

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre 1 : présentation de la centrale thermique de Ras-djinet | |
| I.1 Introduction aux centrales thermique..... | 3 |
| I.2 Organisation théorique des centrales thermique..... | 3 |
| I.2.1 Combustion..... | 3 |
| I.2.2 Ballon ou réservoir..... | 4 |
| I.2.3 Turbines..... | 4 |
| I.2.4 Condenseur..... | 5 |
| I.2.5 Réchauffeur..... | 5 |
| I.2.6 Pompes d'alimentation..... | 6 |
| I.2.7 Bruleurs..... | 6 |
| I.2.8 Ventilateurs de soufflage..... | 6 |
| I.3 Généralités sur la centrale thermique de Ras-djinet..... | 7 |
| I.3.1 Présentation..... | 7 |
| I.3.2 Choix du site..... | 7 |
| I.3.3 Commande et contrôle..... | 7 |
| I.3.4 Constitution et caractéristique technique de la centrale..... | 8 |
| 1. La combustion principale..... | 9 |
| 2. Le générateur de vapeur..... | 9 |
| 2.1 Caractéristiques de la chaudière..... | 10 |
| 2.2 Description du générateur de vapeur..... | 11 |

| | |
|--|----|
| 3. Turbine poste d'eau..... | 12 |
| 4. Alternateur..... | 12 |
| 5. Eau de réfrigération..... | 17 |
| 6. Dessalement eau de mer..... | 17 |
| 7. Déminéralisation..... | 17 |
| 8. Electro chloration..... | 17 |
| 9. Les auxiliaires électrique..... | 17 |
| 10. Les transformateurs..... | 18 |
| 11. Principe de fonctionnement d'une tranche de la production..... | 18 |

CHAPITER II : Généralité sur les protections

| | |
|---|-----------|
| 1-Introduction..... | 19 |
| II.1-Perturbation..... | 20 |
| II.1.1-Courant de court-circuit..... | 20 |
| II.1.2-Courant de surcharge..... | 21 |
| II.1.3-Perturbations transitoires..... | 22 |
| II.1.4-Déséquilibre..... | 23 |
| II.2-Propriétés des protections..... | 23 |
| II.2.1-Propriétés..... | 23 |
| II.3-Principe de base de protection..... | 24 |
| II.3.1-Protections ampérométriques et voltmétrique..... | 24 |
| II.3.2-Mode de sélectivité..... | 26 |
| II.4-Les éléments des systèmes de protections..... | 28 |
| II.4.1-Modèle structural de principe..... | 28 |
| II.4.2-Les transformateurs de mesures..... | 28 |
| II.4.3-Les relais | 30 |
| II.4.4-Les disjoncteurs..... | 33 |
| II.5-Protection des moteurs..... | 34 |
| II.6-Protection des transformateurs..... | 48 |
| III.1 description du jeu de barres 6,3 KV..... | 55 |

| | | |
|--|---|-----------|
| III.1.2 | Le transformateur de soutirage..... | 56 |
| 1.3 | Le Ventilateur de recyclage..... | 56 |
| 1.4 | LA Pompe d'extraction..... | 56 |
| 1.5 | La Pompe Alimentaire..... | 57 |
| 1.6 | Le Ventilateur de soufflage..... | 58 |
| 1.7 | La Pompe de circulation..... | 58 |
| III.2 | Les principaux défauts pouvant atteindre le jeu de barres..... | 59 |
| 2.1 | Court-circuit entre phase..... | 59 |
| 2.2 | Défaut phase-terre..... | 59 |
| 2.3 | Les Surcharges..... | 60 |
| 2.4 | Variations de la tension..... | 61 |
| 2.5 | Présence d'une composante inverse et marche en monophasé..... | 61 |
| 2.6 | Fréquence de démarrage trop élevée..... | 61 |
| 2.7 | Blocage en marche d'un moteur et démarrage trop long..... | 61 |
| III.3 | Choix des protections adaptées..... | 62 |
| 3.1 | Court-circuit entre phase..... | 62 |
| 3.2 | Défaut phase-terre..... | 62 |
| 3.3 | Les surcharges..... | 63 |
| 3.4 | Présence d'une composante inverse et marche en monophasé..... | 63 |
| 3.5 | Variations de la tension..... | 63 |
| 3.6 | Fréquence de démarrage trop élevée..... | 63 |
| 3.7 | Blocage en marche d'un moteur et démarrage trop long..... | 63 |
| CHAPITER IV : Les calculs électriques | | |
| IV.1- | Introduction et définition..... | 64 |
| IV.2- | Dimensionnement du transformateur de soutirage (TS)..... | 64 |
| IV.3- | Choix des câbles..... | 64 |
| IV.3.1- | L'âme..... | 65 |
| IV.3.2- | L'enveloppe..... | 65 |
| IV.3.3- | Les gaines d'étanchéités et de protection..... | 65 |
| IV.4- | Calculs et choix des sections..... | 66 |
| IV.4.1- | Détermination de la section imposée par la chute de tension..... | 66 |
| IV.4.2- | Détermination de la section économique..... | 69 |

| | |
|--|----|
| IV.4.3-Détermination de la section imposée par l'échauffement..... | 72 |
| IV.4.4-Détermination de la section de court-circuit..... | 77 |

Chap. V : Les protections du jeu de barres 6,3 KV

| | | |
|--------|--|------------|
| I. | Introduction..... | 83 |
| II. | Les protections des éléments du jeu de barres..... | 83 |
| III. | Etude des protections du jeu de barres 6,3 KV..... | 84 |
| III.1 | Relais directif de mise à la terre F90..... | 84 |
| III.2 | Relais de protection contre l'interruption de conducteur F08..... | 87 |
| III.3 | Relais de protection manque de phase F42..... | 89 |
| III.4 | Relais de protection manque de phase F40..... | 92 |
| III.5 | Circuit de surintensité a retardement thermique 3UC2, 3UC3 en tant que relais secondaire pour démarrage difficile..... | 94 |
| III.6 | Protection différentielle F32..... | 100 |
| IV. | Les disjoncteurs..... | 102 |
| IV.1 | Dimensionnement d'un disjoncteur..... | 102 |
| IV.1.1 | Les éléments à prendre en compte pour le choix d'un disjoncteur..... | 102 |
| IV.1.2 | Méthode de dimensionnement..... | 103 |
| IV.2 | Disjoncteurs utilisés en MT..... | 103 |
| V. | Principe de fonctionnement..... | 104 |
| VI. | Avantages et inconvénients de ces protections..... | 105 |
| VII. | Schéma de protections..... | 105 |
| | Conclusion générale..... | 128 |

Introduction Générale :

La fin du 20^{ème} et le début du 21^{ème} est marqué par une consommation remarquable de toutes les énergies en particulier l'énergie électrique. Cette dernière trouve naissance dans des centrales génératrices où la production se base sur une transformation d'une énergie mécanique ou thermique à une énergie électrique, de nos jours même les réactions chimiques donnent une satisfaction.

L'énergie électrique se distingue des autres formes d'énergie par l'impossibilité de la stocker, d'où la nécessité d'ajuster la production à la consommation, la facilité de la transporter et la facilité de modifier à volonté ses caractéristiques, grâce aux transformateurs, pour l'adapter aux nécessités du transport ou de l'emploi.

Le classement de ces centrales électriques se fait selon leur mode de fonctionnement et la nature de l'énergie primaire : Energie chimique de liaison (le charbon, pétrole et ses dérivés, gaz naturel), l'énergie atomique de liaison (la fusion utilisation des atomes, la fission utilisation de l' U_{235}), l'énergie potentiel et cinétique (utilisation du potentiel, hydraulique, utilisation du potentiel éolien des vents) et l'énergie du rayonnement (rayonnement thermique solaire, rayonnement lumineux solaire).

Les centrales de production d'énergie électrique sont divisées en trois catégories.

La centrale de base qui fonctionne de façon continue à leur puissance optimale. Parmi ce fonctionnement on trouve (les centrales thermiques, les centrales hydrauliques et les centrales thermiques solaires).

Ces centrale peuvent produire jusqu'à 80% de l'énergie totale consommée. Ce mode d'utilisation de centrale est possible à cause du prix abordable par rapport aux autres énergies.

Les centrales mixtes qui sont prévues pour un fonctionnement périodique, le prix du combustible étant élevé. La courbe exprimant la demande énergétique détermine les moments de leur mise en service.

Les centrales de pointes se sont des centrales dont le démarrage est très rapide et facile. Ce qui permet de palier vite au déficit énergétique. Ce sont des centrales à réservoir d'énergie comme les centrales hydrauliques, ou bien des centrales thermiques ayant un stockage de vapeur.

Les centrales génératrices différent entre elles par l'origine de la force motrice et la nature de la machine motrice, d'où la classification suivante :

Les centrales hydro-électriques l'énergie est produite par une chute d'eau utilisée dans une turbine hydraulique.

D'après la hauteur de la chute, on distingue les centrales à basse (inférieure à 30 m), moyenne chute ($30\text{ m} < h < 200\text{ m}$) et haute chute (supérieure à 200 m) à chacune de ces centrales correspond un type de turbine particulier (turbine PELTON pour hautes chutes, FRANCIS pour moyennes chutes, et KAPLAN pour basses chutes).

Dans les centrales thermiques l'énergie produite par la combustion d'un combustible, est utilisée dans des turbines à vapeur, des turbines à gaz ou des moteurs diesel.

Dans les centrales nucléaires l'énergie est produite par une réaction nucléaire. La chaleur produite par cette réaction est utilisée dans une turbine à vapeur.

Dans les centrales solaires l'énergie est produite par le rayonnement solaire réfléchi par des héliostats entourant une tour solaire, la lumière réfléchie est collectée par un système optique de transmission, à travers l'atmosphère, vers un foyer (chaudière située sur la tour) ou l'énergie est concentrée.

Une fois l'énergie produite, des lignes à haute tension l'acheminent vers les postes d'interconnexion servant de points d'alimentation pour les réseaux régionaux.

Les compagnies d'électricité consentent des investissements considérables dans les réseaux électriques afin d'alimenter leurs clients aux meilleurs conditions de coût et de qualité de service. Cependant, il n'est pas possible de construire des réseaux électriques exempts de défauts de fonctionnement. Ils sont donc affectés de perturbations qui peuvent mettre en cause la pérennité du matériel et de la qualité du service rendu et dont il faut chercher à minimiser les conséquences.

Pour cela, on doit mettre en œuvre un ensemble de moyens destinés à éliminer la partie du réseau affectée, ce qui nécessite l'installation et le réglage de protections appropriées aux différents types d'éléments du réseau.

Notre travail consiste à étudier les protections d'un jeu de barres de 6,3 KV et de la centrale thermique à vapeur de Ras-djinet.

Pour ce faire nous avons réparti ce travail comme suit :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de la centrale thermique de Ras-djinet. Dans le second chapitre on a étudié les protections électrique en générale, la présentation du jeu de barres et les calcules électrique ont fait l'objet du troisième et quatrième chapitre. Enfin dans le dernier chapitre on a étudié les protections électriques du jeu de barres 6,3 KV.

I.1 introduction aux centrales thermiques :

Les centrales thermique produisent l'électricité à partir de chaleur qui se dégage de la combustion du charbon, du mazoute ou du gaz naturel .la plupart ont une capacité comprise entre 200 MW et 2000 MW afin de réaliser les économies d'une grosse installation.il suffit de visiter une telle centrale pour se rendre compte de sa complexité et de ses démentions imposantes. On la trouve souvent prés d'une rivière, d'un lac car d'énormes quantités d'eau sont requises pour refroidir et condenser la vapeur sortante des turbines. Comme dans la plupart des pays modernes les ressources hydrauliques sont déjà exploitées. On doit se fier sur les centrales thermiques pour produire l'énergie électrique supplémentaire requise, parallèlement à la croissance des centrales nucléaires.

I.2 Organisation théorique d'une centrale thermique :

Le schéma suivant illustre les éléments d'une centrale thermique :

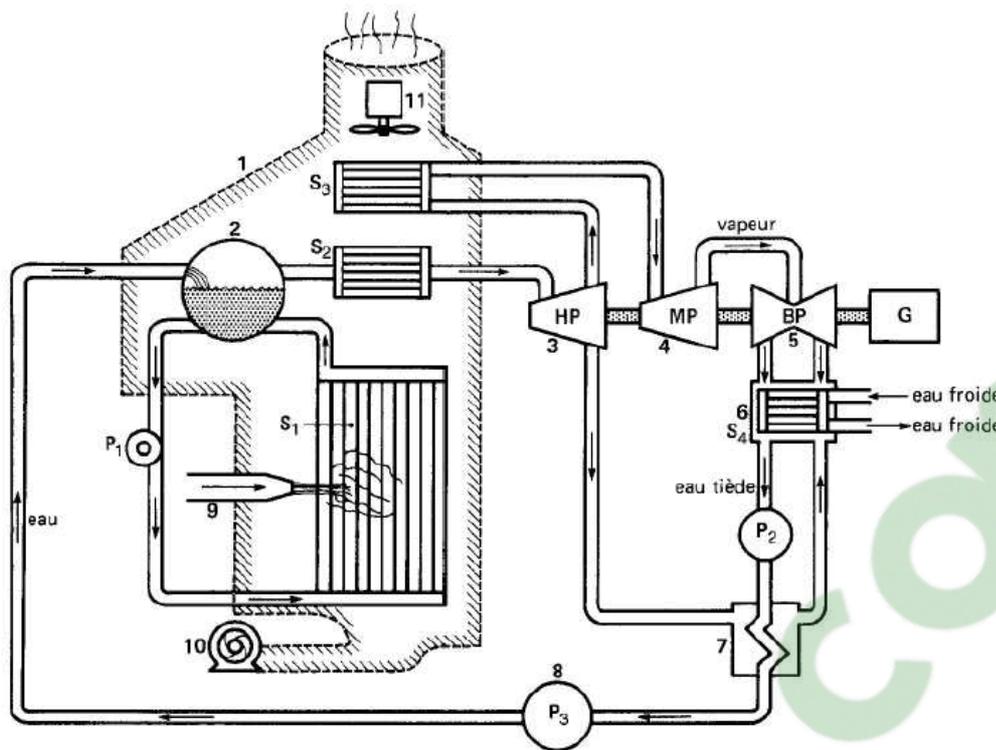


Fig. 1 les éléments de base d'une centrale thermique a vapeur

- La chaudière
- Ballon, ou réservoir
- Turbine haute pression
- Turbine moyenne pression
- Turbine basse pression
- Condenseur
- Réchauffeur
- 8. Pompe alimentaire
- 9. Bruleurs
- 10. Ventilateurs de soufflage
- 11. ventilateurs

I.2.1 La combustion :

La combustion consiste à bruler un combustible dans une chaudière, pour dégager une chaleur qui transforme l'eau en vapeur, le combustible est de trois types, charbon, fuel et gaz.

En étant le plus économique et le moins polluant, le gaz naturel paraît être le meilleur choix de combustible pour un centrale thermique.

I.2.2 La chaudière : (élément 1 de la figure 1)

Elle est immense et construite en hauteur, et dans laquelle on brule le combustible. La chaleur est absorbée par l'eau circulant dans une séries de tubes S₁ qui entourent les flemmes. La circulation est forcée par une pompe P₁.

I.2.3 Ballon, ou réservoir : (élément 2 de la figure 1)

Contenant de l'eau et de la vapeur à haute pression. Il constitue à la fois le point de départ de la vapeur vers la turbine et le récepteur de l'eau d'alimentation de retour. La Vapeur se dirige vers la turbine haute pression(HP) en passant par le surchauffeur S₂. Ce dernier, formé d'une série de tube entourant le feu provoque une forte augmentation de la température de la vapeur (200 °C environ). Cela assure une vapeur qui est absolument sèche et donne un meilleur rendement thermique.

I.2.4 Les turbines :

Les turbines contiennent une série d'aubes disposées autour d'une roue solidaire de l'arbre. La vapeur déviée par ces aubes crée ainsi un couple mécanique puissant. Les aubes sont faites d'acier particulièrement dur pour résister à la haute température et aux forces centrifuges intenses. Bien que les turbines soient généralement couplées ensembles pour entraîner un seul alternateur, dans certaines centrales de grandes puissances la turbine HP entraîne un alternateur tandis que les turbines MP et BP sont couplées pour entraîner un deuxième alternateur de même puissance.

Comme on vient de dire, on trouve trois types de turbines, la turbine haute pression (HP), moyenne pression (MP) et la turbine basse pression (BP).

1.2.4.1 Turbine haute pression (HP) : (élément 3)

Elle permet une première expansion de la vapeur durant laquelle une partie de l'énergie thermique est convertie en énergie Mécanique. La pression et la température à la sortie d'une turbine HP sont donc plus basses qu'à l'entrée. Afin d'augmenter le rendement thermique et pour éviter une condensation prématurée de la vapeur, on la fait passer par un réchauffeur S_3 composé d'une troisième série de tubes.

1.2.4.2 Turbine moyenne pression : (élément 4)

Elle est semblable à la turbine HP sauf qu'elle est plus grosse pour permettre à la vapeur de se détendre d'avantage.

1.2.4.3 Turbine basse pression : (élément 5)

Elle est à double carter qui enlève le reste de l'énergie thermique disponible dans la vapeur, permettant à cette dernière de se détendre dans le vide presque complet à l'extérieur du condenseur.

1.2.5 Condenseur : (élément 6)

Il provoque la condensation de la vapeur grâce à la circulation d'eau froide venant de l'extérieur et circulant dans des tubes S_4 . Une pompe d'extraction P_2 enlève l'eau tiède condensée et la pousse à travers le réchauffeur (7) vers la pompe P_3 alimentant la chaudière.

Environ la moitié de la chaleur dégagée dans la chaudière doit être extraite de la vapeur qui arrive au condenseur. Il faut donc d'énormes quantités d'eau pour refroidir celui-ci, l'eau venant d'une source extérieure circule à travers les tubes du condenseur qui agit effectivement comme échangeur de chaleur. La température de l'eau de refroidissement augmente de 5°C à 10°C lors de son passage à travers le condenseur. L'eau provenant de la condensation de la vapeur a une température comprise entre 27°C et 33°C , la température de l'eau de refroidissement est de quelque degré plus basse.

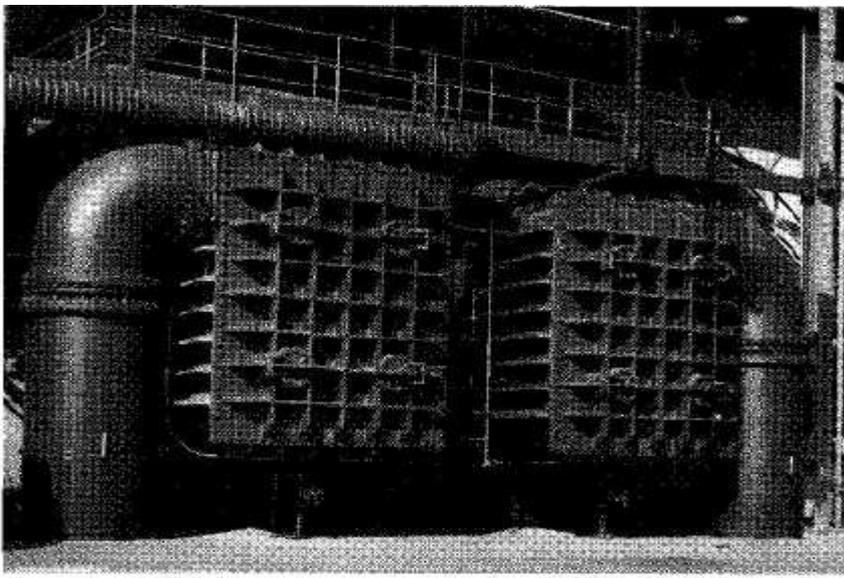


Figure 45-24
Condenseur de 220 MW installé à Houston, Texas. Remarquer la grosseur des tuyaux d'entrée et de sortie conduisant l'eau de refroidissement. Le condenseur joue un rôle tout aussi important que la chaudière dans les centrales thermiques et nucléaires (*gracieuseté de Foster Wheeler Energy Corporation*).

Fig.2 condenseur

I.2.6 Réchauffeur : (élément 7)

Dans cet échangeur de chaleur, une partie de la vapeur qui est passée par la turbine HP réchauffe l'eau d'alimentation. Après quoi la vapeur se condense aussi dans le condenseur. Les analyses thermodynamiques prouvent que le rendement ainsi obtenu est meilleur que si la vapeur dérivée dans le réchauffeur allait aux turbines MP et BP en passant par le réchauffeur S_3 .

I.2.7 Pompe d'alimentation P_3 : (élément 8)

C'est une pompe qui refoule l'eau d'alimentation contre la forte pression régnante à l'intérieur du ballon (2) et complète ainsi le cycle thermique.

Cette pompe prend la vapeur condensée du condensateur et la renvoie dans le ballon de la chaudière. Dans une centrale moderne la puissance de la pompe est d'environ 1% de celle débitée par la génératrice. Bien que cela semble représenter une perte importante, on doit réaliser qu'elle sert à augmenter la pression de l'eau. L'énergie est donc récupérée lors de son passage (sous forme de vapeur) à travers les turbines, de sorte que la perte est effectivement nulle.

I.2.8 Les brûleurs : (élément 9)

Il provoque la combustion du gaz, du mazout ou du charbon pulvérisé projeté à l'intérieur de la chaudière.

Avant d'être projeté dans la chaudière, le charbon est réduit en poudre. De la même façon, l'huile lourde est préchauffée et soufflée en jet vaporisé afin d'augmenter sa surface de contact avec l'air environnant.

I.2.9 Ventilateurs de soufflage : (élément 10)

Ils sont conçus afin de souffler l'air requis pour la combustion.

I.2.10 Ventilateurs : (élément 11)

Ils sont placés dans la cheminée afin d'aspirer les gazes qui s'échappent par cette dernière.

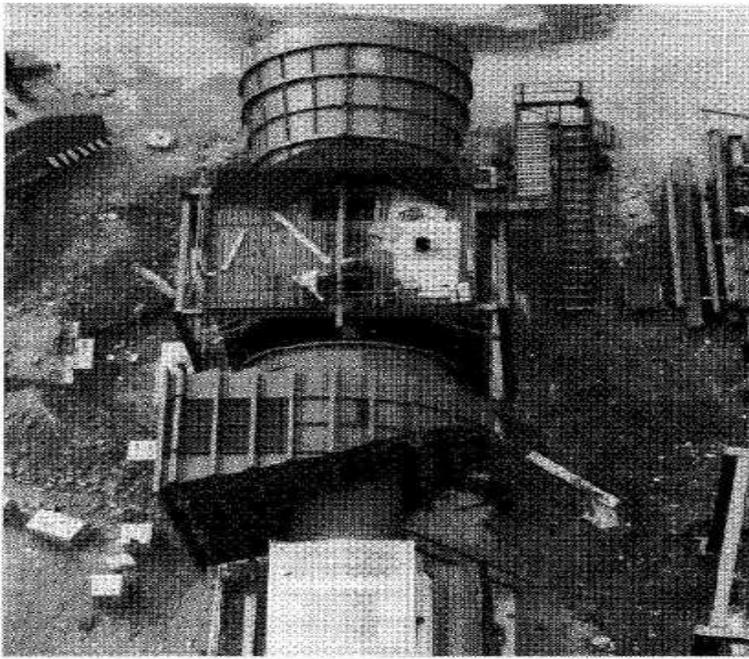


Figure 45-21
Ce ventilateur alimente en air une chaudière de la centrale thermique de Martin's Creek, Pennsylvanie. Débit: $455 \text{ m}^3/\text{s}$; différence de pression: 5,8 kPA. Il est entraîné par un moteur d'induction triphasé de 4290 kW, 890 r/min

Fig.3 ventilateur

Remarque :

En pratique, une centrale contient bien d'autres appareils et accessoires essentiels pour assurer un bon rendement et des conditions sécuritaires. Ainsi, des vannes de réglage permettant de contrôler l'admission de la vapeur dans les turbines, un système d'épuration maintient la propreté de l'eau d'alimentation. Des pompes gardent les paliers en bon état de lubrification. Etc.

Cependant, les composants que nous venons de décrire suffisent à expliquer le fonctionnement et les problèmes de base d'une centrale thermique.

I.3 Généralités sur la centrale thermique de ras-djinet :

I.3.1 présentation :

La centrale électrique de ras-djinet est une centrale thermique à vapeur construite en 1987 dans la petite ville maritime de ras-djinet dans la wilaya de Boumerdes à l'est d'Alger, elle occupe une superficie de 35 hectares située au bord de la mer, elle fournit au réseau national une tension de 235kv et est dotée de quatre groupes avec une puissance de 176MW chacun, ainsi une puissance totale de 700MW.

I.3.2 choix du site :

Le choix du site est une étape très importante dans la construction de toute centrale et le site de ras-djinet a été choisi selon les critères suivants :

- 1-proximité de la mer.
- 2-proximité des consommateurs importants notamment la zone Industrielle de Rouïba et Reghaïa.
- 3-possibilités d'extension future.
- 4-conditions de sous-sol favorables, ne nécessitant pas de fondation Profonde.
- 5-située sur la route nationale Dellys-Alger, ce qui facilite son alimentation Par voie routière en fuel-oil domestique (mazout), et autre matériel.

I.3.4 Commande et contrôle :

La centrale thermique de Ras-djinet est caractérisée par une centralisation de commande. Les plus importants équipements pilotés par divers systèmes sont :

- poste d'eau turbine : commandé par un système à commande électronique.
- chaudière : commandée par un système de régulation électronique.
- Alternateur : soumis à la surveillance électronique.
- Turbine : soumise à une régulation électro-hydraulique.

De même, des équipements de supervision et d'analyse d'incidents très élaborés sont installés :

- Système des alarmes et signalisation électronique : Surveillance d'environ 500 alarmes et défauts par tranches ;
- Scrutateur de température à 55 entrées : surveillance permanente et impression (en cas de dépassement de seuil), des températures des paliers et des enroulements des motrices moyennes tensions importants ;
- Consignateur d'état à microprocesseur avec télé imprimante : surveillance et impression d'environ 500 défauts, état d'urgence et manœuvre d'organe importants par tranche ;
- Tachyperturbographe et oscilloperturbographe à mémoire électronique : surveillance d'environ 120 signaux mécaniques et électroniques par tranche. Toutes les commandes sont effectuées à partir d'une salle de contrôle centralisée commune à deux tranches.

I.3.5 Constitution et caractéristiques techniques de la centrale :

Le schéma suivant est un plan de masse de la centrale thermique de Ras-djinet représentant les différents bâtiments et installations du site.

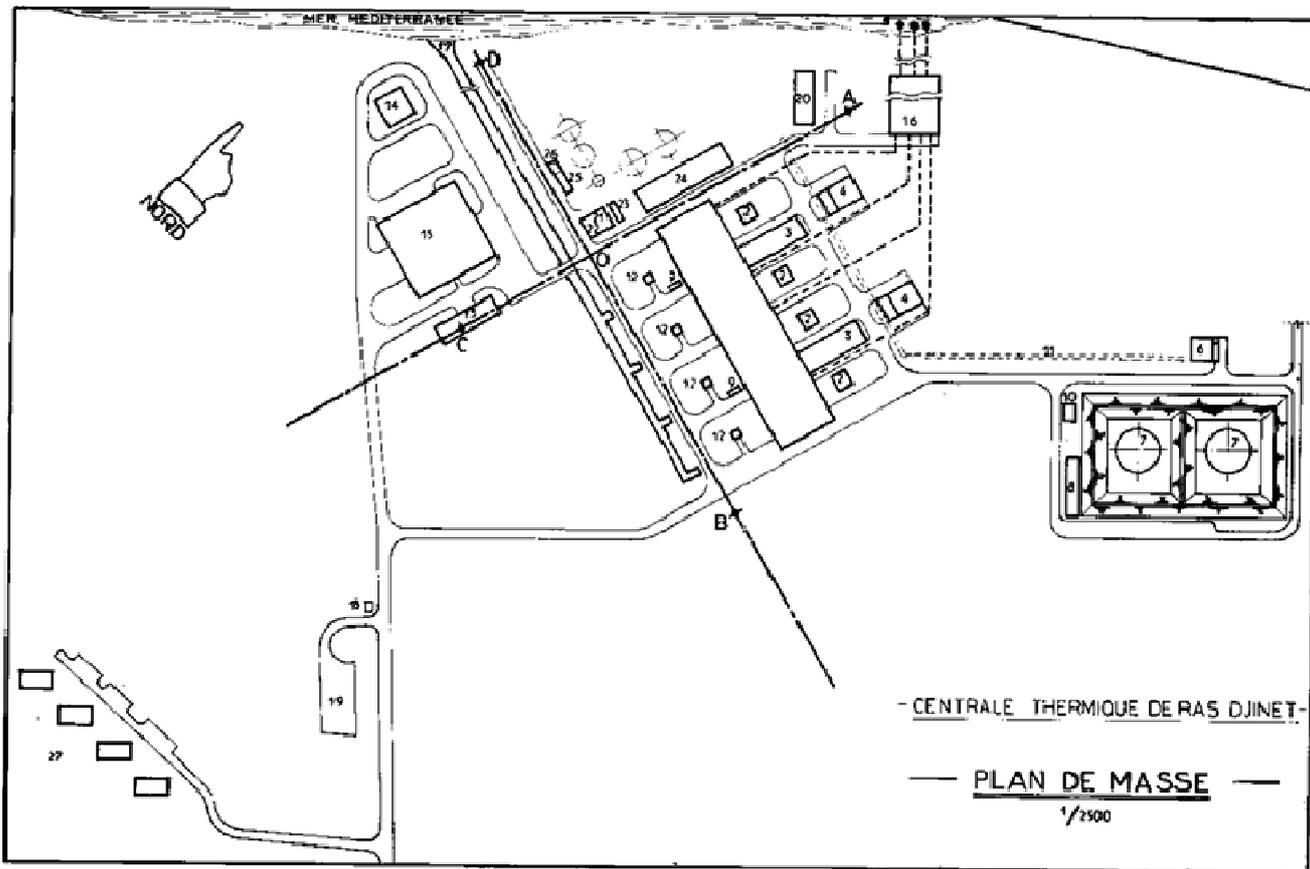


Fig 3. Plan de masse de la centrale

Légende:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1- Salle des machines | 15- Atelier magasin |
| 2- Chaudière | 16- Station de pompage |

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 3- Locaux des auxiliaires électriques | 17- Canal et rejet d'eau de mer |
| 4- Locaux des auxiliaires mécaniques | 18- Potier |
| 5- Tour de prise d'eau de mer | 19- Parc a voiture |
| 6- Station détente gaz | 20- Station de chloration |
| 7- Réserve stockage fuel | 21- préparation d'eau potable |
| 8- Station pompage et dépotage fuel | 22-Déminéralisation |
| 9- Charpente d'alimentation en H ₂ | 23- fosse de neutralisation |
| 10- Poste d'incendie a mousse | 24- Dessalement d'eau de mer |
| 11- Rack a tuyauteries | 25- Station des pompes d'incendie |
| 12- Aires des transformateurs | 26- Pompe d'eau déminéralisée |
| 13-Bâtiment administratif | 27- Logements |

1. La combustion principale :

La combustion principal utilisée dans la chaudière est le gaz naturel de Hassi R'mel, acheminé par gazoduc, il est moins polluant, plus économique et surtout plus disponible.

Un débit de 160 000 m³/heure de gaz est nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre groupes.

En cas d'indisponibilité du gaz naturel ou de panne dans le réseau d'alimentation en gaz, le secours est assuré par le fuel oil domestique, qui est stocké dans deux réservoirs de 10 000 m³ chacun.

2. Le générateur de vapeur (chaudière) :

Les générateurs de vapeur sont de type à circulation naturelle avec chambre de combustion pressurisée et avec resurchauffe.

L'alimentation en combustible se fait par 8 bruleurs répartis en quatre niveaux sur la façade avant de chaque générateur de vapeur. Chaque générateur de vapeur comprend notamment :

- Des tubes porteurs.
- Un surchauffeur primaire (convection).
- Un surchauffeur secondaire (rayonnement).
- Un surchauffeur tertiaire (convection).
- Un re-surchauffeur.
- Un ballon et un économiseur.
- Trois désurchauffeurs par eau.
- Deux ventilateurs de recyclage assurant la régulation de la température de la vapeur resurchauffée.
- Deux ventilateurs de soufflage assurant le débit d'air nécessaire à la combustion.

2.1 Caractéristiques de la chaudière :

Les caractéristiques principales de la chaudière sont :

a) puissance électrique :

- **La puissance nominale P_n=176 MW** : la puissance ou la consommation de chaleur spécifique est au minimum ; égale au rendement optimal du point de vue économique.
- **La puissance maximale P_m=176 MW** : la puissance maximale que la tranche est capable de fournir de façon continue.
- **La puissance technique minimale P_i=44 MW** : la puissance minimale que la tranche est capable de fournir de façon continue pendant la marche automatique.

b) Débit de vapeur :

- Q_n=523,9 t/h débit de vapeur a P_n
- Q_m=530 t/h débit de vapeur a P_m
- Q_{max}=530 t/h débit de vapeur a P_{max}
- Q_i=130,6 t/h débit de vapeur a P_i
- 300 t/h charge de la chaudière a partir de laquelle il faut réaliser 540° c , qui est la température de calcul du surchauffeur.

- 320 t/h charge de la chaudière a partir de laquelle il faut réaliser 540°c , qui est la température de calcul du resurchauffeur.

c) Pression nominale :

- Timbre dans la partie haute pression 172 bar abs .
- Timbre dans la partie moyenne pression 48 bar abs .
- Pression de service sortir surchauffeur HP 145,7 bar abs.
- Pression de service sortir resurchauffeur 37 bar abs.

d) Température nominale :

Les températures mentionnées ci-dessous sont s'appliquent a un débit de vapeur supérieur a : 300 t/h (partie HP)

320 t/h (partie resurchauffeur)

- Température de vapeur sortie surchauffeur HP 540° C
- Température de vapeur sortie resurchauffeur 540° C
- Température avant Turbine 535° C

e) Les valeurs garanties :

➤ **Température :**

Température de vapeur vive a la sortie de la surchauffeur a partir d'un débit de 300 t/h est de **540° C**.

Température de vapeur resurchauffée a la sortie du resurchauffeur, a partir d'un débit de 320 t/h est de **540° C**.

➤ **Pression :** (pression de sortie pour Q_n)

Pression a la sortie du surchauffeur HP 145,6 bars abs.
Pression a la sortie du resurchauffeur 36,9 bars abs.

➤ **Débit de vapeur :**

Charge continue maximale, Q_n 530 t/h
Charge continue maximale, Q_i 130,6 t/h

2.2 Description du générateur de vapeur :

La chaudière à circulation naturelle, système EVT/SGP, qui est employée dans notre cas, contient deux tirages. Le premier, que forment les murs membrane du vaporisateur qu'on a soudés les une contre les autres de manière à les rendre étanches aux fumées, on abrite les surchauffeurs HP et MP, ainsi que l'économiseur. De cette façon, le deuxième tirage ne se compose plus que d'une gaine de fumée débouchant, en bas, au réchauffeur d'air rotatif. Tout comme le ballon, l'ensemble du système vaporisateur est suspendu dans la charpente de chaudière.

Le surchauffeur et l'économiseur, eux sont suspendus à d'ainsi-nommés tubes-support maintenus, à leur tour, par la charpente de chaudière. Ces mesures-ci garantissent le libre jeu du corps de la chaudière. Y compris des surchauffeurs, sous l'effet des dilatations thermiques, sans pour autant permettre que surviennent des sollicitations inadmissibles, et par la, une tension aux niveaux des tubes et des parois tubulaires.

Etant donné le fait que le service de la chauffe se déroule avec une surpression coté fumées. Les murs membrane du vaporisateur renfermant la chambre de combustion sont munis de bandages raidisseurs.

3. Turbines et poste d'eau :

Les turbines sont à condensation et à soutirage. Elles sont composées de trois corps : haute pression, moyenne pression, basse pression.

Lors du démarrage, les corps de la turbine sont by-passés, permettant un conditionnement de la vapeur. Chaque turbine entraîne un alternateur de 220 MVA. Après détente dans la turbine, la vapeur vient se refroidir dans le condenseur à simple parcours et exploitable moitié par moitié. Le débit d'eau de mer nécessaire à la réfrigération de chaque condenseur est de 25000m³/h.

Des soutirages au nombre de 6 alimentent 3 réchauffeurs BP, 2 réchauffeur HP et le dégazeur bêche alimentaire. Les réchauffeurs BP sont de type horizontal, et les réchauffeurs HP sont de type vertical.

Deux pompes d'extraction plein débit et 3 pompes alimentaires à demi-débit dont une réserve véhiculant l'eau à travers les réchauffeurs HP puis vers la chaudière.

4. L'alternateur :

L'alternateur comme toutes les machines électrique est constitué de deux partie l'une fixe et l'autre tournante.

4.1 Le stator :

Pour des raisons de fabrications, de montage et de transport. Le stator se compose de deux parties principales qui sont les suivantes :

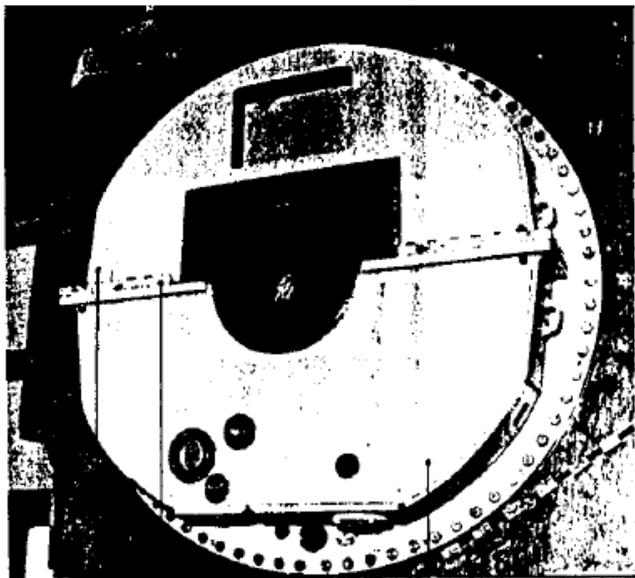
a) Enveloppe :

Elle est de forme cylindrique, elle comporte le circuit magnétique, et elle doit être rigide pour supporter les parties actives ainsi que les forces et les moments apparaissant en service. Sa résistance doit supporter une pression relative d'environ 10 bars (refroidi par l'hydrogène).

b) Paliers flasques : L'enveloppe du stator est fermé cote turbine et cote excitatrice par des flasques résistant à la pression. Les flasques contiennent les paliers de l'alternateur et les étanchéités d'arbre. Chaque flasque est réalisée en deux parties.

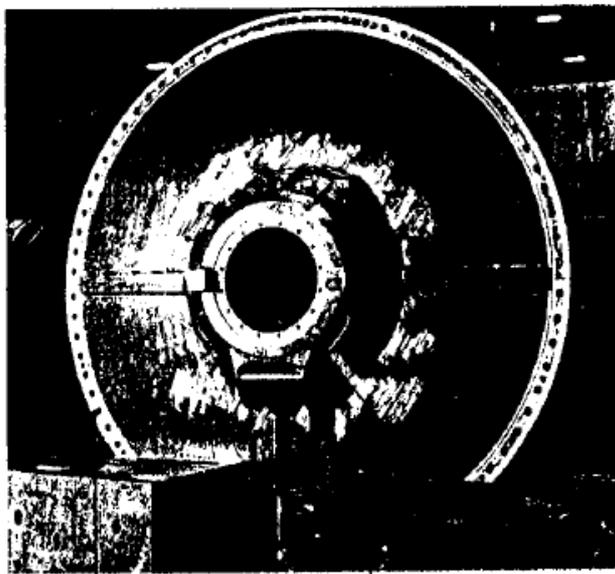
-caisson creux

-nervure radiale et axiale et les parois frontales leur donnent la rigidité nécessaire.



1 enveloppe du stator
2 demi-flasque supérieur
3 plan de joint
4 demi-flasque inférieur

Fig. 1 Palier flasque monté



1 bride du palier flasque
2 tuyauterie d'alimentation en huile d'étanchéité

Fig. 2 Palier flasque vu de l'intérieur de l'alternateur

Fig.4.a paliers flasques, un monté de l'extérieur,

Fig.4.b Palier flasque monté de l'intérieur

4.2 Le rotor:

Le rotor se compose essentiellement des trois parties suivantes :

a)Arbre :

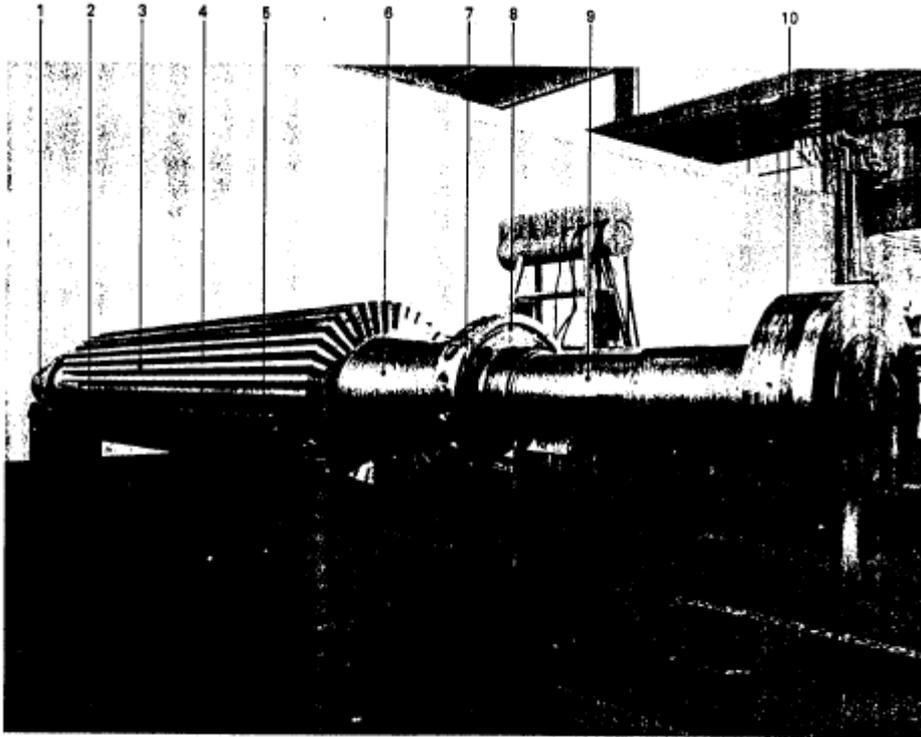
L'arbre se compose d'une partie active appelée table et de deux fusées.

-**la table** : elle est pourvu sur environ 2/3 de sa sur conférence d'encoche longitudinale que reçoit l'enroulement inducteur.

- **fusées** : les extrémités libres des deux fusées sont usiné »s en forme de brides et constituant les plateaux d'accouplement qui servent a relier le rotor de l'alternateur a la turbine et a l'excitatrice.

b) l'enroulement :

L'enroulement inducteur se compose de plusieurs bobines logées dans les encoches longitudinales de la table de l'arbre du rotor. Les bobines sont enroulées de façon à constituer deux pôles.



- | | | |
|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| 1 fusée côté excitatrice | 5 trou d'équilibrage | 8 rainure d'équilibrage |
| 2 pôle | 6 fusée côté turbine | 9 emplacement du palier |
| 3 dent | 7 moyeu du ventilateur | 10 accouplement côté turbine |
| 4 encoche | | |

Fig. 1 Arbre du rotor

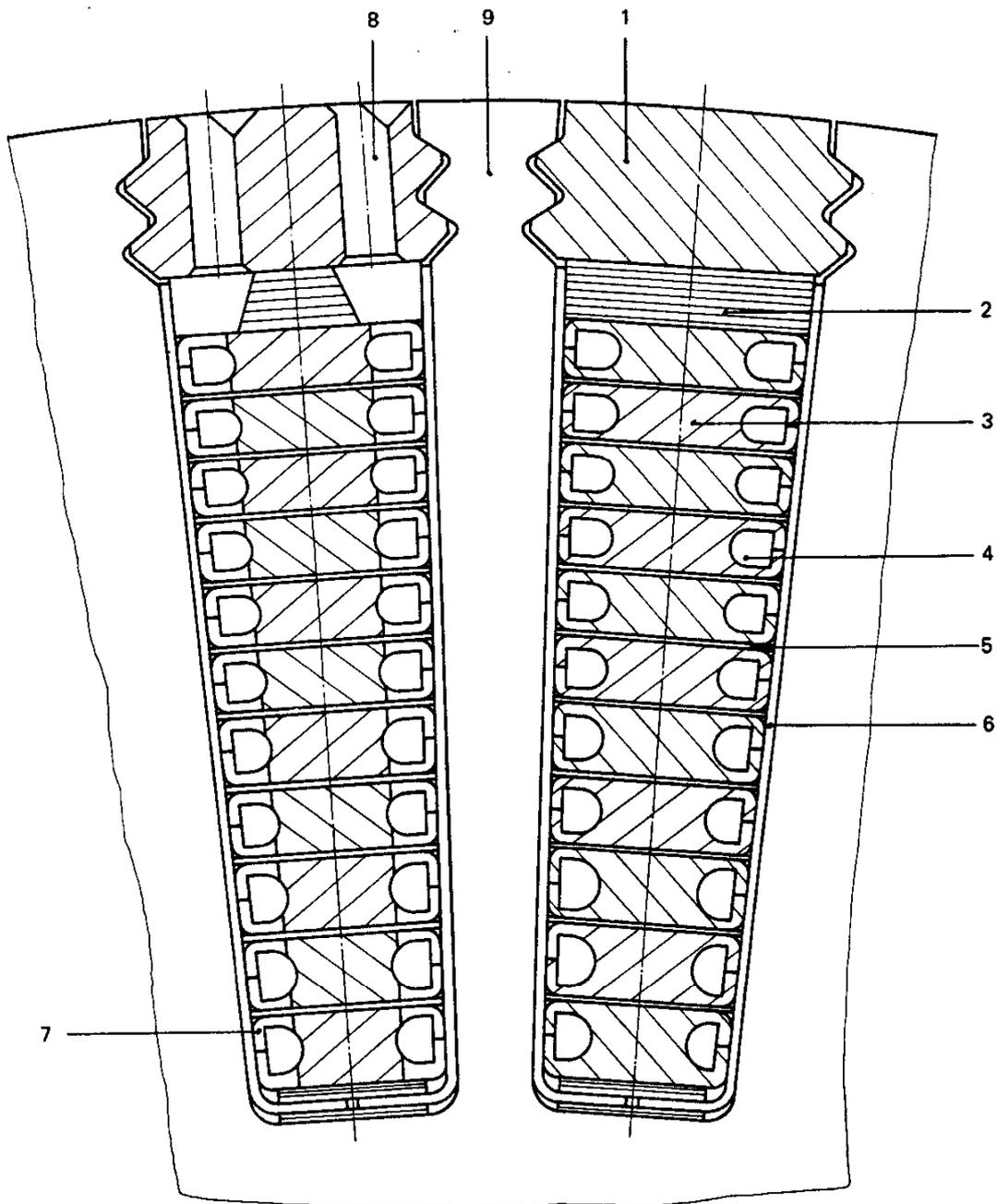
Fig.5 Arbre du roto

4.3 Les caractéristiques principales de l'alternateur :

- Tension nominale : 15 ,5 KV
- Puissance apparente : 220 MVA
- Puissance active : 176 MW
- $\text{Cos } \phi = 0,8$
- Excitation : à diodes tournantes
- Régulation de tension : automatique
- Poids du stator complet : 198 tonnes
- Poids du rotor seul : 36,7 tonnes

Les encoches du rotor :

Les encoches sont de forme ovale à plusieurs couches comme l'illustre la figure suivante :



- | | |
|----------------------------|--|
| 1 clavette | 6 isolation latérale |
| 2 calage de tête d'encoche | 7 sortie radiale de gaz de refroidissement |
| 3 conducteur creux | 8 orifice de gaz de refroidissement |
| 4 canal de refroidissement | 9 arbre du rotor |
| 5 isolation entre spires | |

Remarque: Le nombre de conducteurs représentés ne coïncide pas forcément avec celui de l'alternateur décrit.

Fig.6 encoche du rotor

4.4 L'excitatrice :

L'excitatrice principale est à induit tournant et inducteur fixe (alternateur inverse), le groupe d'excitation est à redresseur tournant et comprend les éléments suivants :

- Roue à diodes.
- Excitatrice principale triphasée.
- Excitatrice pilote triphasée.
- Réfrigérants.
- Equipements de mesure et de surveillance.

