text{donc } s_{cc} = \frac{1770}{140} \sqrt{0,82} = 11,4 \text{ mm}^2$$

donc la section de 45mm² est largement suffisante

on calcule le temps de court-circuit

$$t_{fp} = \left(\frac{45 \cdot 140}{1770} \right)^2 - 0,38 = 3,18 \text{ sec}$$

d'après la même courbe on a $t_{cc} \approx 4 \text{ sec}$

donc la résistance de notre jeu de barre à l'effet thermique est suffisante pour 1 temps de court-circuit $t_{cc} < 4 \text{ sec}$

V. 5. CHUTE DE TENSION

-88-

Le transport d'énergie est lié par la condition que celui-ci ne doit pas s'accompagner d'une chute de tension exagérée. On veillera à ne pas dépasser les chutes de tension suivantes :

- Réseaux de distribution BT V_{adm} 3-5% de V_n
- " " " MT V_{adm} 3-6% de U_n
- " " " HT V_{adm} 5-8% de U_n

Dans notre étude on se trouve en MT qui concerne la force motrice on tiendra compte d'une chute de tension admissible

$$\Delta V_{adm} \text{ 3 à 6 \% de } U_n$$

La chute de tension se calculera d'après la formule :

$$\Delta V\% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{I_0 \cdot V^2}$$

$\left\{ \begin{array}{l} P \text{ en kW} \\ Q \text{ en kVAR} \\ V \text{ " kV} \end{array} \right.$

Pour cela on se fera le calcul avec les mêmes données qu'on a utilisées pour le calcul de $c^t \cdot c^t$.

V. 5. 2). APPLICATION

On fait le calcul pour chaque conducteur.

V. 5. 2. 1). Pour le conducteur amont de k_2 on a un câble dont les caractéristiques :

$$L : 90m, S_n : 25mm^2, U_n : 5,5 kv$$

d'après les courbes on a pour ce câble $r/km = 0,71$ $X/km = 0,085$

d'autre part on a : $P = 800 kW$, $Q = 600 kVAR$

$$\text{donc } \Delta U \% = \frac{800(0,09 \cdot 0,71) + 600(0,9 \cdot 0,080)}{10 \cdot (5,5)^2} = 0,17 \%$$

$\Delta V = 0,17\%$ la chute de tension dans le conducteur est faible et on a bien : $\Delta U < \Delta U_{adm}$

V. 5. 2; 2). Pour le conducteur amont de k_3 on a un câble dont les caractéristiques :

$$L : 200, S_n : 10 mm^2; U_n : 5,5 kv$$

$$P : 200. Q : 150. X/km : 0,1 \quad r/km : 1,78$$

$$\Delta U = \frac{200(0,025 \cdot 1,78) + 150(0,025 \cdot 0,1)}{10(5,5)^2} = 0,045$$

Encore on a $\Delta U = 0,045 \ll \Delta U_{adm}$

5.2.3 Pour le conducteur amont .. K_4

On a $L = 600 \text{ m}$, $S_n = 16 \text{ mm}^2$, $r/\text{km} = 1,12$, $X/\text{km} = 0,094$

$U_N = 5,5 \text{ kv}$, $P = 160 \text{ kW}$, $Q = 120 \text{ kvar}$

$$\Delta U \% = \frac{100(0,6 \cdot 1,12) + 120(0,6 \cdot 0,094)}{10(5,5)^2} = 0,38 \%$$

Donc $\Delta U \% = 0,38 \% < adm \%$

On remarque qu'on a a toujours la condition $\Delta U \% < \Delta U_{adm} \%$
 donc on garde les même sections des câbles dans le cas où la chute
 de tension adminisible on augmentera la section du conducteur ce qui
 revienne sa résistance et sa réatence et l'on verifiera la relation.

$$\Delta U \% \leq \Delta U_{adm} \%$$



1°) Le choix technico-économique des groupes à installer a conduit au schéma général pour notre installation ce choix est fait en 1950 et il a conduit à donner naissance à l'installation qu'on a étudié et qui résiste jusqu'à ce moment d'où vient l'avantage d'une centrale hydro-électrique.

Cette centrale va subir la 1ère modification à l'heure actuelle, ce qui revient à changer le jeu de barre 150 kv avec jeu de barre de 220kv.

On regrette de ne pas avoir traité le choix techno-économique par manque de documentations.

2°) En général tous les éléments d'une installation électrique sont choisis en fonction du courant de C.C. la composante périodique du courant de C.C. est déterminé à l'aide des courbes de calcul pour les variations générales et séparées ; car les caractéristiques des générateurs sont connus et la distance électrique et petite. Les résultats trouvés nous montrent que le cas le plus défavorable pour les circuit auxiliaires correspond au lieu de C.C. situé sur le jeu de barre 5,5 kv, celui-ci à été dimensionné pour supporter un courant supérieur et peut donc être gardé pour les tous les courants de C.C. on a trouvé des valeurs qui sont supérieurs d'environ de 10-20% aux valeurs réelles.

3°) Les barres collectrice forment les nœuds des circuits qui travaillent sans la même tension. A cause de la sécurité réduite d'un seul jeu de barres, on utilise une barre supplémentaire appelée barre de transfert. Elle est connectée à la barre de base à l'aide d'un disjoncteur et deux dectionneurs qui forment un couplage de transfert.

les barres ont été dimensionnée à partir des déctions déduites des efforts électro-dynamiques les sections trouvées doivent être multipliées par un coefficient de sécurité.

4°) De tous ce qui est traité avant et à cause de l'utilisation des résultats pratiqués on trouve que les jeux de barres et les autres éléments correspondant aux circuits auxiliaires sont bien choisis et on peut les garder jusqu'à nouvelles modifications dans la centrale qui touche la centrale même.