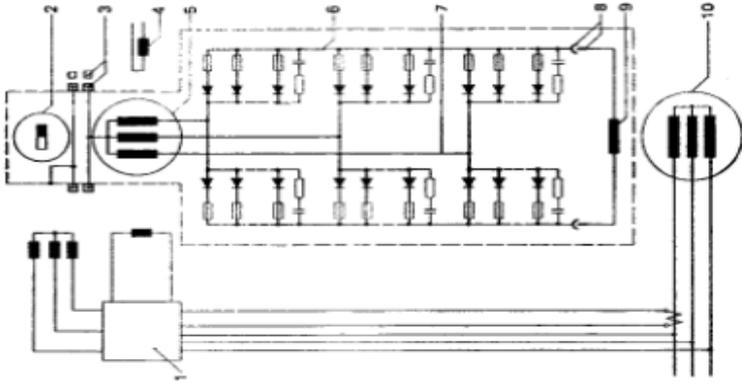


Fig.7 schéma de principe de l'excitation à diodes tournantes sans balais

- 1-Régulateur
- 2-Excitatrice pilote a aimants permanents
- 3-Bagues à balais de détection de masse du rotor
- 4-Mesure inductive du courant d'excitation
- 5-Excitatrice triphasée
- 6-Pont redresseur a diodes silicium
- 7-Connexion triphasé
- 8-Système d'accouplement multi-contact
- 9-Enroulements du stator
- 10-Enroulements du rotor

5. Eau de réfrigération :

Les prises d'eau se situent en mer à 900 m de la station de pompage et de filtration. De cette dernière, partent 3 tuyaux en béton de 3 m de diamètre alimentant la station de pompage qui comporte pour chaque tranche :

- Une grille filtrante à grosses mailles et dérailleurs
- Un tambour filtrant, à maille fines, muni d'un dispositif automatique de lavage.
- 2 pompes de circulation de 12 000 m³/h, qui refoulent l'eau jusqu'au condenseur à travers les tuyaux Bonna.
- Diverses pompes d'alimentation en eau de mer de services auxiliaires (dessalement, électro chloration, secours circuit incendie).
- Après traversée du condenseur, l'eau de réfrigération est rejetée à la mer au moyen d'un canal et d'un système de rejet.

6. Dessalement de l'eau de mer :

Compte tenu du déficit en eau douce dans la région, quatre unités de dessalement de 500m³/jour chacune assurent la production d'eau pour les appoints au cycle thermique. Ces unités sont de type multi-flash. L'eau dessalée est stockée dans deux réservoirs de 2 700 m³ chacune avant d'être déminéralisée.

7. Déminéralisation :

Deux chaînes de déminéralisation de 40 m³/h chacune, parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle. Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux réservoirs de 1 500 m³ chacun.

8. Electro chloration :

La chloration de l'eau de mer permet de préserver les équipements traversés par l'eau de mer contre la prolifération d'organisme marins.

Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium. La production de ce dernier est assurée par une station d'électro chloration (par électrolyse de l'eau de mer) d'une capacité de 150 kg par heure de chlore actif.

9. Les auxiliaires électriques :

Les auxiliaires électriques se situent à l'intérieur de deux bâtiments à 5 niveaux, situés chacun entre deux chaudières.

On y trouve :

- Niveau 5,15 m NGA : salle des câbles.
 - Niveau 8,35 m NGA : tableaux MT-BT.
 - Niveau 11,65 m NGA : salle des câbles.
 - Niveau 14,75 m NGA : batterie, redresseurs et salles électroniques.
 - Niveau 18,65 m NGA : salle de commande, installation climatisation.
- (NGA : Niveau Général d'Algérie par rapport à la mer.)

10. Les transformateurs :

Chaque tranche de la centrale comprend quatre types de transformateur qui remplissent des rôles différents.

a) Transformateur principal (15,5 KV / 235 KV) :

C'est un transformateur élévateur de tension placé entre l'alternateur et le réseau, l'alternateur lui fournit une tension de 15,5 KV et il la transforme en 220 KV en vue du transport. Le couplage est triangle étoile (Δ/Y). Le refroidissement du transformateur se fait à l'huile, l'huile refroidie à son tour par l'air.

b) Transformateur de réseau (63 KV / 6,3 KV) :

C'est un transformateur de secours, il est alimenté par un réseau de 63 KV, avec une tension prélevée du réseau d'interconnexion. Son rôle est d'alimenter les groupes diesel de secours en vue d'un démarrage au cas où il y'aurait absence de tension sur le transformateur principal en raison de l'arrêt de l'alternateur ou défaut sur un disjoncteur.

c) Transformateur de soutirage (15,5 KV / 6,3 KV) :

C'est un transformateur abaisseur doté d'une puissance nominale de 20 MVA, le couplage est triangle étoile (Δ/Y), il reçoit une tension de 15,5 KV de l'alternateur et il alimente un jeu de barre avec 6,3 KV, un jeu de barre qui alimente à son tour l'ensemble des auxiliaires moyennes et basses tensions.

d) Transformateur MT/BT (6,3 KV / 400 V) :

C'est un transformateur doté d'une puissance nominale de 1250 KVA, son rôle est d'alimenter les auxiliaires basses tensions de 400 V à partir du jeu de barre moyenne tension 6,3 KV.

11. Principe de fonctionnement d'une tranche de la production :

L'eau d'alimentation se trouvant dans la bêche alimentaire est pompée par les trois pompes alimentaires RL 12, 22,32 D001. Après avoir quitté les pompes alimentaires, l'eau passe par les préchauffeurs HP, RF 50 et RF 60 afin d'être préchauffé, elle passe ensuite par la vanne de réglage pour eau d'alimentation RL 50 S 003, et l'économiseur avec une pression de 160 barres et une température de 246°C, avant d'arriver au ballon de la chaudière.

La zone de vaporisation en eau par quatre tubes de descente qui partent tous du ballon. Ils débouchent dans le collecteur inférieur du vaporisateur.

Le mélange eau-vapeur monte dans les tubes chauffés des murs-membrane vers les collecteurs supérieurs de la zone de vaporisation (circulation naturelle), ou des tubes de dégagement le ramènent au ballon. Les cyclones séparateurs d'eau y réalisent le dégagement de vapeur qui est transportée aux surchauffeurs, tandis que l'eau ainsi obtenue participe à nouveau à la circulation naturelle du système de vaporisation.

Des tubes de contournement mènent aux tubes-support la vapeur séparée des eaux par les cyclones. Ce faisant, ils la conduisent dans les collecteurs supérieurs des tubes supports, les tubes-support, la grille des tubes support, et ensuite dans les collecteurs inférieurs des tubes support.

La grille des tubes-support constitue celle des surfaces chauffantes du surchauffeur qui est le plus près de la chambre de combustion, formant ainsi une protection contre le rayonnement au profit des surchauffeurs placés derrière elle coté fumées, et qui sont suspendus aux tubes-support.

En sortant du collecteur inférieur des tubes-support, la vapeur arrive au surchauffeur HP 1, ensuite elle quitte pour passer les désurchauffeurs 1 (à droite et à gauche) pour arriver au surchauffeur HP 2.

Après avoir quitté celui-ci pour les désurchauffeurs 2 (à droite et à gauche) pour arriver enfin au surchauffeur HP 3 (surchauffeur final). Les surchauffeurs 1 à 3 constituent des lignes parallèles individuelles. Ceci permet aux désurchauffeurs 1 et 2 de compenser une différence de température coté fumées. Une fois que la vapeur quitte le surchauffeur 3, elle se dirige vers le corps haut pression (HP) de la turbine avec une pression de 172 barres et une température de 540°C.

Après avoir quitté les clapets non-retour à la sortie de la turbine HP, la vapeur passe par deux resurchauffeurs avant d'arriver au corps moyen pression (MP) de la turbine, pour aller directement à la turbine basse pression qui entraîne le turbo-alternateur qui transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique qui alimente le réseau.

En sortant de la turbine BP, une grande partie de la vapeur se détend dans le condenseur ou elle est transformée en eau, ensuite cette eau est extraite vers les réchauffeurs basses pression qui se trouvent juste après le condenseur par des pompes d'extraction. Alors qu'une partie va directement dans les réchauffeurs basse pression, pour des raisons de rendement thermique.

Une fois que l'eau quitte les réchauffeurs BP elle va directement dans la bêche alimentaire, et refaire ensuite un autre cycle.

La figure suivante représente une synoptique d'une tranche de production.

INTRODUCTION :

L'énergie électrique est un besoin vital pour l'homme dans sa vie de tous les jours. Elle est l'œuvre de l'implication de l'homme et la machine. Tous les deux se protègent mutuellement. Les réseaux électriques font l'objet d'incidents de causes diverses, s'ils ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent être préjudiciable aux personnes et aux matériels d'où la nécessité des dispositifs de protection qui entrent dans le cadre de la protection du personnels et de la machine.

Le réseau électrique comprend trois grandes étapes, la production de l'énergie électrique, le transport et la distribution. Chaque équipement est doté d'un ensemble de protections souvent de nature complémentaire et à caractère instantané ou différé.

L'objectif primordial de la protection est d'éliminer le défaut par l'action instantanée d'un relais électromagnétique ou retardée par un relais temporisé. Selon le type du défaut, la protection intelligente émet un signal de déclenchement du disjoncteur, et par conséquent la mise hors tension et la signalisation pour informer les opérateurs sur la nature du défaut et de prendre les mesures adéquates.

II.1. Perturbations :

Elles sont une gêne pour les utilisateurs et les fournisseurs de l'énergie électrique sans qu'il y ait de véritable coupure du réseau électrique. D'une façon générale, quelle que soit la perturbation, les effets peuvent être classés en deux types différents:

- **Effets instantanés :** Manœuvres intempestives de contacteurs ou d'organes de protection, mauvais fonctionnement ou arrêt d'une machine. L'impact de la perturbation est alors directement remarquable sur le plan financier et technique.
- **Effets différés :** Pertes énergétiques, vieillissement accéléré du matériel dû aux échauffements et aux efforts électrodynamiques supplémentaires engendrés par les perturbations. L'impact financier est difficilement quantifiable.

L'évolution de la technologie a permis le développement et la généralisation des automatismes, des variateurs de vitesse dans l'industrie, des systèmes informatiques, des éclairages fluo-compact dans le tertiaire et le domestique. Ces équipements ont la particularité d'être à la fois sensibles aux perturbations de la tension et générateurs de perturbations.

Leur multiplicité au sein d'un même procédé exige une alimentation électrique de plus en plus performante en termes de continuité et de qualité. En effet, l'arrêt temporaire d'un élément de la chaîne peut provoquer l'arrêt de l'outil de production (traitement de l'eau, imprimerie, pétrochimie...) ou de service (banques, télécommunications...).

II.1.1 Courant de court-circuit :

Le courant de court-circuit de nature instantanée est une surintensité produite par un défaut d'impédance dont la valeur devient négligeable entre deux points du même circuit.

Les dispositifs de détection réservés à cette perturbation sont :

- Relais électromagnétiques.
- Fusibles (ils ne déclenchent pas).

Les causes susceptibles de produire un courant de court-circuit sont:

- Rupture de conducteurs.
- Coup de foudre.
- Contact intempestif.
- Claquage d'isolant.
- Fausse manœuvre.

Les Conséquences engendrées par un courant de court-circuit sont :

- Surintensité.
- Chute de tension.
- Déséquilibre.
- Echauffement.
- Chute de fréquence.
- Perte de synchronisme.
- Création d'effort électrodynamique en particulier sur les transformateurs.

II.1.2 Courant de Surcharge :

Le courant de surcharge est une surintensité de nature progressive qui se produit dans un circuit sain suite à une augmentation de la charge.

Les dispositifs de détection réservés à cette perturbation sont :

- Relais thermiques.
- Fusibles.

Les causes susceptibles de produire un courant de surcharge sont :

- Appareil utilisé au-delà de sa puissance nominale (volontaire ou accidentelle).
- Mauvais fonctionnement.

Les conséquences occasionnées par un courant de surcharge sont :

- Surintensité.
- Echauffement.
- Déséquilibre.
- Chute de fréquence.

II.1.3 Perturbations transitoires :

Les perturbations transitoires pourraient être divisées en deux catégories:

a- impulsionnelle.

b- oscillatoire.

a) Impulsionnelle

Les perturbations impulsionnelles sont des événements soudains à pic maximaux qui élèvent le niveau du courant ou de la tension en direction positive ou négative. Ces types d'événements peuvent être catégorisés selon leur vitesse (Rapide, moyenne, et lente). Les perturbations Impulsives peuvent être des événements très rapides (5 nanosecondes)

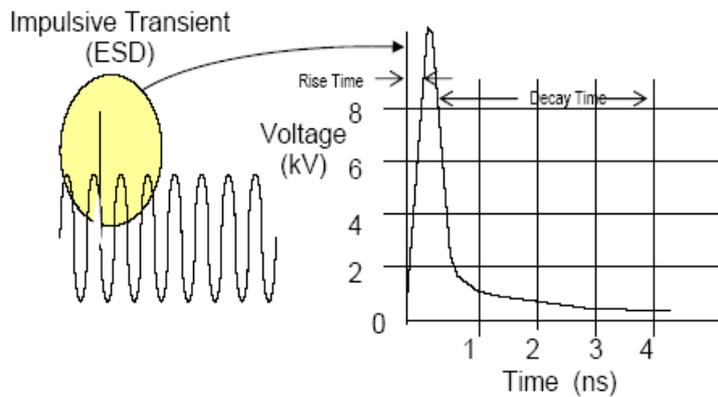


Fig I.3.1

Fig. I.3.1 Perturbation impulsionnelle positive causée par une décharge électrostatique

b) Oscillatoire :

Une perturbation oscillatoire est un changement soudain dans la condition d'état stable de la tension ou le courant ou les deux signaux en même temps aux deux limites des composantes positive et négative qui oscillent à la fréquence du système naturel. En simple terme, la perturbation oscillatoire cause un fort signal de puissance qui disparaît très rapidement. La perturbation oscillatoire se produit à la mise en service ou en hors service des charges inductives ou capacitatives car elles résistent au changement.

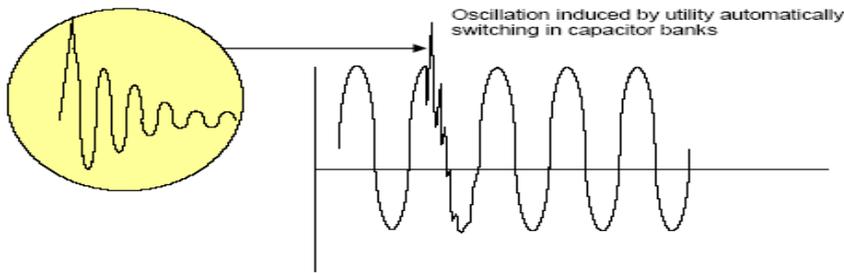


Fig. I.3.2 Perturbation oscillatoire

II.1.4 Déséquilibre :

Un système triphasé est déséquilibré lorsque les trois tensions ne sont pas égales en amplitude et/ou ne sont pas déphasées les unes par rapport aux autres de 120° . Le degré de déséquilibre est défini en utilisant la méthode des composantes de Fortescue par le rapport de la composante inverse U_{1i} (ou homopolaire U_{1o}) du fondamental à celui de la composante directe du fondamental U_{1d} .

$$\Delta U_i = \frac{|U_{1i}|}{|U_{1d}|} \quad \text{et} \quad \Delta U_o = \frac{|U_{1o}|}{|U_{1d}|}$$

La tension inverse (ou homopolaire) est provoquée par les chutes de tension le long des impédances du réseau dues aux courants inverses (ou homopolaire) produits par les charges déséquilibrées qui conduisent à des courants non identiques sur les trois phases (charges basse tension BT connectées entre phase et neutre, charges monophasées ou biphasées moyenne tension MT telles que machines à souder et fours à induction). Les défauts monophasés ou biphasés provoquent des déséquilibres jusqu'au fonctionnement des protections.

Les dispositifs de détection réservés à cette perturbation sont :

- Relais électromagnétiques.

Les causes susceptibles de produire un déséquilibre tension sont :

- Courant de court-circuit.
- Rupture de phases.
- Mauvais fonctionnement du disjoncteur.

Les conséquences occasionnées par un déséquilibre tension sont :

- Echauffement.
- Diminution du flux lumineux.
- Vibration des moteurs.

II.2 Propriétés des protections :

La protection est un ensemble d'organes destinés à protéger soit les équipements, soit le personnel. En règle générale pour protéger une installation il faut :

- Surveiller le fonctionnement.
- Détecter un état de dysfonctionnement.

II.2.3 Propriétés

Pour qu'un système de protection accomplisse convenablement sa mission, il doit présenter les qualités suivantes :

- **Fiabilité** : Déclenchement suite à un défaut réel (décision sûre)
- **Disponibilité** : C'est la capacité de fonctionner lors de l'apparition d'un défaut, ce qui impose diverses procédures ou dispositifs pour s'assurer que la protection est en état de marche.
- **Rapidité d'action** : Pour limiter les effets néfastes du défaut
- **Sensibilité** : Détecter la moindre variation de grandeur à surveiller
- **Consommation** : Elle doit être réduite
- **Sélectivité** : Déclenchement seulement des appareils encadrant le défaut, de manière à maintenir sous tension les parties saines

II.3 Principe de base de la protection :

Un système de protection est constitué de:

- Organe de détection et de décision
 - 1- Organe de mesure ou chaîne de mesure.
 - 2- Organe de comparaison.
 - 3- Organe de décision.
- Organe d'intervention
 1. Organe de signalisation et de disjonction.

II.3.1 Protections ampérométriques et voltométriques :

II.3.1.1 Protections ampérométriques :

Cette protection permet d'éviter les surintensités dangereuses en :

- Valeur.
- Temps.

Le relais thermique protège le système contre les courants de surcharge.

Le relais électromagnétique intervient pour protéger le système contre les courants de court-circuit.

Le coupe circuit à fusible est un appareil de connexion capable de protéger le système contre les surintensités

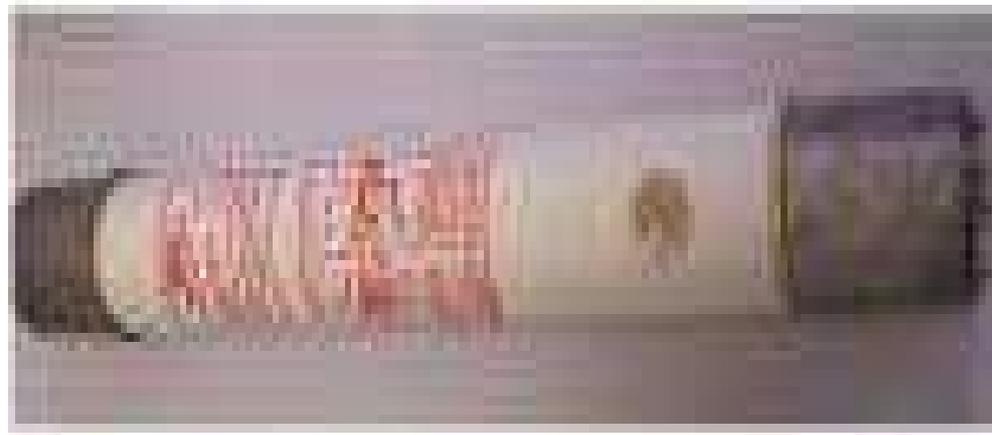


Fig.I.1.1.3 Coupe circuit à fusible

a) **Protection à maximum de courant à temps constant**

Elle fonctionne instantanément ou avec temporisation quand le courant dans le circuit à protéger atteint ou dépasse une valeur déterminée (réglage).

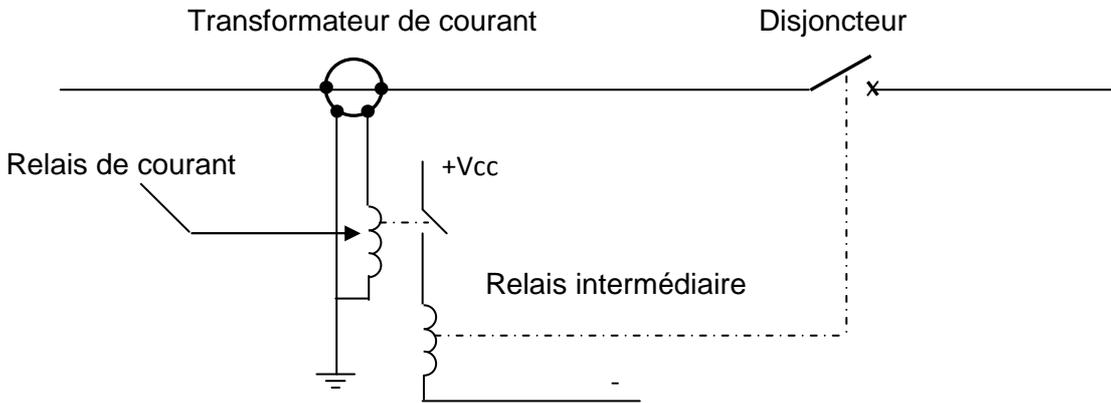


Fig .I.1.1.4 Protection à maximum de courant à temps constant (avec le relais de courant et relais intermédiaire), pour une phase.

II.3.1.2 Protection voltmétrique :

Elle fonctionne instantanément ou avec temporisation quand la tension dans le circuit à protéger atteint ou dépasse une valeur déterminée (réglage). Les transformateurs de tension assurent l'isolement galvanique et l'adaptation aux circuits de mesures.

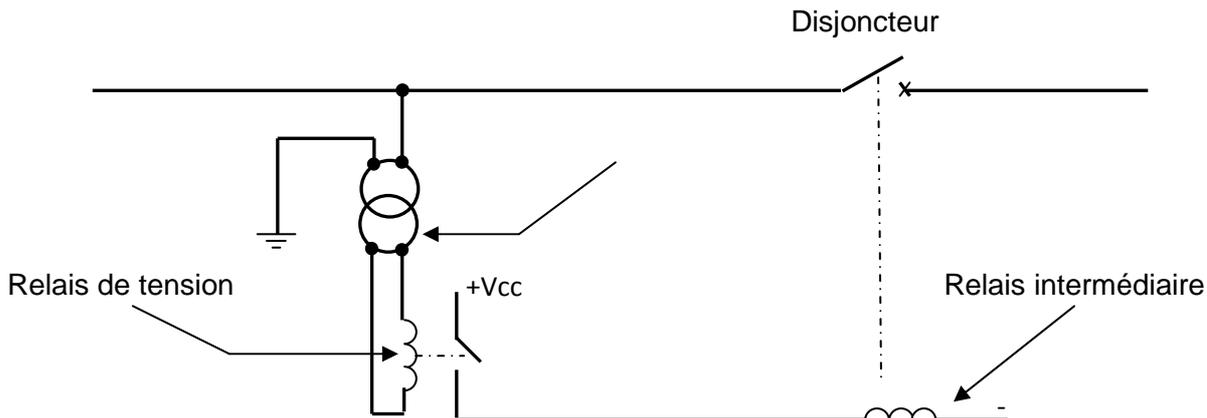


Fig .I.3.1.2.1 Protection à maximum de tension à temps constant (pour une phase)

II.3.2 Mode de sélectivité :

Une protection est dite sélective si un défaut survenu en un point quelconque du circuit est éliminé par l'appareil de protection situé immédiatement en amont du défaut et lui seul.

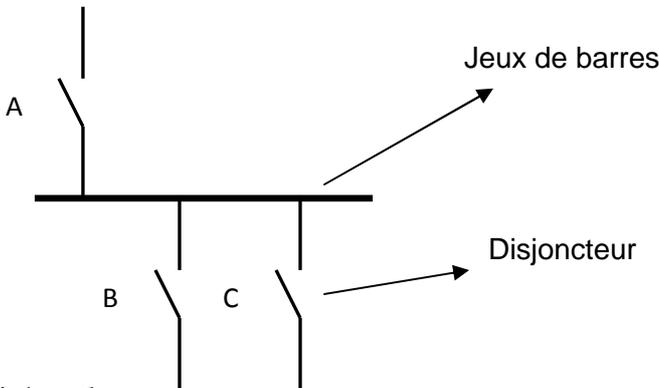


Fig .I.3.2.1 Sélectivité totale

Si le déclenchement du disjoncteur aval (B) n’entraîne jamais le déclenchement du disjoncteur amont (A), quelle que soit la valeur du courant de défaut : LA SELECTIVITE EST DITE TOTALE.

II.3.2.1 Sélectivité ampermétrique :

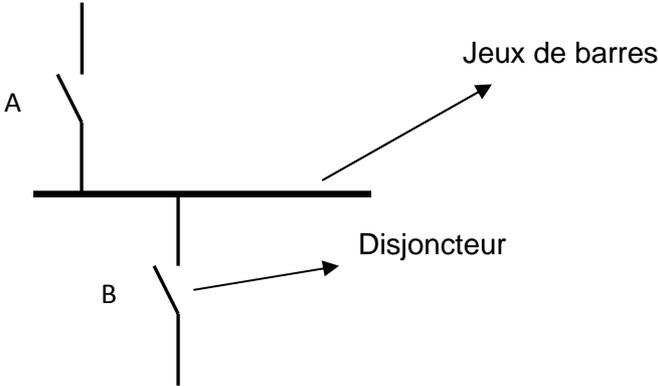


Fig. I.3.2.1.1 Sélectivité ampermétrique

Le courant de court-circuit en aval du disjoncteur B est I_{ccB} , la valeur de déclenchement du disjoncteur A est I_{RA} dans ce cas :

- Si le courant $I_{RA} > I_{ccB}$ la sélectivité est dite totale
- Si le courant $I_{RA} < I_{ccB}$ la sélectivité est dite partielle

II.3.2.2 Sélectivité chronométrique :

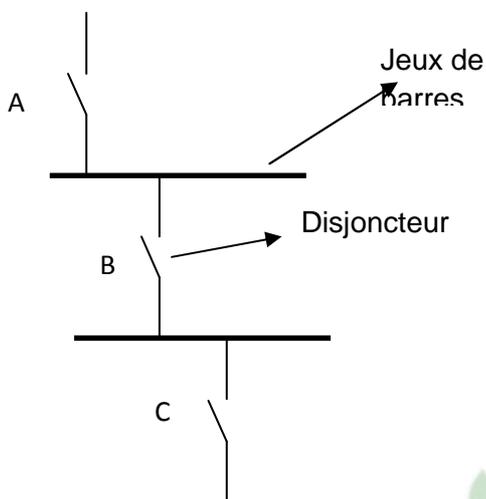


Fig. I.3.2.2.1 Sélectivité chronométrique

Le disjoncteur C est un disjoncteur à action rapide, tandis que les autres disjoncteurs sont à action retardée (le disjoncteur B à 0.3s, le disjoncteur A à 0.6s). La différence des temps de fonctionnement t entre deux protections consécutives constitue l'intervalle de sélectivité. Il doit prendre en compte :

- Le temps de coupure du circuit T_c
- Les tolérances sur la temporisation dt
- Le temps de retour au repos de la protection t_r

Le temps t vérifie de ce fait la relation $t = T_c + t_r + 2dt$. Etant donné les performances actuelles des dispositifs de coupure et des relais, la valeur qui est utilisée pour t se situe entre 200 et 300 ms pour deux disjoncteurs consécutifs.

II.3.2.3 Sélectivité logique :

Ce principe est utilisé lorsqu'un temps court d'élimination de défaut est exigé. L'échange de données logiques entre des protections consécutives élimine les intervalles de sélectivité. Dans des réseaux en antenne, les protections situées en amont du point de défaut sont activées alors que celles situées en aval ne le sont pas ; ceci permet de localiser clairement le point de défaut et le disjoncteur à déclencher. Chaque protection qui est activée par le défaut envoie :

- Un ordre de blocage au niveau amont (ordre qui augmente la temporisation du relais amont).
- Un ordre de déclenchement au disjoncteur concerné à moins qu'il n'ait lui-même reçu un ordre de blocage de l'aval.

La temporisation est utilisée comme secours.

II.4 Les éléments des systèmes de protection :

II.4.1 Modèle structural de principe :

Le principe de base de la protection contient essentiellement trois organes principaux qui sont :

- a) **organe de mesure** : transformateurs de mesure, capteurs.....
- b) **organe de comparaison et de décision** : relais.....
- c) **organe d'intervention** : ce sont généralement des disjoncteurs

Le schéma suivant représente le principe de base d'un système de protection :

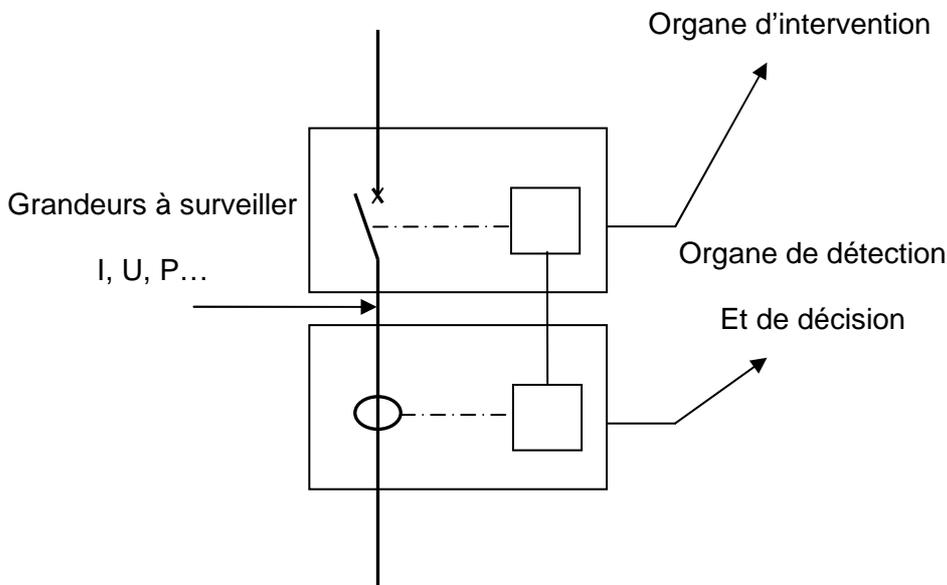


Fig. I.3.1 Schéma de principe de la protection

II.4.2 Les transformateurs de mesure :

Les systèmes de protections sont alimentés par des transformateurs de mesure (transformateur de tension, transformateur de courant). Les transformateurs de mesure sont destinés à ramener les tensions et les courants sur les circuits électriques à des valeurs plus faibles à :

- Mesurer
- Utiliser pour alimenter les dispositifs de comptage
- Utiliser pour alimenter les dispositifs de protections électriques

Ils ont pour but :

- D'isoler les circuits électriques
- De normaliser les grandeurs électriques
- D'assurer des fonctions annexes

II.4.2.1 Les transformateurs de tension :

Les transformateurs de tension sont des transformateurs de haute précision dont le rapport de transformation varie très peu avec la charge. De plus, la tension secondaire est en phase avec la tension primaire à une fraction de degré près. Les transformateurs de tension sont utilisés pour alimenter les appareils de mesure (voltmètre, wattmètre, etc.) ou de protection (relais). Ils servent à isoler ces appareils et à les alimenter à des tensions appropriées. Le rapport de transformation est choisi de façon que la tension secondaire soit d'une centaine de volts. Ce qui permet l'utilisation d'instruments de fabrication courante (0-15 V) pour la mesure de tensions élevées.

Le primaire des transformateurs de tension est branché en parallèle avec le circuit dont on veut connaître la tension.

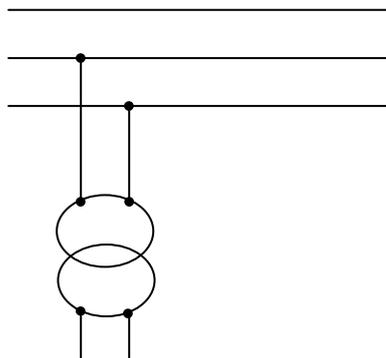


Fig. II.4.2.1 Schéma de branchement

La construction des transformateurs de mesure ne diffère que de très peu de celle des transformateurs conventionnels. Cependant leur puissance nominale est généralement faible (inférieure à 500 VA), de sorte à ce que le volume d'isolation dépasse souvent celui du cuivre et de l'acier.

Les transformateurs de mesure sont caractérisés par :

- Le rapport de transformation
- La classe de précision
- La puissance d'échauffement

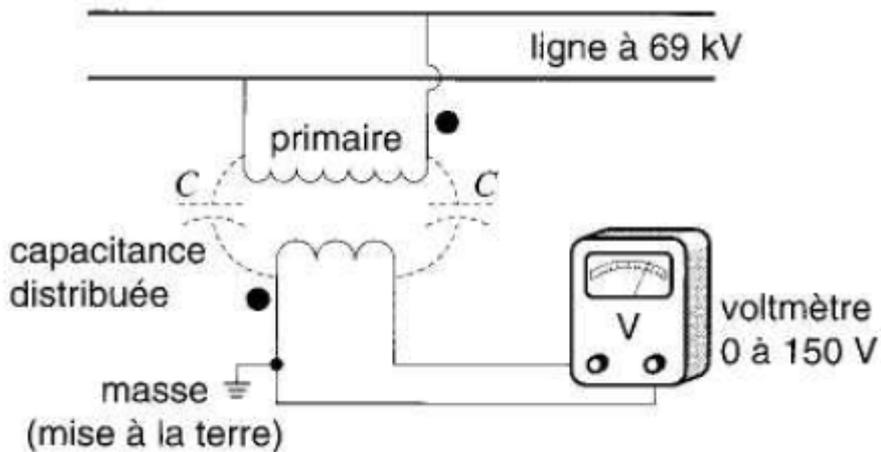


Fig. II.4.2.2 montage d'un transformateur de tension

Pour mesure la tension d'une ligne de 69KV (les capacités sert à empêché la variation brusque de la tension)

➤ **Transformateur de mesure pour protection :**

La classe de précision prévue pour les protections est la classe 3% erreur de tension de $\pm 3 \%$

Erreur de déphasage de ± 120 minutes

Les erreurs sont garanties entre 2 % de la tension nominale et la valeur correspondant au

Facteur de tension nominale et ceci pour une charge comprise entre 25 et 100 % de la puissance nominale.

Remarque :

Il faut éviter de sur-dimensionner le transformateur de puissance car il sera sur-corrigé et pourra présenter une erreur plus importante, donc respecter la règle :

Puissance nécessaire inférieur puissance nominale du secondaire inférieur 4 fois la puissance nécessaire.

La résistance de la filerie entre transformateur de puissance et protection intervient comme un facteur d'erreur et non comme un facteur de consommation.

Eviter d'utiliser la classe 6%, pour les mesures de puissance ou impédance, pour laquelle l'erreur sur la tension et sur le déphasage est plus importante ($\pm 6 \%$ et le déphasage de ± 240 minutes).

Les classes 0.2, 0.5 et 1 prévues normalement pour la mesure sont acceptables (erreurs respectives de tension de $\pm 0.2 \%$, $\pm 0.5 \%$, $\pm 1 \%$, et de déphasage de ± 10 minutes, ± 20 minutes, ± 40 minutes), mais dans la plage de 80 à 120 % de la tension nominale (au lieu de la plage de 2 % à la tension correspondante au facteur de tension).

Eviter d'utiliser la classe mesure 3% pour laquelle l'erreur sur le déphasage n'est pas garantie.

La classe E de la norme Anglaise BS 3938 est rigoureusement identique à la classe 3%.

II.4.2.2 Les transformateurs de courant :

Les transformateurs de courant sont des transformateurs à haute précision dont le rapport de transformation demeure essentiellement constant même lorsque la charge au secondaire varie. On atteint un haut niveau de précision en réduisant au minimum le courant d'excitation. Les transformateurs de courant sont utilisés pour ramener à une valeur facilement mesurable les courants intenses des lignes haute ou basse tension. Ils servent aussi à isoler les appareils de mesure ou de protection des lignes à haute tension. Le primaire de ces transformateurs est monté en série avec la ligne dont on veut mesurer le courant.

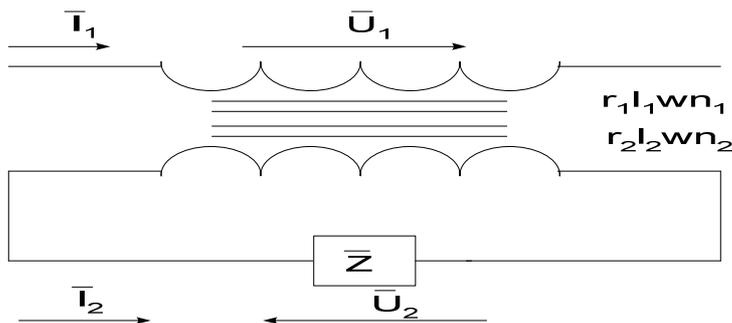


Fig. II.4.2.2 Schéma de branchement

Les transformateurs de courant sont employés seulement pour des fins de mesure et de protection ; donc leur capacité est faible et est normalement de l'ordre de 15 à 200 VA. Comme pour les transformateurs conventionnels, le rapport de transformation du courant est inversement proportionnel au rapport des nombre de spires du primaire et du secondaire. Un transformateur de courant ayant un rapport de 150/5 A a donc 30 fois plus de spires au secondaire qu'au primaire. Le courant nominal au secondaire est généralement de 5A ou 1A.

Afin d'assurer une bonne précision, les transformateurs de courant utilisés pour la mesure de l'énergie et de la puissance électrique sont construits avec beaucoup de soin. En particulier, le courant d'excitation doit être extrêmement petit, ce qui impose au constructeur une faible densité de flux dans le noyau, de l'ordre de 0,3 tesla seulement. Selon la capacité en voltampère du transformateur, la tension nominale au secondaire est de l'ordre de 4 V à 20 V.

La figure suivante est un montage d'un transformateur de courant, dont le primaire est raccordé en série avec une ligne de 69 KV.

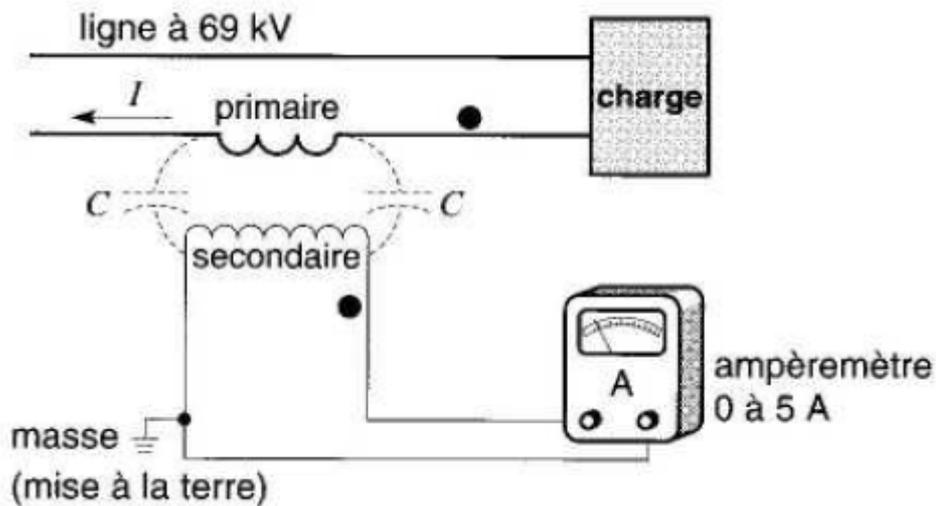


Fig .II.4.2.3 montage d'un transformateur de courant

➤ Transformateurs de courant alimentant les protections

Pour alimenter un dispositif de protection contre les courts-circuits, il faut que le relais de détection soit alimenté par les transformateurs de courant qui ne seature pas au courant de défaut maximal de façon que le courant secondaire, image du courant primaire ne soit pas déformé.

La norme CEI 185 définit une classe de précision d'un transformateur de courant pour protection en le caractérisant par un nombre (Indice de Classe) et par la lettre "P" (initiale de Protection).

L'indice de classe indique la limite supérieure de l'erreur composée pour le courant limite de précision assigné et la charge de précision.

Les valeurs normales des classes de précision sont 5 % et 10 %.

Les valeurs normales des facteurs limites de précision sont 5, 10, 15, 20, 30 et 40.

La norme définit une tension limite de précision équivalente "Ual", qui est la valeur efficace de la tension sinusoïdale, à la fréquence assignée, qui si elle était appliquée à l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant produirait un courant d'excitation correspondant au courant d'erreur maximal admissible relatif à la classe de précision du transformateur courant.

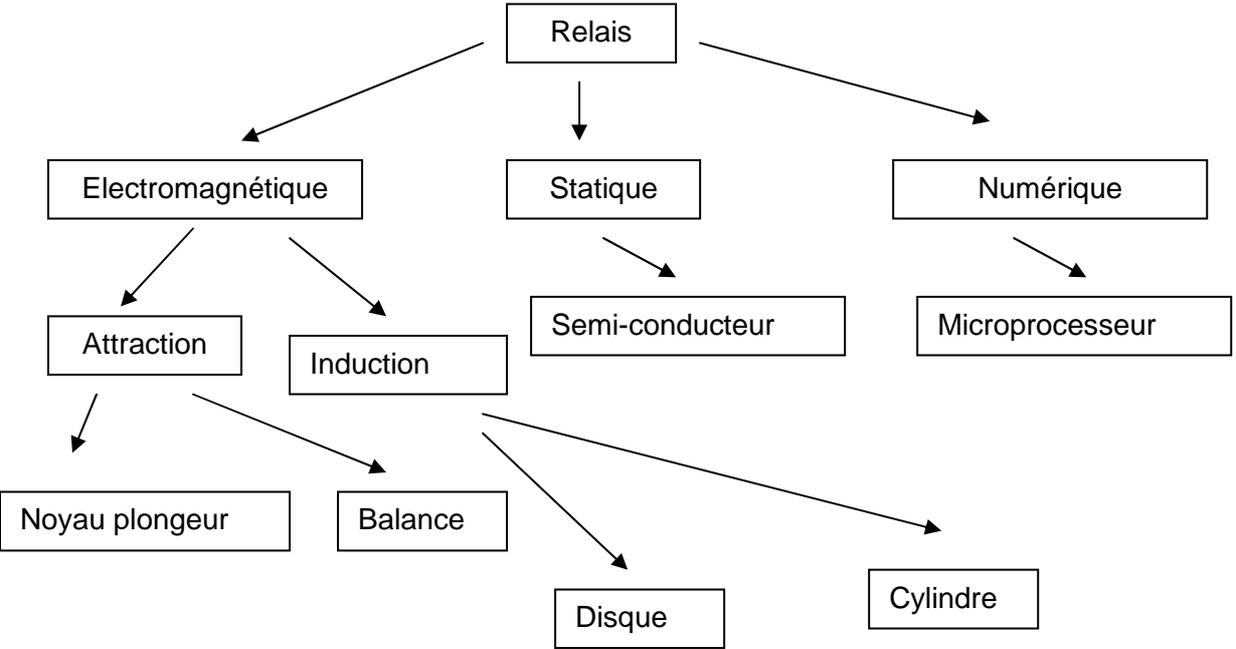
En pratique les constructeurs de transformateurs de courant, pour une définition en classe "5 %", calculent cette tension "Ual" pour une induction maximale du circuit magnétique de l'ordre de 1.8 Tesla.

II.4.3 Les relais :

Les relais de protection sont des appareils qui agissent sur l'organe d'établissement ou d'interruption des circuits principaux par l'intermédiaire de contacts auxiliaires. Leur fonctionnement dépend d'une grandeur (température, flux magnétique,...). Ils permettent de contrôler les fortes puissances par action sur des circuits de commande à faible puissance.

2- Différents types de relais :

Il existe essentiellement trois classes de relais selon l'organigramme suivant :



2-1. Constitution des relais :

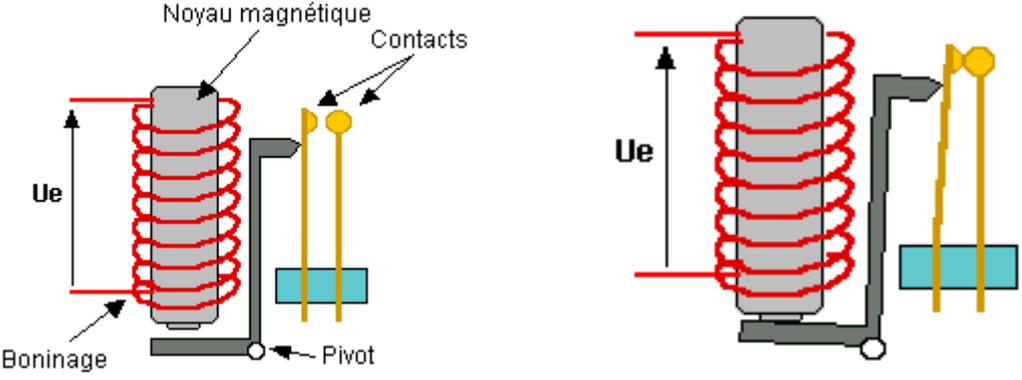
2-1.1. Relais Electromécanique :

Pendant longtemps, les relais ont été exclusivement de deux genres différents :

- L'attraction magnétique provoquée par un courant qui traverse un solénoïde à noyau de fer.
- Le couple fourni par la réaction de courants induits dans un rotor massif.

La force ou le couple sont utilisés par un système mécanique qui provoque la manœuvre d'un(ou plusieurs) contacts, éventuellement par l'intermédiaire d'un système d'horlogerie destiné à introduire un retard ajustable.

Les relais électromécanique sont simples et robustes. Leurs entretien est peu coûteux et ils ont une bonne durée de vie (≥ 25 ans). Ils exigent malheureusement une puissance importante pour fonctionner (plusieurs Kilo voltampère sur court-circuit violent) ce qui oblige à dimensionner très largement les transformateurs de courant. Ils peuvent aussi présenter une grande susceptibilité aux chocs et vibrations, particulièrement lorsque l'on cherche une grande sensibilité.



Relais Electromécaniques

2-1.2 Relais Electrostatiques :

La génération suivante (à partir des années soixante) a fait apparaître les relais électroniques analogiques. Ceux-ci sont composés grossièrement de trois blocs

- Un bloc **d'adaptation** et de **filtrage**, constitué de petits transformateurs, d'impédances et de filtres passe-bas destinés à éliminer les composantes rapides transitoires et les harmoniques gênants.
- Un bloc de **traitement** et de **détection**, composé d'un circuit analogique adapté, transformant la grandeur surveillée en une tension ou un courant continu proportionnel, et d'une bascule servant à détecter le passage d'un seuil.
- Un bloc de **sortie**, comprenant une temporisation par exemple un circuit RC (résistance, condensateur), un relais de sortie électromécanique avec ou sans auto maintien.

Les principaux avantages des relais électrostatiques sur les relais électromécanique sont leurs sensibilités, leurs précisions, leurs rapidités de fonctionnement (quelques périodes) et, surtout leur faible puissance d'entrée (quelques voltampères), permettant de réduire les dimensions et le cout des transformateurs de courant, et d'être moins sensibles au phénomène de saturation de ceux-ci.

Par contre, ils nécessitent une alimentation auxiliaire lorsqu'ils ne sont pas conçus spécialement pour fonctionner à leur propre courant (c'est-à-dire avec la puissance nécessaire au fonctionnement du relais prélevés sur le courant de défauts).

2-1.3 Relais Electroniques Numériques :

La dernière génération est constituée de relais électroniques numériques bénéficiant des progrès considérable des microprocesseurs. Ils sont composés :

- d'un bloc **d'adaptation** et de **filtrage**, comparable à celui des relais électroniques analogiques, incluant un filtre autirepliement nécessité par la
- d'un **convertisseur analogique-numérique** qui numérise le signale par échantillonnage.
- d'un système de **traitement** comportant un microprocesseur et ses annexes et des mémoires conservant le logiciel d'exploitation et de traitement, les données ajustables et les résultats du traitement, la puissance du microprocesseur utilisé permet de réaliser plusieurs mesures et de tenir compte de conditions logiques.
- d'un système de sortie et de **communication** avec un automate ou un calculateur par un bus spécialisé. Les réactionneurs, placés dans les disjoncteurs sont commandés directement par le système de sotie. Le bus de communication permet de renvoyer vers un niveau supérieur (résultats des mesures et de traitement déjà effectué).

Les relais électroniques numériques présentent les mêmes avantages que les relais électroniques analogiques : sensibilité, précision, fidélité, rapidité de fonctionnement (dépendant toute fois de la complexité des fonctions assurées) et faible puissance du signale d'entrée. Ils peuvent assurer des fonctions multiples parfois très complexes et ces fonctions peuvent être modifiées par simple échange de la mémoire contenant les instructions. Ils sont également capables de s'auto contrôler.

Comme tout équipement électronique numérique, ces relais sont sensibles à l'environnement, et particulièrement aux perturbations électromagnétiques. Leur conception doit impérativement en tenir compte pour éviter les déconvenues.

De même que les relais électroniques analogiques une alimentation auxiliaire s'ils ne sont pas conçus pour fonctionner à propre courant.

II.4.4 Les disjoncteurs :

Le disjoncteur est un appareil mécanique de connexion qui peut interrompre des courants importants, qu'il s'agisse du courant normal ou des courants de défauts. Il peut donc être utilisé comme un gros interrupteur, commandé sur place par un bouton-poussoir ou télécommandé. De plus, le disjoncteur ouvre un circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée. Il a un fonctionnement plus sûr et on n'a pas besoin de le remplacer après chaque interruption.

Les disjoncteurs les plus répandus sont :

- Les disjoncteurs à l'huile.
- Les disjoncteurs à air comprimé.
- Les disjoncteurs à SF₆.
- Les disjoncteurs à vide.

La plaque signalétique d'un disjoncteur indique le courant nominal de régime permanent, le courant de rupture (courant maximal que le disjoncteur peut interrompre), la tension nominale et le temps d'ouverture en cycle. Grâce à un soufflage énergétique et une désionisation rapide de l'arc, on réussit à ouvrir un circuit dans un temps compris entre trois et huit cycles sur un réseau de 60 Hz. Une coupure rapide permet de réduire les dommages aux lignes et à l'équipement, et ce qui est tout aussi important, elle empêche que le réseau devienne instable.

L'ouverture du disjoncteur peut être commandée directement par le passage du courant à interrompre dans une bobine de déclenchement ou, plus fréquemment par l'intermédiaire d'un relais.

Ce relais est essentiellement un dispositif qui peut détecter des conditions anormales sur un réseau.

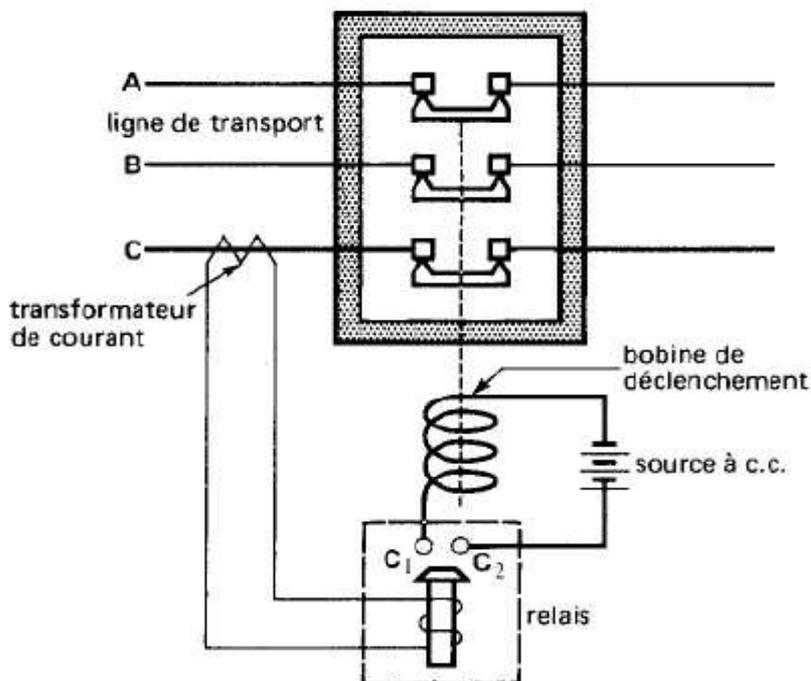


Fig .II.4.4 une commande d'ouverture d'un disjoncteur par un relais.

II.5 Protection des moteurs :

Les moteurs électriques de puissances inférieures à 15 kW sont protégés d'une manière générale contre les surcharges et les courts-circuits entre phases par l'intermédiaire des dispositifs suivants :

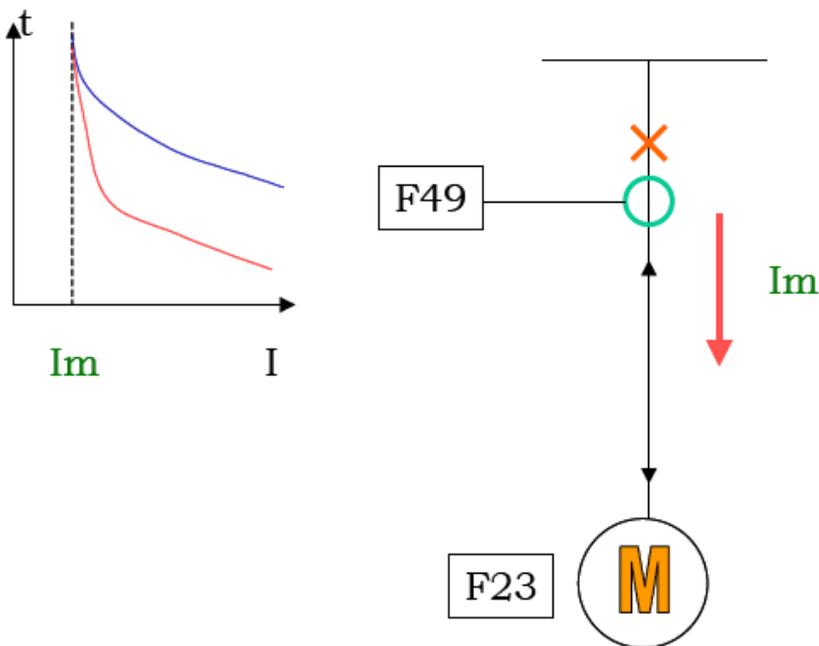
- * Dispositifs intégrés comprenant Contacteur, disjoncteur et protections.
- * Disjoncteur magnétothermique type « Moteur » + Contacteur.
- * Sectionneur - fusible + Contacteur + Relais thermique.
- * Disjoncteur + Contacteur + Relais thermique.

Les fusibles utilisés ont été spécialement mis au point pour être associés aux moteurs ex :

- Intensité pouvant être supportée sans fondre pendant 1 heure : $4 I_n$
- Temps de fusion sous $7 I_n$: 5 s

L'anomalie la plus fréquente que l'on puisse rencontrer, dont la répétition entraîne une diminution de la durée de vie du moteur, est les suivant :

II.5.1 Protection contre les surcharges thermiques :



La courbe bleue représente la protection à froid

La courbe rouge représente la protection à chaud

Deux principes sont utilisables pour protéger le moteur :

II.5.1.2 Protection par mesure directe de température :

Le moteur est équipé de sondes à résistance (Pt, Cu, Ni) ou de varistances dont la résistance est une fonction de la température (ex : sondes Pt R = 100 Ω à 0°C suivant DIN 43760) logées dans les encoches du stator.

La mesure de température est faite au travers d'une mesure de résistance.

➤ **Avantage:**

Possibilité d'afficher la température réelle.

➤ **Inconvénients:**

Obligation de prévoir les moteurs avec ces sondes, qui sont généralement fragiles et qu'il faudra alimenter.

Une liaison défectueuse entre la sonde et l'élément détecteur entraînera un déclenchement intempestif.

Il existe un gradient de température entre la sonde et le cuivre provoqué par l'isolant, une forte surcharge sera mal répercutée.

II.5.3 Protection par image thermique (F49) :

Le moteur est assimilé à un système thermique à une seule constante et un simulateur, alimenté par l'image du courant traversant ce moteur, reproduit l'état thermique du moteur.

En effet le moteur intègre thermiquement les différents états qui lui sont imposés.

Les fabricants de protection ont l'habitude de se référer à ces deux états caractéristiques.

A partir de l'état froid, le moteur est soumis à une surintensité de $n \times I_n$ et le temps T_f que mettra le moteur pour atteindre sa température limite de fonctionnement, en sachant que la température limite de fonctionnement est définie normalement pour $S \times I_n$ (il est prévu, en général une surcharge permanente admissible de 15%).

La température limite correspondant à cette surcharge est $ks^2 I_n^2$, le moteur étant mis en surcharge, à partir de l'état froid, avec une intensité de $n \times I_n$, la détection de dépassement sera atteinte lorsque :

$$Ks^2 * I_n^2 = k_n^2 * I_n^2 * (1 - e^{-t / T_e})$$

$$n^2(1 - e^{-t / T_e}) = s^2$$

$$\left(e^{-\frac{t}{T_e}} \right) = \frac{n^2 - s^2}{n^2}$$

$$e^{-\frac{t}{T_e}} = \frac{n^2}{n^2 - s^2}$$

$$\frac{t}{T_e} = -\log \frac{n^2}{n^2 - s^2}$$

$$t = T_e * n \log \frac{n^2}{n^2 - s^2}$$

D’ou l’expression :

$$t_f = T_e * \log\left(\frac{n^2}{n^2 - s^2}\right)$$

Nota:

Si la température limite de fonctionnement est définie pour In (pas de surcharge autorisée) l’équation devient :

$$t_f = T_e * \log\left(\frac{n^2}{n^2 - 1}\right) \quad \text{C’est l’équation de la courbe «à froid» de la protection.}$$

➤ **Conclusion:**

Le simulateur n’a besoin, pour définir les temps de surcharge admissible pour atteindre la température limite de fonctionnement du moteur que de connaître :

- * La constante de temps thermique à l’échauffement du moteur T_e .
- * La constante de temps thermique au refroidissement du moteur T_r (de manière à simuler, de la même manière, la déperdition de chaleur lorsque le moteur s’arrête, le réglage s’effectuant généralement sous la forme T_r/T_e).
- * La surcharge permanente admissible.
- * Du courant qui traverse le moteur, celui-ci peut être soit le courant secondaire (composante directe plus composante inverse) soit un courant «équivalent» contenant la composante directe plus la composante inverse survalorisée de manière à tenir compte du caractère particulier de la composante inverse sur la surcharge thermique.

➤ **Avantage:**

Solution simple et fiable.

➤ **Inconvénients:**

Difficultés d’obtenir, auprès du constructeur de moteurs, des renseignements précis.

Ne tient ni compte des «points chauds», ni de la température réelle ambiante (surpuissance disponible quand la température ambiante est basse).

II.5.4 Protection des déséquilibres de courant (F46) des coupures de phase et des inversions de phases (F47) :

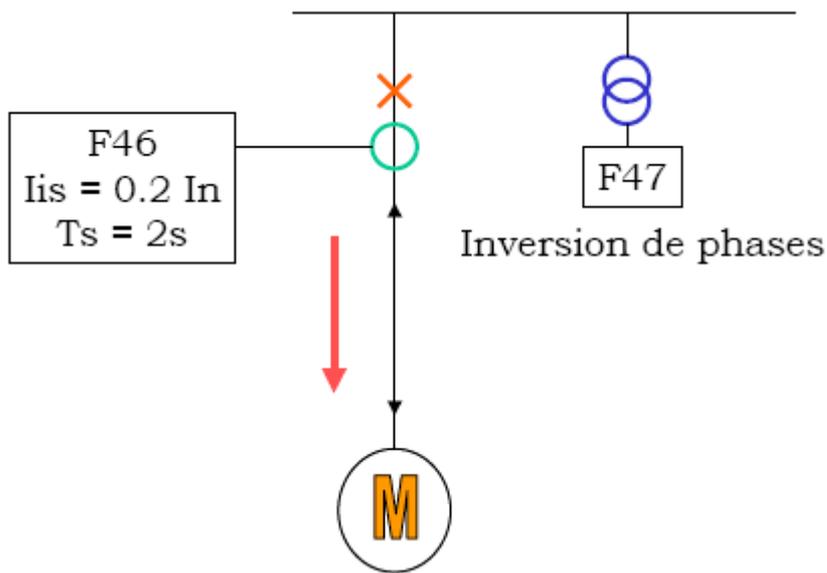


Fig .II.5.4.1 : Schéma de protection des déséquilibres de courant, coupures de phase et des inversions de phases

En plus d'intégrer la composante inverse dans la fonction image thermique, qui est obligatoirement une protection à détection lente, il est souhaitable, pour éviter un échauffement anormal du rotor, de protéger le moteur pour une anomalie d'alimentation ou pour une présence anormale de courant inverse.

Une phase manquante au démarrage du moteur provoquera un courant inverse de 346 % (avec $I_{dém} = 6 I_n$), qui sera détectée par I_i supérieure.

Le seuil I_i supérieure et la temporisation t_{ii} seront réglés en fonction de la caractéristique $t = f(I_i)^2$ du moteur fourni par le constructeur.

Le seuil I_i sera réglé à $0.2 I_n$ environ.

Une temporisation minimum t_{ii} de 2 s sera prévue pour laisser le temps aux défauts extérieurs d'être éliminés (valeur de temporisation pouvant être augmentée suivant les possibilités du moteur).

II.5.4 Protection contre un court-circuit entre phases (F50/51) :

En MT, la détection d'un court circuit entre phase se fera par une fonction ampérométrique temporisée.

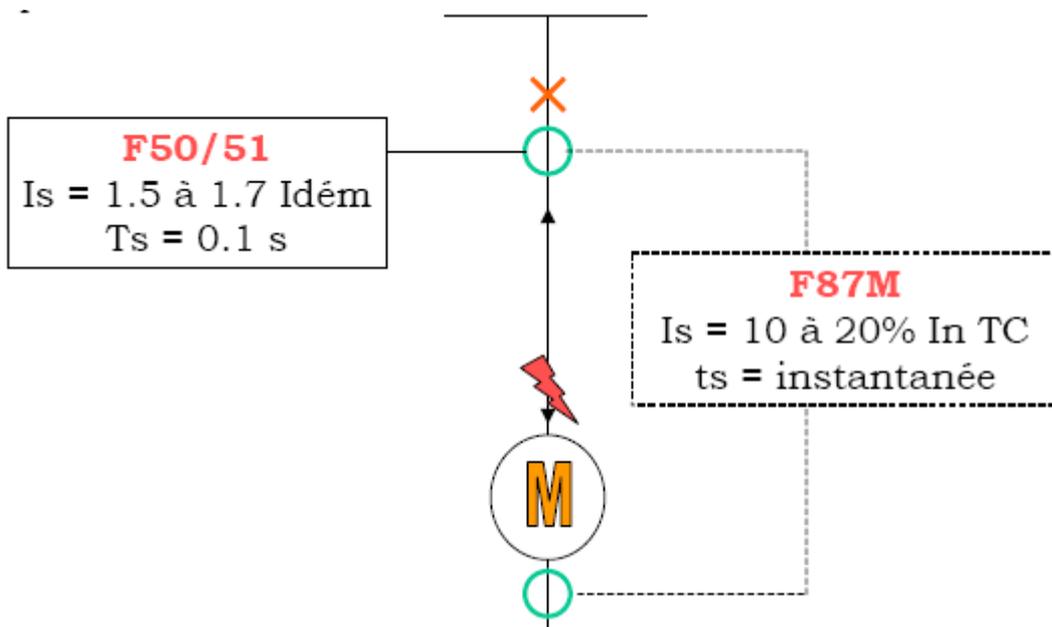


Fig .5.4.2 : Schéma de protection contre un court circuit entre phase

Le seuil en courant I_{cc} sera situé au-dessus du courant de démarrage (ou plus exactement du Courant statorique à rotor bloqué), et tiendra compte de la présence éventuelle d'un composante inverse :

$1.5 I_{dém} < I_{cc} < 1.7 I_{dém}$ dans le cas des moteurs à démarrage direct ; et

$5 I_n < I_{cc} < 9 I_n$

Dans le cas des moteurs à démarrage indirect (voir 6 : moteur = générateur de courant de défaut pour défauts extérieurs).

La temporisation t_{icc} (fonctionnement quasi-instantané) sera au minimum de 60 ms pour les moteurs asynchrones et de 100 ms pour les moteurs synchrones, une valeur de temporisation de 100 ms est conseillée pour les moteurs asynchrones et 150 ms pour les moteurs synchrones.

Nota :

Dans le cas de très gros moteurs (ex > 1 à 2 MW), ce réglage peut être trop « destructif » car il correspondra à une puissance de court-circuit très élevée, cette fonction ampèremétrique sera complétée par une fonction différentielle à pourcentage dont le réglage sera de 10 à 20% de I_n .

Cette protection différentielle à pourcentage comprendra, dans sa branche différentielle, une résistance de stabilisation permettant de s'affranchir des risques de déclenchement intempestif provoqués par la saturation d'un TC.

Il y a interdépendance entre le seuil I_{cc} en courant et la temporisation t_{icc} , si le réglage du seuil retenu est $I_{cc} < 1.5 I_{dém}$ la temporisation t_{icc} devrait être supérieure à $T_{dém} + 0.3$ s.

En BT, la détection se fera par un disjoncteur magnéto-thermique (notamment lorsque $S_n < 15$ kW) ou par des fusibles HPC type « moteurs » (associés à des interrupteurs ou contacteurs).

II.5.5 Protection contre des défauts phase-terre (F50N/51N, F64, F67N) :

Le type de détection dépendra du régime du neutre de l'installation :

a) Neutre direct à la terre :

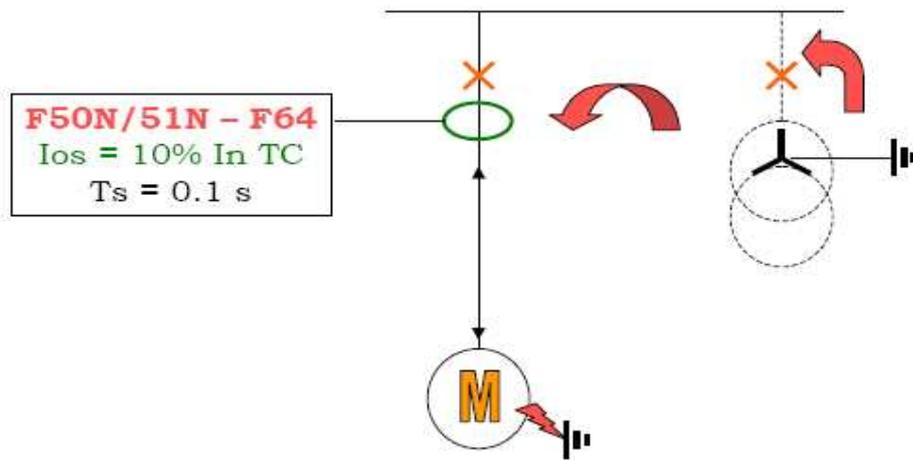


Fig .5.5.a. Protection contre des défauts phase terre (neutre direct à la terre)

La détection se fera par une fonction ampèremétrique temporisée, alimentée soit par les transformateurs de courante phase en montage résiduel :

$$I_r = 3I_0 = I_1 + I_2 + I_3$$

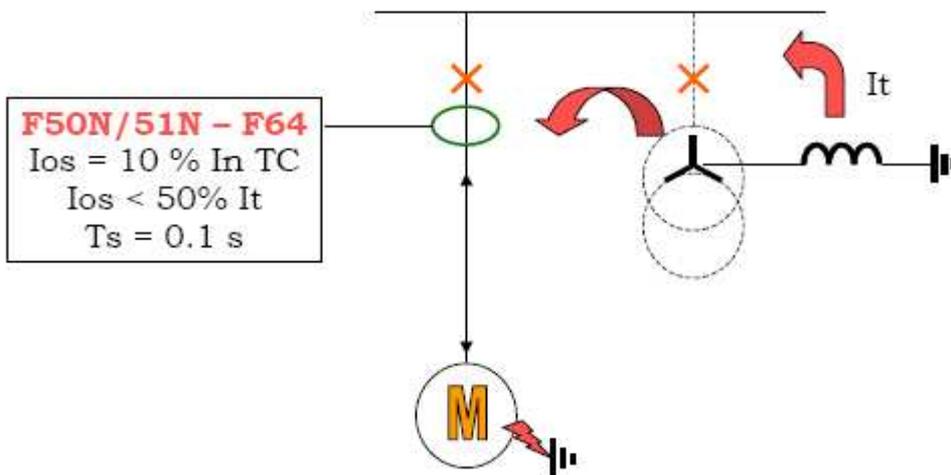
Soit par un tore «homopolaire» englobant tous les conducteurs (y compris le neutre).

Compte tenu de l'erreur des transformateurs de courant, le seuil $I_{o>}$ sera volontairement limité de 10 à 20% de I_n dans le cas du montage résiduel et à 5% de I_n dans le cas du tore homopolaire (2 à 3% avec certaines précautions comme manchon métallique de flux, taille du Tore etc.).

La temporisation $t_{i0>}$ (fonctionnement quasi-instantané) sera de 100 ms pour éviter un intempestif sur courant pseudo-différentiel à l'enclenchement.

b) Neutre à la terre par une impédance :

Deux types de câblages sont possibles :



Ou

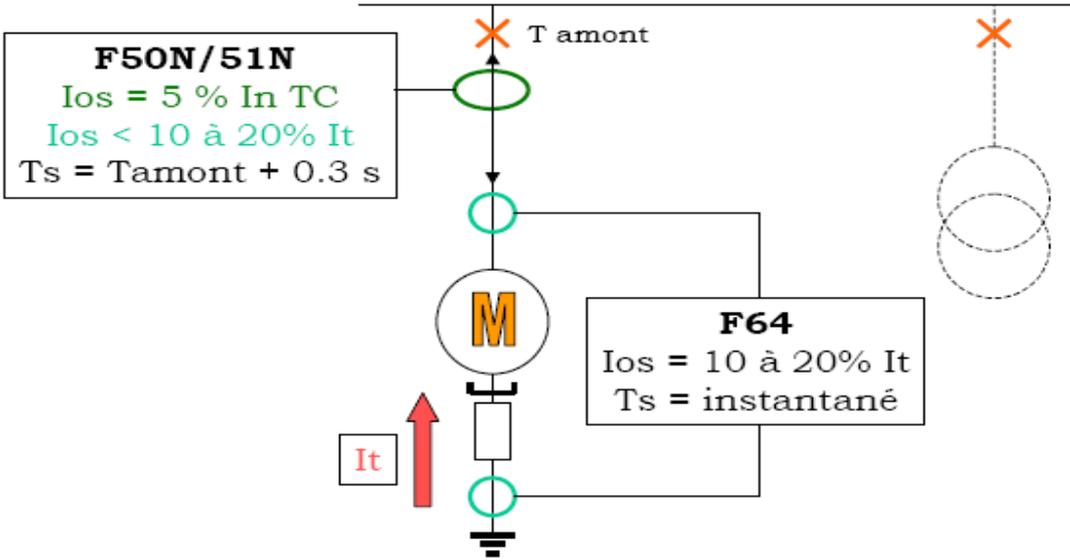


Fig .5.5.b. Protection contre des défauts phase terre (neutre à la terre par une impédance)

La détection se fera avec les mêmes principes que dans le cas du neutre direct à la terre ; une attention particulière sera portée sur le choix de l'alimentation en courant (transformateurs de courant phases en montage résiduel ou tore homopolaire) le seuil $I_{o>}$ devra être au maximum de 50% du courant de limitation à la terre par l'impédance.

Si la mise à la terre a lieu au niveau du moteur, le relais de terre devra comporter un filtre d'harmonique 3, le courant d'harmonique 3 produits par la machine (qui est de l'ordre de 1 à 3% de I_n) circulera dans la connexion de mise à la terre même en absence de défaut, s'il peut se refermer par un autre chemin comme les capacités par exemple.

La temporisation $t_{io>}$ (fonctionnement quasi-instantané) sera de 100 ms pour éviter un intempestif sur courant pseudo-différentiel à l'enclenchement.

c) Neutre isolé :

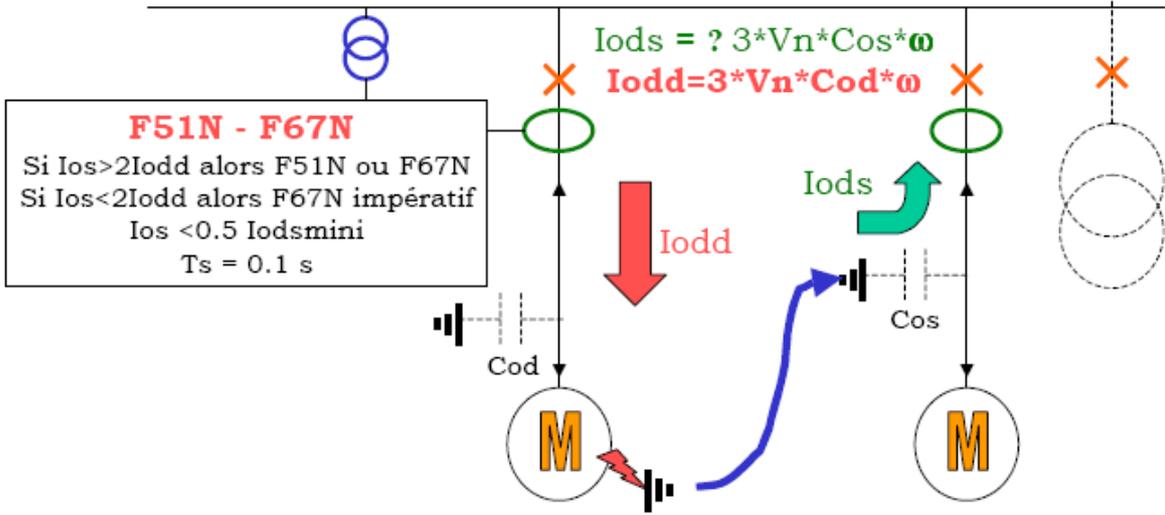


Fig .5.5.c. Protection contre des défauts phase terre (neutre isolé)

$I_{odsmini}$ = (courant capacitif minimum du minimum de moteur pouvant rester en service) – (courant capacitif du départ supposé en défaut)

Le seul courant pouvant faire fonctionner une fonction ampèremétrique est le courant capacitif du réseau. Une étude plus complète est nécessaire pour savoir si les courants capacitifs sont suffisants, s'il n'y a pas de risques d'élévation de potentiel des masses, si la sécurité impose la seule signalisation et non le déclenchement etc.

Lorsque l'on dispose de 3 transformateurs de tension dont le primaire est couplé en étoile et P2 mis à la terre, le secondaire étant couplé en triangle «ouvert» il est possible de raccorder une mesure de tension résiduelle V_r :

$$V_r = 3V_0 = V_1 + V_2 + V_3$$

Celle-ci indiquera la présence d'un défaut à la terre mais sans permettre une quelconque sélectivité.

Remarque :

a) Le réglage de détection de défaut terre $I_o >$ devra répondre à l'inégalité suivante : $2 * I_{défauldépartsain} < \frac{I_t}{2}$

Ou : I_t = courant de défaut maximum à la terre.

$I_{défauldépartsain}$ = courant de défaut produit par les capacités du départ sain protégé, pour un défaut extérieur.

$$I_{défauldépartsain} = 3 * V_n * C_o * \omega$$

Avec :

V_n = tension nominale phase-terre (tension simple).

C_o = capacité (de service) par phase du câble.

ω = pulsation du courant = 314 à 50 Hz.

L'inégalité peut donc s'écrire : $6 * V_n * C_o * \omega < I_t / 2$

b) Dans le cas d'un réseau capacitif important (alimentation par câbles) et de plusieurs moteurs alimentés en parallèle sur le même réseau, il sera nécessaire d'utiliser un relais directionnel (F67N), le courant résiduel étant «polarisé» par la tension homopolaire.

Cette solution nécessite l'emploi de 3 transformateurs de tension (en Y).

c) Dans le cas de l'utilisation d'un tore homopolaire, pour la détection d'un défaut à la terre, la définition du nombre de tours n de ce tore se fait de la manière suivante :

si $I_o >$ est le réglage souhaité (directionnel ou non), répondant à l'inégalité ci-dessus :

$$I_o = \frac{0,05 * I_n}{2}$$

La valeur à afficher $i_o >$ sur le relais sera :

$$I_o = \frac{0,05 * I_n}{n} \quad \text{ou} \quad n = \frac{0,05 * I_n}{i_o}$$

Ou : I_n = courant nominal des TC.

n = nombre de tours du tore homopolaire.

d) Dans le cas où le stator du moteur serait mis à la terre par une impédance, de manière à servir de générateur de terre pour l'ensemble du réseau, la protection de terre devrait être réalisée d'une manière différente :

$I_{d0}>$ sera réglé comme dans les chapitres précédents (la mesure ne sera réalisée que sur la seule fréquence fondamentale, l'harmonique 3 étant filtrée).

$t_{10}>$ sera réglé comme la protection immédiatement en aval majorée de 0.3 s.

La détection des défauts internes au moteur $I_{d0}>$ se fera par une protection différentielle homopolaire qui compare la somme des courants de phases du moteur ($I_1 + I_2 + I_3$) au courant circulant dans le neutre I_r . Toute somme non nul est significatif d'un défaut extérieur.

Cette protection différentielle dite à haute impédance comprendra, dans sa branche différentielle, une résistance de stabilisation permettant de s'affranchir des risques de déclenchement intempestif provoqués par la saturation d'un transformateur de courant.

Le réglage de $I_{d0}>$ sera de 10 à 20% de I_n , cette protection sera instantanée.

II.5.6 Protection contre un démarrage trop long ou un rotor bloqué :

a) Démarrage trop long (F48):

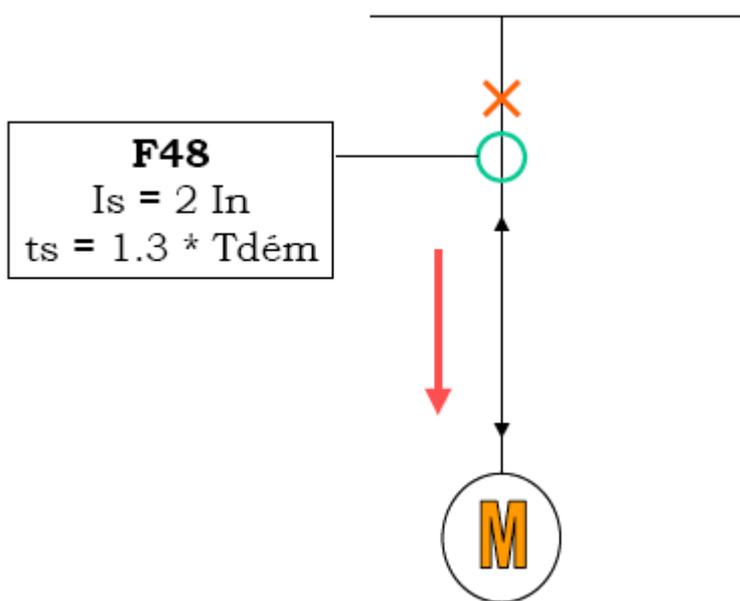


Fig II.5.6 Protection Démarrage trop long

L'examen de la courbe $i = f(t)$ au démarrage direct du moteur montre un appel de courant à la mise sous tension ($I_{dém}$) dont la valeur ne varie pratiquement pas pendant 50% du temps de démarrage pour les petites machines alors que pour les grosses machines la variation n'est sensible qu'après 80% du temps de démarrage. Pour les moteurs à démarrage indirect, dont le rôle est de limiter le courant de démarrage, la variation est encore moins significative. Il n'est donc pas possible, pour s'assurer que le démarrage se déroule normalement, d'effectuer une mesure ampèremétrique.

La seule fonction possible est de contrôler qu'après le démarrage, l'intensité absorbée par le moteur est «normale», celle-ci peut être momentanément supérieure à I_n (surtension, couple résistant momentanément plus important etc.).

Cette fonction sera donc assurée par un maximum d'intensité à temps constant dont le seuil de courant sera réglé à $2 I_n$ (maximum $0.5 \cdot I_{dém}$, minimum $1.5 I_n$) et la temporisation à $1.3 T_{dém}$ (minimum $T_{dém} + 2 \text{ s}$).

a) Rotor bloqué (F51LR):

1. $T_{roblo} > T_{dém}$: avec T_{roblo} : temps où le rotor à chaud peut rester bloqué

$T_{dém}$: temps de démarrage du moteur

Pour la majorité des petits moteurs, le constructeur a prévu que le temps où le rotor à chaud peut rester bloqué (T_{roblo}) soit supérieur au temps de démarrage ($T_{dém}$). La fonction ampèremétrique rotor bloqué, dans ce cas, sera assurée par la fonction ampèremétrique démarrage trop long sans dommages pour le rotor.

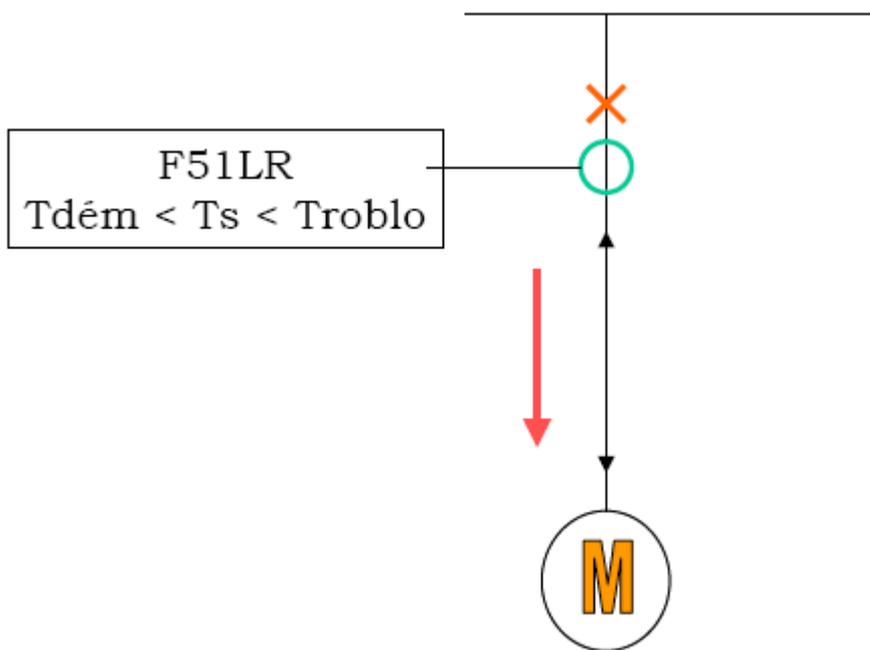


Fig II.5.6.a protection a rotor bloqué avec $T_{roblo} > T_{dém}$

La temporisation normalement associée au démarrage trop long devra satisfaire à l'inégalité : $T_{tém} < t < T_{roblo}$ (t étant la temporisation affichée).

Remarque :

En disposant d'une logique particulière (prenant en compte le démarrage du moteur, puis un appel de courant supérieur à $2 I_n$), il est possible de réduire la temporisation t à moins de 1 s.

2. $T_{roblo} < T_{dém}$:

C'est le cas des très gros moteurs, la fonction démarrage trop long est inefficace car le rotor, arrêté ne se refroidissant plus par sa propre rotation, risque d'être détérioré. Il est nécessaire de prévoir une fonction spécifique.

Fonctions à contrôle tachymétrique :

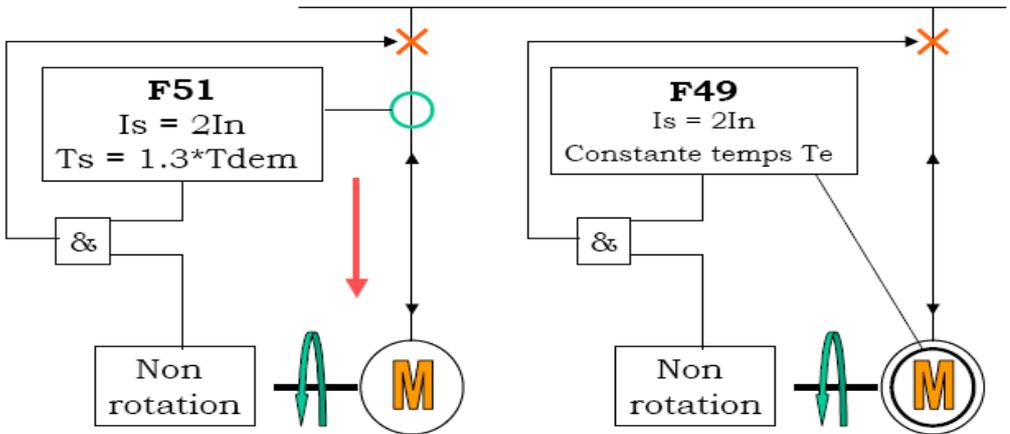


Fig II.5.6.b protection a rotor bloqué avec $T_{roblo} < T_{dem}$

Le moteur doit être impérativement équipé d'un détecteur signalant la non rotation.

➤ Fonction tachymétrique + mesure de courant :

Le blocage est détecté si après une courte temporisation le seuil de courant I_s est supérieur à $2 I_n$ (+ non-rotation), cette fonction doit être inhibée au démarrage.

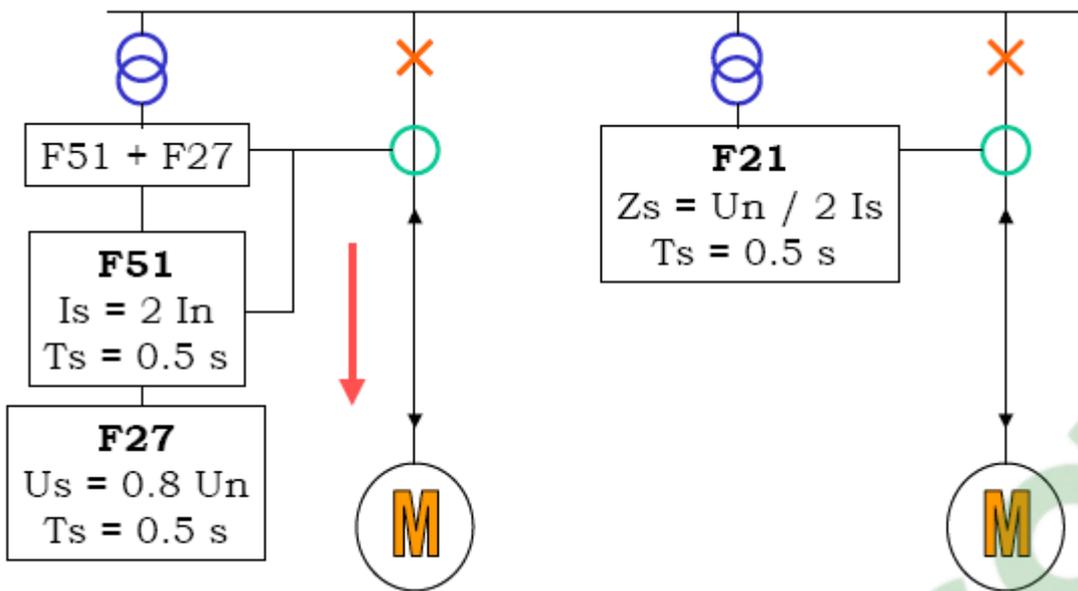
➤ Fonction tachymétrique + thermique :

Le blocage étant détecté par la non-rotation une image thermique du rotor est alors mise en route. La constante de temps du rotor, le temps de blocage à froid, le temps de blocage à chaud, seront communiqués par le Constructeur et la courbe sera choisie en fonction de ces paramètres.

Fonction à contrôle logique :

Un dispositif détecte si le moteur était au préalable en fonctionnement (courant traversant le moteur), si la tension du réseau ne présentait pas auparavant un passage à zéro (détecté par un relais à minimum de tension).

Si ces conditions sont remplies, la détection blocage rotor sera assurée par un seuil ampèremétrique (réglé à $2 I_n$) légèrement temporisé ($t = 0.5 \text{ s}$) lors de l'ordre de démarrage du moteur un ordre de verrouillage temporisé sera envoyé à la protection de détection de rotor bloqué.



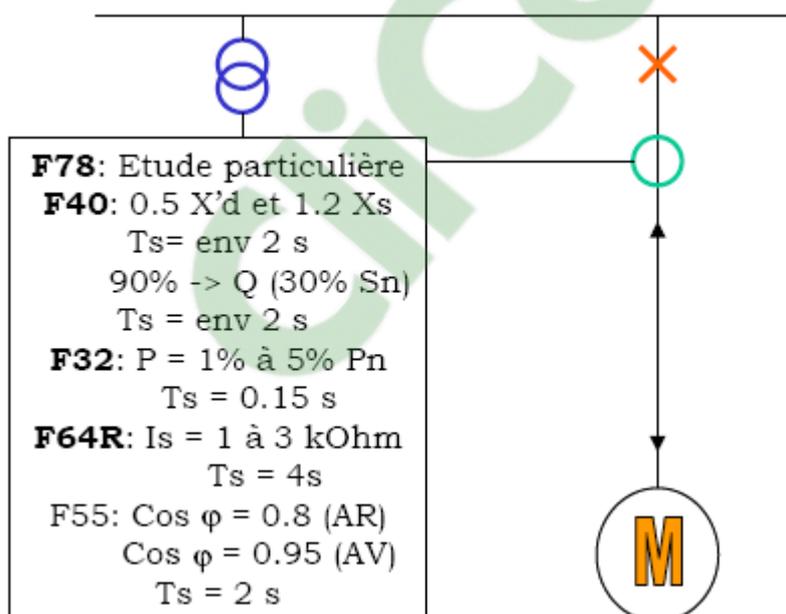
Le diagramme du

moteur étant un cercle il est possible par un relais à minimum d'impédance légèrement temporisé ($t = 0.5 \text{ s}$) de surveiller le moteur surtout lorsqu'il est à rotor bobiné (caractéristique de la machine réellement circulaire) : $Z < = Un / 2 * Is$

II.5.7 Protection contre les démarrages trop fréquents (F66) :

Le Constructeur de moteurs impose un nombre de démarrage maximum (à froid et à chaud) dans un temps donné, ainsi que le temps de repos. Le réglage consistera à afficher ces différents paramètres, la fonction redémarrage ne peut être autorisée, après ce repos, que si la machine est revenue à un état thermique suffisamment froid (validation par la fonction thermique).

II.5.8 Protections spécifiques au moteur synchrone :



FigII.5.8 Protections spécifiques au moteur

synchrone.

La puissance des moteurs synchrones justifie, à elle seule, des fonctions supplémentaires :

1. Protection contre les pertes de synchronisme (F78) :

La perte de synchronisme (F78) par rapport au réseau (soit par une mesure angulaire des tensions, soit par une mesure d'oscillation de fréquence, soit par la variation du vecteur impédance stator qui en cas de perte de synchronisme décrit un parcours particulier régulier) fera l'objet d'une étude particulière.

2. Protection contre la perte d'excitation (F40) :

La détection de perte d'excitation (d'où risque de fonctionnement en régime asynchrone) sera réalisée :

a) Par une fonction de mesure à réactance capacitive :

Le relais vérifie que le moteur synchrone ne fonctionne pas en machine asynchrone : surveillance en fonction des impédances transitoire et synchrone (qui devront être impérativement connues).

Les réglages préconisés pour le cercle centré sur l'axe des X (côté - X) sont pour les 2 points extrêmes : $0.5 X'_d$ et $1.2 X_s$.

Avec :

X'_d = réactance directe transitoire du moteur synchrone

X_s = réactance synchrone (non saturée).

Une temporisation de l'ordre de 2 s sera associée, pour éviter les déclenchements intempestifs qui pourraient avoir lieu au moment des oscillations de puissance du réseau.

b) Par une fonction de mesure de puissance réactive :

Elle suivra le diagramme d'excitation (en P, Q) de la machine (ce diagramme devra être impérativement connu).

Le relais sera réglé pour un fonctionnement à 90% de la zone d'instabilité (en - Q), soit sensiblement 30% de S_n .

Une temporisation de l'ordre de 2 s sera associée, pour permettre le fonctionnement du régulateur d'excitation.

Remarque :

Il n'a pas été traité précédemment du démarrage des moteurs synchrones.

Ceux-ci étant de très fortes puissances, il est rarement possible de les démarrer en direct.

Les moteurs asynchrones de fortes puissances sont de type à rotor bobiné (le rotor étant en court-circuit).

Les moteurs synchrones sont à rotor bobiné et excité.

Une solution de démarrage, pour le moteur synchrone, est le démarrage en asynchrone dont le principe simplifié est le suivant :

- rotor non excité,

• dans les enroulements sont sortis sur bagues, insertion de résistances ou tout moyen compatible avec le «démarrage rotorique».

• après le lancement du moteur, et de la phase séquentielle, court-circuitage du rotor jusqu'à la vitesse en asynchrone du moteur (98 % de la vitesse de synchronisme). Retrait du court-circuitage du rotor et excitation de celui-ci.

3. Protection contre un fonctionnement en alternateur (F32)

Cette protection est chargée de détecter un fonctionnement anormal du moteur :

Lorsque coupé de son alimentation, il est entraîné par sa charge (effet de volant) et produit de l'énergie à la partie du réseau encore sous tension.

Le seuil $<P$ sera réglé de 1 à 5% de P_n .

La temporisation $t_{<P}$ sera réglée au minimum à 0.15 s.

4. Protection contre la mise à la masse du rotor (F64R) :

Le circuit d'excitation, alimenté en courant continu, est normalement isolé de la masse de la machine.

Un seul défaut d'isolement sur une polarité et la masse ne sera donc pas dangereux, par contre un deuxième défaut d'isolement sur l'autre polarité et la masse provoquera un court-circuit très dangereux pour le moteur.

Le seuil $I_{\text{roto}}<$ sera réglé de 1 à 3 k Ω .

La temporisation $t_{I_{\text{roto}}<}$ sera réglée à 4 s.

5. Protection contre $\cos \phi$ incorrect (F55) :

La surveillance du bon fonctionnement du régulateur d'excitation du moteur (et lorsque le moteur synchrone est utilisé en pompe pour détecter un désamorçage) sera assurée par le contrôle du facteur de puissance.

Le seuil ϕ arrière sera $\cos \phi = 0.8$ (AR).

Le seuil ϕ avant sera $\cos \phi = 0.95$ (AV).

La temporisation $t_{\cos \phi}$ sera réglée à 2 s.

II.5.11 Problèmes liés aux permutations de source (réseau avec des moteurs) :

A la coupure de l'alimentation, les moteurs sont magnétisés et continuent à produire une tension qui décroît et perd le synchronisme avec la tension préalable d'alimentation.

Une remise sous tension, sans précautions (tension propre du moteur non amortie), peut entraîner un appel de courant important qui risque d'imposer des efforts importants sur l'arbre.

Pour éviter ce risque il faut :

- que la remise sous tension soit suffisamment rapide pour que la tension résiduelle du moteur soit peu amortie (étude nécessaire).
- rendre impossible le réenclenchement du moteur tant qu'une grandeur électrique, mesurée au niveau du moteur, ne soit pas inférieure à une valeur minimum :
 - relais à minimum de fréquence $f_r = 20$ Hz instantané.
 - relais à minimum de tension $U_s = 0.2 U_n$ instantané.

II.6 Protection des transformateurs :

Un transformateur est constitué d'un circuit magnétique formé de trois colonnes feuilletées.

Les trois colonnes reçoivent un enroulement primaire et un enroulement secondaire, les enroulements sont concentriques.

Le circuit magnétique est de préférence de section circulaire pour utiliser au mieux la surface interne des bobinages. Les enroulements et le circuit magnétique baignent dans l'huile à l'intérieur d'une cuve assurant ainsi le refroidissement et la protection de la partie active.

Les défauts qui pourront affecter le transformateur sont :

- Court-circuit entre phase à l'intérieur et l'extérieur de la cuve
- Court-circuit entre spires

Le transformateur est équipé de protections de bases suivantes :

- Protection 'BUCHHOLZ' qui protège le transformateur contre tout défaut apparaissant à l'intérieur de la cuve.
- Protection différentielle
- Protection masse cuve

Ces protections se complètent mutuellement.

II.6.1 Protection par relais BUCHHOLZ :

Lorsque le transformateur est affecté d'un défaut interne, les gaz provenant de la décomposition de l'huile ou de la dégradation des isolants pour les arcs électriques remontent vers la partie supérieure de la cuve appelée conservateur.

L'accumulateur de gaz situé à la partie supérieure du relais peut renseigner sur l'origine d'un défaut.

En cas d'un défaut peu important le niveau d'huile baisse dans le relais et le flotteur f_1 suit la variation du niveau et s'incline jusqu'à la fermeture des contacts qui actionnent une alarme du premier stade. En cas d'un défaut grave le liquide isolant refoulé du transformateur vers le conservateur fait basculer le flotteur f_2 qui donnera l'alarme du deuxième stade et l'ordre de déclenchement du disjoncteur.

II.6.2 Protection différentielle :

La protection différentielle du transformateur compare phase à phase les courants primaires et secondaires du transformateur à protéger. L'une d'entrée et l'autre de sortie devraient être égales en l'absence de tout défaut, de ce fait des transformateurs de courant sont placés à l'amont et à l'aval de chaque phase tels que leur courants I_1 et I_2 circulent en sens contraire dans le primaire.

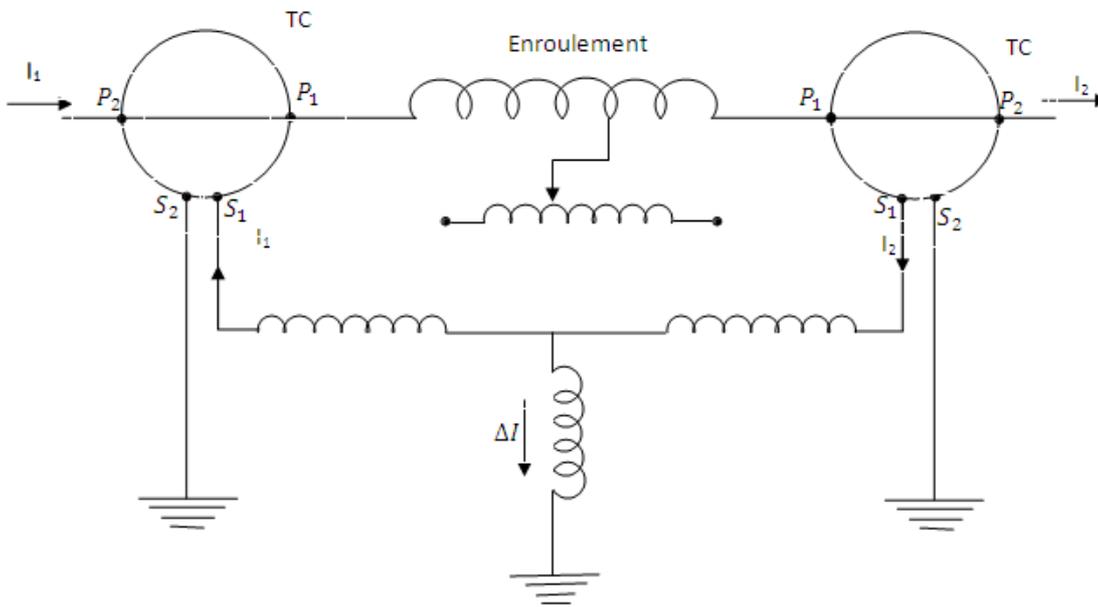
Dans le secondaire on recueille un courant image : $I_d = \Delta I = I_1' - I_2'$

D'autre part, on utilise un sommateur, dont le primaire est composé de deux demi-primaires, circulant les courants délivrés par les deux TC de la phase.

Ils donnent un courant :

$$I_s = \frac{I'_1 - I'_2}{2}$$

La figure suivante est un schéma de principe d'une protection différentielle.



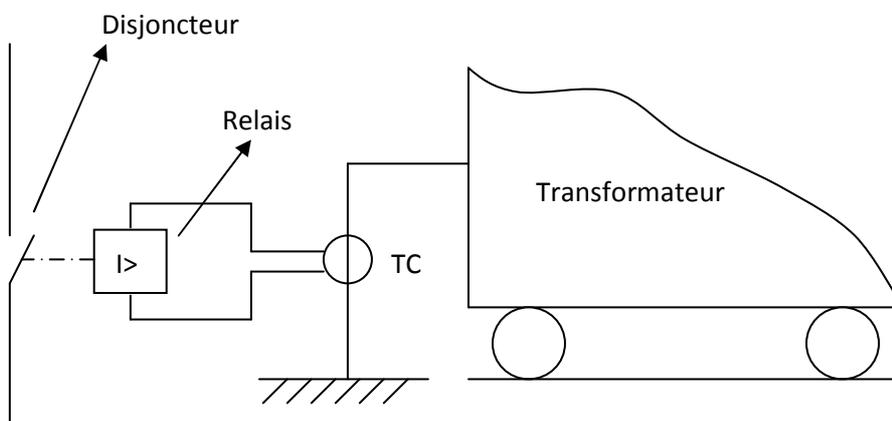
II.6.2 schéma de protection différentielle pour transformateur

II.6.3 Protection masse cuve :

La protection ampérométrique masse cuve est utilisable pour les transformateurs HT/MT reliés à un réseau électrique dont le neutre est relié à la terre.

Pour les réseaux électriques dont le neutre est isolé, la protection masse cuve est assurée par un relais de tension homopolaire. Quand le courant de défaut dépasse la valeur de consigne, le relais bascule, et ordonne l'ouverture du disjoncteur.

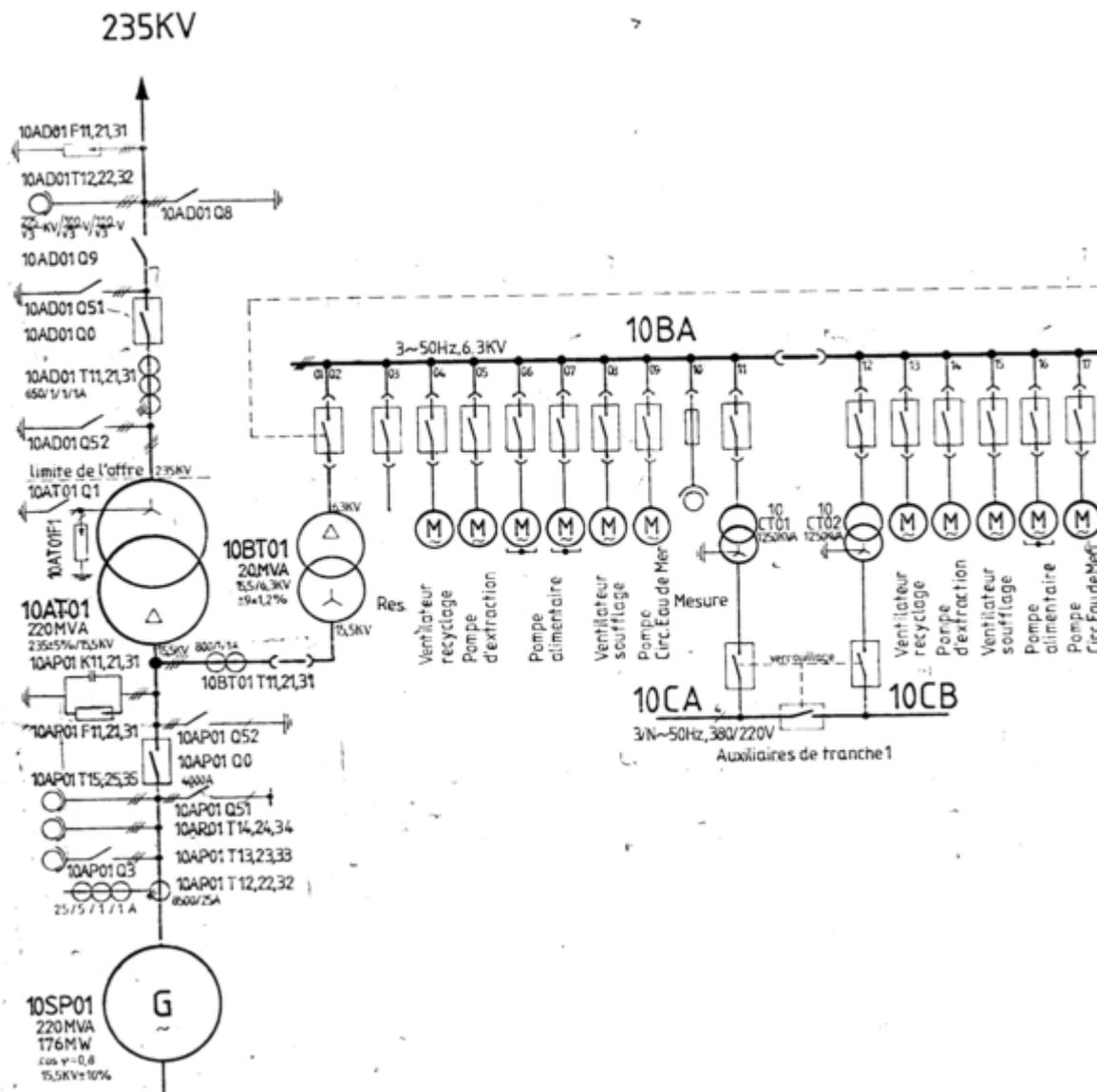
La figure suivante est un schéma de principe d'une protection masse-cuve.



III.1. Description Du Jeu De Barres :

Le jeu de barres est composé de conducteurs en cuivre. Les barres reposent sur des isolateurs en porcelaine fixe dans la partie ou compartiment jeu de barres.

Dans notre cas le jeu de barres est de tension 6,3 KV qui alimente les auxiliaires par tranche, ce sont des moteurs à moyenne tension (MT) qui participent directement à la production de l'énergie. Ils sont alimentés par un réseau triphasé provenant du transformateur de soutirage raccordé en aval du disjoncteur du groupe. Ces moteurs sont asynchrones à cages d'écureuil.



Les auxiliaires 6,3 KV d'une tranche se composent de :

Transformateur de soutirage de 20 KVA (15,5 KV / 6,3 KV)

Moteurs MT (6,3 KV)

III.1.2 Le transformateur de soutirage 20 KVA :

C'est un transformateur triphasé dont les caractéristiques sont les suivantes :

Puissance apparente $S = 20 \text{ KVA}$

Couplage Y/ Δ

Tension 15,5 KV / 6,3 KV

Le rôle de ce transformateur est d'alimenter le jeu de barres avec la tension demandé de 6,3 KV soutiré du groupe (alternateur).

1.3 Le ventilateur de recyclage :

Les ventilateurs de recyclage aspirent une partie des fumées dans les conduites entre la sortie de la chaudière et les réchauffeurs d'air, et les amène à l'entrée située au dessus du fond de la chambre de combustion dans la paroi arrière du foyer. Deux ventilateurs sont prévus par générateur de vapeur, ils sont dimensionnés de façon à fournir ensemble le débit du gaz recyclé.

Les ventilateurs de sont entraînés par un moteur asynchrone à vitesse constante dont les caractéristiques sont les suivantes :

| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Type : | KR 630 S/6 |
| Degré de protection : | IP 55 |
| Puissance nominale : | 280 KW |
| Tension nominale : | 6,3 KV |
| Fréquence : | 50 Hz |
| Couple démarrage/couple nominal : | 0,85 |
| Couple maximale/couple nominal : | 2,0 |
| Couple nominal : | 1,69 KN _M |
| Couple de démarrage : | 2,28 KN _M |
| Courant nominal : | 35 A |
| Cos φ : | 0,78 |
| Rendement a charge nominale : | 93,8% |
| Couplage : | Y |
| Vitesse nominale : | 992 T/M |
| Temps de démarrage : | 25 s |
| Chauffage a l'arrêt : | 100 W |
| Tension de chauffage a l'arrêt : | 220 V |

1.4 Pompes d'extraction :

Elles ont pour rôle d'extraire l'eau condensé dans les puis du condenseur et à la refouler à travers une série de réchauffeurs par surface dans le dégazeur ou la bache alimentaire. Elle est entraînée par un moteur asynchrone dan les caractéristique sont les suivante :

| | |
|-----------------------|-----------|
| Type : | KR 500 ML |
| Degré de protection : | IP 55 |
| Puissance nominale : | 300 KW |
| Tension nominale : | 6,3 kV |

| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Fréquence : | 50 Hz |
| Couple démarrage/couple nominal : | 0,85 |
| Couple maximal/couple nominal : | 2.0 |
| Couple nominal : | 1.94 KN _m |
| Couple de démarrage : | 1,64 KN _m |
| Courant nominal : | 34 A |
| Cos φ : | 0,86 |
| Rendement a charge nominale : | 94,4% |
| Couplage : | Y |
| Vitesse nominal : | 1480 T/m |
| Temps de démarrage : | 2 s |
| Chauffage a l'arrêt : | 750 W |
| Tension de chauffage a l'arrêt : | 220 V |

1.5 Pompes alimentaires :

Le jeu de barres contient trois pompes alimentaires, deux fonctionnent à plein temps et la troisième est mise en marche en cas de panne de l'une des deux autres. Elles ont pour rôle d'alimenter la chaudière avec la quantité d'eau nécessaire pour son fonctionnement à partir de la bache alimentaire. Elles sont entraînées par des moteurs asynchrones à cage dont les caractéristiques sont les suivantes :

| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Type : | KR 1000 SS\4 |
| Degré de protection : | IP 55 |
| Puissance nominale : | 3 MW |
| Tension nominale : | 6,3 KV |
| Fréquence : | 50 Hz |
| Couple démarrage/couple nominal : | 0,7 |
| Couple maximal/couple nominal : | 2.0 |
| Couple nominal : | 19,2 KN _m |
| Couple de démarrage : | 13,4 KN _m |
| Courant nominal : | 330 A |
| Cos φ : | 0,86 |
| Rendement a charge nominale : | 96,8% |
| Couplage : | Y |
| Vitesse nominale : | 1493 T/m |
| Temps de démarrage : | 5 s |
| Chauffage a l'arrêt : | 200 W |
| Tension de chauffage a l'arrêt : | 220 V |

1.6 Ventilateurs de soufflages :

Les ventilateurs de soufflage d'air de combustion ont pour rôle de fournir l'air de combustion nécessaire au générateur de vapeur. Chaque tranche de la production contient deux ventilateurs de soufflage à simple flux et type radial. Des silencieux sont installés dans les conduites d'aspiration des ventilateurs, ils sont entraînés par des moteurs asynchrones à cages dont les caractéristiques sont les suivantes :

| | |
|--------|------------|
| Type : | KR 800 M\6 |
|--------|------------|

| | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Degré de protection : | IP55 |
| Puissance nominale : | 1200 KW |
| Tension nominale : | 6,3 KV |
| Fréquence : | 50 Hz |
| Couple démarrage/couple nominal : | 0,75 |
| Couple maximal/couple nominal : | 2.0 |
| Couple nominal : | 139 A |
| Couple de démarrage : | 8,6 KN _m |
| Courant nominal : | 11,5 KN _m |
| Cos φ : | 0,82 |
| Rendement a charge nominale : | 96,2 % |
| Couplage : | Y |
| Vitesse nominale : | 994 t _r / min |
| Temps de démarrage : | 15 S |
| Chauffage a l'arrêt : | 2 X 750 W |
| Tension de chauffage : | 220 V |

1.7 Pompe de circulation d'eau de mer :

Deux pompes de circulation refoulent l'eau de refroidissement vers le condenseur, ce sont des pompes de types verticales semi-axiales entraînées par directement par des moteur MT a 14 pôles dont les caractéristiques sont les suivantes :

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Type : | 1 LA 7903- 9HF64-Z |
| Degré de protection : | IP 55 |
| Puissance nominale : | 700KW |
| Tension nominale : | 6 KV à ± 10% |
| Courant nominal : | 91 A |
| Fréquence : | 50 Hz |
| Vitesse nominale : | 424 t _r /min |
| Poids du moteur : | 11,2 tonne |
| Poids du rotor : | 3,1 tonne |
| Température de l'air d'entrée : | 45°C |

2. Les principaux défauts pouvant se développer dans le jeu de barres

Et des auxiliaires :

Avant d'étudier les causes, les conséquences et les moyens de protection relatifs aux principaux défauts, il est intéressant de rappeler qu'ils sont variés et qu'ils conduisent soit à l'arrêt de l'alimentation électrique soit à une alarme.

On peut les caractériser par :

D'après leurs origines : les défauts affectant la bonne marche d'un réseau et des machines sont dus à des causes :

D'origine électrique

D'origine mécanique influant sur les paramètres électriques (impédances)

Ou à des erreurs d'exploitation

D'après leurs localisations : En considérant un élément (ligne, machine...), on est ramené à distinguer :

Les défauts internes qui se caractérisent généralement par détériorations

Les défauts externes dont les conséquences sont limités par des perturbations pouvant entraîner à plus ou moins longues échéances des détériorations dans l'élément considéré, et conduire ainsi au défaut permanent.

D'après leurs durées :

Défaut fugitif

Défaut permanent

2.1 Court-circuit entre phases :

Les causes pouvant produire ce défauts sont :

La dégradation des isolants (pollution, température excessive et micropoches).

Diminution accidentelle des distances d'isolement.

Surtensions

Conséquences de ce défaut peuvent être comme suit :

Outre les efforts électrodynamiques des effets thermiques se développent : incendie au niveau de l'arc de défaut, échauffement sur le trajet du courant de court-circuit.

Le courant de défaut crée des phénomènes d'induction électromagnétique dans les circuits auxiliaires.

2.2 Défaut phase-terre :

Les causes pouvant produire ce défaut sont les mêmes que celles développant des courts-circuits phase-phase.

Les contacts accidentels ont lieu entre phase et terre ou phase et masse, la masse étant reliées à la terre.

Les défauts permanent conduisent à une mise hors tension, exception faite sous certaines conditions, en régime neutre isolé (ou fortement impédant).

Les conséquences de ce défaut sont comme suite :

Elévation en potentiel des masses mettant en jeu la sécurité des personnes.

Cuisson des prises de terre, points chauds dans les masses, brulures.

Echauffement du circuit magnétique. Le courant de défaut phase-terre sera dans une machine à une vingtaines d'ampères, ce qui évitera des dommages au circuit magnétique.

Echauffement des écrans des câbles.

Surtension développées dans le jeu de barres.

2.3 Les surcharge :

Les causes pouvant produire ce défaut sont dues essentiellement à une augmentation de la demande d'énergie.

Elles ont une origine :

Mécanique : augmentation du couple demandé (concasseurs).

Electrique : augmentation anormale du courant de charge.

Les surcharges sont également due à une diminution du facteur de puissance, à une diminution ou augmentation de la tension du jeu de barres.

Les surcharges sont synonymes de surintensités.

Les causes que peut engendrer ce défaut sont des échauffements exagérés des câbles, des transformateurs et des moteurs. Elles diminuent la durée de vie de l'isolant.

2.4 Variation de la tension :

Les causes provoquant ce défaut sont :

Des baisses de tension : elles sont dues à une surcharge sur le jeu de barres, au mauvais fonctionnement d'un régulateur en charge de transformateur.

Des surtensions : elles peuvent avoir pour causes un mauvais fonctionnement d'un régulateur en charge ou d'une variation brusque de la source.

Les conséquences de ce défaut peuvent être comme suite :

Les baisses de tension diminuent le couple des moteurs, en effet : $C_m = kU^2$ pour une vitesse de rotation donnée Ω avec :

C_m : couple moteur

U : tension du jeu de barres

La diminution du couple moteur entraîne :

L'augmentation du temps de démarrage : $C_m - C_r = I \frac{d\Omega}{dt}$ avec C_r : couple résistant

Si $C_m - C_r = 0$, le moteur n'accélère plus, il rampe et les tensions sont importantes.

Une diminution de la vitesse en marche normale, ce qui généralement augmente l'intensité absorbée, les pertes joules statorique et surtout les pertes rotoriques.

Les hausses de tension provoquent un échauffement des circuits magnétiques par augmentation des pertes fer. Et risque de détérioration de l'isolant.

Présence d'une composante inverse et marche en monophasé.

2.5 Présence d'une composante inverse et marche en monophasé :

Une composante inverse de tension se développe sur l'ensemble d'un réseau lorsqu'un conducteur de phase d'une ligne du réseau est coupé ou, par suite de la présence d'un gros consommateur monophasé, monté entre phases.

Une composante inverse d'intensité se développe dans les enroulements des machines du jeu de barres, c'est l'influence du défaut externe sur ces machines.

Si la coupure de phase se trouve sur la canalisation de la machine, cette dernière est soumise au déséquilibre complet.

Une coupure dans l'enroulement d'une machine, un court-circuit entre les spires d'un même enroulement, conduisent également au déséquilibre complet.

Le phénomène n'est pas obligatoirement vu par des relais thermiques.

Les conséquences de ce défaut peuvent être comme suite :

-Les éléments du réseau présentant une impédance dite inverse Z_i , différente de l'impédance directe Z_d , sont sensibles à la composante inverse de tension. Ce sont les machines tournantes qui réagissent différemment suivant que leur sens de rotation accompagne le champ tournant inducteur, ou est de sens contraire. On note pour ces machines, impossibilité de démarrer avec une phase perdue, ralentissement des moteurs asynchrones.

Le phénomène n'est pas obligatoirement vu par de simple relais thermiques.

2.6 Fréquence de démarrage trop élevée :

Les causes de ce défaut peuvent être comme suite :

Le mauvais fonctionnement d'un automatisme de commande

Une action manuelle trop fréquente

Une série de réenclenchement par défaut.

Ce défaut peut engendrer un échauffement exagéré statorique et surtout rotorique, une succession de chocs mécaniques sur les accouplements et sur les têtes de bobines est dangereuse pour les matériaux, notamment les isolants. Surtout lorsqu'on sait qu'un défaut phase-masse est souvent la conséquence d'une fracture de l'isolant des têtes de bobines à l'entrée des encoches.

2.7 Blocage en marche d'un moteur et démarrage trop long :

Les blocages ont lieu à chaque fois que le couple résistant est supérieur au couple moteur maximal. Le blocage du rotor donne un choc mécanique sur les accouplements, bobinage, etc. l'échauffement est rapide car l'intensité prend sa valeur de démarrage I_D et l'énergie absorbée au réseau est en grande partie dissipée dans le rotor.

L'absence de ventilation augmente la température.

Le démarrage trop long a lieu lorsque le moteur est trop chargé ou est alimenté sous tension réduite, il provoque des contraintes thermiques préjudiciables à la durée de vie.

3. choix des protections adaptées:

3.1 Courts-circuits entre phase :

Emploi d'un relais à maximum de courant ($\max I$) à temps indépendant ou à temps dépendant. Le relais limite :

Les effets thermiques

Les risques d'instabilité du jeu de barres

La coordination de divers relais à maximum de courant d'un réseau est réalisée de façon à ne mettre hors tension que la seule partie du défaut (sélectivité).

Ces relais ne peuvent sauvegarder la sélectivité dans les réseaux bouclés ou maillés, on emploie alors des relais :

Directionnels.

Différentielles longitudinaux.

3.2 Défaut phase-terre :

Le régime neutre faiblement impédant (T_{++} , C13-200, facteur de défaut à la terre $\leq 1,4$) est le plus utilisé.

Le courant de défaut bien que limité, permet l'utilisation des relais à maximum de courant homopolaires. La

coordination de ces relais est réalisée de façon à ne mettre hors tension que la partie de défaut (sélectivité chronométrique). Ils ne peuvent sauvegarder la sélectivité dans le jeu de barres qui est bouclé. On emploie alors

Des relais différentiels longitudinaux de courant homopolaire.

Des relais directionnels de courant homopolaire qui présentent en outre l'avantage de pouvoir être insensibilisés aux courants capacitifs des câbles lors du réglage.

L'utilisation des relais volt-métriques homopolaires peut être utile pour détecter à partir d'un point volontairement choisi dans l'ensemble du jeu de barres, les défauts phase-terre ou phase-masse développés en un point quelconque du jeu de barres.

Le régime neutre isolé ou fortement impédant (I_{++} , C22-300, facteur de défaut à la terre $> 1,4$) lorsque'il est possible sous conditions de continuer l'exploitation du premier défaut.

D'une façon générale, la détection du premier défaut n'est pas sélective. Cette détection est assurée par :

Un relais volt métrique homopolaire monté entre bornes neutre générateur et terre réglé en fonction de la montée en potentiel du neutre.

Un contrôleur permanent d'isolement ayant l'avantage de mesurer l'isolement utilisé.

Généralement l'emploi des relais à maximum de courant homopolaire fonctionnant grâce au courant capacitif du jeu de barres est difficile sinon impossible.

3.3 Les surcharge :

Contrôle de l'intensité par un relais à image thermique ou par un relais à maximum de courant à temps constant afin de limiter dans le temps des surcharges constantes et connues, il s'agit par exemple d'une surcharge dont la durée et la fréquence de répétition sont bien déterminées.

3.4 Présence d'une composante inverse et marche en monophasé :

C'est une protection préventive, pour éviter que la coupure de phase externe se traduise en défaut interne ; on emploie des relais de déséquilibre inverse à maximum de composante inverse.

3.5 Variation de la tension :

Un relais de protection contre les baisses de tension sera utilisé pour :

Contrer le fonctionnement des régulateurs de tension.

Couper l'alimentation des moteurs si la tension d'alimentation est trop basse ou trop élevée.

Un relais à maximum de tension est employé pour le contrôle des régulateurs et des réglés en charge.

3.6 Fréquence de démarrage trop élevée :

On emploiera un relais de protection comptant le nombre de démarrages pendant un temps déterminé. Si le nombre de démarrages effectués pendant ce temps déterminé dépasse le nombre de démarrages permis, alors le relais verrouillera les ordres d'enclenchements pendant un deuxième temps prédéterminé. Le relais permet de limiter la fréquence des démarrages à une valeur donnée par le constructeur.

3.7 Blocage en marche d'un moteur et démarrage trop long :

On utilise un relais à maximum d'intensité inhibé pendant la période de démarrage. Il présente deux cas :

A l'issue de la période normale de démarrage, l'intensité reste supérieure à la valeur nominale : c'est un démarrage trop long due à un couple accélérateur trop faible.

En marche normale, l'intensité prend rapidement la valeur de démarrage : c'est un blocage rotor en marche

Les relais coupent rapidement l'alimentation des moteurs afin de limiter les conséquences du défaut. S'il existe des risques de rotor bloqué à la mise sous tension du moteur, celui-ci doit supporter l'échauffement correspondant pendant un temps supérieur au temps de démarrage. Sinon une étude de l'évaluation de l'intensité et si c'est possible du facteur de puissance au cours de démarrage permet de déterminer si l'emploi d'un relais à maximum de courant ou d'un relais d'impédance est possible.

I. Introduction et définition :

-L'examen de l'énergie électrique peut se définir comme étant l'ensemble des moyens permettant d'évacuer les puissances mises en jeu dans une installation.

Son étude permet d'établir le bilan des consommations en énergie électrique et d'évaluer la puissance des transformateurs. Pour cela, on définit deux grandeurs qui sont la puissance installée et les puissances consommées.

➤ Puissance installée :

C'est la somme de toutes les puissances des récepteurs indiqués par le constructeur.

➤ La puissance consommée :

Elle dépend des modes de fonctionnement de chaque récepteur pris individuellement et de tous les récepteurs pris ensemble ; pour cela, on introduit deux facteurs.

a) Le facteur d'utilisation (K_U) :

Il dépend du fait que certains récepteurs ne fonctionnent pas à leurs régimes nominaux. Pour les grandeurs moteurs ($P_n > 100$ KV) $K_U = 1$ [1].

b) Les facteurs simultanémenté (K_S) :

Ces facteurs estiment la probabilité qu'un certain nombre de récepteurs ne fonctionnent pas simultanément.

II. Dimensionnement du transformateur de soutirage (TS) :

-Le dimensionnement du transformateur se fait par le bilan de toutes les puissances.

Pour l'étude, la consommation individuelle retenue de tout l'équipement en marche sera de 4/4 de sa charge maximale calculée, c'est-à-dire $K_U = 1$.

Une fois la puissance consommée globale est calculée, on détermine la puissance du transformateur en tenant compte :

- Du facteur de puissance $\cos\phi$.
- Du facteur simultanémenté K_S .

$$P_C = \sum P_U \times K_U \qquad S = \frac{P_C}{\cos\phi}$$

$$\text{Donc : } S = \frac{\sum P_U \times K_S}{\cos\phi}$$

Des données caractéristiques des moteurs du troisième chapitre, on tire la somme des puissances :

$$P_C = (700 + 3000 + 1200 + 300 + 280 + 1000 + 1000 + 700 + 1200 + 3000 + 300 + 280 + 700) \text{ KW} = 13660 \text{ KW} \\ \text{KW} = 13,66 \text{ MW}$$

Remarque : La pompe alimentaire N°3 est en réserve ; en cas de panne de l'une des deux autres pompes alimentaires (PPA1 ou PPA2), PPA3 se met en marche.

On a des gros moteurs donc $K_U = 1$ [1].

$$P_C = \sum P_U \times K_U = 13660 \text{ KW} \times 1 = 13660 \text{ KW} = 13,66 \text{ MW}.$$

$$S = \frac{P_C}{\cos\phi} = \frac{13,660}{0,8} = 17,075 \text{ MVA}.$$

$S = 17,075 \text{ MVA}$; donc nous prenons un transformateur de 20 MVA.

III. Choix des câbles :

-Les câbles sont choisis en fonction de leur emploi et suivant le milieu pour lequel sont destinés.

Ils sont constitués généralement d'une partie centrale conductrice de courant appelée âme et d'un certain nombre d'enveloppes et de gaines qui leur confèrent un isolement électrique et une protection mécanique ; on a ainsi :

1) **L'âme :**

- L'âme doit assurer une bonne conductibilité d'énergie (faible résistance afin de réduire les pertes lors du transport de l'énergie). Elle doit aussi présenter une bonne souplesse, et résistance mécanique suffisante pour supporter les efforts dus à sa manipulation.

2) **L'enveloppe :**

-L'enveloppe doit présenter une rigidité diélectrique élevée, une bonne résistance au froid et à la chaleur, à l'humidité et à la corrosion par les huiles et les acides.

3) **Les gaines d'étanchéité et de protection :**

-Leur choix est aussi important ; il doit être fait en fonction de contraintes extérieures sur les câbles. Les gaines sont matériaux isolant (PVC - PRC) ou en matériaux métalliques (filage de plomb aluminium) ; dans ce dernier cas on parle de câble armé.

4) **Choix du câble :**

-Le choix du câble se fait en fonction :

- Du mode de poste.
- Du mode d'emploi.
- Du type d'isolant.
- De la température de fonctionnement.
- Du nombre de conducteurs.

5) **Câble choisi :** HAVRITHENE, polyéthylène haute densité.

Tension assignée : 5 KV à 170 KV.

Ame rigide.

Température maximale à l'âme 85° C en permanence et 250° C en court circuit.

IV. Calcul et choix des sections :

-La section des conducteurs d'une ligne de distribution d'énergie doit satisfaire aux critères de bon fonctionnement, d'économie, de la sécurité et de la protection.

La condition de bon fonctionnement est remplie si la chute de tension ne dépasse pas une valeur imposée par les conditions relatives à l'ensemble de l'installation.

La sécurité exige une section suffisante qui évite un échauffement anormale des conducteurs et assure une résistance mécanique suffisante. La section des conducteurs doit être choisie de telle façon que l'élément de protection agisse avant la détérioration du câble lors d'une surintensité.

Du point de vue économique, la section du câble doit être déterminée de façon à minimiser le coût de l'installation et d'exploitation. Les différents critères de calcul de section du câble conducteurs sont :

- La section imposée par la chute de tension (S_z).
- La section imposée par l'échauffement (S_j).
- La section imposée par le courant de court circuit (S_{cc}).
- La section économique (S_e).

1. Détermination de la section imposée par la chute de tension – S_z – :

-la chute de tension dans un conducteur, est la différence entre la tension de départ et celle à l'arrivée.

La tension à l'arrivée conditionne la bonne marche des appareils qui doivent fonctionner sous une tension bien déterminée.

La norme NFC. 15. 100 fixe la valeur de la chute de tension relative à partir de jeu de barres à :

$\frac{\Delta U}{U}$:-8% pour les canalisations de force motrice (Régime Normal).

-10% pour des canalisations de force motrice (démarrage).

Connaissant les caractéristiques des appareils à alimenter et celles de la liaison, il faut déterminer la section du conducteur permettant, pour un réseau ayant un facteur de puissance donné, d'assurer le transfert du courant par un câble de longueur (L) sans dépasser la valeur limite de la chute de la tension admissible $\frac{\Delta U}{U}$

$\Delta U = \sqrt{3} I L (r \cos\varphi + x \sin\varphi)$ pour une charge 3φ s'est en bout de ligne

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3}}{U} I L (r \cos\varphi + x \sin\varphi)$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3}}{U^2} I L (r \cos\varphi + x \sin\varphi)$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3}}{U^2} U I L \cos\varphi (r + x \tan\varphi)$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{P \cdot L}{U^2} (r + x \tan\varphi)$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{P \cdot L}{U^2} (r + x \tan\varphi) \leq a\%$$

$$r \leq \frac{a U^2}{100 P L} - x \tan\varphi ; r = \frac{\rho}{S_z} \rightarrow S_z = \frac{\rho}{r}$$

$$S_z \geq \frac{\rho^{85^\circ}}{\frac{a \cdot U^2}{100 P L} - x \tan\varphi} \quad \text{Avec} \quad \rho^{85^\circ} = \rho^{20^\circ} (1 + \alpha \Delta\theta)$$

$$\rho^{20^\circ} = 17,44 \Omega / \text{Km} / \text{mm}^2 \quad \text{pour le cuivre.}$$

$$\Delta\theta = 85^\circ - 20^\circ = 65^\circ$$

$$\alpha = \frac{1}{273} = 3,66 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{85^\circ C} = 21,34 \Omega/\text{Km}/\text{mm}^2 \rightarrow S_Z \geq \frac{21,34}{\frac{a \cdot U^2}{100 P L} - x \operatorname{tg} \varphi}$$

Exemple de calcul de S_Z :

1) Régime nominale :

Pompe alimentaire PPA1 :

$$P = 3000 \text{ Kw}, \quad I_n = 319,684 \text{ A}, \quad L = 0,066 \text{ Km}, \quad \cos \varphi = 0,86$$

$$\frac{\Delta U}{U} = 0,14\% \quad ; \quad x = 0,1 \Omega/\text{Km}.$$

$$r_{\text{calculée}} \leq \frac{a U^2}{100 P L} - x \operatorname{tg} \varphi.$$

$$S_Z = \frac{\rho_{85^\circ}}{r_{\text{calculée}}}.$$

A.N:

$$r_{\text{calculée}} = \frac{0,14 \cdot 6300^2}{100 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,066} - 0,0593 = 0,221 \Omega/\text{Km} \rightarrow S_Z \geq \frac{21,34}{0,221} = 96,561 \text{ mm}^2.$$

$$\rightarrow S_{Zn} = 120 \text{ mm}^2.$$

$$r_n = \frac{21,34}{120} = 0,1778 \Omega/\text{Km}.$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{réelle}}} = \frac{P L}{U^2} (r_n + x \operatorname{tg} \varphi) = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 0,066}{6300^2} (0,1776 + 0,0593) = 0,001182.$$

$$\rightarrow a\% = 0,1182\%.$$

Pour les autres tronçons, voir le Tableau numéro 1.

2) Au démarrage :

Pompe alimentaire PPA1 :

$$I_d = 6I_n = 6 \times 319,68 \text{ A} = 1918,104 \text{ A}.$$

$$\cos \varphi_d = 0,35, \quad L = 0,066 \text{ Km}$$

$$x = 0,1 \Omega/\text{Km} \quad ; \quad \frac{\Delta U}{U} \% \leq a\% = 0,5\%.$$

$$r_{\text{calculée}} \leq \frac{a \cdot U}{100 \sqrt{3} I L \cos \varphi_d} - x \operatorname{tg} \varphi_d$$

$$\rho_{85^\circ C} = 21,34 \Omega \text{ mm}^2/\text{Km} \quad \text{Pour le cuivre}$$

$$S_Z \geq \frac{\rho_{85^\circ C}}{r_{\text{calculée}}}$$

A.N:

$$r_{\text{calculée}} \leq \frac{0,5 \cdot 6300}{100 \times \sqrt{3} \times 1918,104 \times 0,066 \times 0,35} - 0,26764 = 0,1428 \Omega/\text{Km}.$$

$$S_Z \geq \frac{21,34}{0,1428} = 149,4397 \text{ mm}^2 \rightarrow S_{Zn} = 150 \text{ mm}^2$$

$$r_n = \frac{21,34}{150} = 0,1422 \Omega/\text{Km}$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3} I_d L \cos \varphi_d}{U} (r_n + x t g \varphi_d)$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3} 1918,104 \times 0,066 \times 0,35}{6300} (0,1422 + 0,26764)$$

$$\frac{\Delta U}{U} = 0,004992 \rightarrow a\% = 0,4992\%$$

Pour les autres tronçons voir le tableau N°2

2. Détermination de la section économique (s_e) :

La section économique est donnée par la formule suivante :

$$S_e = \beta I \sqrt{hCA} \quad [1]$$

S_e : section économique [mm²]

I : Intensité nominale [A]

h : nombre d'heure de service par an [h/an]

C : prix de l'énergie en [DA] = 0.55 DA.

A : facteur d'amortissement sur une année.

$$A = \frac{(1+t)^N - 1}{t(1+t)^N}$$

t : taux d'intérêt : 1%.

N : nombre d'année d'amortissement

$$B = \begin{cases} 10^{-2} & \text{pour le cuivre} \\ 1,8 \cdot 10^{-2} & \text{pour l'aluminium} \end{cases}$$

Exemple de calcul de S_e.

Pompe alimentaire PPA :

$$P = 3000 \text{ Km} \quad ; \quad I = 319,684 \text{ A}$$

$$S_e = \beta I \sqrt{hCA}$$

$$h = 24 \times 365 = 8760 \text{ h/an} ; \quad A = \frac{(1+t)^N - 1}{t(1+t)^N} ; \quad C = 0,55 \text{ DA} ; \quad \beta = 10^{-2}$$

A.N :

$$S_e = 10^{-2} \times 319,684 \sqrt{8760 \times 0,55 \times 0,85} = 204,5802 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{(1+0,18)^1 - 1}{0,18(1+0,18)^1}$$

$$S_{en} = 240 \text{ mm}^2$$

Pour les autres tronçons voir le tableau N°3

3. **Détermination de la section imposée par l'échauffement S_j :**

Le calcul du courant admissible dans les conducteurs d'un câble est complexe, la quantité de chaleur produite et son mode de diffusion dépendant d'un grand nombre d'éléments dont certains sont mal connus.

La température de l'âme d'un câble, ne doit pas dépasser la température maximale acceptable par les matériaux qui le constituent.

Pour déterminer la section S_j, on calcule.

- L'intensité I à transporter.
- Le facteur de correction « K » appliqué à l'intensité I.

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

K₁ : facteur de correction de température (voir tableau 4)

K₂ : facteur de correction du mode de pose (appliquer pour câble posé à l'air libre (tableau 4)

K₃ : facteur de correction du a la proximité (à utiliser lorsque d'autres câbles sont posés à proximité de celui dont on veut déterminer la section. (Voir tableau 5)

K₄ : facteur de correction pour câbles enterrés dans les sols de résistivités thermiques différentes de 100°C.cm/watt.

Dans notre cas, le facteur K₄ est éliminé car les câbles sont posés à l'air libre.

$$I_f = \frac{I}{K}$$

La section S_j est donnée en fonction de I_{as} (voir tableau 4)

Exemple de calcul de S_j :

Compte alimentaire PPA1 :

$$P = 3000 \text{ KW}, \quad I = 319,648 \text{ A}, \quad t^\circ = 45^\circ\text{C}$$

Un seul câble unipolaire posé sur chemin de câbles (tablettes), à l'air libre, exposé au rayonnement solaire K₁

$$0,85 * 0,85 = 0,7225 \longrightarrow \text{(tableau 5)} \longrightarrow$$

$$K_2 = 1 \longrightarrow \text{(tableau 6)}$$

$$K_3 = 1 \longrightarrow \text{(tableau 7)}$$

Résultat :
$$I_f = \frac{I}{K} = \frac{319,684}{0,7225 \times 1 \times 1} = 442,4692 \text{ A}$$

$$\rightarrow S_j = 240 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow I_{ad} = 447 \text{ A} \quad \text{(Voir tableau)}$$

Pour les tronçons voir tableau 8

Détermination de la section de court-circuit :

Les réseaux de transport d'énergie électrique sont toujours équipés d'appareils de protection qui coupent le circuit quelques instants après l'apparition du défaut.

Le retard est volontairement prévu pour éviter que des coupures ne soient produites par des défauts fugitifs. Le câble doit donc résister à une intensité plus grande que celle prévue en régime normal. Pendant le temps correspondant au réglage des appareils de protection, les intensités du défaut peuvent atteindre plusieurs dizaines de fois l'intensité nominale. On n'admet que la chaleur dégagée par effet joule, pendant la durée du défaut, reste concentrée dans les conducteurs.

L'échauffement correspondant porte, pendant un très court temps, l'isolant du câble à une température supérieure à celle qui est admise en fonctionnement normal ; cet échauffement ne doit pas présenter de danger pour l'isolant.

La température maximale admissible porte, (θ_{cc}) au niveau de l'âme du conducteur, selon les spécifications et normes, pendant une surcharge de très courte durée, n'excède pas Cinq seconde.

La section d'âme aux surcharges et aux courts-circuits est donnée par la formule :

$$S_{cc} = \frac{I_{cc}}{K} \sqrt{\frac{t}{\theta_{cc} - \theta_p}}$$

$K = 11$ pour âme en cuivre

$K = 0.7$ pour âme en aluminium

I_{cc} = Intensité de court-circuit par conducteur (A)

θ_p : température admissible sur l'âme en permanence (avant le court-circuit)

θ_{cc} : température de la fin du court-circuit (250°C)

t : durée du court-circuit en moyenne tension (3s)

$$K_{cc} = \frac{I_{cc}}{K} \sqrt{\frac{3}{250-85}} = 0.012 I_{cc}$$

$$S_{cc} = 0.012 I_{cc}$$

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{cc}} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sqrt{(\sum R + R_T)^2 + (\sum x + X_T)^2}}$$

Exemple :

Compe de circulation de l'eau de mer PPC1 :

$$= 700 \text{ Kw} ; I = 82,246 \text{ A} ; L = 0,245 \text{ Km} ; x = 0,1 \text{ } \Omega/\text{Km}.$$

$$_{Dj}(\text{disjoncteur}) = 0 \Omega.$$

$$_{Dj}(\text{disjoncteur}) = 0,15 \text{ m}\Omega.$$

$$_{JB}(\text{jeu de barre}) = 0 \Omega \text{ si } I > 400 \text{ A}.$$

$$\frac{\rho L}{S} \text{ si } I < 400 \text{ A}.$$

$$_{JB}(\text{jeu de barre}) = 0,15 \text{ } \Omega/\text{Km}.$$

$$_T(\text{transformateur}) = 2 \text{ m}\Omega.$$

$$_T(\text{Transformateur}) = 178,6 \text{ m}\Omega.$$

$$_{cc} = 0,012 I_{cc}.$$

$$c = \frac{6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sqrt{(\sum R + R_T)^2 + (\sum X + X_T)^2}} \text{ [KA]}.$$

$$\sum R = r(\text{PPC1} - \text{JB17}) \times L + R_{Dj17} + R(\text{JB17} - \text{JB02}) + R_{DjP} + r(\text{JB02} - \text{TP}) \times L.$$

$$\sum X = x(\text{PPC1} - \text{JB17}) \times L + X_{Dj17} + x(\text{JB17} - \text{JB02}) \times L + X_{DjP} + x(\text{JB02} - \text{TP}) \times L.$$

.N:

$$\sum R + R_T = 1,3337 \times 10^3 \times 0,245 + 0 + 0 + 0 + 0,0889 \times 10^3 \times 0,095 + 2 = 337,202 \text{ m}\Omega.$$

$$\sum X + X_T = 0,1 \times 10^3 \times 0,245 + 0,15 + 0,15 \times 10^3 \times 0,032 + 0,15 + 0,1 \times 10^3 \times 0,095 + 178,6 = 217,7 \text{ m}\Omega.$$

$$c = \frac{6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sqrt{(337,202)^2 + (217,7)^2}} = 9,0622 \text{ KA}.$$

$$c = 9,0622 \text{ KA}.$$

$$_{cc} = 0,012 \times 9,0622 \cdot 10^3 = 108,7464 \text{ mm}^2.$$

$$_{cc} = 108,7464 \text{ mm}^2.$$

$$_{ccn} = 120 \text{ mm}^2.$$

our les autres tronçons voir les tableaux suivants : 9, 10, 11,12

| CONCONS | P _U (Km) | I (A) | L.10 ⁻³ (Km) | $\frac{\Delta U}{U_{fixée}}$ | r _{calculée} (Ω/Km) | S _Z (mm ²) | S _{Zn} (mm ²) | r _n (Ω/km ²) | $\frac{\Delta U\%}{U_{réelle}}$ |
|----------|------------------------|----------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| C1- JB17 | 700 | 82,243 | 245 | 0,9 | 2,0026 | 10,656 | 16 | 1,3337 | 0,6109 |
| A1- JB16 | 3000 | 319,684 | 66 | 0,14 | 0,2212 | 96,473 | 120 | 0,1778 | 0,1182 |
| L- JB15 | 1200 | 134,111 | 76 | 0,2 | 0,8005 | 26,658 | 35 | 0,6097 | 0,1561 |
| E1- JB14 | 300 | 31,968 | 71 | 0,2 | 3,6674 | 5,818 | 6 | 3,5566 | 0,1940 |
| L- JB13 | 280 | 32,897 | 54 | 0,2 | 5,1697 | 4,127 | 6 | 3,5566 | 0,1385 |
| JB12 | 1000 | 114,553 | 34 | 0,12 | 1,3258 | 16,095 | 25 | 0,8536 | 0,0795 |
| JB11 | 1000 | 114,553 | 33 | 0,1 | 1,1277 | 18,9234 | 25 | 0,8536 | 0,0751 |
| C2-JB09 | 700 | 82,243 | 240 | 0,9 | 2,0460 | 10,430 | 16 | 1,3337 | 0,5984 |
| E2- JB08 | 1200 | 134,111 | 83 | 0,2 | 0,7271 | 29,349 | 35 | 0,6097 | 0,1705 |
| A2- JB07 | 3000 | 319,684 | 65 | 0,13 | 0,2052 | 103,996 | 120 | 0,1778 | 0,1165 |
| A3- JB06 | 3000 | 319,684 | 68 | 0,14 | 0,2130 | 100,187 | 120 | 0,1778 | 0,1218 |
| E2- JB05 | 300 | 31,968 | 69 | 0,2 | 3,7754 | 5,652 | 6 | 3,5566 | 0,1885 |
| E2- JB04 | 280 | 32,897 | 73 | 0,4 | 7,6869 | 2,776 | 4 | 5,3350 | 0,2788 |
| E- JB03 | 700 | 82,243 | 240 | 0,9 | 2,0406 | 10,430 | 16 | 1,3337 | 0,5984 |
| E2- TS | 1600 | 1832,898 | 95 | 0,7 | 0,1077 | 198,142 | 240 | 0,0889 | 0,6277 |
| | | | | $\sum \frac{\Delta U}{U} \% = 5,43\%$ | | | | | $\sum \frac{\Delta U}{U_{réelle}} \% = 4,06\%$ |

Tableau 1

| Conçon | P _U (KW) | I _d (A) | Cos φ | L(10 ⁻³)KM | $\frac{\Delta U\%}{U_{fixé}}$ | r calculé (OHM/Km ²) | S _Z (mm ²) | S _{Zn} (mm ²) | r _n (OHM/Km) | $\frac{\Delta U\%}{U_{réelle}}$ |
|------------|---------------------|--------------------|-------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| PC1 - JB17 | 700 | 493.458 | 0.35 | 245 | 0.9 | 0.5 059 | 42.1822 | 50 | 0.4268 | 0.8078 |
| A - JB16 | 3000 | 1918.104 | 0.35 | 66 | 0.5 | 0.1428 | 149.4397 | 1 50 | 0.1422 | 0.4992 |
| L - JB15 | 1200 | 804.666 | 0.35 | 76 | 0.4 | 0.4112 | 51.8968 | 70 | 0.3048 | 0.3368 |
| E - JB14 | 300 | 121.808 | 0.35 | 71 | 0.2 | 1.1154 | 17.5580 | 25 | 0.8536 | 0.1469 |
| L - JB13 | 280 | 197.382 | 0.35 | 54 | 0.2 | 1.6823 | 12.7030 | 16 | 1.3337 | 0.1642 |
| PC2 - JB09 | 700 | 493.458 | 0.35 | 240 | 0.9 | 0.5221 | 40.8733 | 50 | 0.4268 | 0.7913 |
| E2 - JB08 | 1200 | 804.666 | 0.35 | 83 | 0.4 | 0.3547 | 60.1635 | 70 | 0.3048 | 0.3678 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|-------|----------|------|------------------------------------|------|---------|----------|-----|--------|--------|
| PA2 – JB07 | 3000 | 1918.104 | 0.35 | 65 | 0.5 | 0.1491 | 143.1254 | 150 | 0.1422 | 0.4916 |
| PA3 – JB06 | 3000 | 1918.104 | 0.35 | 68 | 0.55 | 0.17057 | 125.1612 | 150 | 0.1422 | 0.5143 |
| PE2 – JB05 | 300 | 191.808 | 0.35 | 69 | 0.2 | 1.3028 | 16.3801 | 25 | 0.8536 | 0.1427 |
| 2 – JB04 | 280 | 197.382 | 0.35 | 73 | 0.2 | 1.1748 | 18.1647 | 25 | 0.8536 | 0.1554 |
| 5 – JB03 | 700 | 493.458 | 0.35 | 240 | 0.9 | 0.5221 | 40.8733 | 50 | 0.4268 | 0.7913 |
| 02 – TS | 16000 | 4189.458 | 0.35 | 95 | 3.17 | 0.5601 | 38.1009 | 50 | 0.4268 | 2.6594 |
| | | | | $\sum \frac{\Delta U}{U} = 9.02\%$ | | | | | | 7.86 % |

TABLEAU N° 2

| Récepteurs | I (A) | $\beta\sqrt{hCA}$ | $S_e(mm^2)$ | $S_{en}(mm^2)$ |
|-------------|----------|-------------------|-------------|----------------|
| PPC (1,2) | 82,243 | 0,699453 | 52,6310 | 70 |
| PPA (1,2,3) | 319,684 | 0,699453 | 204,5802 | 240 |
| VS (1,2) | 134,11 | 0,699453 | 85,8237 | 95 |
| PPE (1,2) | 31,968 | 0,699453 | 20,4577 | 25 |
| VR (1,2) | 32,897 | 0,699453 | 21,0522 | 25 |
| T (1,2) | 114,533 | 0,699453 | 73,3076 | 95 |
| RES | 82,243 | 0,699453 | 52,6310 | 70 |
| TS | 1832,898 | 0,699453 | 1172,9545 | 5×240 |

TABLEAU N°3

| Mode de pose | Facteurs de correction | |
|--|------------------------|--------------------|
| | Câbles multipolaires | Câbles unipolaires |
| Câbles - fixés aux parois et plafonds. - Posés sur chemins de câbles, tablettes | 1,00 | 1,00 |
| Câbles -posés en gouttières | 1,00 | 0,90 |
| Câbles -posés dans les huisseries. | 1,00 | 0,90 |
| Câbles -posés sous conduits apparents, encastrée sous moulure et plinthe. -posés en goulottes, gaine ou en caniveaux ouverts ou fermés. -posés dans les vides de constructions, alvéoles ou bloc alvéoles. | 0,90 | 0,80 |

TABLEAU4

| | | |
|---|------|------|
| Câbles -posés en conduits dans des caniveaux fermés ou ouverts. | 0,80 | 0,70 |
|---|------|------|

TABLEAU N°5

| Nombre de câbles ou ternes Jointifs. | 1 | 2 | 3 | 4 À 8 | 9 À 14 | > 14 |
|--------------------------------------|---|---|-----|-------------|--------------|------|
| K ₃ | 1 | 1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |

TABLEAU N°6

| Câble aux conducteurs isolés en PVC | 24 | 32 | 41 | 52 | 71 | 90 | 114 | 133 | 166 | | | | | | | | | |
|--|------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| -câble A4 conducteurs isolés en PRC/ERP -Câble A3 conducteurs isolés en PVC | 26.5 | 36 | 46 | 58 | 79 | 100 | 127 | 153 | 184 | 227 | 272 | 311 | 348 | 392 | 454 | | | |
| Câbles unipolaires en PVC | | | | | | | 133 | 161 | 193 | 238 | 286 | 327 | 365 | 214 | 477 | 540 | 622 | 703 |
| Câbles A3 conducteurs isolés en PRC/EPR | | | | | | | 141 | 170 | 204 | 252 | 302 | 245 | 366 | 435 | 504 | | | |
| Câbles A2 conducteurs isolés en PVC | | | | | | | 146 | 176 | 121 | 261 | 313 | 358 | 400 | 451 | 522 | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|---|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3 câbles unipolaires isolés en PRC/EPR placés au fond de fouille | | | | | | | 148 | 179 | 214 | 264 | 316 | 363 | 405 | 457 | 529 | 600 | 690 | 780 |
| Câble à 2 conducteurs isolé en PRC | | | | | | | 162 | 195 | 235 | 290 | 347 | 397 | 444 | 500 | 179 | | | |
| Section normalisée en mm ² (due à l'échauffement) | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 |

Tableau N°7

| Récepteurs | I (A) | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | $I_{f=\frac{1}{K}}$ (A) | S _D |
|------------------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|
| PPC (1,2) | 82.243 | 0.7225 | 1 | 0.9 | 0.6502 | 126.4887 | |
| PPA (1, 2,3) | 319.684 | 0.7225 | 1 | 1 | 0.7225 | 442.4692 | |
| VS (1,2) | 134.111 | 0.6290 | 1 | 0.9 | 0.5561 | 236.9033 | |
| PPE (1,2) | 31.968 | 0.7225 | 1 | 0.9 | 0.6502 | 44.2463 | |
| VR (1,2) | 32.897 | 0.6290 | 1 | 0.9 | 0.6561 | 58.1116 | |
| (T ₁ , T ₂) | 114.553 | 0.8500 | 1 | 0.9 | 0.7650 | 149.7424 | |
| RES | 82.243 | 0.6290 | 1 | 1 | 0.6290 | 130.7519 | |
| TS | 1832.898 | 0.8500 | 1 | 1 | 0.8500 | 2156.3506 | 5 |

Tableau N°8

| Tronçons | Tronçons amonts | L (Km) | r (Ω/Km) | x (Ω/Km) | R (mΩ) | X (mΩ) | $\sum R + R_T$ (mΩ) | $\sum X + X_T$ (mΩ) | I_{CC} (KA) | S_{cc} (mm ²) | S_{ccn} (mm ²) |
|------------|-----------------|--------|----------|----------|----------|---------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| PPC1-JB17 | PPC1-JB17 | 0,2450 | 1,3337 | 0,1000 | 326,7565 | 24,5000 | 337,2020 | 217,7000 | 9,0622 | 108,7464 | 120 |
| | DJ17 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB17-JB02 | 0,0320 | 0 | 0,1500 | 0 | 4,8000 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,5000 | | | | | |
| PPA1-JB16 | PPA1-JB16 | 0,0660 | 0,1778 | 0,1000 | 11,7348 | 6,600 | 22,1803 | 199,5000 | 18,1204 | 217,4448 | 240 |
| | DJ16 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB16-JB02 | 0,0300 | 0 | 0,1500 | 0 | 4,500 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,100 | 8,4455 | 9,500 | | | | | |
| VS1 - JB15 | VS1-JB15 | 0,0760 | 0,6097 | 0,1000 | 46,3372 | 7,600 | 56,7827 | 200,2000 | 17,4798 | 209,7576 | 240 |
| | DJ15 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB15-JB02 | 0,0280 | 0 | 0,1500 | 0 | 4,200 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 | | | | | |
| PPE1-JB14 | PPE1-JB14 | 0,0710 | 3,5566 | 0,1000 | 52,5186 | 7,100 | 262,9641 | 199,4000 | 11,0261 | 132,3132 | 150 |
| | DJ14 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB14-JB02 | 0,0260 | 0 | 0,1500 | 0 | 3,900 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 | | | | | |
| VR1 - JB13 | VR1-JB13 | 0,0540 | 3,5566 | 0,1000 | 192,0564 | 5,400 | 202,4956 | 197,4000 | 12,8621 | 154,3452 | 185 |
| | DJ13 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB13-JB02 | 0,0240 | 0 | 0,1500 | 0 | 3,600 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 | | | | | |

Tableau 9

| Tronçons | Tronçons amonts | L (Km) | r (Ω/Km) | x (Ω/Km) | R (mΩ) | X (mΩ) | $\sum R + R_T$ (mΩ) | $\sum X + X_T$ (mΩ) | I_{CC} (KA) | S_{CC} (mm ²) | S_{CCn} (mm ²) |
|-----------|-----------------|--------|----------|----------|----------|---------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| T1-JB12 | TP1-JB12 | 0,0340 | 0,8536 | 0,1000 | 29,0224 | 3,4000 | 39,4679 | 195,1000 | 18,2731 | 219,2772 | 240 |
| | DJ12 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB12-JB02 | 0,0220 | 0 | 0,1500 | 0 | 3,300 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,5000 | | | | | |
| T2-JB11 | TP2-JB11 | 0,0330 | 0,8536 | 0,1000 | 28,1688 | 3,300 | 38,6143 | 194,2000 | 18,3706 | 220,4472 | 240 |
| | DJ11 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB11-JB02 | 0,0180 | 0 | 0,1500 | 0 | 2,500 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,100 | 8,4455 | 9,500 | | | | | |
| PPC2-JB09 | PPC2-JB09 | 0,2400 | 1,3337 | 0,1000 | 320,0880 | 24,0000 | 330,5335 | 214,5000 | 9,2309 | 110,7708 | 120 |
| | DJ09 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB09-JB02 | 0,0140 | 0 | 0,1500 | 0 | 2,1000 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,5000 | | | | | |
| VS2-JB08 | VS2-JB08 | 0,0830 | 0,7097 | 0,1000 | 50,6051 | 8,3000 | 61,0506 | 198,4000 | 17,1431 | 205,7172 | 240 |
| | DJ08 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB08-JB02 | 0,0120 | 0 | 0,1500 | 0 | 1,8000 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,0950 | 0,0890 | 0,1000 | 8,4455 | 9,5000 | | | | | |
| PPA2-JB07 | PPA2-JB07 | 0,0650 | 0,1778 | 0,1000 | 11,557 | 6,5000 | 22,00256 | 196,4000 | 18,4047 | 220,8564 | 240 |
| | DJ07 | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB07-JB02 | 0,0100 | 0 | 0,1500 | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,1500 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,095 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 | | | | | |

Tableau 10

| Tronçons | Tronçons amonts | L (Km) | r (Ω/Km) | x (Ω/Km) | R (mΩ) | X (mΩ) | $\sum R + R_T$ (mΩ) | $\sum X + X_T$ (mΩ) | I_{CC} (KA) | S_{CC} (mm ²) | S_{CCn} (mm ²) |
|----------|-----------------|--------|----------|----------|---------|--------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| PPA3- | PPA3- | 0.068 | 0,1778 | 0,1000 | 12,0904 | 6,800 | 22,5359 | 196,400 | 18,399 | 220,789 | 240 |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|-------------|--------|--------|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----|
| JB06 | IJ06 | 0 | | | | 0 | | 0 | 1 | 2 | |
| | DJ06 | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | DJP | 0,008 0 | 0 | 0,1500 | 0 | 1,200 | | | | | |
| | JB06- JB02 | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,095 0 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 0 | | | | | |
| PPE2- JB05 | PPE3- JB05 | 0,069 0 | 3,5556 | 0,1000 | 245,336 4 | 6,900 0 | 255,781 9 | 196,200 0 | 11,283 2 | 135,398 4 | 150 |
| | DJ05 | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB05- JB02 | 0,00- 60 | 0 | 0,1500 | 0 | 0,900 0 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,095 0 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 0 | | | | | |
| VR2- JB04 | VR2- JB04 | 0,073 0 | 5,3350 | 0,1000 | 389,455 0 | 7,300 0 | 399,900 5 | 196,300 0 | 8,1648 | 97,9776 | 120 |
| | DJ04 | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB04- JB02 | 0,004 0 | 0 | 0,1500 | 0 | 0,600 0 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,095 0 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 0 | | | | | |
| RES-JB04 | RES- JB03 | 0,240 0 | 1,3337 | 0,1000 | 320,088 0 | 24,00 0 | 330,533 5 | 212,700 0 | 9,2538 | 111,045 6 | 120 |
| | DJ03 | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB03- JB02 | 0,002 0 | 0 | 0,1500 | 0 | 0,300 0 | | | | | |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |
| | JB02-TP | 0,095 0 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 0 | | | | | |
| TP-JB02 | TP-JB02 | 0,095 0 | 0,0889 | 0,1000 | 8,4455 | 9,500 0 | 10,4455 | 188,250 0 | 19,292 0 | 231,504 | 240 |
| | DJP | / | 0 | / | 0 | 0,150 0 | | | | | |

Tableau 11

| Tronçons | I_n (A) | I_{cc} (KA) | R_{cc} (m Ohm) | X_{cc} (m Ohm) | Z_{cc} (m Ohm) | $\frac{R_{cc}}{Z_{cc}}$ |
|----------|-----------|---------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| PC1-JB17 | 82.243 | 9.0622 | 337.2020 | 217.3707 | 401.3707 | 0.84 |
| PA1-JB16 | 319.684 | 18.1204 | 22.1803 | 199.5 | 200.2792 | 0.11 |
| VS1-JB15 | 134.111 | 17.4789 | 56.7827 | 200.2 | 208.0968 | 0.27 |
| PE1-JB14 | 31.968 | 11.0216 | 262.9641 | 199.400 | 330.0158 | 0.79 |
| VR1-JB13 | 32.897 | 12.8621 | 202.4956 | 197.400 | 282.7918 | 0.71 |
| T1-JB12 | 114.553 | 18.2731 | 39.4679 | 195.100 | 199.0520 | 0.19 |
| T2-JB11 | 114.553 | 9.2309 | 38.6143 | 194.2 | 198.0017 | 0.19 |
| PPC2-JB9 | 82.243 | 9.2309 | 330.5335 | 214.500 | 394.0338 | 0.83 |
| VS2-JB8 | 134.111 | 17.1431 | 61.0506 | 198.500 | 207.6762 | 0.29 |
| PA2-JB7 | 319.684 | 18.4047 | 22.0025 | 196.400 | 197.6286 | 0.11 |
| PPA3-JB6 | 319.684 | 18.3991 | 22.5359 | 196.400 | 197.6887 | 0.11 |
| PPE2-JB5 | 31.968 | 11.2832 | 255.7819 | 196.400 | 322.3644 | 0.79 |
| VR2-JB4 | 32.897 | 8.1648 | 399.9005 | 196.300 | 445.4818 | 0.89 |
| RES-JB3 | 82.243 | 9.2538 | 330.5335 | 212.700 | 393.0568 | 0.84 |
| TS-JB2 | 1832.898 | 19.2990 | 10.4455 | 188.25 | 188.5395 | 0.055 |

Tableau 12

I. Introduction :

On a vu lors du chapitre précédant l'importance des défauts présent sur le jeu de barres 6,3 KV, ce qui implique la présence de protections efficace pour annuler ou limiter les dommages de ces défauts. Dans notre cas tous les auxiliaires du jeu de barres disposent de moyens de protection propre à eux.

II. Protections des éléments du jeu de barres :

II.1 Transformateur de soutirage (TS):

Il dispose d'une seule protection qui est :

- Relais directif de mise à la terre F90

II.2 Ventilateur de recyclage :

Il dispose de trois types de protections :

- Relais directif de mise à la terre F90
- Relais de protection de surintensité F10
- Relais de protection contre l'interruption de conducteur F08

II.3 Pompes d'extraction :

Elle dispose de trois types de protections :

- Relais directif de mise à la terre F90
- Relais de protection de surintensité F10
- Relais de protection contre l'interruption de conducteur F08

II.4 Pompes alimentaires :

Elles disposent de quatre types de protections :

- Relais directif de mise à la terre F90
- Relais de protection de surintensité F10
- Relais de protection différentielle F32
- Relais de protection contre l'interruption de conducteur F08

II.5 Ventilateurs de soufflage :

Ils disposent de trois types de protections :

- Relais directif de mise à la terre F90
- Relais de protection de surintensité F10
- Relais de protection contre l'interruption de conducteurs F08

II.6 Pompes de circulation :

Elles disposent de trois types de protections :

- Relais directif de mise à la terre F90
- Relais de protection de surintensité F10
- Relais de protection contre l'interruption de conducteurs F08

II.6 armoires de mesure :

Elles disposent de deux types de protection

- Relais de protection minimum de tension F40
- Relais de protection manque de phase F42

III. étude des protections du jeu de barres 6,3 KV :

III.1 Relais directif de mise a la terre F90 :

L'appareil est appliqué dans la détection pour courant de pertes à la terre sur des appareils triphasés et la mesure des courants de pertes capacitifs ou ohmiques.

Il a deux caractéristiques principales qui sont : un haut seuil de sensibilité ainsi que les lignes d'amenée qui doivent être protégées contre des courants perturbateurs.

Le raccordement sur le trajet se fait habituellement sur des transformateurs de courant du types câbles ou bien aussi sur trois transformateurs de courant sur un circuit de sommation (holmgreen) avec un circuit d'équilibrage DE.

Le raccordement sur le parcours de tension se fait sur des enroulements en triangle ouvert du transformateur de tension ou bien sur des transformateurs de mise à la terre.

Sur le transformateur de mise à la terre, la tension de blocage U_0 est prise à la résistance additionnelle 3PPL. Pour un raccordement de plus de Cinque 7NS94, U_0 se mesure par l'intermédiaire d'un transformateur de tension 500/100 V. 60VA.

Pour un raccordement du transformateur de mise à la terre par barres omnibus, U_0 est amené au relais par l'intermédiaire d'un contact auxiliaire sectionneur. Il est pourtant recommandé d'effectuer un raccordement sur les enroulements en triangle ouvert du bloc de transformation de mesure situé sur la dérivation du générateur.

Schéma de raccordement : (voir la page suivante)

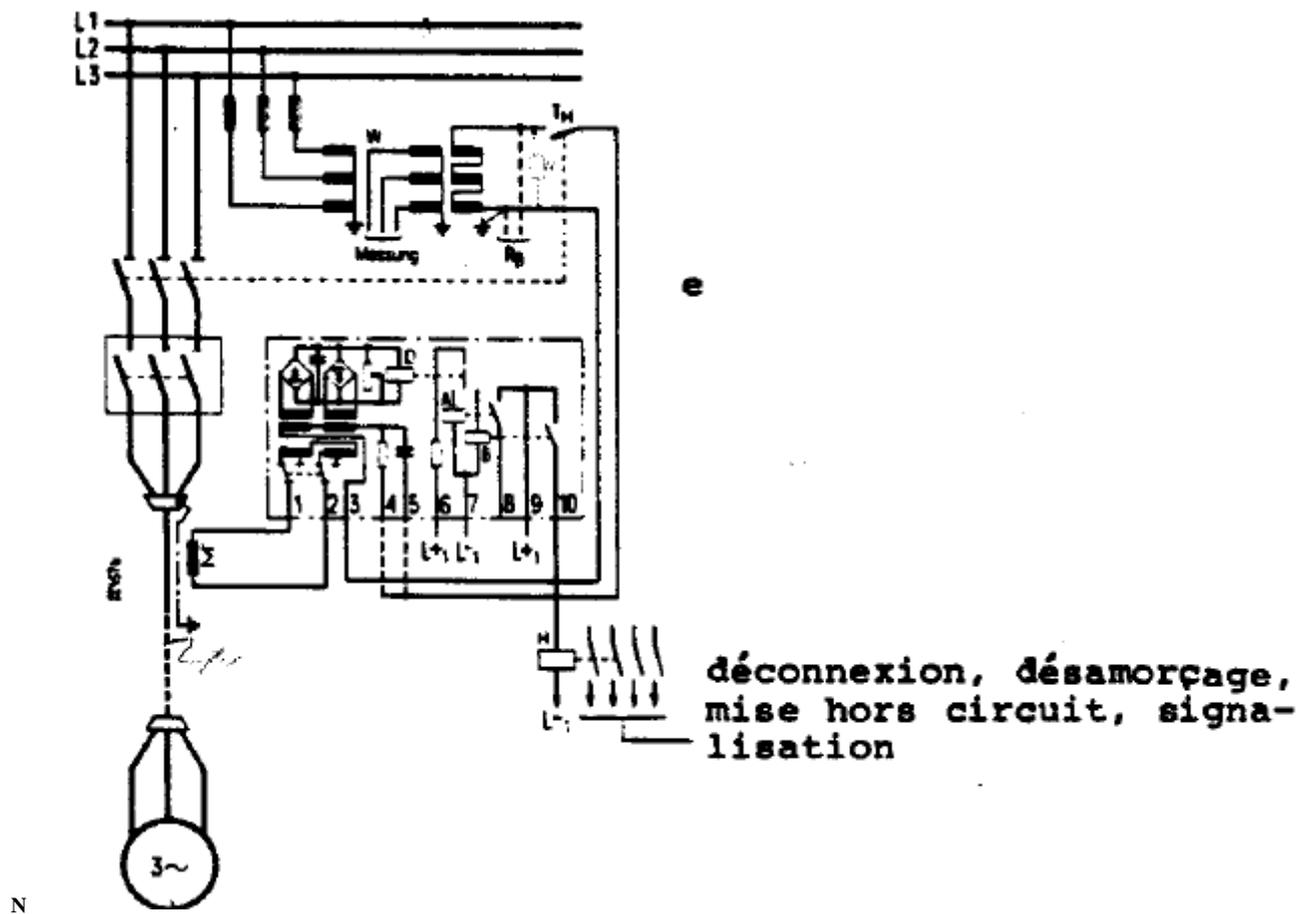


Fig.V.1 Schéma de raccordement de la protection F90

Les données techniques

| | | |
|--|----------|---|
| Courant de réponse, réglable selon commutation | mA mA | 2,3, 5, 8, 12, 18, 25, 35,50 20, 30, 50, 80, 120, 180, 250, 350, 500 |
| Tension d'amorçage pour 50 Hz aux bornes de 3-4 et 3-5 | V | 5 |
| Courant nominale, I_N | A | 1/5 |
| Fréquence nominale, f_N | Hz | 50/60 |
| Tension auxiliaires | V | 60, 110, 220 |
| Etendue de réglage | Ma | 2, 50, 20 a 50 |
| Charge | | 2,25 1,6 0,03 |
| Cos φ | | 0,3 a 0,5 0,03 0,9 |
| Parcours de la tension | | |
| Aux bornes 3-4, environ | VA | 4 |
| Aux bornes de 3-5 pour 100V | VA | 1 |
| Relais auxiliaires pour le déclenchement aux bornes 6-7 en position de réponse | W | 2,5 |
| Charge limite | | |
| Trajet | Durée | 1s 10s continu |
| Etendue de 2Ma a 50 Ma | A | 20 3 0,7 |
| Etendue de 20Ma a 500 Ma | Durée | 1s 10s continu |

| | | | | |
|---|----|--|----|---|
| | A | 200 | 30 | 7 |
| Parcours de la tension aux bornes 3-4-5, continu | V | 120 | | |
| Résistance de boucle de la ligne d'amenée transformateur relais, max. | V | 2 X 0,2 | | |
| Contacts, du relais auxiliaire Types et nombre Pouvoir de coupure ax | VA | 2 S (1 S par direction) 30 ; Arrêt, Marche 0,5 A ; 220 | | |
| Proportion de déplacement, environ | | 0,85 | | |
| Délai de réponse, environ dépendant du seuil de réponse | S | 0,5 à 3 | | |

L'appareil est capable de déterminer l'intensité et la direction du courant de pertes I_E :

Courant de relais I_i = proportionnel au courant de déplacement

I_U = proportionnel a la tension de déplacement

La somme et la différence des courants I_U et I_i sont comparées entre elles dans un montage en pont.

Le relais a cadre mobile D répond pour 90° (angle entre I_i et I_u). La sensibilité maximale du circuit est atteinte a 0° et 180° , c'est-à-dire pour un courant uniquement ohmique (par exemple dans le cas d'un courant de pertes I_E produit par un transformateur de mise a terre par l'intermédiaire de l'impédance de charge).

Pour un courant de pertes capacitif d'un réseau non éteint, le courant de relais I_U doit être tourné de 90° par le condensateur incorporé.

Les saturations de courte durée du transformateur de courant (causes par exemple par un courant d'entrée de machine asynchrone ou de transformateur) n'influence pas la mesure direct du relais, car de tels phénomènes n'occasion aucun tension de déplacement et donc aucun moment de torsion dans le relais. De même, le courant de perte produit par la machine dans le cas d'une mise a la terre extérieure est négligeable, même pour le réglage le plus sensible de 2 Ma et en raison de la direction de mesure.

La figure suivante est un schéma de raccordement au transformateur de courant dans un circuit additif.

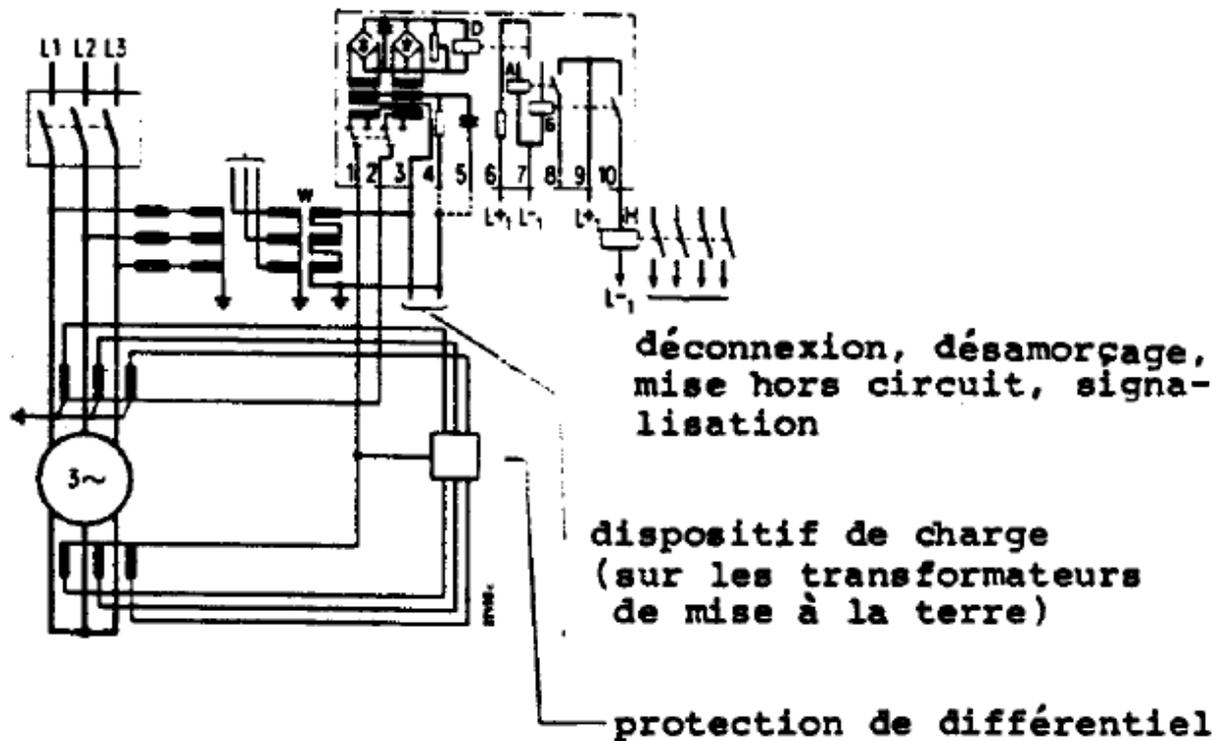


Fig V.2 schéma de raccordement de la F90 au transformateur de courant dans un circuit additif.

III.2 Relais de protection contre l'interruption du conducteur F08 :

Les appareils sont munis d'une plaque de fond en tôle d'acier et d'un boîtier sans voyant, en matière isolante. Les appareils conviennent au montage sur des tableaux de distribution.

Ce mode protection l'en trouve dans les moteurs triphasés contre la marche monophasée. Elle ne nécessite aucun entretien. Actionnement déjà à partir de $30 I_N$. Surtout en cas raccordement du contact de repos, les appareils sont à protéger contre fortes vibrations.

Son exécution est disponible pur raccord direct jusqu'à 50A ou en tant que relais auxiliaire pour raccordement à des transformateurs de courant. Des bornes en haut et en bas, pour le raccordement direct, à partir de 20A.

La F08 compare les trois courants de conducteur et de leur position vectorielle dans le montage en pont. En marche monophasée, l'équilibre du montage en pont est dérangé et le relais se déclenche. Un circuit RC retarde les déclenchements afin d'éviter des faux déclenchements provoqués par des chutes de tension asymétrique.

Schéma des connexions, raccordements et mode d'action : (voir la page suivante)

Contrôle de coupure de phase 7US90

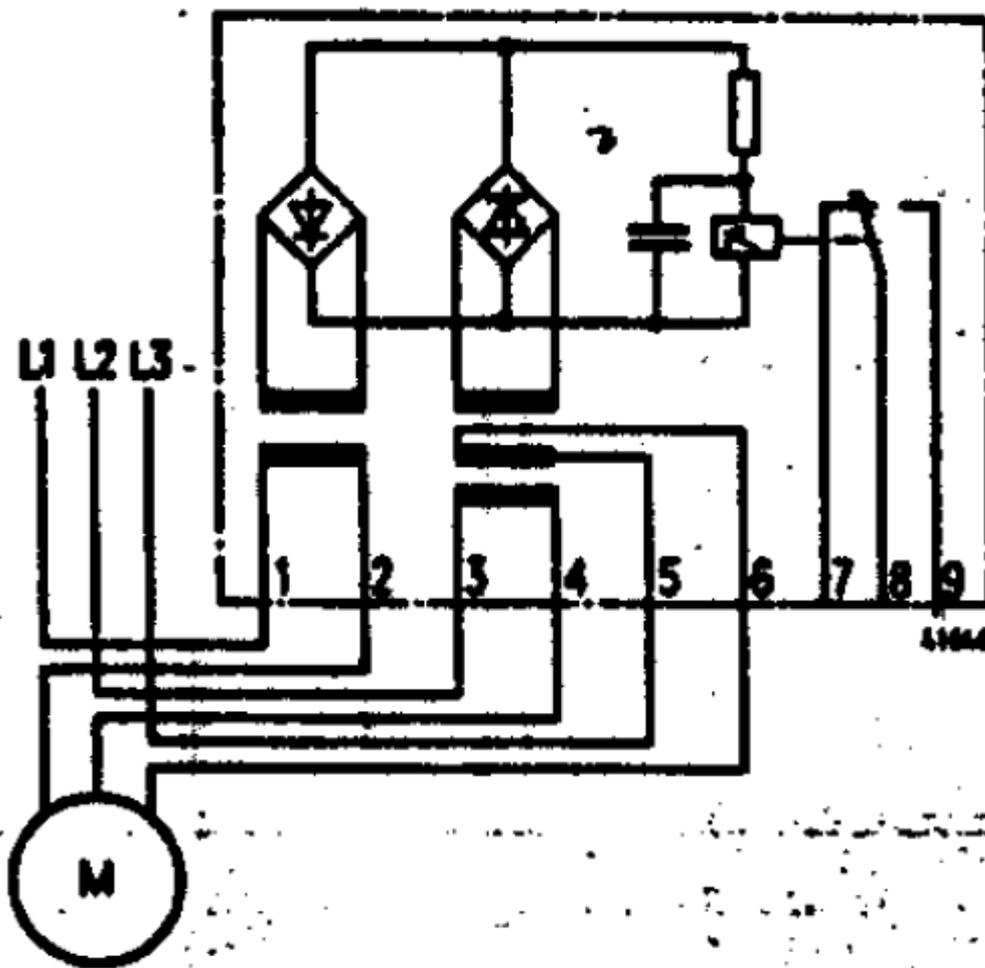


Fig V.3.a 7US 90, schéma des connexions de l'appareil et raccordement direct

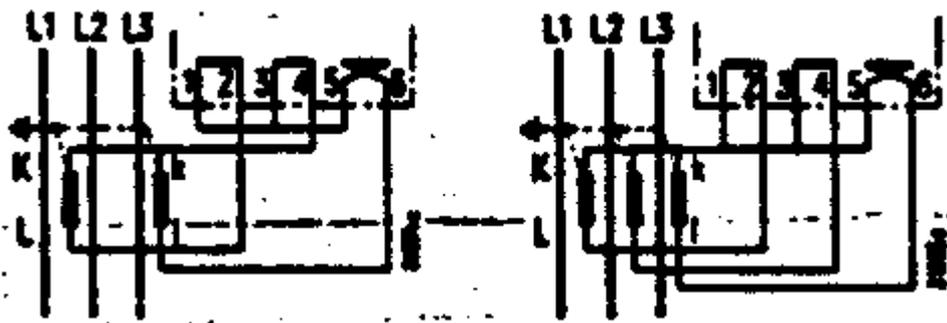


Fig V.3.b Raccordement par : transformateur de courant

Raccordement par bornes pour des courants nominaux jusqu'à 10 A. pour des courants nominaux, à partir de 20 A, les 6 bornes pour les raccords primaires se trouvent en haut.

En marche monophasée le relais est excité à partir d'environ 30% I_N .

Lors du choix du rapport de transformation il faut tenir compte du fait que le courant à vide I_L des moteurs triphasés, fonctionnant en monophasé est de 50% plus élevé qu'en marche triphasée.

Cependant, le relais doit recevoir au moins 30% d' I_N , même en marche à vide du moteur et en fonctionnement monophasé.

Données Techniques :

Tension nominale, U

| | |
|---|----------------------|
| Pour $I_N=1 \text{ A}, 5 \text{ A}, 10 \text{ A}$ | $\leq 400 \text{ V}$ |
| Pour $I_N=20 \text{ A}, 30 \text{ A}, 50 \text{ A}$ | $\leq 500 \text{ V}$ |

Intensities nominal, I_N

| | |
|---|--------------------------|
| Pour raccord transformateur ou raccord direct | 1 A et 5 A |
| Pour raccord direct | 10 A, 20 A, 30 A et 50 A |

Fréquence nominale, f_N : 50 Hz à 60Hz

Temps de réponse

| | |
|---|-----|
| Pour un courant de réponse $0,3I_N$ à $1I_N$, environ | 1 s |
|---|-----|

Absorption de puissance

| | |
|-------------------------|------|
| Par conducteur, environ | 4 VA |
|-------------------------|------|

| Charge limite | 1s | 10s | En permanence |
|---|---------|---------|---------------|
| Pour $I_N=1\text{A}, 5\text{A}, 10\text{A}$ | $50I_N$ | $15I_N$ | $1,5I_N$ |
| Pour $I_N=20\text{A}, 30\text{A}, 50\text{A}$ | $30I_N$ | $10I_N$ | $1,2I_N$ |

Contacts :

| | | |
|--|-----------------|--------------|
| Type et nombre | 1 changeur | |
| Matériau de contact | Argent | |
| Courant de commuta. /Tension de commuta. | 10/250 | A/V |
| Pouvoir de commutation, en circuit Hors circuit | 1000 30/1000 | W/VA W/VA |

III.3 Relais de protection manque de phase F42 :7SN99 :

Relais de signalisation de terre 7SN99 (RN3) avec indication de phase, détecte de la perte à la terre par la mesure de la tension de déplacement U_0 lors de l'annulation de la tension de l'une des 3 tensions de phase et le maintien simultané et relevé des 2 autres tensions de phase. Pas de réponse pour des courts-circuits bipolaires et tripolaires ainsi que pour des phénomènes de déplacement insignifiants (causés par exemple par des phénomènes de commutation ou par une asymétrie).

L'appareil contient : 3 relais à manque de tension et 3 relais auxiliaires à voyant optique (dont le retour se fait à la main) pour le déclenchement de signaux acoustiques ou la commande de tableaux lumineux.

Données techniques :

| | | |
|-------------------------|--------------------|---|
| Tension nominale, U_N | $3 \times 100 / 3$ | V |
|-------------------------|--------------------|---|

| | | |
|--|----------|-----------------|
| Réversible, avec barre de liaison, sur | 3×110/ 3 | V |
| Champ d'action | 85 à 115 | %U _N |
| Fréquence nominale, f _N | 50 ou 60 | Hz |

Puissance absorbée :

| | |
|--|-------|
| Par chaque conducteur dans le cas de fonctionnement normal du réseau et pour U _n = V | 3 VA |
| Par chaque conducteur dans le cas d'une perte à la terre | 12 VA |

Puissance réelle absorbée par les 3conducteurs dans le cas d'une perte à la terre :

| | | |
|----------------------|----|---|
| Pour 100 V , environ | 12 | W |
| Pour 122V , environ | 20 | W |

Relâchement du relais auxiliaire, pour % U₀ 25

Contacts :

| | |
|--|--------------------|
| Contact de signalisation sur le relais en question | 1 S par conducteur |
| Pouvoir de commutation | 80 W ou 80 VA |
| Pouvoir de coupure | 10 W ou 80 VA |
| Maximum | 5 A, 250 V |

7SN99 : Schéma de montage de l'appareil, raccordements : (Voir la page suivante)

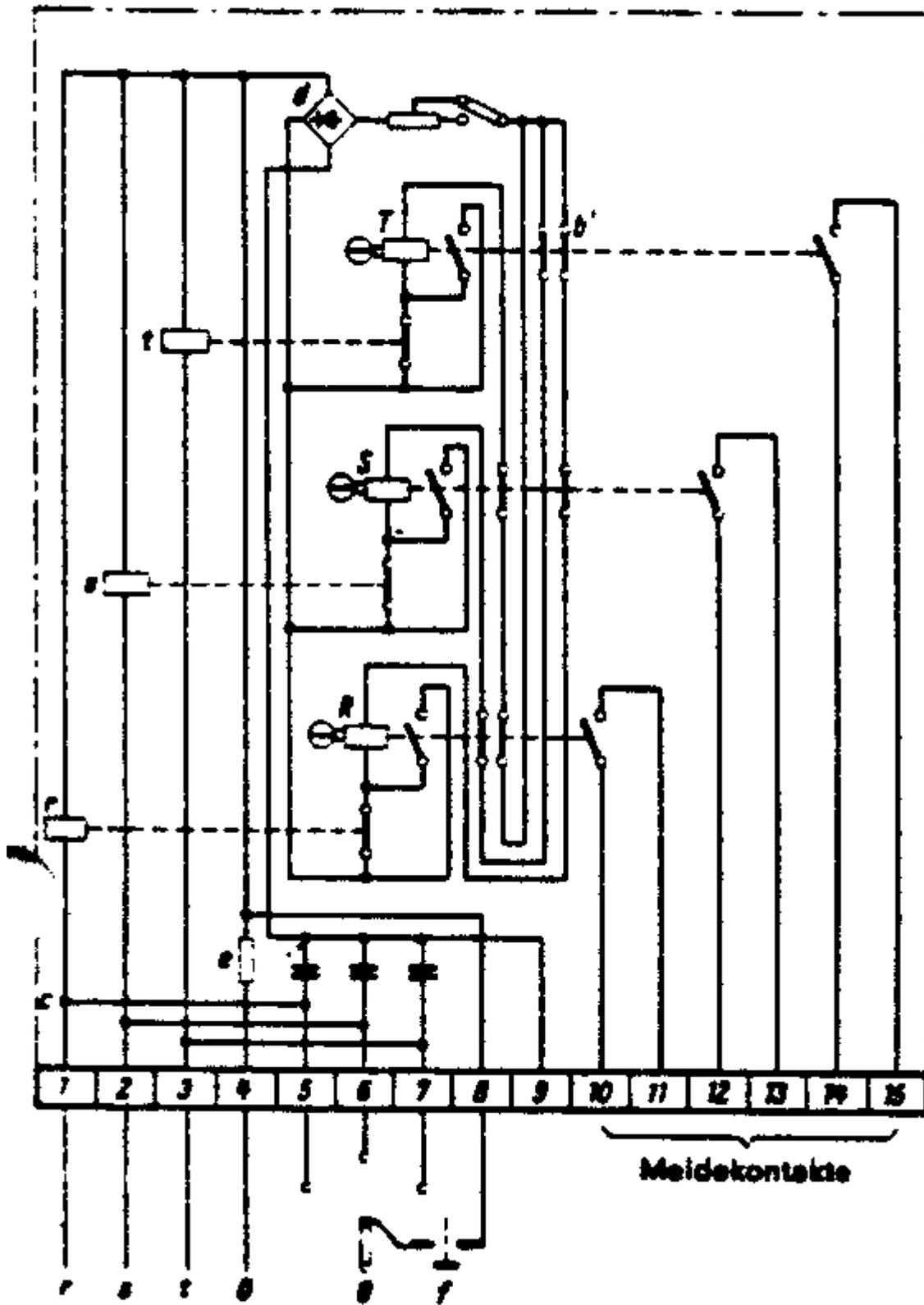


Fig V.4 Schéma de montage de l'appareil

Lors d'une perte à la terre, le relais de tension relâché actionne le relais auxiliaire incorporé correspondant, dont le voyant optique indique le conducteur défectueux.

Le relais auxiliaire actionné reste en position jusqu'à la fin de la perte à la terre (auto-entretien) et verrouille les deux autres relais auxiliaires. La commutation est réalisée de telle manière que le retour graduel de l'état normal de tension, après la disparition de la perte à la terre dans des réseaux mis à la terre, ne conduise pas des fausses indications.

Dans des réseaux mis à la terre, l'appareil réagira également à des terres accidentelles d'une durée limitée, grâce à l'amorçage à action lente de la bobine de soufflage.

Les 3 relais à manque de tension r, s, t ont été étalonnés et ajustés de façon à ce que chacun d'entre eux réagisse lorsque la tension étoilée correspondante baisse à moins de 30 V (ce qui correspond à environ 50% U_N).

Le contrôle du relais s'effectue par un ponçage de contre durée des bornes 8/5,8/6 ou 8/7. Ceci peut se faire, par exemple, en branchant en série un commutateur PACCO à 4 positions de commutation et un commutateur à bouton-poussoir.

III.4 Relais de protection manque de phase F40 :7RG32 :

Le relais temporisé à minimum de tension 7RG32 surveille les tensions et le champ tournant d'un système triphasé et signale les incidents ci-après :

- Manque d'une ou plusieurs tensions composées
- Réduction de la surface du triangle formé par les trois tensions composées au-dessous de 50% de sa valeur nominale
- Inversion de l'ordre des phases (sens de champ tournant)

Exemple d'utilisation :

- Protection des moteurs
- Contrôle des câbles de raccordement de transformateurs de mesure

Réglage :

Le relais est réglé sur la valeur de fonctionnement figurant sur les courbes caractéristiques (voir caractéristiques techniques).

Lorsque le relais temporisé à minimum de tension est alimenté, le relais se met en position d'armement. Si la tension baisse au-dessous de la valeur de fonctionnement, le relais se met en position de repos.

Caractéristiques techniques :

Caractéristiques générales :

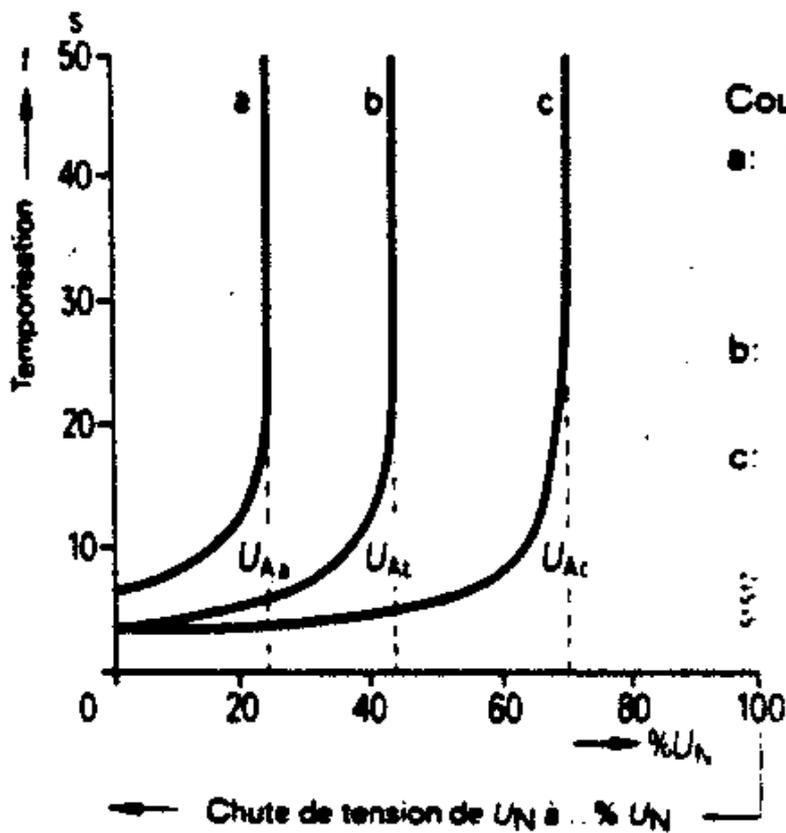
Tension de fonctionnement U_A : réglé en usine sur 70% U_N pour baisse symétrique de tension, ce qui correspond à 50% de la surface du triangle formé par les 3 tensions composées nominale.

Temporisation t : $4,5 \pm 1$ s en cas de panne de tension

Délais d'armement : 0,3 s après application de $U > U_A$

Délais de réarmement : 3 s après baisse de $U < U_A$

Tension admissible : 120% U_N

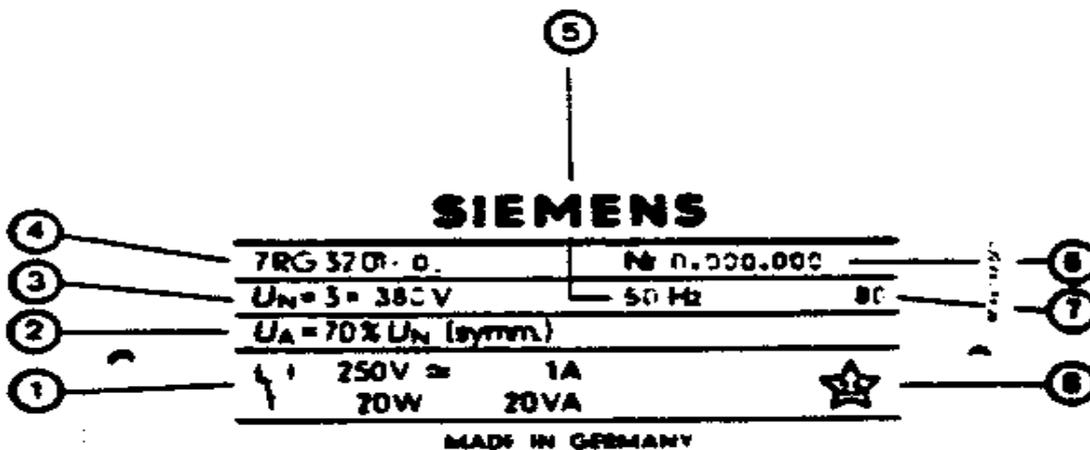


Courbe caractéristique

- a: baisse d'une tension simple (correspondant à la baisse symétrique de deux tensions composées)
- b: baisse d'une tension composée
- c: baisse symétrique des 3 tensions composées

Temporisation en fonction de la tension de fonctionnement et de temps de fonctionnement réglés

Les caractéristiques nominales figurent sur la plaque signalétique



Caractéristiques selon la plaque signalétique :

- 1) Pouvoir de coupure 20W/20VA pour max 250 V= et max 1 A
- 2) Tension de fonctionnement $U_A = 70\% U_N$ (sym), correspondant à 50% de la surface du triangle formé par les 3 tensions composées nominales
- 3) Tension nominale U_N
- 4) N^0 de référence et désignation de type

- 5) Fréquence nominale f_n
- 6) Numéro de fabrication
- 7) Année de fabrication
- 8) Tension d'essai : 2,5kv

III.6 circuit de surintensité a retardement thermique 3UC2, 3UC3

En tant que relais secondaire pour démarrage difficile :

Domaine d'application :

Les circuits de surintensité 3UC3 et 3UC2 sont prévu pour le raccordement au coté secondaire de transformateurs série pour des courants secondaires de 6A, 5A, 2,5A ou 1A.

Les transformateurs série, qui ont pour but de transformer des courants de démarrage longue durée, peuvent être prévus pour une évaluation de précision de catégorie de 3% et devraient avoir un facteur de surintensité nominale supérieur a 10. Leur puissance doit être ajustée a la puissance absorbée du relais secondaire le plus la charge de ligne avant que les circuits de surintensité a retardement ne puisse fonctionner de façon fiable.

Les transformateurs série doivent avoir une résistance aux courts-circuits suffisantes, le cas échéant, ils sont à prévoir dans le point neutre du moteur. Dans ce cas, il s'agit d'utiliser des relais secondaires de surintensité sans disjoncteurs de surintensité électromagnétiques non-retardés, un dispositif de protection court-circuit (par exemple de fusibles) est à installer devant le moteur.

Prescriptions :

Les circuits de surintensité 3UC3, 3UC2 sont conformes aux « prescriptions pour les appareils de commutation de basse tension » VDE 0660, IEC 292.

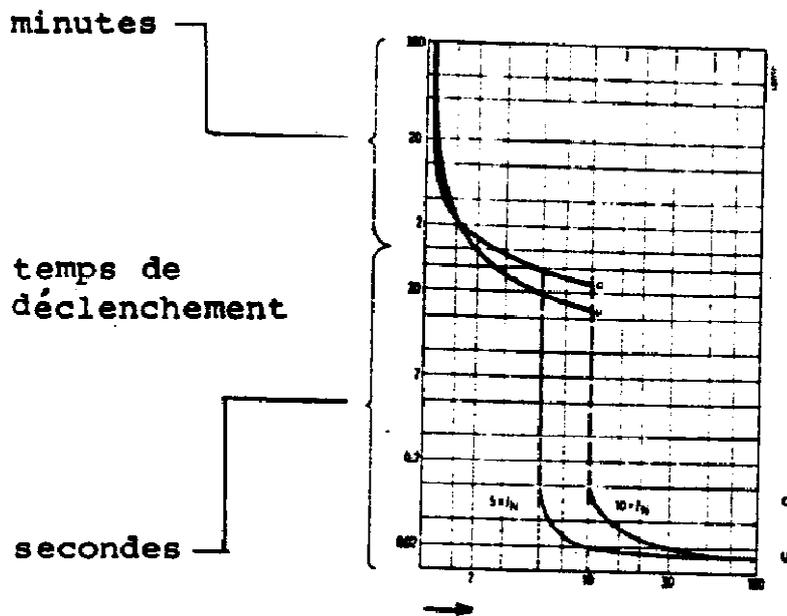
Par la présente, nous déclarons également que ces appareils sont conformes aux prescriptions de sécurité pour moyens d'exploitation à basse tension, contenues dans les directives de la CE.

Courbes caractéristique de déclanchement

Les courbes temps-courant représentent la fonction du temps de déclanchement par rapport au courant pour une charge tripolaire état froid.

Si, pour des charges bipolaires ou unipolaires, les courbes de déclanchement restent identiques, il faudra brancher en série, selon le cas, les 2 ou les 3 trajets du courant.

La figure ci-dessous représente la caractéristique de retardement pour un démarrage difficile



O valeur supérieure de référence = $1 \times I_e$

U valeur inférieure de référence = $0,65 \times I_e$

→ courant de déclenchement en tant que multiple du courant de référence I_e

Temps de déclenchement pour une charge tripolaire en état froid

Le tableau ci-dessous indique, pour toutes les étendues de réglage, les temps de déclenchement en fonction du multiple du courant de référence I_e .

La tolérance pour le temps de déclenchement est de +/- 20%.

| Type | Valeur de référence | Temps de déclenchement à surintensité à retardement thermique pour une charge multipolaire en état froid | | | | | | | | | |
|------|---------------------|--|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| | | Fois le courant de référence I_e | | | | | | | | | |
| | | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| | | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| 3UC3 | O | 58 | 51 | 45 | 41 | 38 | 35,7 | 33,8 | 32 | 30,8 | 29,6 |
| | U | 28,8 | 40,3 | 33,5 | 29 | 25,6 | 23,4 | 21,5 | 20,2 | 19,2 | 18,3 |
| | | 16,8 | | | | | | | | | |

O : valeur de référence supérieure pour $1 \times I_e$

U : valeur de référence inférieure pour $0,65 \times I_e$

La graduation 0,65-0,7-0,8-0,9-1, qui est visible sur le dispositif d'ajustage, se rapporte à la valeur supérieure de l'étendue de réglage choisie.

Le réglage du déclenchement à surintensité électromagnétique non-retardé se fait conformément soit au courant de court-circuit potentiel à l'endroit de la pose, soit à la charge de pointe du courant de fermeture. Pour ceci, on utilise une vise de réglage à échelle étalonnée. Le courant de réponse pour le déclenchement à surintensité électromagnétique non-retardé peu, suivant l'exécution du relais de surintensité, être ajusté de 3 à 6 fois ou de 5 à 10 fois la valeur du courant nominal du relais.

Le délai de temps causé par le déclenchement de surintensité électromagnétique non-retardé peut être déduit des courbes caractéristiques pour le déclenchement à surintensité non-retardé.

Exemple de détermination de la valeur de référence

- Courant nominal du moteur : 240A
- Transformateur série : 400/5
- Courant secondaire : $240.5/400 = 3A$
- Etendue de réglage du relais : 2,6 – 4 A
- Valeur de référence : $3/4 = 0,75$

Données techniques de l'appareil : Elles sont représentées par le tableau suivant :

| Type | 3UC2 3UC3 |
|--|--------------------------------|
| Nombre de pôles | 2 3 |
| Tension nominal d'isolement U_i | 600 V |
| Game de fréquence admissible | 50 Hz |
| Courant nominal du relais | 6 A |
| Etendue de réglage du déclenchement à retardement thermique | de 0,5 à 0,8 A de 30 à 50 A |
| Du déclenchement électromagnétique non-retardé | de 2,5 à 5 A de 30 a 60 A |
| Courant de régime nominal I_e pour des températures ambiantes différentes (les données en pourcentage se rapportent à la valeur de référence supérieure I_E des étendues De réglage en question) : | |
| à 45°C | 95 % |
| à 90°C | 90 % |

| | |
|---|---|
| Mode de protection suivant DIN 40 050 et IEC 144 clos | IP 22 |
| Température ambiante admissible | -20°C a +50°C |
| Compensation de température | OUI |
| Chauffage | Par transducteur de sécurité |
| Consommation nominale pour chaque trajet de courant : | 2 VA |
| Pour la valeur inférieure de l'étendue de réglage | 8 VA |
| Pour la valeur supérieure de l'étendue de réglage | |
| Exécution a commutateur auxiliaire | 1 changeur |
| Terminal de ligne | de devant : si une connexion de point neutre est nécessaire sur le coté primaire du transducteur de saturation du relais de surintensité, il faudra l'installer aux bornes 2 et 4 ou 2, 4 et 6, selon le cas |
| Type de connexion | connexion à vise |
| Connexion du conducteur principal : Section transversale | jusqu'à 4 mm ² |
| Connexion du conducteur pilote : Section transversale | jusqu'à 4 mm ² |
| Mode d'encastrement | toujours a la verticale |

Pouvoir de coupure et protection courts-circuits des commutateurs auxiliaires (1 changeur)

a. courant alternatif

Catégorie d'utilisation AC11

Fréquence : 50 Hz

cosφ = 0,7

| Tension nominale (V) | Courant de régime nominal I _e (A) | Pouvoir de commutation nominale (A) | Pouvoir de coupure nominal (A) |
|----------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| | | | |

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 24 | 2 | 20 | 20 |
| 60 | 1,5 | 15 | 15 |
| 125 | 1,25 | 12,5 | 12,5 |
| 220 | 1,15 | 11,5 | 11,5 |
| 380 | 1,1 | 11 | 11 |

b. courant continu

Catégorie d'utilisation DC11

| Tension nominale (V) | Courant de régime nominal I_e (A) | Pouvoir de commutation nominale (A) | Pouvoir de coupure nominal (A) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 24 | 1,0 | 30 | 1,1 |
| 60 | 0,4 | 21 | 0,45 |
| 110 | 0,22 | 17,5 | 0,24 |
| 220 | 0,1 | 16 | 0,11 |
| 440 | 0,021 | 15 | 0,023 |

c) protection courts-circuits

| Fusible a fusion rapide (A) | Fusible a action retardée (A) | Coupe-circuit automatique (caractéristique G) (A) |
|-----------------------------|-------------------------------|---|
| 10 | 6 | 3 |

Schéma de commutation des appareils

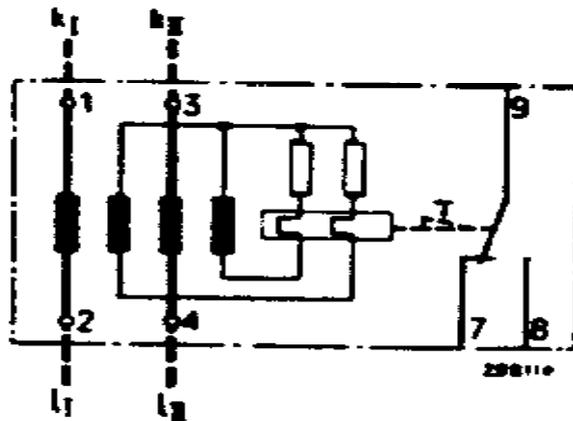


Fig.V.5 .a Appareil 3UC2 ...-1A Avec blocage de réenclenchement

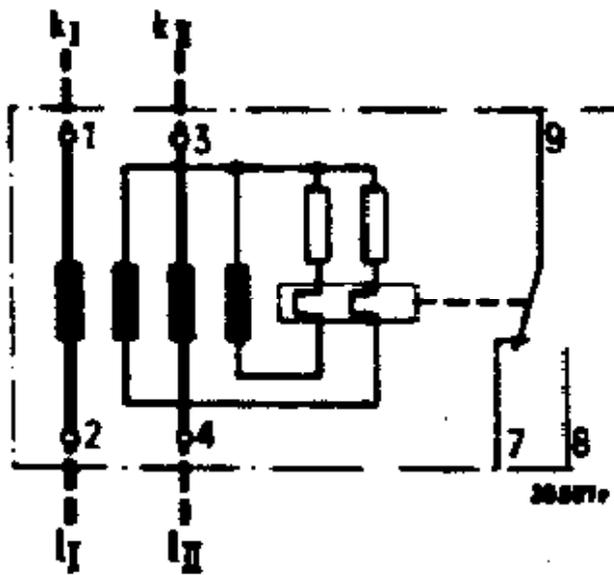


Fig.V.5 .b Appareil 3UC.....-1A sans blocage de réenclenchement

III.6 protection différentielle F32 :

Généralités et application :

La protection différentielle sert à protéger les moteurs contre les courts-circuits internes pouvant se produire uniquement entre les deux capteurs qui délimitent la zone à protéger. Son principe est basé sur la comparaison des courants à l'entrée et à la sortie de chaque phase qui devraient être égaux en cas d'absence de défaut.

Dans les encoches du circuit magnétique, un défaut entre phase est toujours accompagné, ou précédé par un défaut à la masse. Il sera donc détecté par le relais différentiel.

Principe de détection :

Le principe utilisé répond au critère de détection direct. Sur chaque phase, un relais mesure la différence des courants I_1 et I_2 , entrant et sortant de cette phase. Cette différence due au courant de défaut, est rapporté au courant circulant dans la phase. La protection est donc constituée par un ensemble triphasé de relais différentiels.

Le courant minimal de défaut définissant le seuil de fonctionnement de la protection est donné par la relation

$$\text{suivante : } I_{\text{def}} = I_1 - I_2 = \frac{\alpha}{100} \left(\frac{I_1 + I_2}{2} \right) \quad \text{Avec } \alpha: \text{ pourcentage de la protection}$$

La comparaison des intensités aux deux extrémités de la phase à protéger nous renseigne à tout moment sur l'état de celle-ci si il n'y'a pas de défaut.

- Si $I_1 - I_2 = 0 \longrightarrow$ pas de défaut
- Si $I_1 = I_2 + I_{\text{def}} \longrightarrow I_1 - I_2 \neq 0 \longrightarrow$ il y'a un défaut

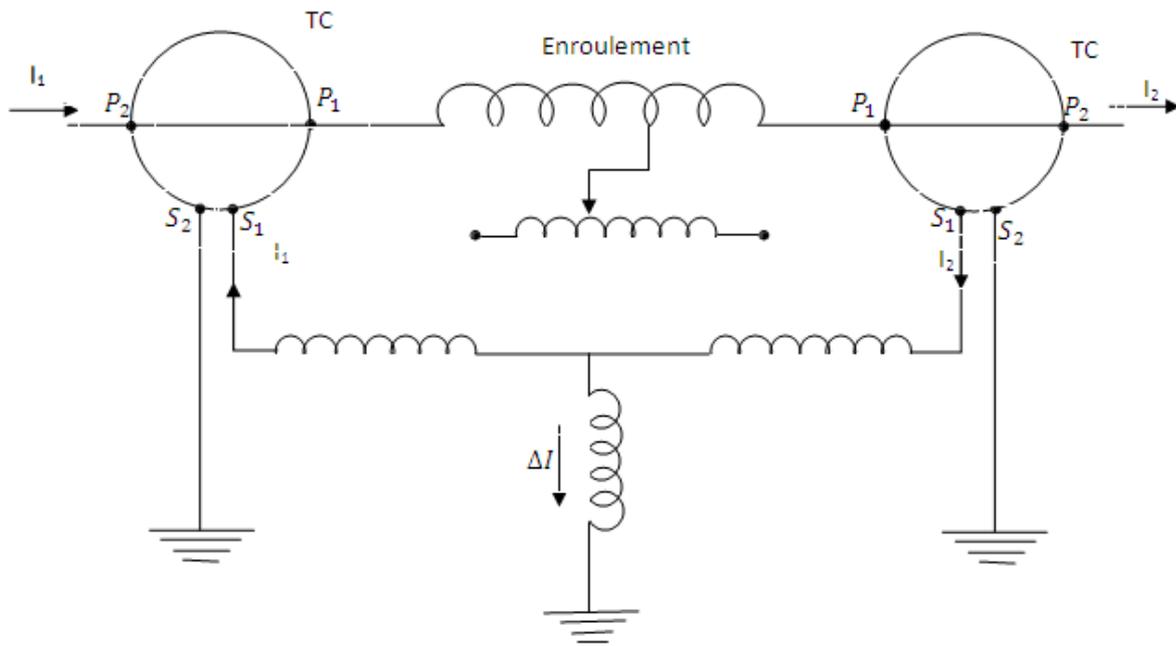


Fig V.6 Schéma de principe de la protection différentielle

La figure suivante illustre un modèle de protection différentielle pour une machine.

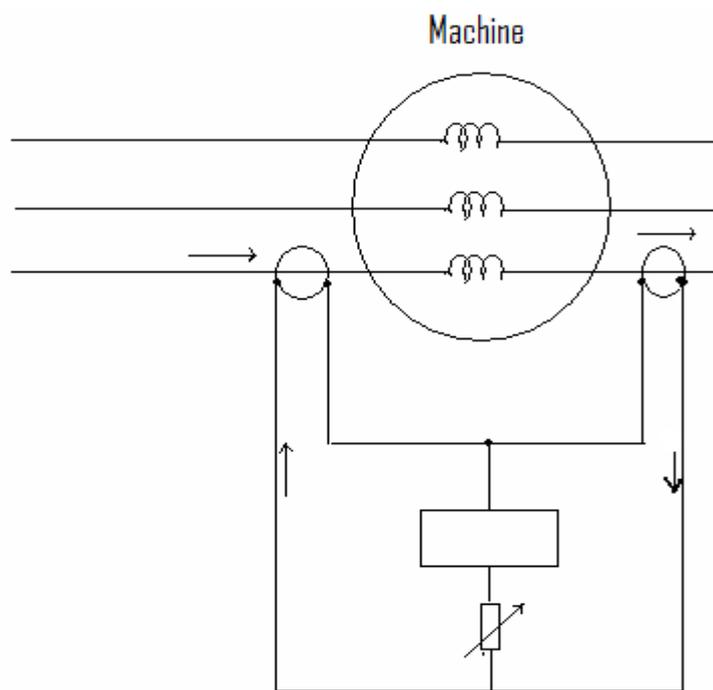


Fig V.7 Schéma de protection différentielle pour une machine

IV. Les disjoncteurs :

Les disjoncteurs sont caractérisés par :

- le courant nominal.
- La tension nominale.
- Le pouvoir de coupure.

- Le pouvoir de fermeture.
- Le temps de déclenchement.

a) Définition du pouvoir de coupure pdc :

Le pouvoir de coupure est la plus grande intensité du courant que cet appareil est susceptible de couper, sous une tension de rétablissement donnée, sans détérioration ni manifestation extérieure excessive.

b) Définition du pouvoir de fermeture :

Le pouvoir de fermeture d'un disjoncteur est son aptitude à maintenir le circuit à protéger en position de fermeture dans les conditions normales de fonctionnement.

IV.1 Dimensionnement d'un disjoncteur :

IV.1.1 Les éléments à prendre en compte pour le choix d'un disjoncteur :

a) Caractéristiques du réseau à protéger :

- **Tension nominale :** la tension nominale du disjoncteur doit être au moins égale à la tension entre phase du réseau.
- **Fréquence :** la fréquence du disjoncteur doit correspondre à celle du réseau.
- **Intensité :** Le calibre du déclencheur doit être supérieur au courant permanent mais inférieur au courant admissible par ce même réseau.
- **Nombre de pôles :** Il dépend du régime du neutre et de la fonction désirée (protection, commande, type de récepteur, sectionnement).

b) Contraintes de fonctionnement :

- **Température :** A préciser si elle est différente de 20°C. Elle conditionne le réglage du déclencheur thermique.
- **Juxtaposition :** La norme NFC 63 – 410 recommande le déclassement des disjoncteurs suivant le nombre de pôles juxtaposés afin que la température ne s'élève pas de façon anormale.
- **Service :** Il nous définit le pouvoir de coupure qui doit être au moins égale à I_{cc} susceptible de se produire à l'endroit où il est installé.

c) Continuité de service :

La continuité de service dépend du type de sélectivité à réaliser, et cela en jouant sur le temps de déclenchement des disjoncteurs.

IV.1.2 Méthode de dimensionnement :

On détermine en premier lieu :

- Le courant de court-circuit (I_{cc}).
- La valeur crête du courant de court-circuit I_{cc} : elle est donnée par la formule suivante

$$I_{cc\text{ crête}} = k\sqrt{2} \times I_{cc}$$

On détermine le disjoncteur selon la valeur crête du courant de court-circuit $I_{cc\text{ crête}}$ calculé précédemment.

IV.2 Disjoncteurs utilisés en MT :

- Disjoncteurs à faible volume d'huile.
- Disjoncteur à SF₆.

- Disjoncteurs sous vide : ce sont des disjoncteurs sous vide (3 AF et 3 AG) entièrement conçus en fonction des applications pratiqués, et conviennent pour toutes les taches de coupure. Leurs performances sont, dans la plus parts des cas meilleures que celles exigées par les normes, grâce a :

a) Mécanisme de commande :

- **Les disjoncteurs sous vide 3 AF :**

Ils se prêtent indifféremment a la commande manuelle (désignation HU ou KH) et a la commande par moteur électrique (désignation EU ou EK).

- **Les disjoncteurs sous vide 3 AG :**

Ils possèdent en général un mécanisme de commande à moteur électriques (désignation EK). Les commandes sont à accumulation d'énergie sur les deux types de disjoncteurs. L'énergie emmagasinée en position de fermeture est suffisante pour effectuer un cycle de manouvres « ouverture – fermeture – ouverture ».

b) La commutation rapide et synchronisation :

En raison de leur très faible durée de fermeture et d'ouverture, les disjoncteurs sous vide se prêtent a la commutation de récepteur d'une source d'alimentions sur une autre sans interruption de service, cette qualité les rend également aptes a la synchronisation.

c) A la fermeture automatique rapide :

Les défauts fugitifs des lignes dus aux perturbations atmosphériques ou aux animaux sont rapidement éliminés. En présence de la pleine valeur du courant de court-circuit, les disjoncteurs sous vide possèdent une durée de coupure – établissement tellement court que les creux de tension passent inaperçue au niveau de l'usager.

En cas de refermeture rapide infructueuses, le départ défectueux est définitivement coupé.

La norme VDE – 0670, assignée aux disjoncteurs, prévoit pour refermeture automatique rapide la séquence des manouvres suivantes : 0 – 0.3 s – F0 – 3mn – F0

d) A la coupure des transformateurs a vide et des bobines d'inductance :

La valeur des courants à arrachement est tellement faible avec les disjoncteurs sous vide que la coupure de transformateur a vide ne donne pas naissance a des surtensions dangereuse. La coupure de réactances de compensation peut engendrer dans certains circuits des surtensions dont les effets peuvent être éliminés par des mesures de protection appropriées.

e) A la coupure des courants de courts-circuits avec une très haute vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement :

La coupure de courant de court-circuit, due a des défauts situés directement en aval des transformateurs, d'alternateurs ou de bobines d'inductance, peut se traduire d'une part par l'apparition du plein courant du court-circuit et d'autre part par une vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement nettement supérieure aux valeurs indiquée dans la norme VDE – 0670 .

f) A la coupure des moteurs :

La coupure des moteurs à moyenne tension durant la phase de démarrage peut donner lieu à des surtensions de manouvre ; l'amplitude de ces surtensions peut être limitée à des valeurs non dangereuses par des limiteurs spéciaux de surtension.

g) Taches des deux gammes 3AF et 3AG :

– La gamme 3AG :

Elle est adaptée aux exigences spéciales de la plage de puissance mettant en jeu des courants nominaux de courts-circuits jusqu'à 20 KA et des courants de service nominaux jusqu'à 1250 A.

Elle satisfait ainsi, avant tout, aux conditions d'exploitation des réseaux des producteurs et distributeurs d'énergie électrique.

– La gamme 3AF :

Elle couvre toute la plage de puissance jusqu'au courant coupé nominal en court-circuit de 63 KV et au courant nominal en service continu de 4000 A. elle tient compte de pratiquement toutes les variantes d'équipement spécifique de l'application et peut également être utilisée pour des applications spéciales telles que, par exemple, la commande de fours. Voir tableau

V. Principe de fonctionnement des protections :

Le principe de fonctionnement de ces protections se fait à travers des étapes bien précises. En premier lieu les transformateurs de mesures (courant et tension) doivent mesurer les grandeurs existantes et donner une valeur bien précise au comparateur, qui à son tour va faire la comparaison entre la valeur mesurée et la valeur seuil de déclenchement de la protection (signalisation et disjonction). Une fois que la valeur mesurée dépasse la valeur seuil les protections se déclenchent soit en envoyant un signal d'alarme ou directement par disjonction.

On remarque sur les quatre types de protection F08, F10, F32 et F90, la F90 donne la signalisation et pas de disjonction.

VI. Les inconvénients et les avantages de ses relais :

❖ **Les avantages :**

- Technologie simple et robuste.
- Ne nécessite aucun entretien (très peu coûteux).
- Une bonne durée de vie (\geq 25 ans).

❖ **Inconvénients :**

- La simulation du fonctionnement des protections nécessite l'arrêt total du groupe (alternateur, turbine).
- La constitution de ses protections est métallique ce qui engendre des phénomènes liés aux matériaux tels que la rouille et le grippage.... Etc.

VII. les schémas de protections :

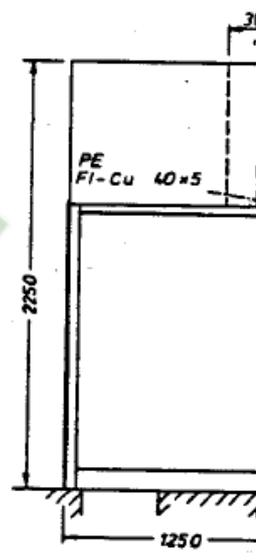
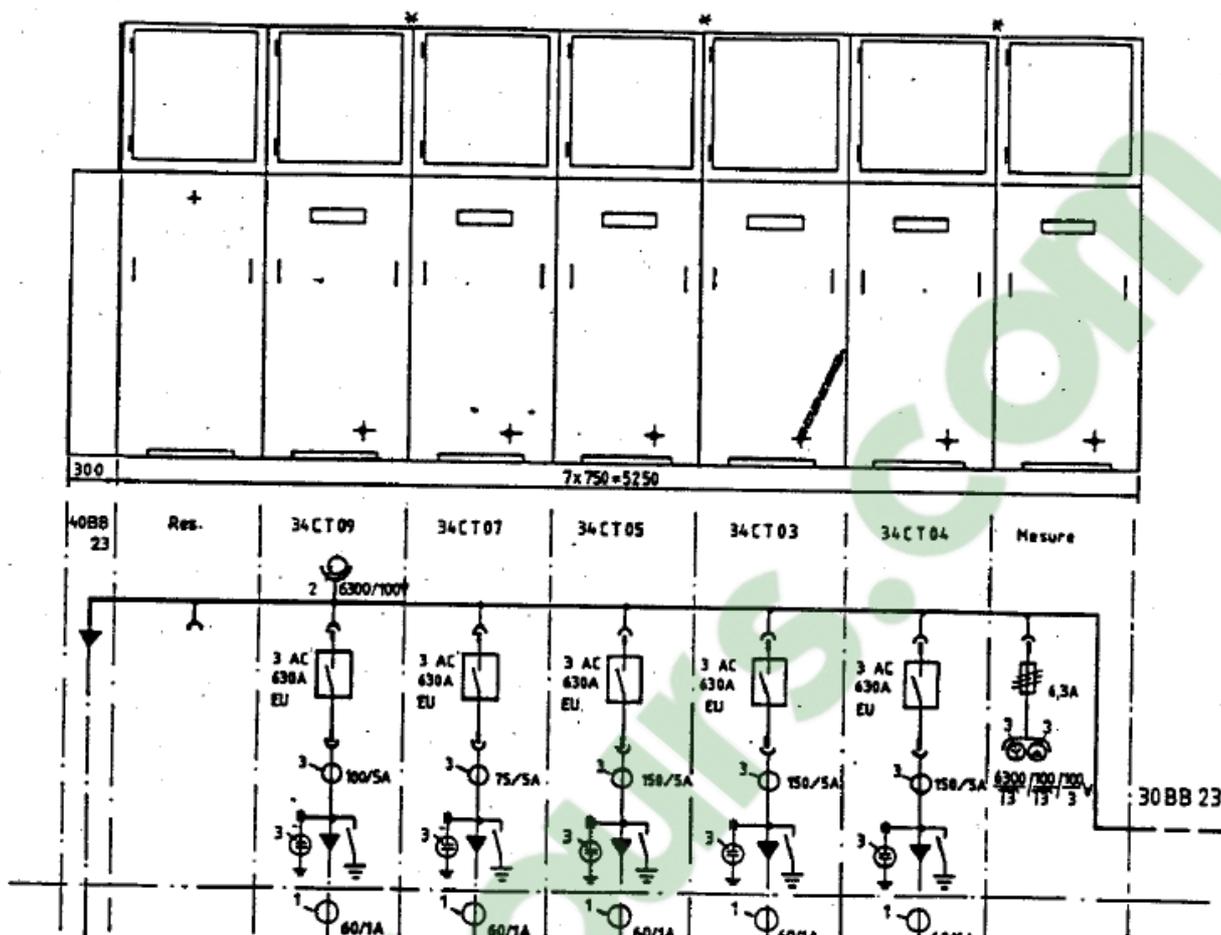
Les schémas des protections précédentes sont tous représentés par les figures suivantes :

Les différentes protections du jeu de barres 6,3 KV sont placées dans des armoires à l'abri de toutes aléas climatiques. La figure suivante est une vue de face du jeu de barres 6,3 kv

vue de face

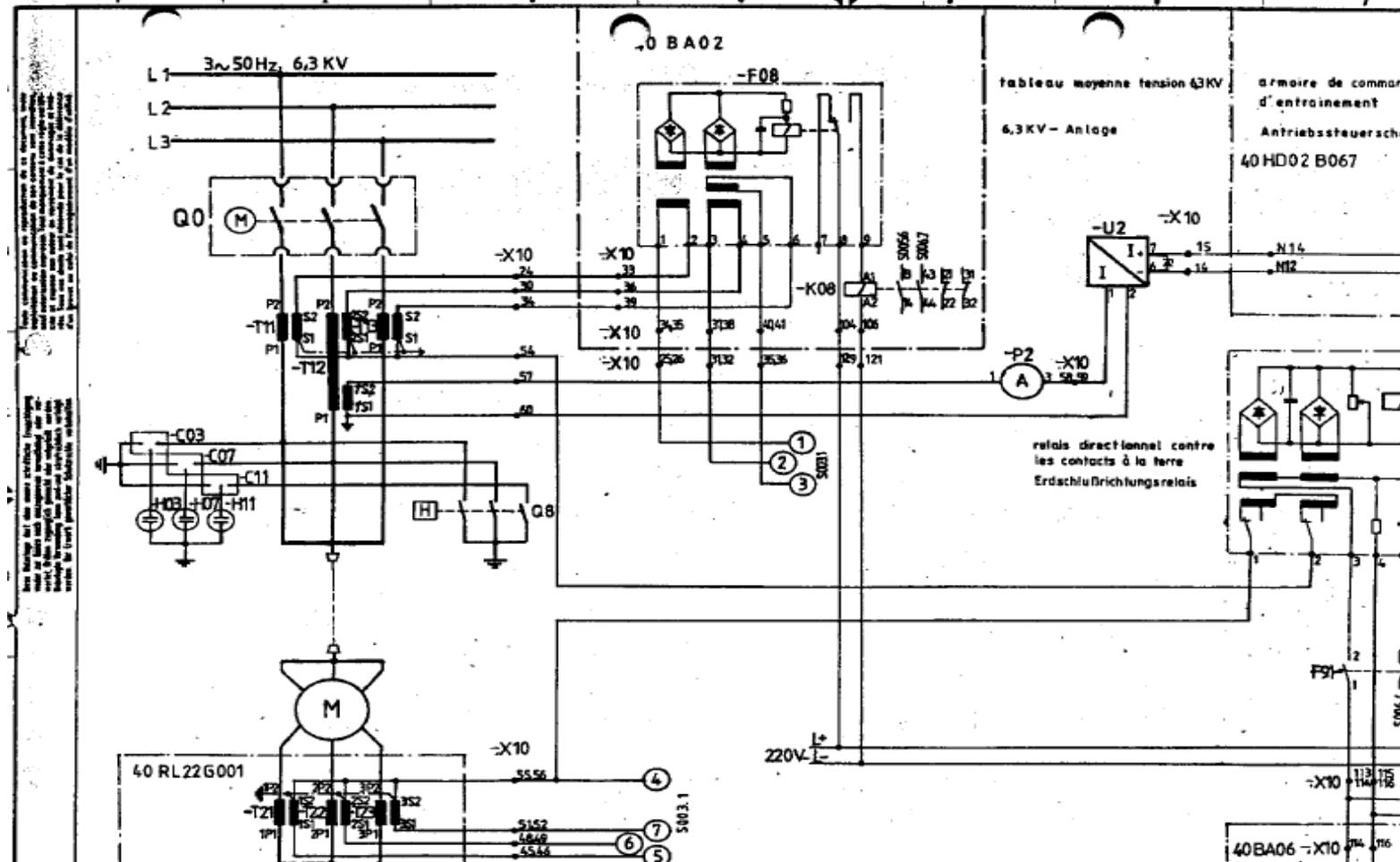
vue de c

BP de cellule 34BB31 34BB30 34BB29 34BB28 34BB27 34BB26 34BB25 34BB24
 BP de fabrication LM/WF4371- -83 -82 -81 -80 -79 -78 -77



Pompe alimentaire :

Elle est dotée des protections suivantes F90 F10 F32 F08 le branchement de ces protections est représenté par les figures suivantes :



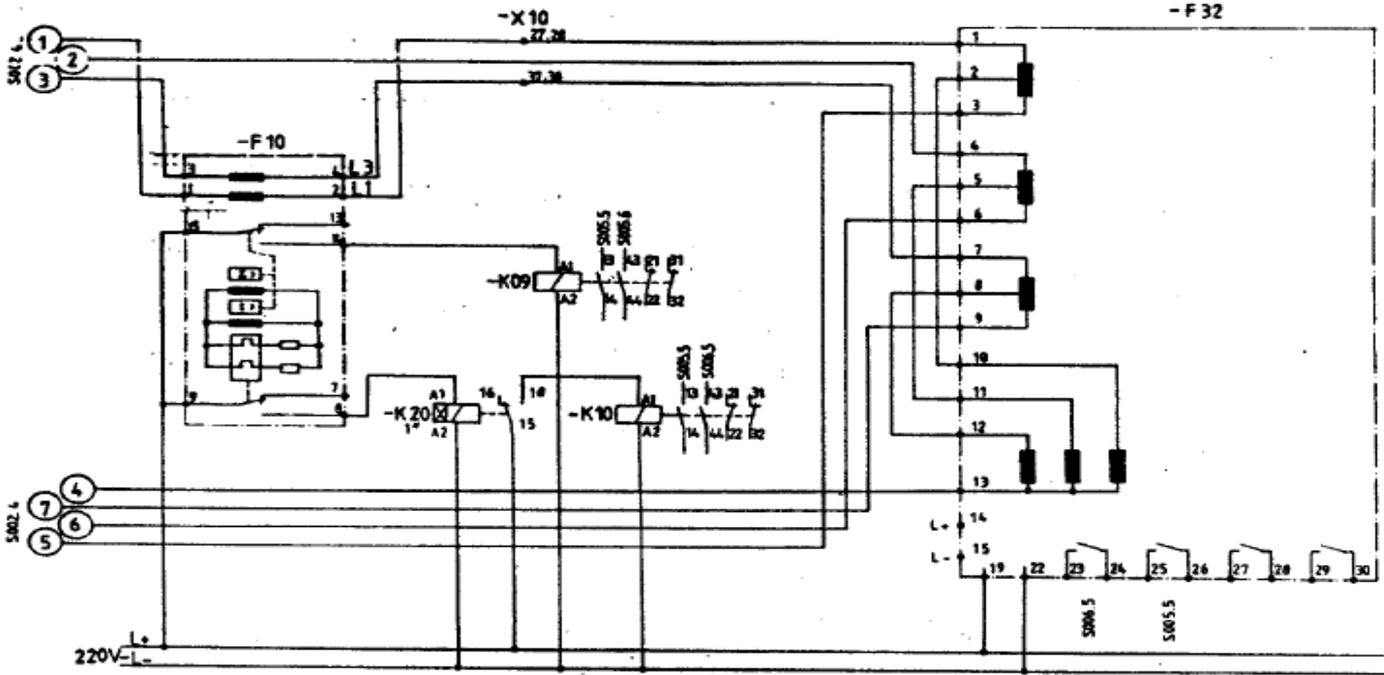
Les données de ce schéma électrique sont destinées à être utilisées par le personnel qualifié de la centrale thermique de Ras Djinet. Elles ne doivent pas être utilisées par d'autres personnes. Toute utilisation non autorisée est formellement interdite.

| | | | | | |
|-------|------------------|----------|-----|-----------------|------|
| 06 | R1 | 27833 | MA | Siemens AG | |
| 04 | modifié | 040214 | Tr | Osterreich | |
| 03 | Plan approved in | 03.04.20 | Pa | | |
| 02 | modifié | 03.06.11 | Mo | DATE 02.03.17 | ECH: |
| 01 | modifié | 02.08.09 | Mo | ING. F. H. EMP. | |
| REV.: | MOD.: | DATE | NOM | VERIF | W53 |

| | |
|--|-------------------|
| SONELGAZ SOCIÉTÉ DE L'INGÉNIEURIE | |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | |
| TITRE | TABEAU MT 6.3 KV |
| | POMPE ALIMENTAIRE |
| | PLAN DE COURANT |
| PLAN DE REF.: | |

tableau moyenne tension 6,3 KV

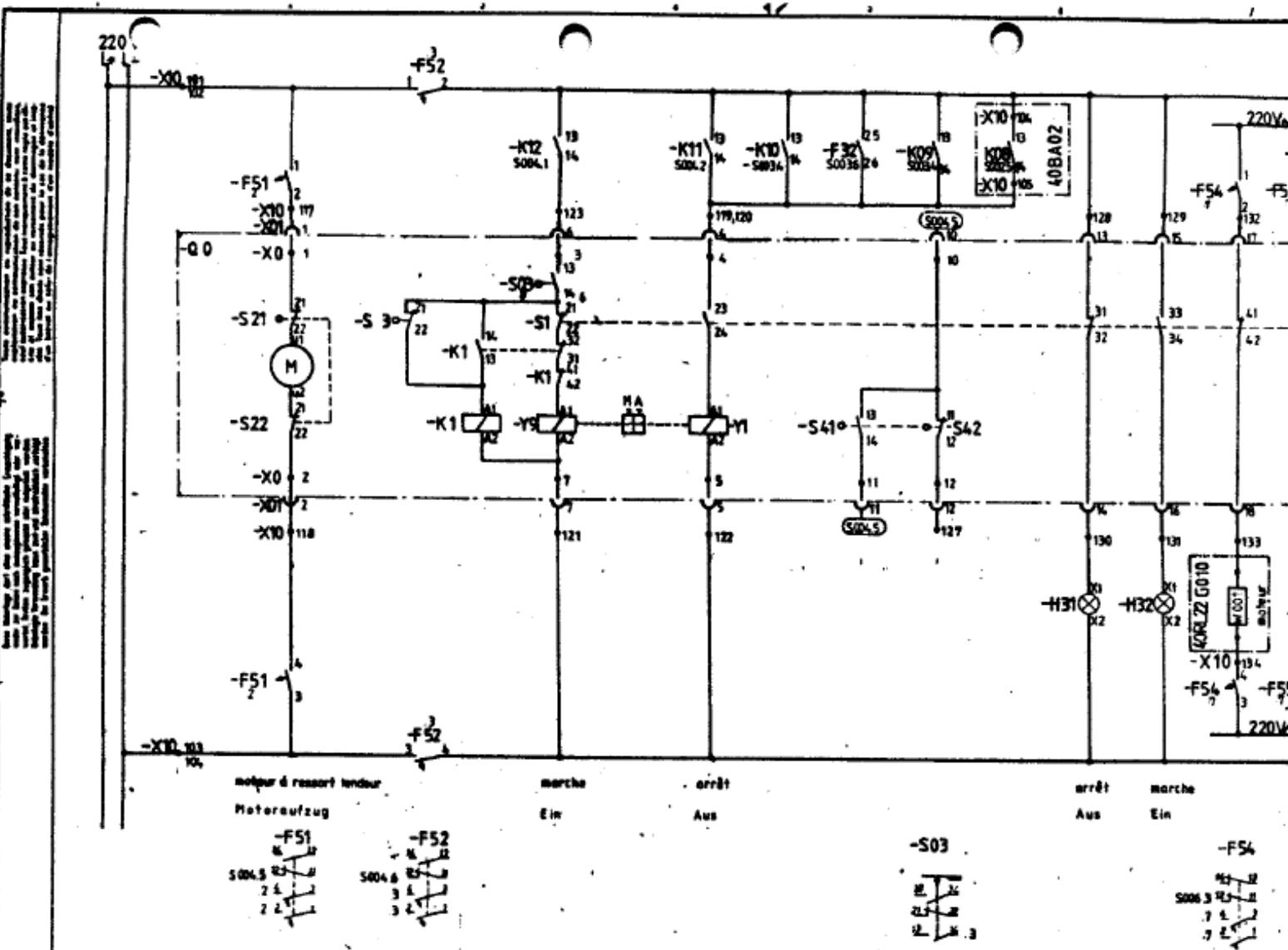
6,3 KV - Anlage



relais thermique-courant
Bimetall - Kurzschluß-Auslösung

protections différentielles des moteurs
Motardifferentialschutz

| | | | | |
|------|---------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 04 | modifié | 08092 Tc | Siemens AG Österreich | 01 HELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING |
| 03 | Plan approved le 03.04.20 | 03.09.01 Ma | | CENTRALE THERMIQUE DE BAS DUNET |
| 02 | modifié | 03041 Ma | DATE 02.03.17 | TITRE |
| 01 | modifié | 03091 Ma | ING. RHO/Emo | TABLEAU MT 6,3 KV |
| REV: | MOD. | DATE HCM/VER/RWS3 | ECH: | POMPE ALIMENTAIRE |
| | | | | PLAN DE COURANT |
| | | | | PLAN DE REP. |



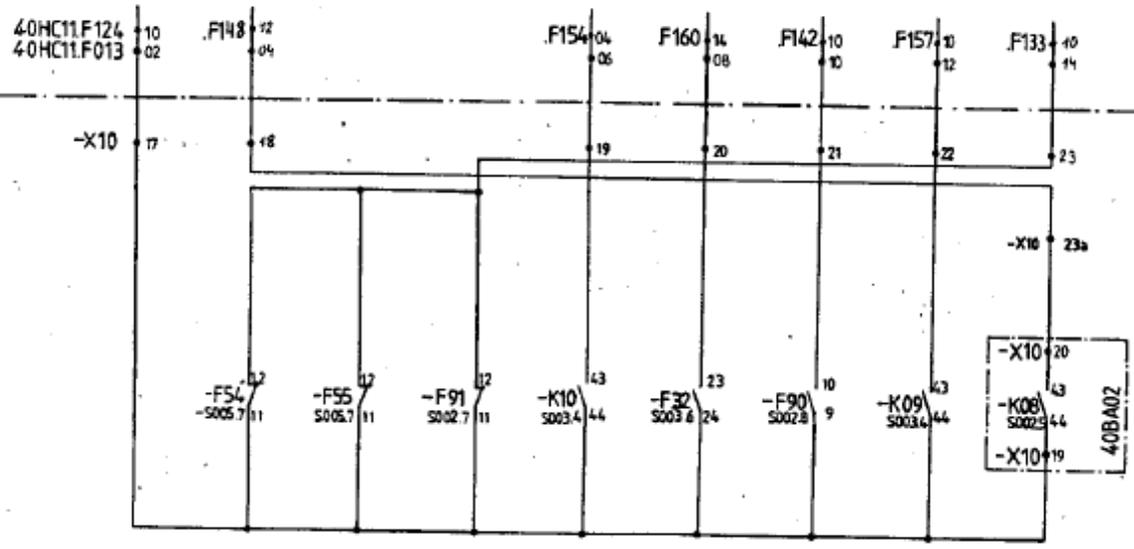
| | | | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|-------------------|------|
| 04 | modifié | 04/03/71 | Tr | | |
| 03 | Plan approuvé le 02.04.70 | 03/08/70 | Pa | | |
| 02 | modifié | 02/01/70 | Pa | DATE 02.03.70 | ECH: |
| 01 | modifié | 02/08/69 | Pa | ING. P. P. P. Emp | |
| REV: | MOD: | DATE | NOM | VERIF | W53 |

| | | | |
|------------------------------|-------------------|--|--|
| Siemens AG Österreich | | SONELGAZ SOCIÉTÉ EN L'ÉTABLISSEMENT | |
| | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | |
| TITRE: | TABLEAU HT 6,3 KV | | |
| | POMPE ALIMENTAIRE | | |
| | PLAN DE COURANT | | |
| | PLAN DE REF: | | |

Tous droits réservés. Toute réimpression, reproduction ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Siemens AG est formellement interdite. Die Weitergabe oder die Verwendung dieser Dokumente ist ohne schriftliche Genehmigung der Siemens AG in Österreich ist ausdrücklich untersagt.

preparation du signal binaire
Binarsignalaufbereitung

tableau moyenne tension 6.3 KV
compartiment de basse-tension
6.3 KV-Anlage
Niederspannungsaussatz



- coupe-circuit-automatique
 Chauffage moteur
 Schutzschalter
 Motorheizung
 XM187
- coupe-circuit-automatique
 compteur d'heures
 d' fonctionnement
 Schutzschalter
 Betriebsstundenzähler
 XM167
- coupe-circuit-automatique
 phase terre- relais
 Schutzschalter
 Erdschlußfunktionsrelais
 XM166
- surcharge thermique
 Bimetal-Auslösung
 XM169
- protections différentielles
 des moteurs
 Motordifferentialschutz
 XM160
- phase terre
 Erdschluß
 XM167
- maximum intensité
 Kurzschluß
 XM190
- diffeulance de phase
 Phasenausfall

| | | | | | |
|-------|------------------|----------|----------|--------------------------|--|
| 06 | R1 | 870331 | HA | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET |
| 04 | modifié | 84.0229 | Tr | | |
| 03 | Plan approuvé le | 83.04.28 | 83.04.01 | Ha | TITRE TABLEAU HT 6,3 KV POMPE ALIMENTAIRE PLAN DE COURANT PLAN DE REF. |
| 02 | modifié | 83.04.11 | Ha | DATE 82.03.2 | |
| 01 | modifié | 82.08.03 | Ha | ING. F. Hofme | |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | REF. | WS3 |

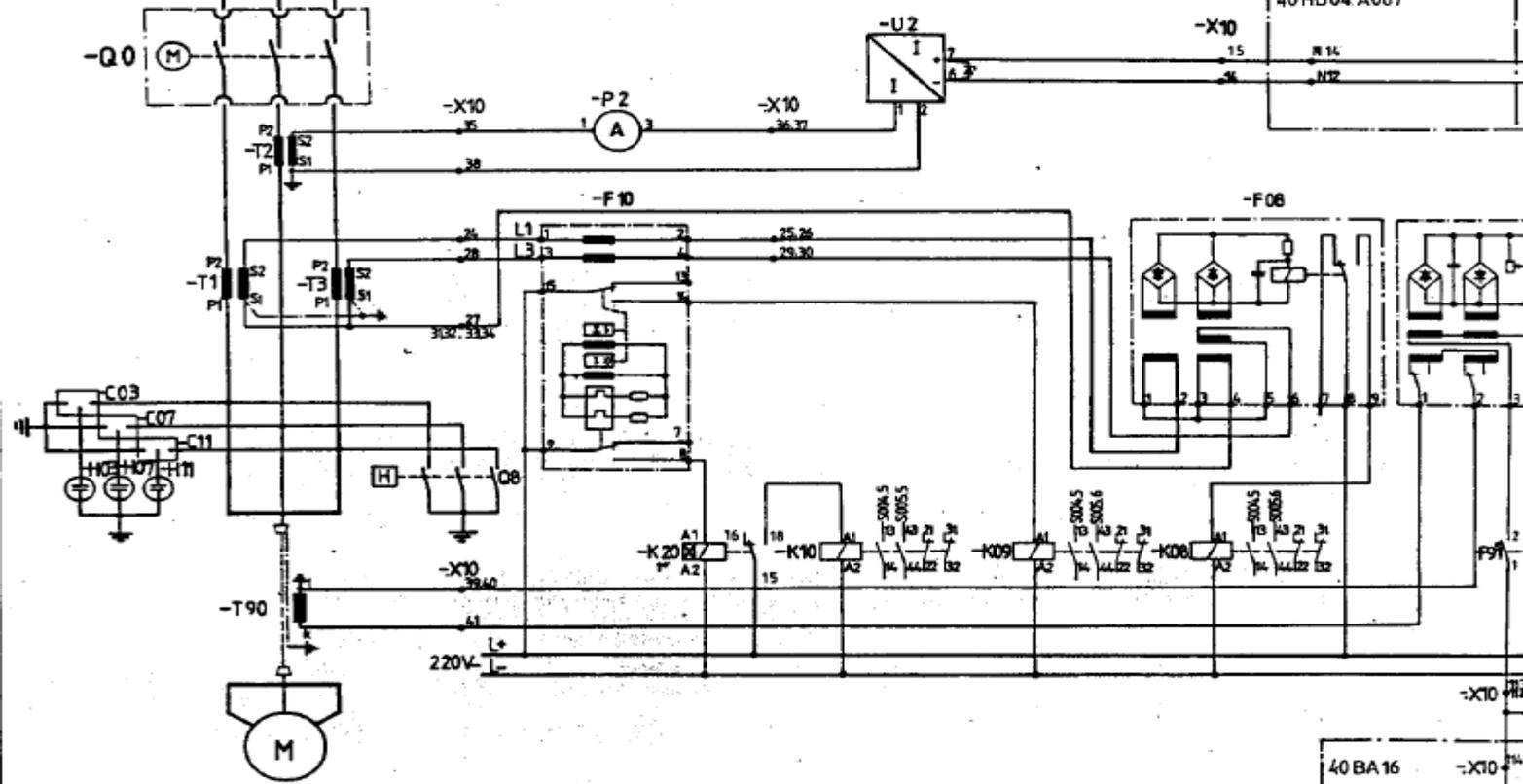
Pompe de circulation eau de mer :

Elle est dotée des protections suivantes: F10 F90 F08 le branchement est représenté par les figures suivantes :

L1 3~ 50Hz, 6.3 KV
L2
L3

tableau moyenne tension 6,3 KV
6,3 KV - Anlage

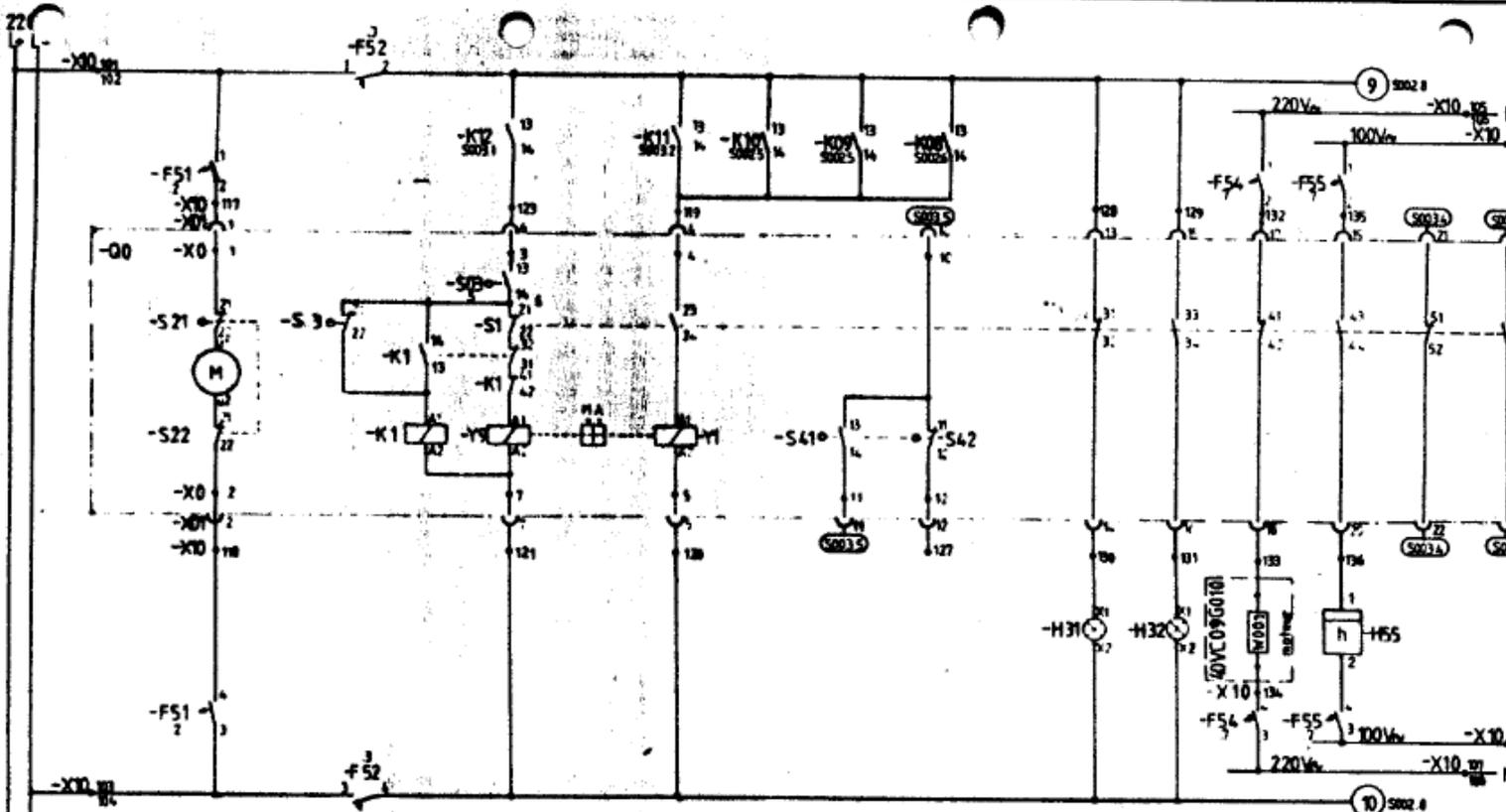
armoire de commande
d'entraînement
Antriebssteuerachronk
40HD04.A067



| | | | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|--------------------------------------|
| 05 | modifié | 840209 | Tc | Siemens AG Österreich | DATE 82.03.17. ECH: ING. R/Ma/Emp |
| 01 | Plan approuvé le 83.04.29 | 83.04.29 | Ma | | |
| 03 | modifié | 830630 | Ma | | |
| 02 | modifié | 830630 | Ma | | |
| 06 | R1 | 878331 | HA | | |
| REV: | MOD.: | DATE | NOM | VERIF | W53 |

| | | |
|--|------------------------|------------|
| SONELGAZ DIRECTORATUL DE PROIECTARE | | - 40 VCC |
| CENTRALE TERMICQUE DE RAS DJINET | | - 40 BA |
| TITRE | TABLEAU MT 63 KV | NO. CONTR. |
| | POMPE CIRC. EAU DE MER | NO. PLAN C |
| | PLAN DE COURANT | NO. PLAN C |
| PLAN DE REF.: | | NO. PLAN S |

40 BA 16 -X10



stop à ressort tendu

stop

stop

stop

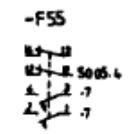
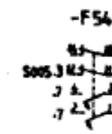
Motoraufzug

Ein

Aus

Aus

Ein

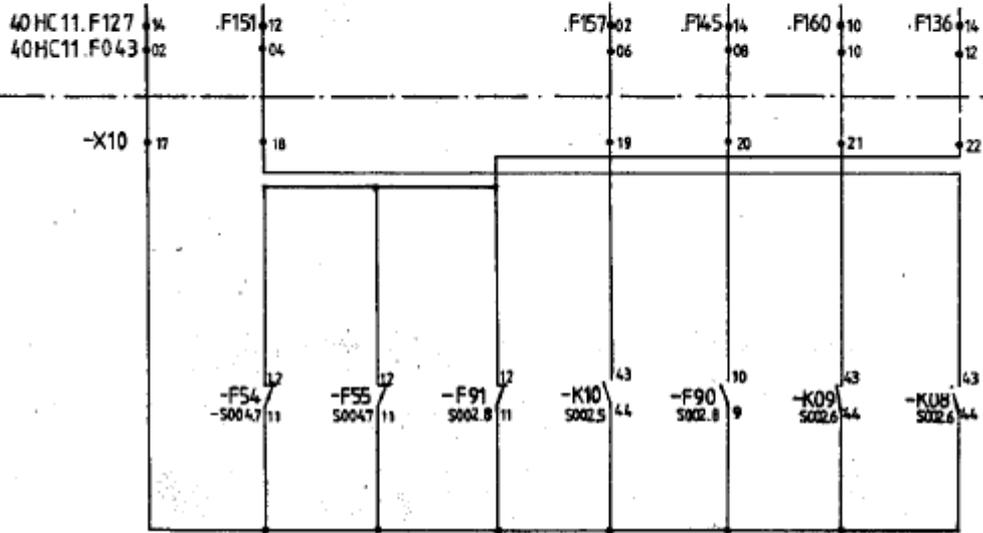


| | | | | | | |
|-------|---------------------------|----------|-----|---------------|---------|--|
| 01 | modifié | 14/02/71 | | | | |
| 02 | Plan approuvé le 02/04/71 | 03/04/71 | No | | | |
| 03 | modifié | 28/05/71 | En | DATE 02/03/71 | ECH | |
| 04 | modifié | 02/06/71 | No | PRO F | PRO/EMP | |
| PREV. | MOD | DATE | NOM | PERM | US | |

Siemens AG Österreich

| | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|
| BONELGAZ | | DIRECTION DE L'EXPLOITATION | | - 40VC09 D001 |
| CENTRALE THERMIQUE DE PAS D'ANNEZ | | | | - 40 BA17 / 5004 |
| TABLEAU MT 4,3 KV | | | | NO CONTR |
| POMPE CIRC. EAU DE MER | | | | NO PLAN CONSTR 090044-N |
| PLAN DE COURANT | | | | NO PLAN CONE 34 131174 |
| PLAN DE REF | | | | |

preparation du signal binaire
Binärsignalaufbereitung



coupe-circuit-automatique
chauffage moteur
Schutzschalter
Motorheizung

coupe-circuit-automatique
compteur d'heures
d' fonctionnement
Schutzschalter
Betriebsstromzähler

coupe-circuit-automatique
phase terre - relais
Schutzschalter
Erdschlussleistungsrelais

sur charge thermique
Blasrohr - Auslösung

phase - terre
Erdschluss

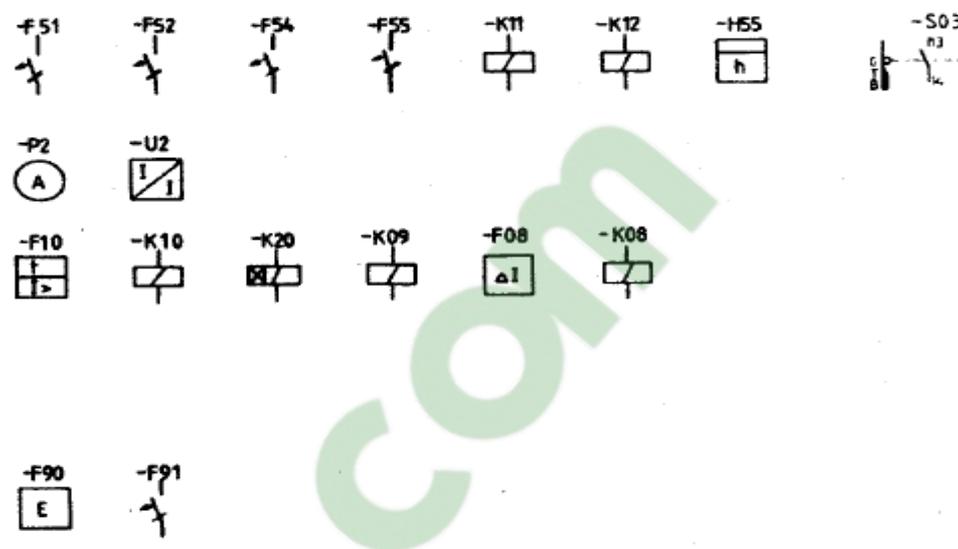
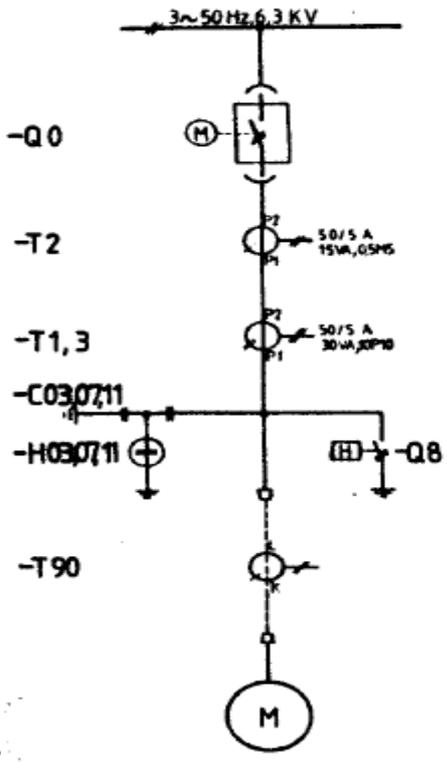
maximale intensité
Kurzschluss

défaillance de phase
Phasenverlust

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|----------|-----|------------------------------|----------|--|-------------|-----------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONELGAZ DIRECTION Et. & Exploitation | | 40 V |
| 06 | R1 | 82031 | Ma | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | - 40 BA |
| 03 | Plan approuvé le 03.04.78 | 81.08.01 | Ma | DATE | 82.03.2 | ECH | | NO. CONT. |
| 02 | modifié | 8304.11 | Ma | ING | R/Ma/Exp | | | NO. PLAN |
| 01 | modifié | 8206.05 | Ma | | | | | NO. PLAN |
| REV | MOD | DATE | NOM | FR | 1981 | | | sur plan |
| | | | | | | | PLAN DE REF | |

Pompe d'extraction :

Elle est alimentée à travers les trois protections suivantes : F10 F90 F08, elles sont représentées par les figures suivantes :



| | | | | | | | | |
|------|------------------|---------|-------|----------------------------------|------|--|--------------|--------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONELGAZ Direction de l'Énergie CENTRALE THERMIQUE DE RAB DJINET | | - 405 |
| # | Plan approved to | DATE | VERIF | DATE | ECH: | TITRE | PLAN DE REF: | - 40 |
| 02 | modifié | 0206/92 | Mh | 02,03/92 | | TABLEAU MT 6.3 KV | | NO. CO |
| 01 | modifié | 0208/92 | Mh | | | POMPE D'EXTRACTION | | NO. P |
| REV: | MCO | DATE | NOM | VERIF | WJJ | | | NO. P |

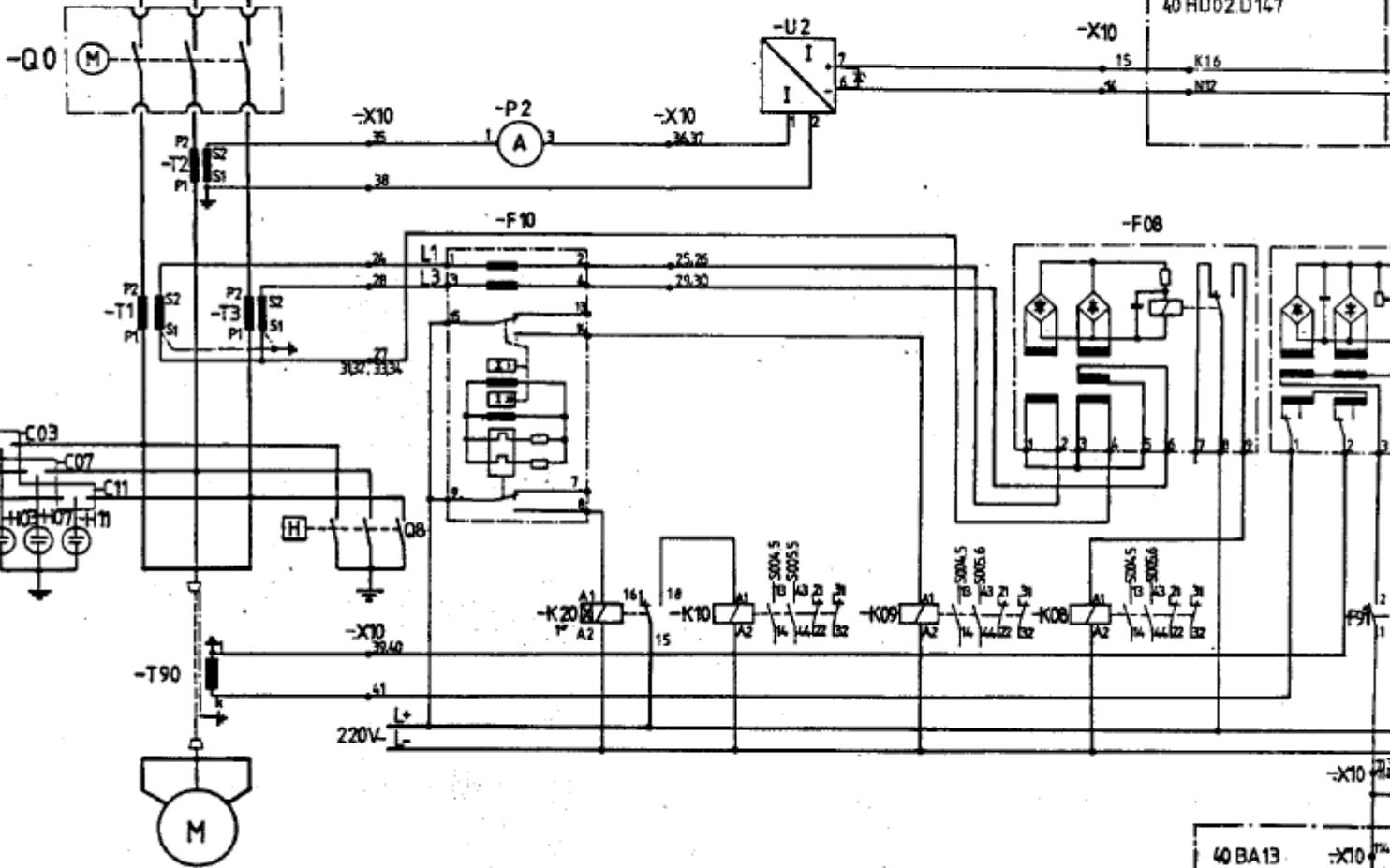
L1
L2
L3

3~ 50Hz, 6,3 KV

tableau moyenne tension 6,3 KV

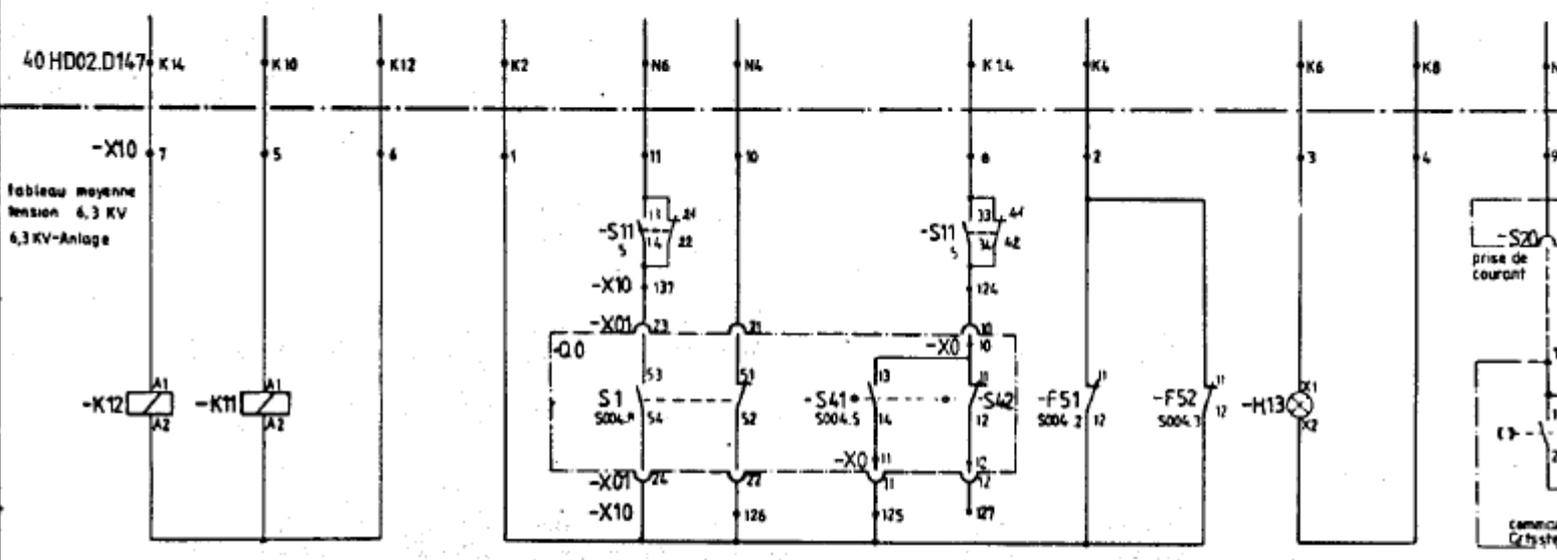
6,3 KV - Anlage

armoire de commande
d'entraînement
Antriebssteuerachrank
40 HD02.D147



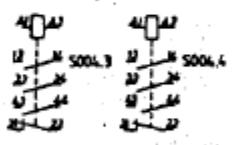
| | | | | | | | |
|-------|---------------------------|--------|-----|--------------------------|---|---------------|----------|
| 05 | modifié | K. BAZ | Tr. | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 40 RM | |
| 04 | Plan approved in 03.04.80 | BUMET | Hb | | | - 40 BA | |
| 03 | modifié | B3060 | Hb | | | NO. CONTI | |
| 02 | modifié | B3060 | Hb | | | DATE 02.03.77 | ECH: |
| 01 | R1 | 79331 | HA | ING. RMO/EMP | | NO. PLAN | |
| REV.: | MOD.: | DATE | NOM | VERIF | W5J | PLAN DE REF.: | NO. PLAN |

armoire de commande d'entrainement
Antriebssteuerschrank



relais de couplage
marche arrêt

Kopplrelais
ein aus



RS- disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

liberation
cellule

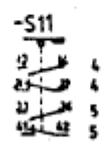
Freigabe
Zelle

RS- coupe-circuit
automatiques

Rückmeldung
Sicherungsautomaten

defaut

Störung



| | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-----|--------------------------|--|--|
| 06 | R1 | 07933 | HA | Siemens AG Österreich | BONELGAZ DIRECTION DE L'INGENIERIE CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 40RM2 |
| 05 | modifié | 05040 | TS | | | + 40 BA1 |
| 03 | modifié | 04000 | Tr | DATE 02 03 W | ECH: | TITRE |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.22 | 01049 | Ma | | | TABLEAU MT 6,3 KV POMPE D'EXTRACTION PLAN DE COURANT |
| 01 | modifié | 02000 | Ma | ING. F. MOUM | | NO PLAN C |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | W53 | PLAN DE REF: NO PLAN S |

preparation du signal binaire
Binärsignalaufbereitung

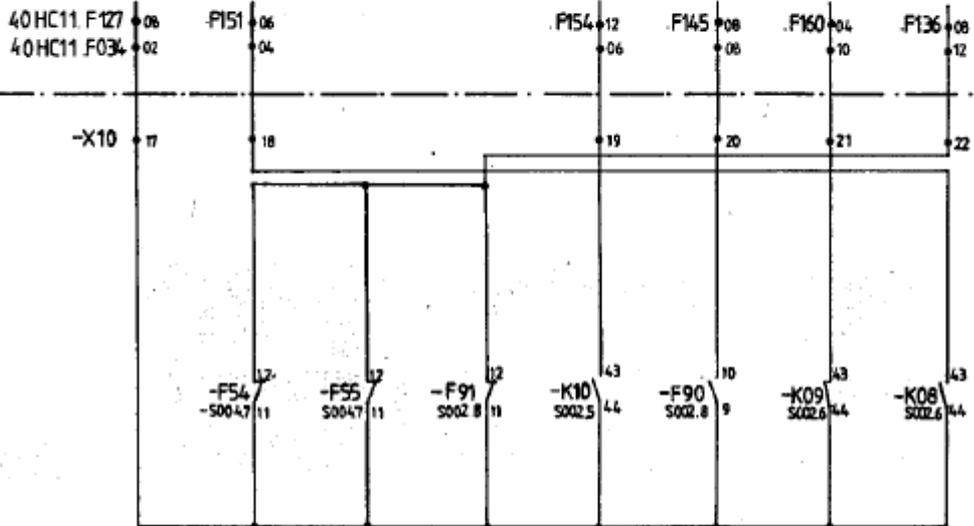
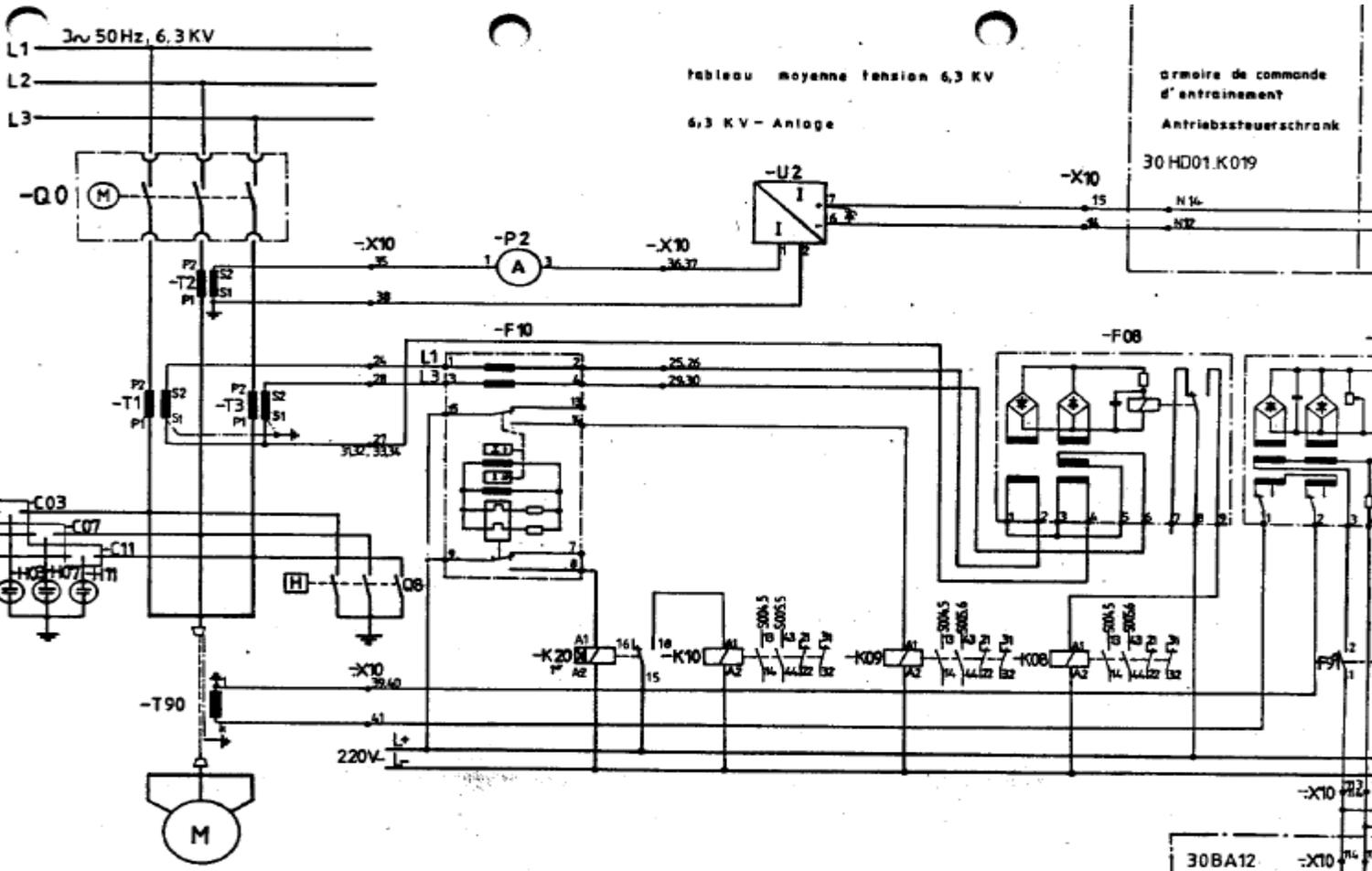


tableau moyenne tension 6,3 KV
compartiment de basse-tension
6,3 KV-Anlage
Niederspannungsaufsatz

- coupe-circuit-automatique
Chouffrage moteur
Schutzschalter
Motorheizung
- coupe-circuit-automatique
compteur 8 heures
d' fonctionnement
Schutzschalter
Betriebsstundenzähler
- coupe-circuit-automatique
phase terre- relais
Schutzschalter
Erdschluss/Mangreleis
- sur charge thermique
Bimetall - Auslösung
- phase- terre
Erdschluss()
- maximum intensité
Kurzschluss()
- défaillance de phase
Phasenverlust

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|----------|-----|------------------------------|---------|--|--|---------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING | | - 40 B |
| 06 | Rf | 87037 | 46 | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | - 40 B |
| 03 | Plan approuvé le 03.04.20 | 83.04.01 | No | DATE | 82.03.2 | ECH. | | NO CONT |
| 02 | modifié | 83048 | No | ING | RNo/imp | | | NO PLAN |
| 01 | modifié | 82003 | No | | | | | NO PLAN |
| REV | MOD | DATE | NOM | VERIF | W53 | | | NC PLAN |

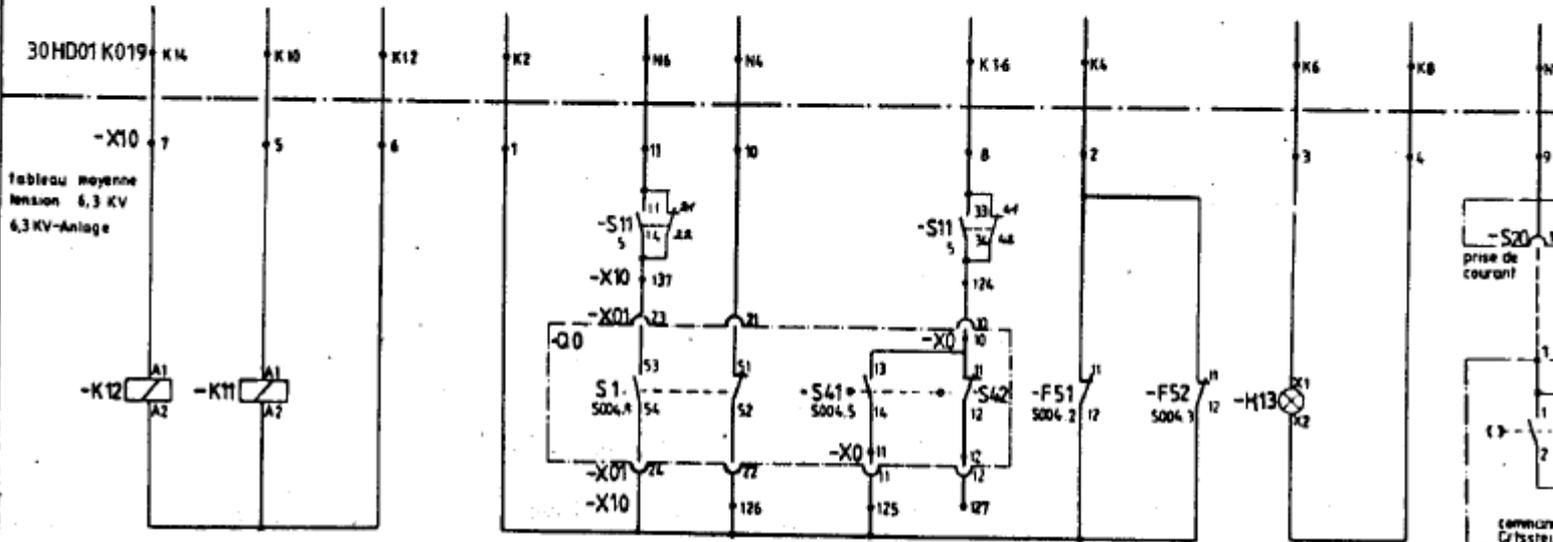
Ventilateur de recyclage est alimenté à travers trois types de protections : F08, F90 et F10



| | | | | | |
|-------|---------------------------|----------|------|--|-----|
| 05 | modifié | 240822 | Tc | Siemens AG Osterreich | |
| 04 | Plan approuvé le 03.04.78 | 23.04.78 | Hs | | |
| 03 | modifié | 230670 | Hs | | |
| 02 | modifié | 230410 | Hs | | |
| 01 | R1 | 270831 | HA | | |
| REV.: | MOD.: | DATE: | NOM: | VERIF.: | W53 |

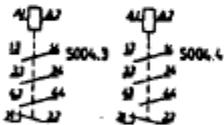
| | | |
|--|---------------|---------------|
| SONELGAZ INGENIEUR DE L'INDUSTRIE CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | - 30 NS12 |
| TABLEAU MT 6,3 KV VENTILATEUR RECYCLAGE PLAN DE COURANT | | + 30 RA13 |
| TITRE: | PLAN DE REF.: | NO. CONTR.: |
| | | NO. PLAN CO.: |
| | | NO. PLAN SO.: |

armoire de commande d'entraînement
Antriebssteuerschrank



relais de couplage
marche arrêt

Koppelrelais
ein aus



RS - disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

libération
cellule

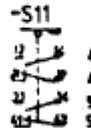
Freigabe
Zelle

RS-coupe-circuit
automatique

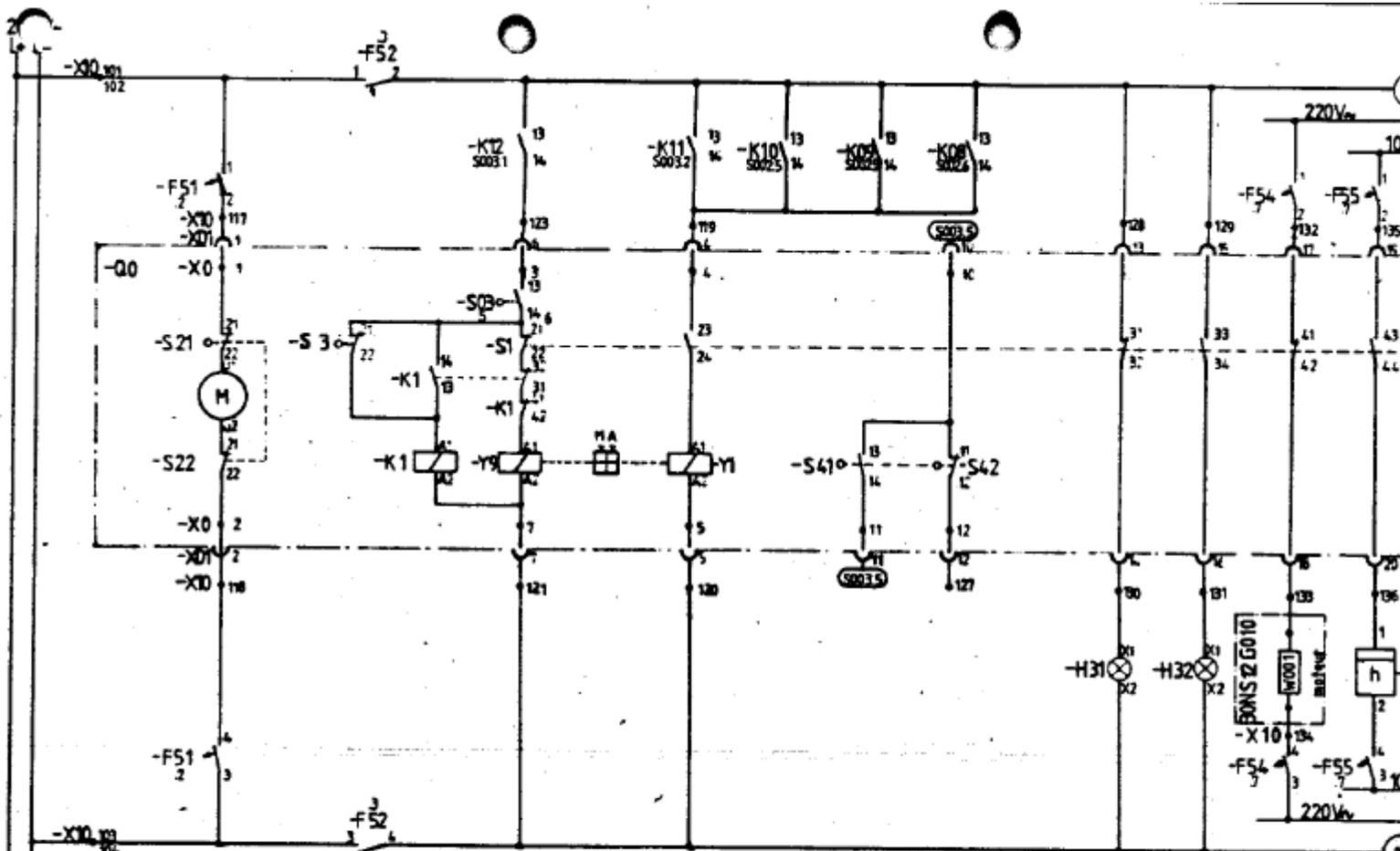
Rückmeldung
Sicherungsaufgaben

défaut

Störung



| | | | | | | |
|---------------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|--|------------|
| 07 | R1 | 07/02/01 | HA | Siemens AG Österreich | BOHELGAZ DIVISION DE L'INGENIERING CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 30 N.S.1 |
| 06 | modifié | 06/11/01 | CH | | | + 30 B.A.3 |
| 03 | modifié | 03/02/99 | T | | | |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.22 | 02/00/00 | Ma | DATE 07.02.00 | ECH: | NO CONTR. |
| 01 | modifié | 01/00/00 | Ma | NO. F. Mod/ma | | NO PLAN C |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | WSJ | NO PLAN C |
| PLAN DE REF.: | | | | | | NO PLAN SC |



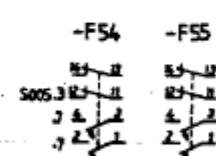
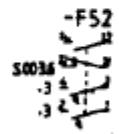
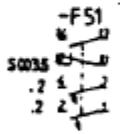
motour à ressort tendeur
Motoraufzug

marche
Ein

arrêt
Aus

arrêt
Aus

marche
Ein



| | | | | | | | | |
|------|---------------------------|---------|-----|----------------------------------|------|--|--|-----------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | BONELGAZ <small>INDUSTRIE SA S. BRUNNEN</small> | | - 30 NS |
| | | | | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAB DINET | | • 30 BA |
| 04 | modifié | BRUNNEN | T. | DATE 80/03/77 | ECH. | TABLEAU HT 6,3 KV | | NO. CONT. |
| 03 | Plan approved by 02.06.38 | BRUNNEN | No | ING F Mo/Exp | | VENTILATEUR RECYCLAGE | | NO. PLAN |
| 02 | modifié | BRUNNEN | No | | | PLAN DE COURANT | | NO. PLAN |
| 01 | modifié | BRUNNEN | No | | | | | NO. PLAN |
| REV. | MOD | DATE | NOM | VERIF | WSJ | PLAN DE REF. | | NO. PLAN |

preparation du signal binaire
Binärsignalaufbereitung

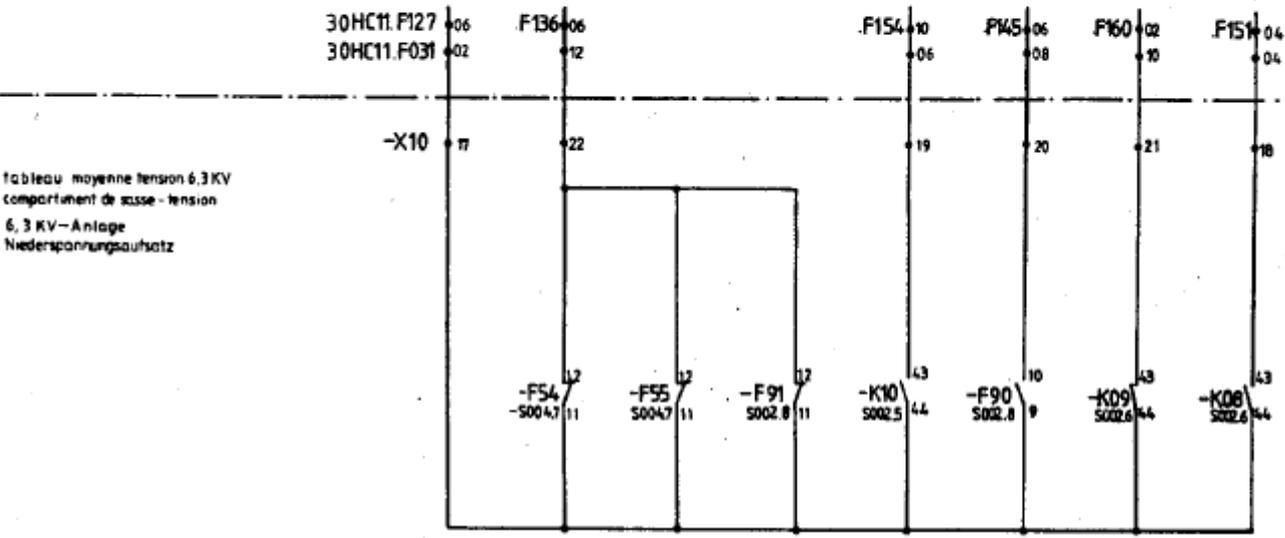
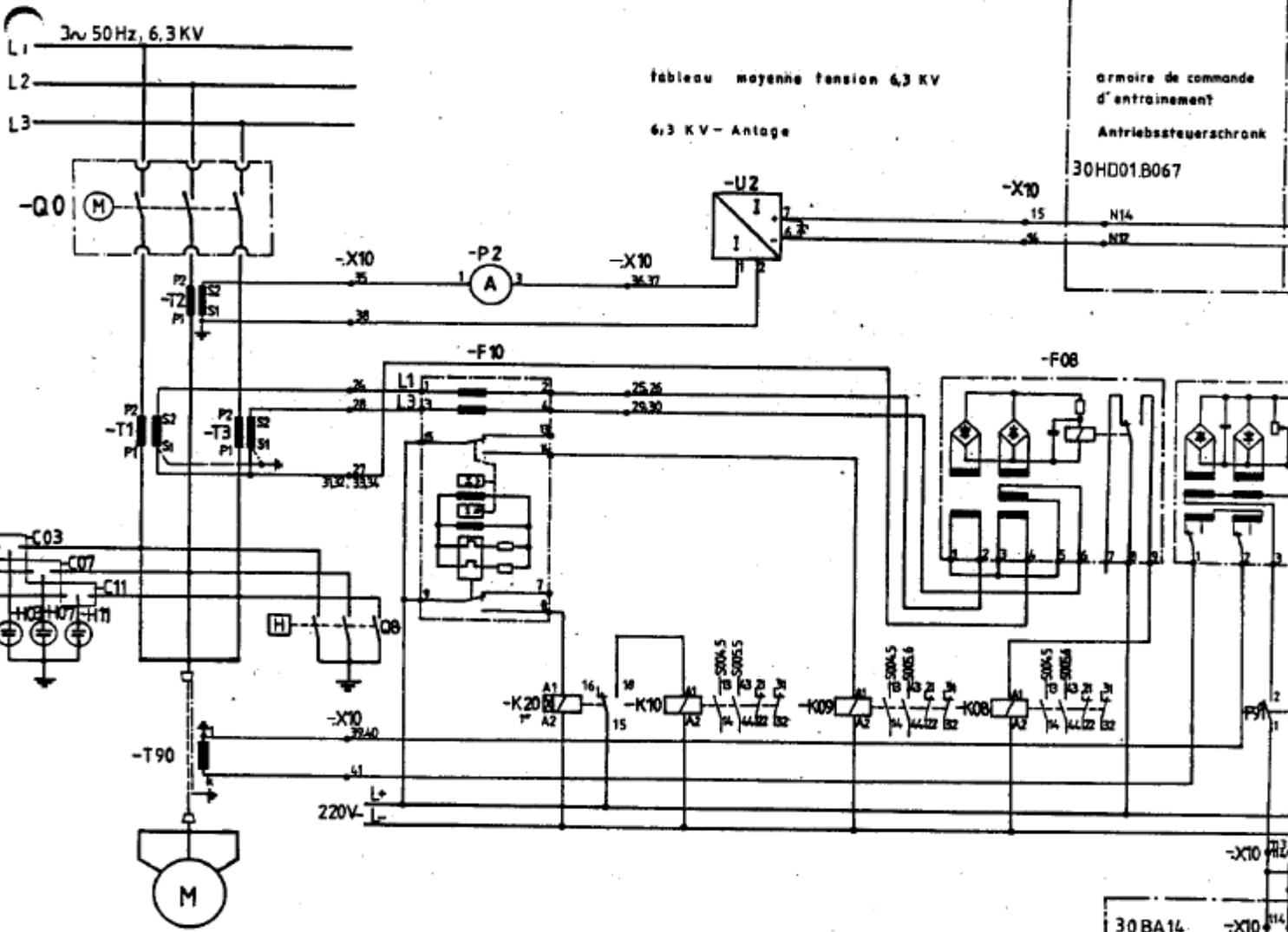


tableau moyenne tension 6.3KV
compartiment de basse-tension
6.3 KV-Anlage
Niederspannungsaufsatz

- coupe-circuit-automatique chauffage moteur
Schutzschalter Motorheizung
- coupe-circuit-automatique compteur d'heures d'encochement
Schutzschalter Betriebsstundenzähler
- coupe-circuit-automatique phase terre - relais
Schutzschalter Erdschleifstromrelais
- surcharge thermique Binärität - Auslösung
- phase - terre Erdschlusf
- maximum intensité Kurzschluss
- défaillance de phase Phasenaußfall

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|----------|-----|------------------------------|-----|---|--|------------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONEGAZ SOCIÉTÉ DE L'INGÉNIEURIE | | - 30 NS12 |
| 07 | R1 | 170324 | MA | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | - 30 BA13 |
| 03 | Plan approuvé le 03.04.28 | 03.08.91 | Mo | DATE 82.03.2 | ECH | TABLEAU HT 6.3 KV | | NO. CONTR. |
| 02 | modifié | 03.05.91 | Mo | AVG P ₁₀ /Emp | | VENTILATEUR RECYCLAGE | | NO. PLAN C |
| 01 | modifié | 02.06.91 | Mo | | | PLAN DE COURANT | | NO. PLAN C |
| REV | MOD | DATE | NOM | VERIF | W51 | PLAN DE REF | | NO. PLAN C |

Ventilateur de soufflage à travers trois types de protections : F10, F08 et F90

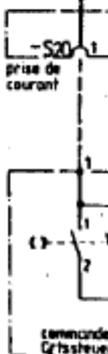
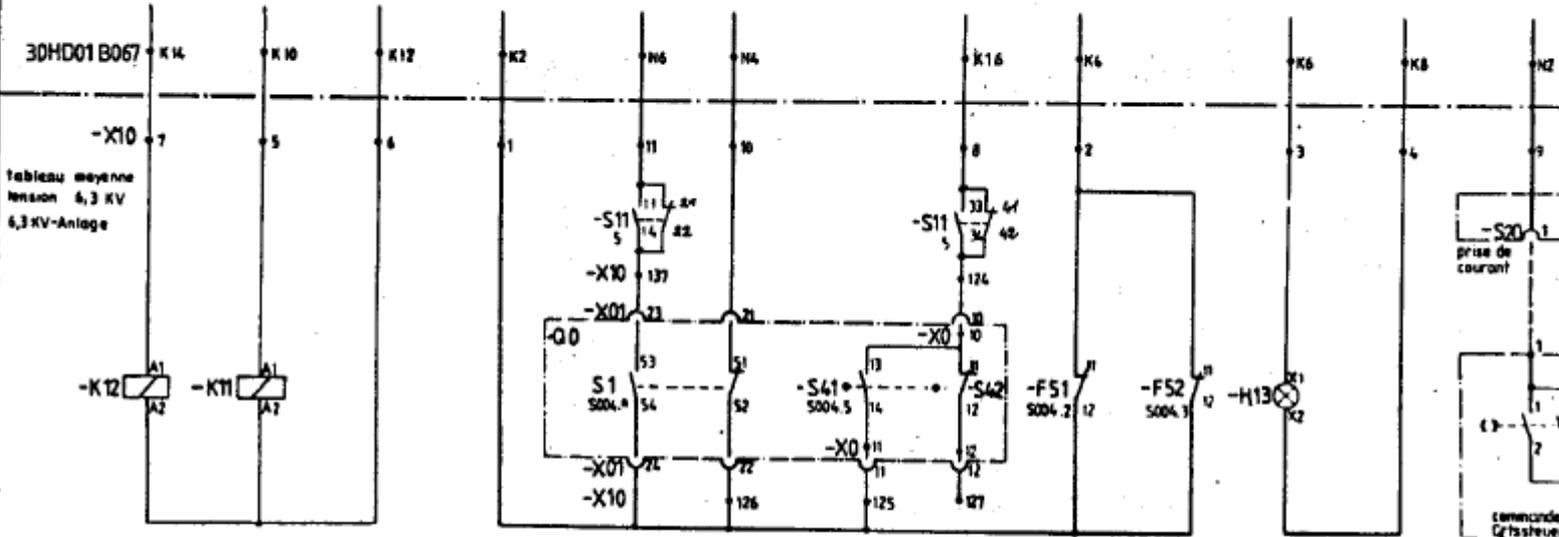


| | | | |
|-------|---------------------------|----------|-----|
| 05 | modifié | 04/02/99 | Tr |
| 04 | Plan approuvé le 03/06/98 | 03/06/98 | Mo |
| 03 | modifié | 03/06/98 | Mo |
| 02 | modifié | 03/06/98 | Mo |
| 01 | R1 | 07/03/98 | HA |
| REV.: | MOD.: | DATE | NOM |
| | | VERIF | W53 |

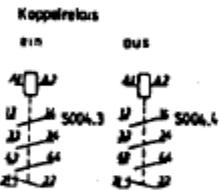
Siemens AG
Osterreich

| | | |
|--------------------------------------|-----------------------|------------|
| SONELGAZ SOCIÉTÉ DE L'ÉNERGIE | | = 30 NG2 |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAB DJINET | | = 30 BA1 |
| TITRE: | TABEAU HT 6,3 KV | NO. CONTR. |
| | VENTILATEUR SOUFFLAGE | NO. PLAN C |
| | PLAN DE COURANT | NO. PLAN C |
| | PLAN DE REP. | NO. PLAN S |

armoire de commande d'entrainement
Antriebssteuerschrank



relais de couplage
marche arrêt



RS-disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

libération
cellule

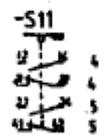
Freigabe
Zelle

RS-coupe-circuit
automatiques

Rückmeldung
Sicherungsautomaten

defaut

Störung



| | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-----|-----------------------|----------|------|----------------------------------|--|-------------|
| 07 | R1 | 07835 | HA | Siemens AG Österreich | | | SONELAZ | | - 30 NG22 |
| 06 | modifié | 04008 | OC | | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | + 30 BA15 |
| 03 | modifié | 04020 | Tc | | | | TABLEAU HT 6,3 KV | | NO CONTR. |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.82 | 00650 | Me | DATE | 07.03.82 | ECH: | VENTILATEUR SOUFLAGE | | NO PLAN COM |
| 01 | modifié | 00000 | Ma | NO. P | NO. Emp | | PLAN DE COURANT | | NO PLAN COM |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | W53 | | PLAN DE REF.: | | NO PLAN SO |

| | | | | | | | | | |
|-------|-----------|---------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|---|---------------|--------------------|
| ngons | I_n (A) | I_{cc} (KA) | R_{cc} (m Ohm) | X_{cc} (m Ohm) | Z_{cc} (m Ohm) | $\frac{R_{cc}}{Z_{cc}}$ | K | I_{cc} (KA) | Disjoncteur choisi |
|-------|-----------|---------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|---|---------------|--------------------|

| | | | | | | | | | |
|--------|----------|---------|----------|----------|----------|-------|--------|---------|-------------------------------------|
| 1-JB17 | 82.243 | 9.0622 | 337.2020 | 217.3707 | 401.3707 | 0.84 | 1.027 | 13.1619 | Type 3AF P _{dc} = 50 KA |
| 1-JB16 | 319.684 | 18.1204 | 22.1803 | 199.5 | 200.2792 | 0.11 | 1.1750 | 44.8457 | Type 3AF P _{dc} = 50 KA |
| 1-JB15 | 134.111 | 17.4789 | 56.7827 | 200.2 | 208.0968 | 0.27 | 1.410 | 34.8536 | Type 3AF P _{dc} = 40 KA |
| 1-JB14 | 31.968 | 11.0216 | 262.9641 | 199.400 | 330.0158 | 0.79 | 1.050 | 16.3662 | Type 3AF P _{dc} = 20 KA |
| 1-JB13 | 32.897 | 12.8621 | 202.4956 | 197.400 | 282.7918 | 0.71 | 1.10 | 20.0087 | Type 3AF P _{dc} = 25 KA |
| 1-JB12 | 114.553 | 18.2731 | 39.4679 | 195.100 | 199.0520 | 0.19 | 1.53 | 39.5383 | Type 3AF P _{dc} = 50 KA |
| 1-JB11 | 114.553 | 9.2309 | 38.6143 | 194.2 | 198.0017 | 0.19 | 1.53 | 39.7493 | Type 3AF P _{dc} = 50 KA |
| 2-JB9 | 82.243 | 9.2309 | 330.5335 | 214.500 | 394.0338 | 0.83 | 1.037 | 13.5374 | Type 3AF P _{dc} = 16 KA |
| 2-JB8 | 134.111 | 17.1431 | 61.0506 | 198.500 | 207.6762 | 0.29 | 1.375 | 33.3355 | Type 3AF P _{dc} = 40 KA |
| 2-JB7 | 319.684 | 18.4047 | 22.0025 | 196.400 | 197.6286 | 0.11 | 1.75 | 45.5393 | Type 3AF P _{dc} = 50 KA |
| 2-JB6 | 319.684 | 18.3991 | 22.5359 | 196.400 | 197.6887 | 0.11 | 1.75 | 45.5354 | Type 3AF P _{dc} = 50 KA |
| 2-JB5 | 31.968 | 11.2832 | 255.7819 | 196.400 | 322.3644 | 0.79 | 1.05 | 16.7546 | Type 3AF P _{dc} = 20 KA |
| 2-JB4 | 32.897 | 8.1648 | 399.9005 | 196.300 | 445.4818 | 0.89 | 1.025 | 11.8354 | Type 3AF P _{dc} = 16 KA |
| 2-JB3 | 82.243 | 9.2538 | 330.5335 | 212.700 | 393.0568 | 0.84 | 1.027 | 13.4401 | Type 3AF P _{dc} = 16 KA |
| 2-JB2 | 1832.898 | 19.2990 | 10.4455 | 188.25 | 188.5395 | 0.055 | 1.83 | 49.9279 | Type 3AF P _{dc} = 63 KA |

TABLEAU 12 FINAL

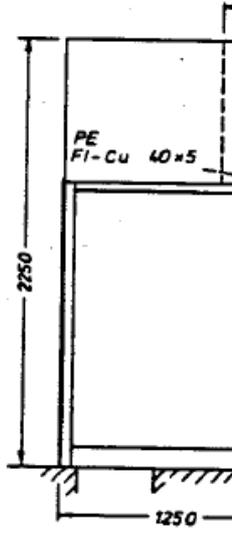
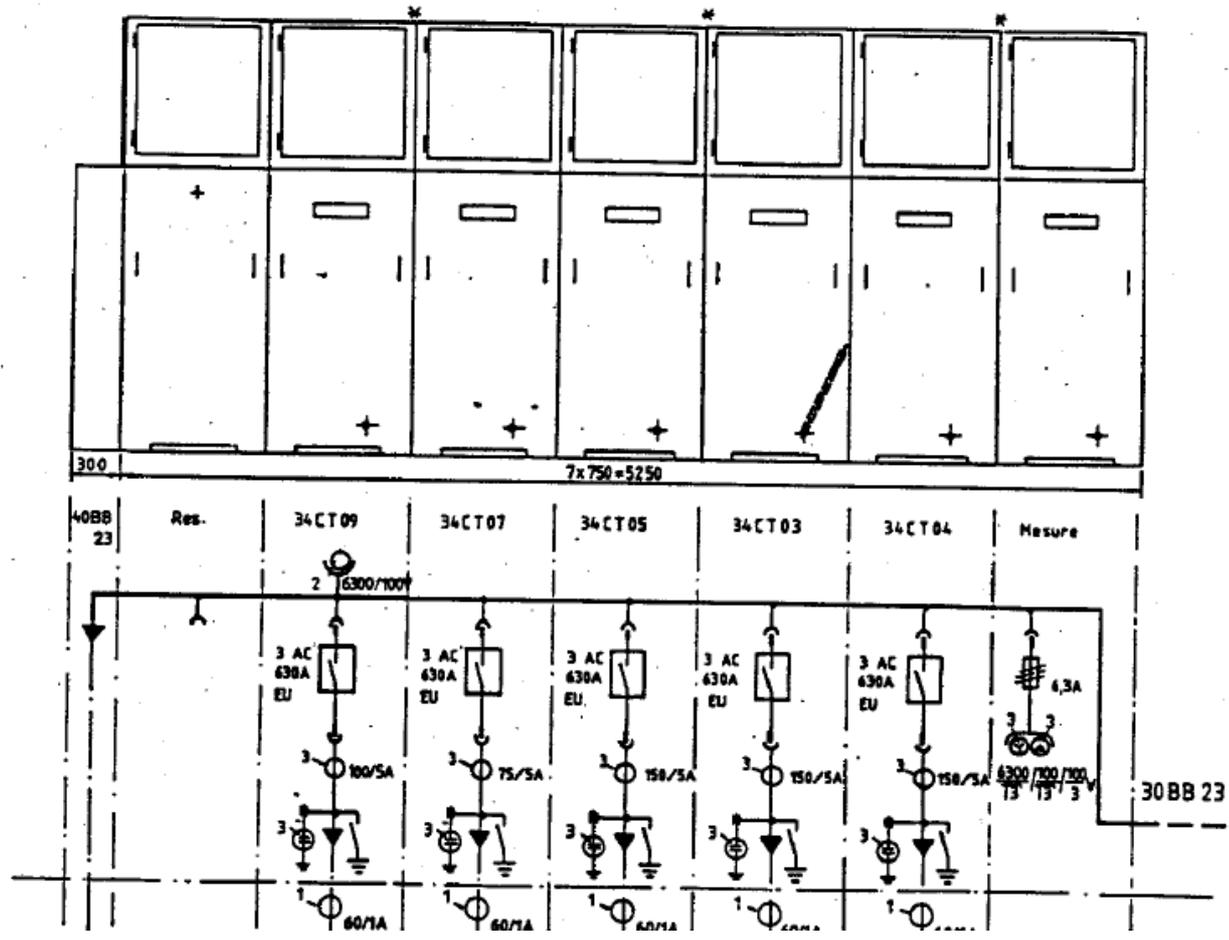
Les différentes protection du jeu de barres 6,3 KV sont placées dans des armoires a l'abri de toutes aleas climatiques. La figure suivante est une vue de face du jeu de barres 6,3 kv

vue de face

vue de

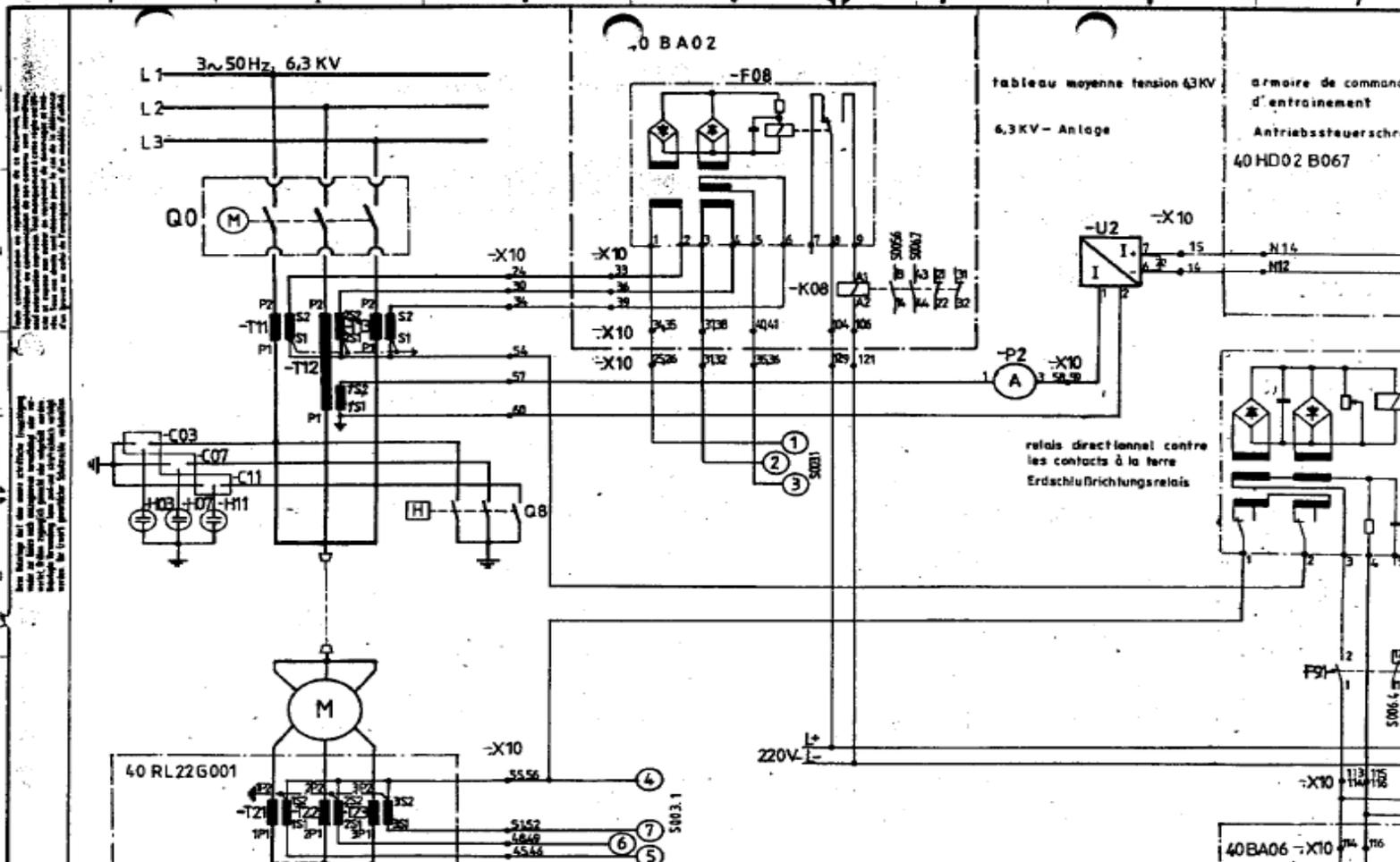
N° de cellule: 34BB31 34BB30 34BB29 34BB28 34BB27 34BB26 34BB25 34BB24

N° de fabrication LM/WF4371- -83 -82 -81 -80 -79 -78 -77



Pompe alimentaire :

Elle est doté des protection suivante F90 F10 F32 F08 la branchement de ces protection est representé par le figures suivante :



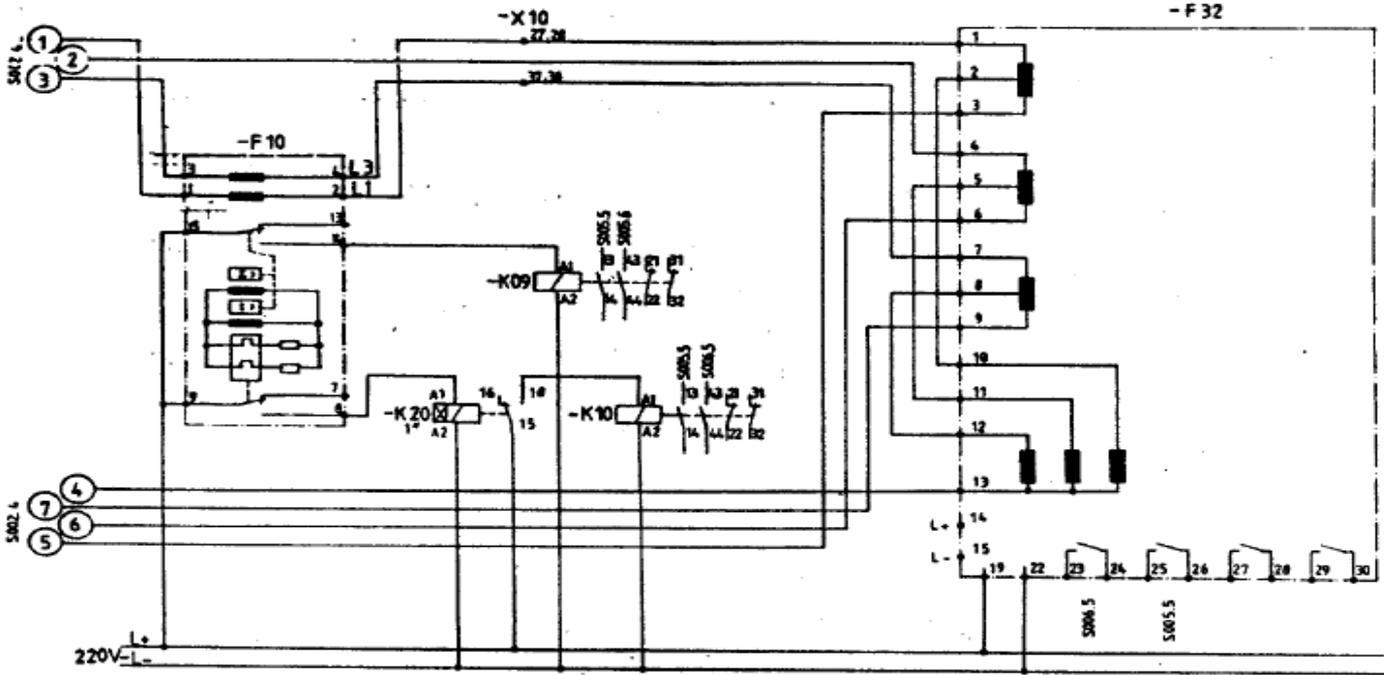
Les données de ce schéma électrique sont destinées à être utilisées par les personnes habilitées à cet effet. Toute utilisation non autorisée est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de l'éditeur est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de l'éditeur est formellement interdite.

| | | | | | |
|------|------------------|----------|-----|-----------------|------|
| 06 | R1 | 27833 | MA | Siemens AG | |
| 04 | modifié | 040214 | Tr | Osterreich | |
| 03 | Plan approved in | 03.04.20 | Pa | | |
| 02 | modifié | 03.06.11 | Mo | DATE 02.03.17 | ECH: |
| 01 | modifié | 02.08.09 | Mo | ING. F. H. EMP. | |
| REV. | MOD. | DATE | NOM | VERIF | W53 |

| | |
|---|-------------------|
| SONELGAZ SOCIÉTÉ DE L'INGÉNIERIE CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | |
| TITRE | TABEAU MT 6.3 KV |
| | POMPE ALIMENTAIRE |
| | PLAN DE COURANT |
| PLAN DE REF. | |

tableau moyenne tension 6,3 KV

6,3 KV - Anlage



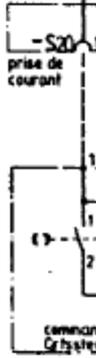
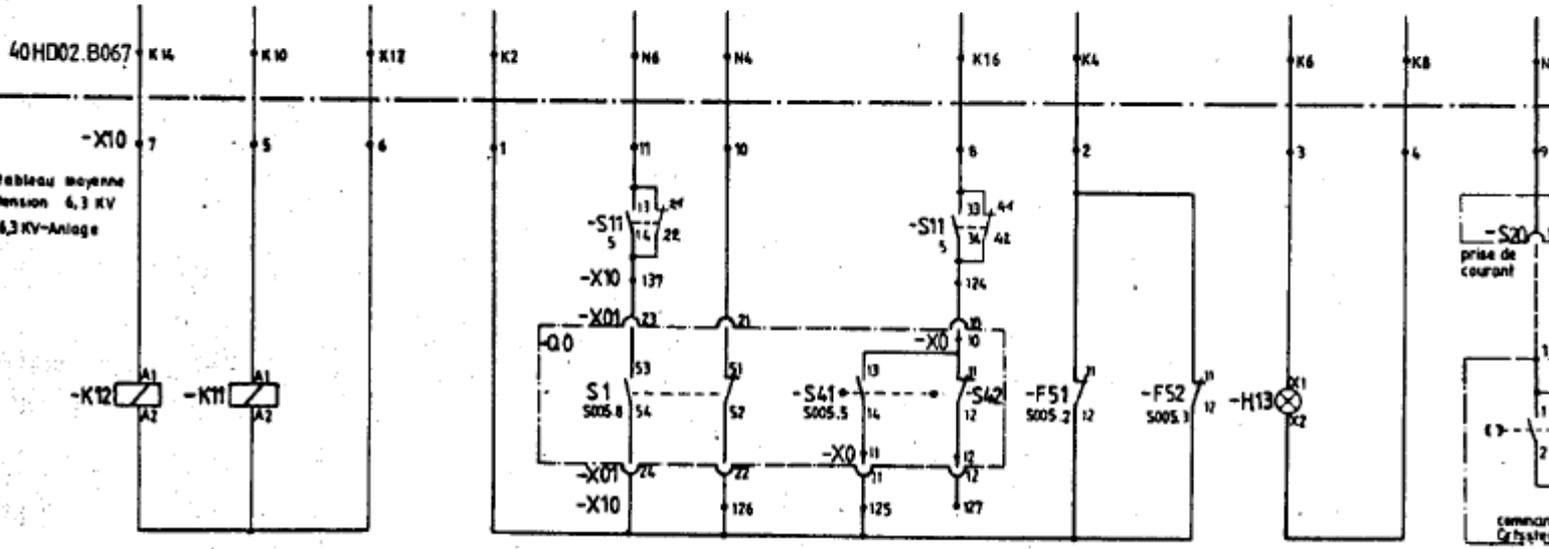
relais thermique-courant
Bimetall - Kurzschluß-Auslösung

protections différentielles des moteurs
Motardifferentialschutz

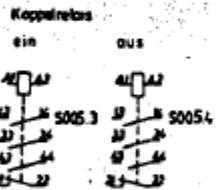
| | | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|
| 04 | modifié | 198002 | Tc | Siemens AG Österreich |
| 03 | Plan approved in 03.04.78 | 03.04.78 | Mg | |
| 02 | modifié | 198008 | Mg | DATE 02.03.77 |
| 01 | modifié | 198001 | Mg | MG, RHo/Emo |
| REV: | MOD. | DATE | HCM | VER/RWS |

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| GOMELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING | |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | |
| TITRE | TABLEAU MT 6,3 KV |
| | POMPE ALIMENTAIRE |
| | PLAN DE COURANT |
| | PLAN DE REP. |

armoire de commande d'entrainement
Antriebssteuerstrank



relais de couplage
marche arrêt



RS-disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

liberation
cellule

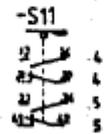
Freigabe
Zelle

RS-coupe-circuit
automatique

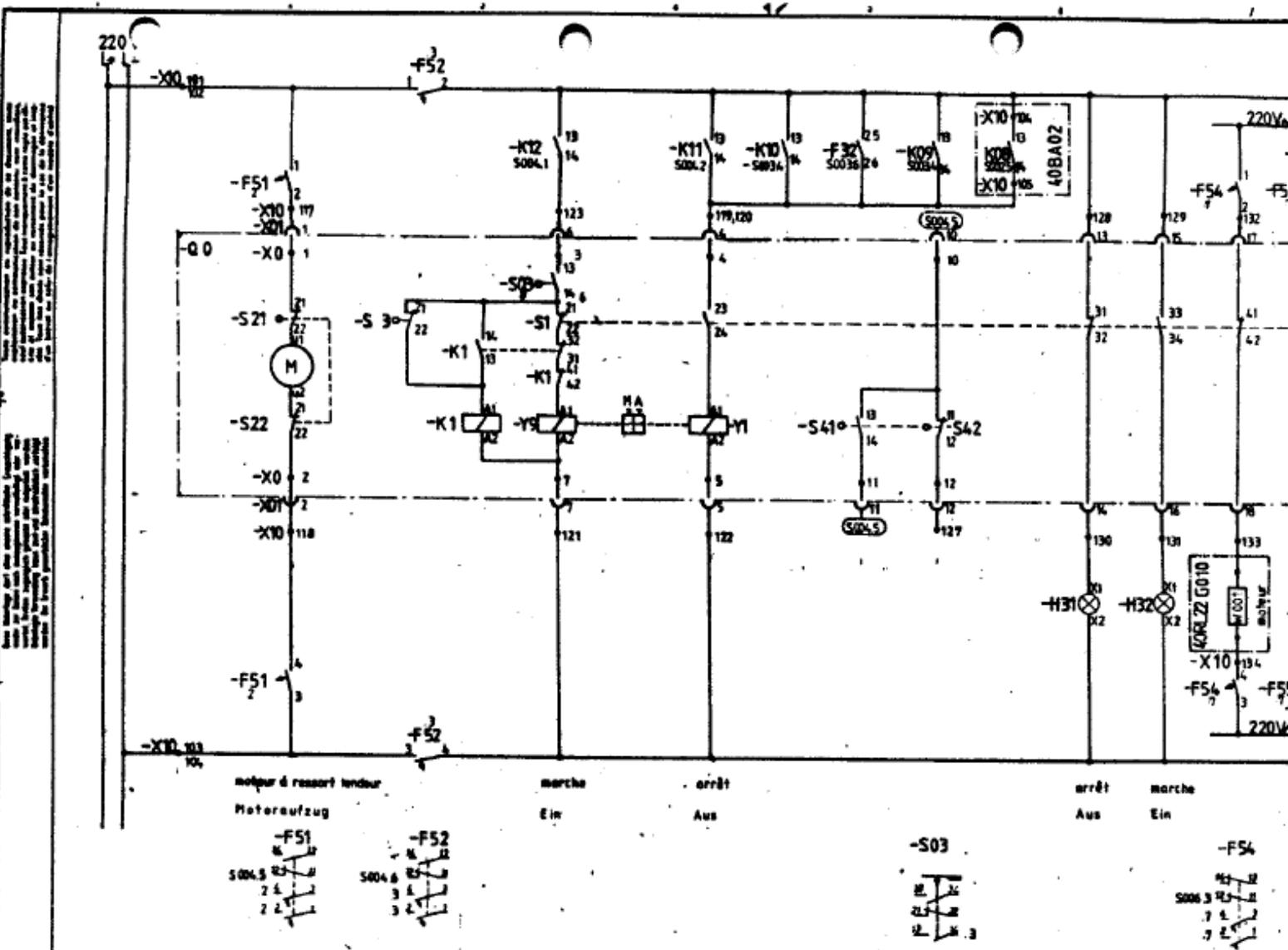
Rückmeldung
Sicherungsautomat

delait

Störung



| | | | | | | |
|--------------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|------------------------------------|------------|
| 04 | R1 | 07833 | HA | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION DE L'INGENIERIE | - 60 RI22 |
| 05 | modifié | 05-01-80 | MS | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | + 40 BA07 |
| 03 | modifié | 04-02-80 | Tr | | | NO CONTR. |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.77 | 03-04-80 | Ms | DATE 02.03.80 | ECH: | NO PLAN CO |
| 01 | modifié | 02-08-80 | Ms | ING. P. HOFFER | | NO PLAN CO |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | WS3 | |
| PLAN DE REF: | | | | | | |



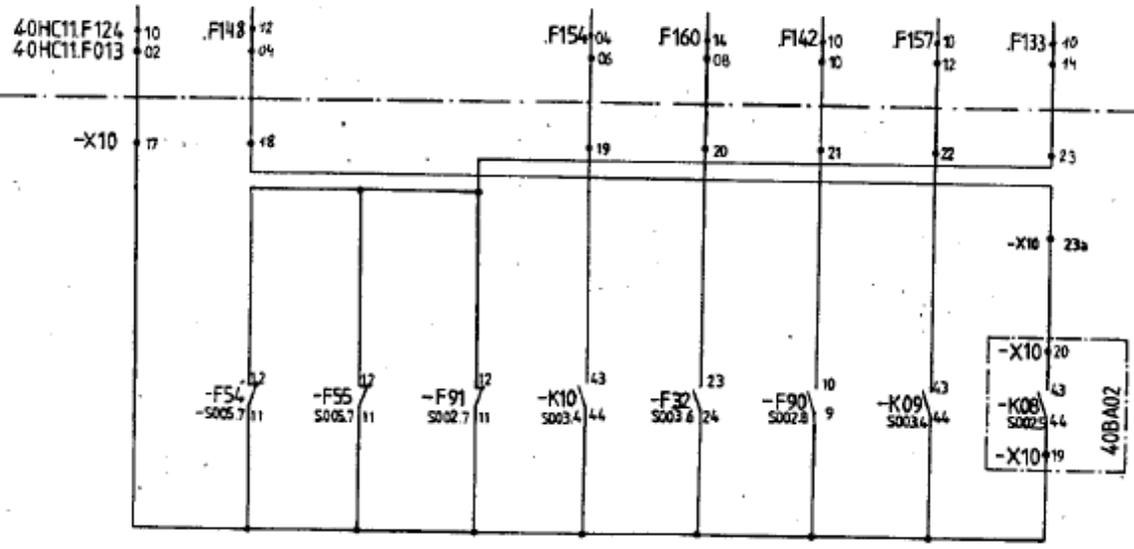
| | | | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|-------------------|------|
| 04 | modifié | 04.02.71 | Tr | | |
| 03 | Plan approuvé le 02.04.70 | 03.08.69 | Pa | | |
| 02 | modifié | 03.06.69 | Pa | DATE 02.03.70 | ECH: |
| 01 | modifié | 02.08.69 | Pa | ING. P. P. P. Emp | |
| REV: | MOD: | DATE | NOM | VERIF | W53 |

| | | | |
|-----------------------|-------------------|--|--|
| Siemens AG Österreich | | SONELGAZ SOCIÉTÉ EN L'ÉTABLISSEMENT | |
| | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | |
| TITRE: | TABLEAU HT 6,3 KV | | |
| | POMPE ALIMENTAIRE | | |
| | PLAN DE COURANT | | |
| PLAN DE REF.: | | | |

Tous droits réservés. Toute réimpression, reproduction ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Siemens AG est formellement interdite. Die Weitergabe oder die Verwendung dieser technischen Zeichnungen ist ohne schriftliche Genehmigung der Siemens AG in Österreich ist ausdrücklich untersagt.

preparation du signal binaire
Binarsignalaufbereitung

tableau moyenne tension 6.3 KV
compartiment de basse-tension
6.3 KV-Anlage
Niederspannungsersatz



- coupe-circuit-automatique
 Chauffage moteur
 Schutzschalter
 Motorheizung
 XM187
- coupe-circuit-automatique
 compteur d'heures
 d' fonctionnement
 Schutzschalter
 Betriebsstundenzähler
 XM187
- coupe-circuit-automatique
 phase terre- relais
 Schutzschalter
 Erdschlußfunktionsrelais
 XM166
- surcharge thermique
 Bimetal-Auslösung
 XM169
- protections différentielles
 des moteurs
 Motordifferentialschutz
 XM160
- phase terre
 Erdschluß
 XM160
- maximum intensité
 Kurzschluß
 XM167
- déficience de phase
 Phasenverlust
 XM190

| | | | | | |
|-------|------------------|----------|----------|--------------------------|--|
| 06 | R1 | 870331 | HA | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET |
| 04 | modifié | 84.0229 | Tr | | |
| 03 | Plan approuvé le | 83.04.28 | 83.04.01 | Ha | TITRE TABLEAU HT 6,3 KV POMPE ALIMENTAIRE PLAN DE COURANT PLAN DE REF. |
| 02 | modifié | 83.04.11 | Ha | DATE 82.03.2 | |
| 01 | modifié | 82.08.03 | Ha | ING. F. Hofme | |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | REF. | W53 |

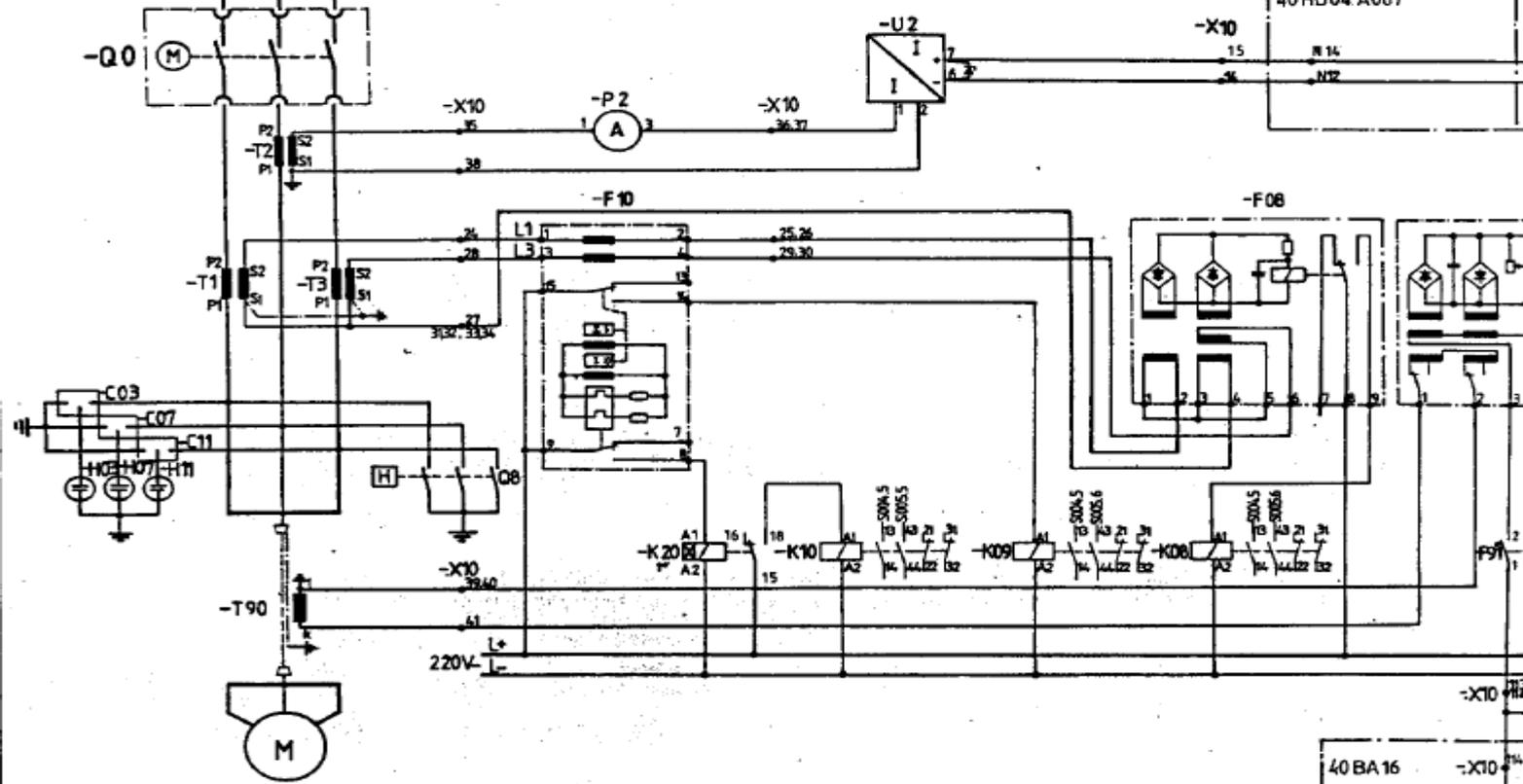
Pompe de circulation eau de mer :

Elle est dotée des protections suivantes: F10 F90 F08 le branchement est représenté par les figures suivantes :

L1 3~ 50Hz, 6.3 KV
L2
L3

tableau moyenne tension 6,3 KV
6,3 KV - Anlage

armoire de commande
d'entraînement
Antriebssteuerachron
40HD04.A067

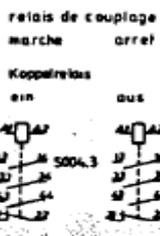
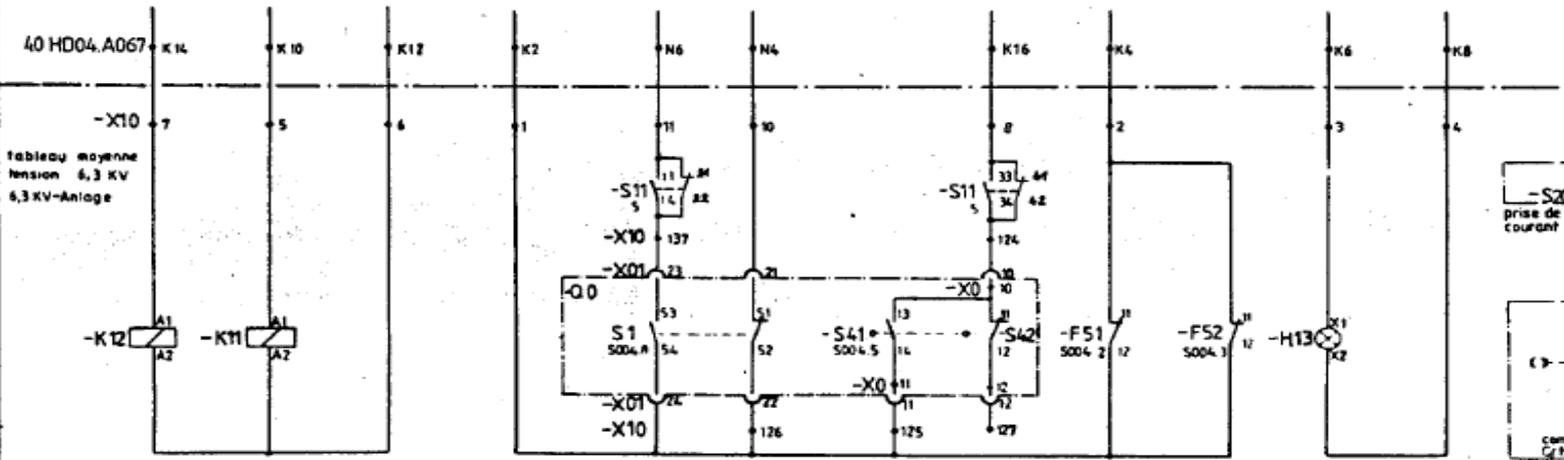


| | | | | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|---------------|------|
| 05 | modifié | 04/02/99 | Tc | Siemens AG Österreich | DATE 02.03.97 | ECH: |
| 01 | Plan approuvé le 03.04.99 | 03.04.99 | Pa | | | |
| 03 | modifié | 03/03/99 | Mg | | | |
| 02 | modifié | 03/03/99 | Mg | | | |
| 06 | R1 | 07/03/99 | JA | ING. R/Ma/Emp | | |
| REV: | MOD.: | DATE | NOM | VERIF | W53 | |

| | | |
|--|------------------------|------------|
| SONELGAZ DIRECTORATUL DE PROIECTARE | | - 40 VCC |
| CENTRALE TERMICQUE DE RAS DJINET | | - 40 BA |
| TITRE | TABLEAU MT 63 KV | NO. CONTR. |
| | POMPE CIRC. EAU DE MER | NO. PLAN C |
| | PLAN DE COURANT | NO. PLAN C |
| PLAN DE REF.: | | NO. PLAN S |

40 BA 16 -X10

armoire de commande d'entrainement
Antriebssteuerschrank



RS - disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

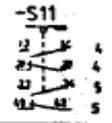
libération
cellule

Freigabe
Zelle

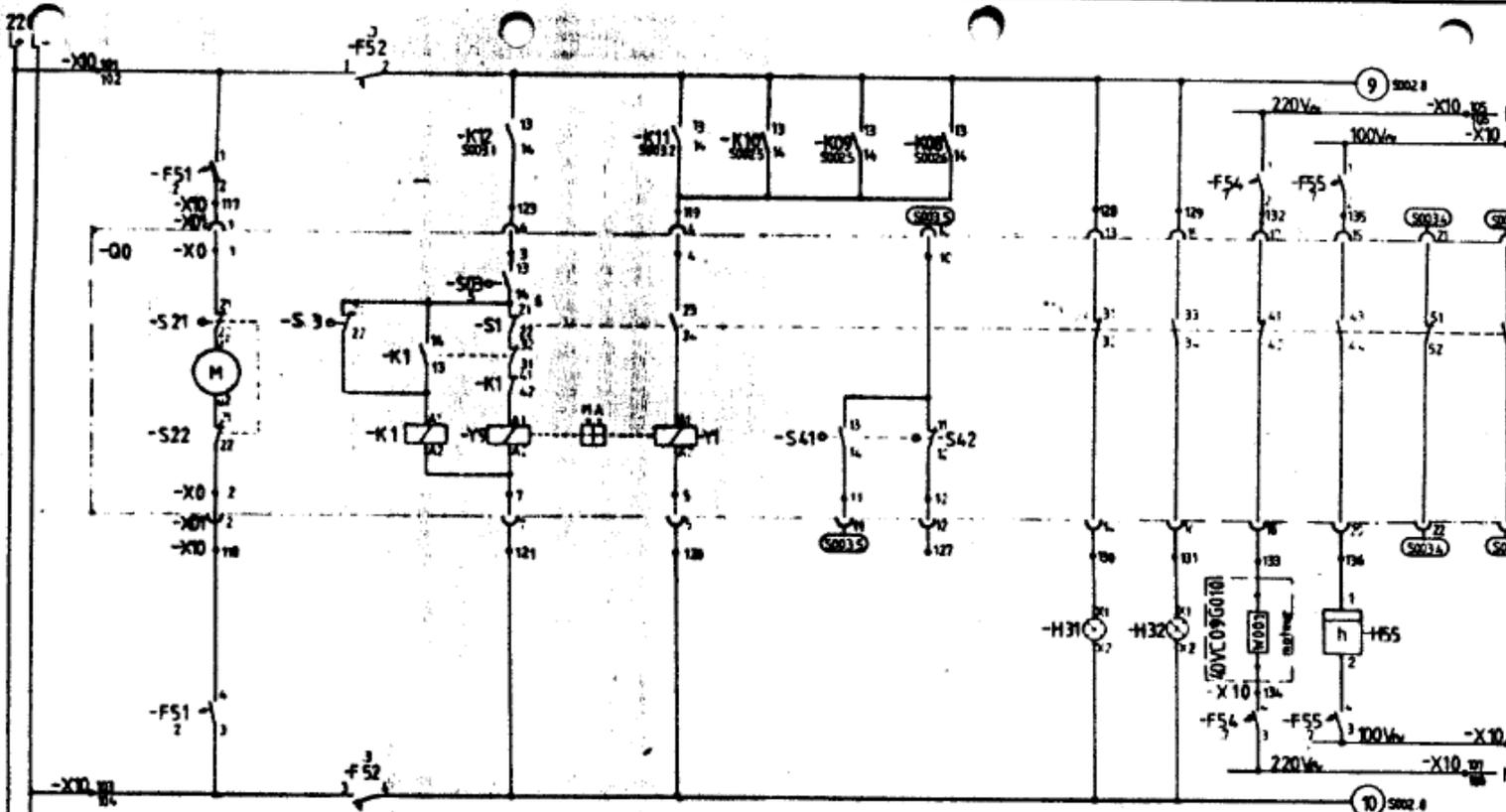
RS-coupe-circuit
automatiques

Rückmeldung
Sicherungsautomaten

defaut
Störung



| | | | | | | |
|------|---------------------------|--------|-----|--------------------------|---|----------------|
| 06 | R1 | 87933 | HA | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION DE L'INGENIERIE CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 40 V - 40 |
| 05 | modifié | 85846 | TS | | TITRE | NO. CO |
| 04 | modifié | 84000 | Tz | | TABLEAU HT 6,3 KV POMPE CIRC. EAU DE MER PLAN DE COURANT | NO. PL |
| 02 | Plan approuvé le 83.03.22 | 830470 | Ha | DATE 82.02.10 | ECH: | NO. PL |
| 01 | modifié | 820800 | Ha | ING. R. M. EMP | | NO. PL |
| REV. | MOD. | DATE | NOM | VERIF. W53 | PLAN DE REP. | NO. PL |



stop à ressort tendu

stop

stop

stop

stop

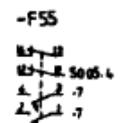
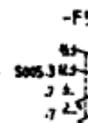
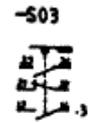
Motoraufzug

Ein

Aus

Aus

Ein



| | | | | |
|-------|---------------------------|----------|-----|---------------|
| 06 | modifié | 14/08/50 | T. | |
| 05 | Plan approuvé le 05/04/50 | 03/04/50 | No | |
| 02 | modifié | 28/05/50 | Ch | DATE 02/03/51 |
| 01 | modifié | 02/08/50 | No | DATE 02/03/51 |
| PREV. | MOD | DATE | NOM | PERM |

Siemens AG
Österreich

| | | | | |
|----------------------------------|--|----------------------------|--|-------------------------|
| BONELGAZ | | DIRECTION DE L'ÉNERGÉTIQUE | | - 40V09 D001 |
| CENTRALE THERMIQUE DE PAS D'ANNE | | | | - 40 BA17 / 5004 |
| TABLEAU HT 4,3 KV | | | | NO CONTR |
| POMPE CIRC. EAU DE MER | | | | NO PLAN CONSTR 090044-N |
| PLAN DE COURANT | | | | NO PLAN CONS 34 131174 |
| PLAN DE REF | | | | |

preparation du signal binaire
Binärsignalaufbereitung

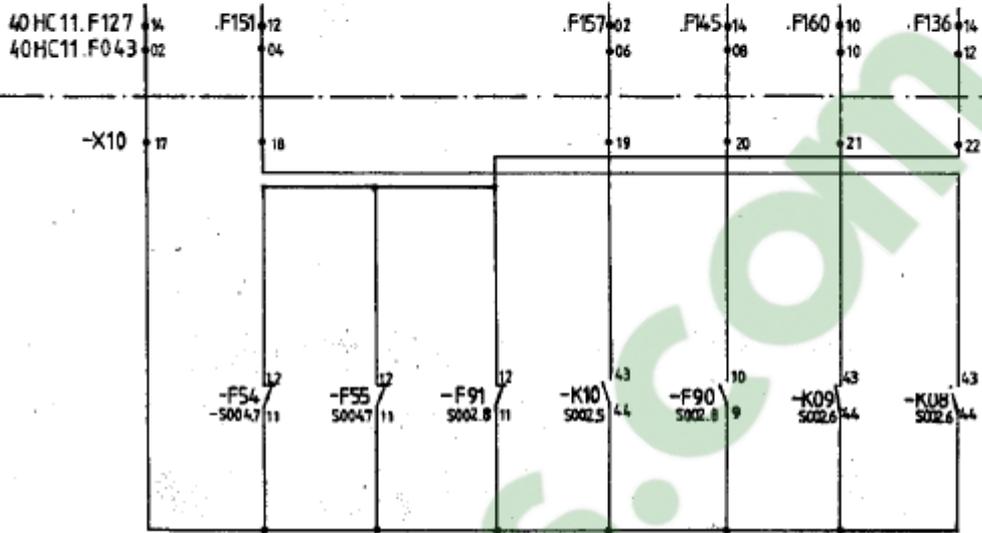


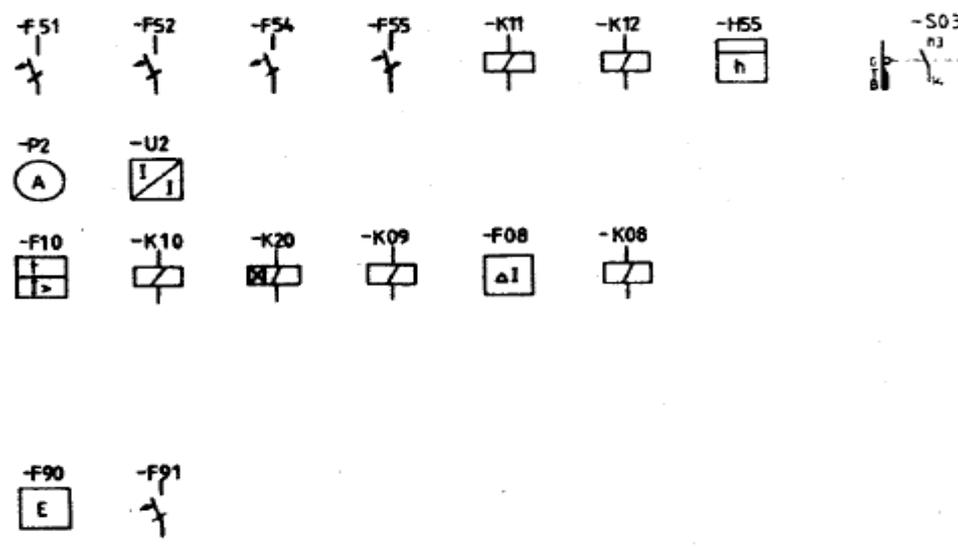
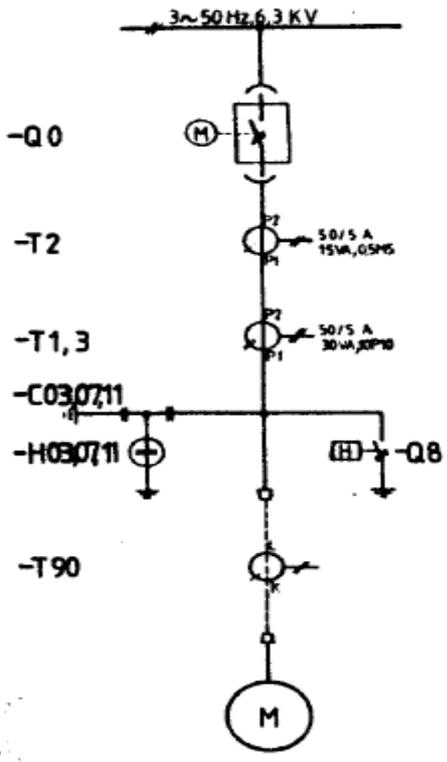
Tableau moyenne tension 6,3 KV
compartiment de basse-tension
6,3 KV-Anlage
Niederspannungsaufsatz

- coupe-circuit-automatique
chauffage mètre
Schutzschalter
Heizheizung
- coupe-circuit-automatique
compteur 4 heures
d'incrimination
Schutzschalter
Betriebsuhrrelais
- coupe-circuit-automatique
phase terre - relais
Schutzschalter
Erdschlussleistungsrelais
- sur charge thermique
Blauzeit - Auslösung
- phase - terre
Erdschluss
- maximale intensité
Kurzschluss
- défaillance de phase
Phasenverlust

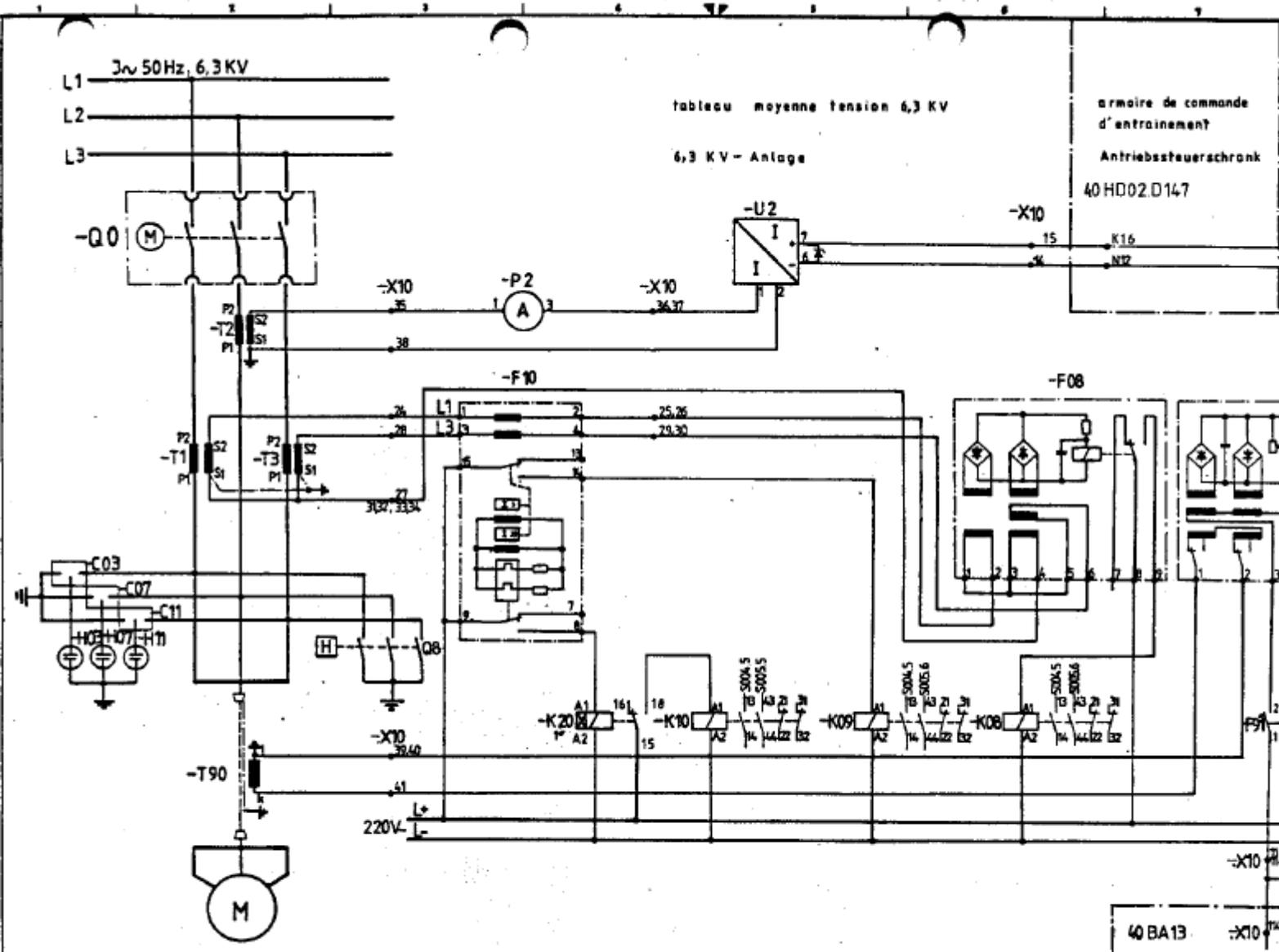
| | | | | | | |
|-----|---------------------------|----------|---------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| 06 | R1 | 82031 | Ma | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION Et. & Exploitation | 40 VO |
| 03 | Plan approuvé le 03.04.80 | 81.08.81 | Ma | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 40 BA |
| 02 | modifié | 8304.11 | Ma | DATE 82.03.2 | ECH | NO. CONT. |
| 01 | modifié | 8206.05 | Ma | ING R/Ma/Exp | | NO. PLAN |
| REV | MOD | DATE NOM | FRIR 85 | | | NO. PLAN |
| | | | | | TITRE | PLAN DE COURANT |
| | | | | | PLAN DE REF | |

Pompe d'extraction :

Elle est alimentée à travers les trois protections suivantes : F10 F90 F08, elles sont représentées par les figures suivantes :

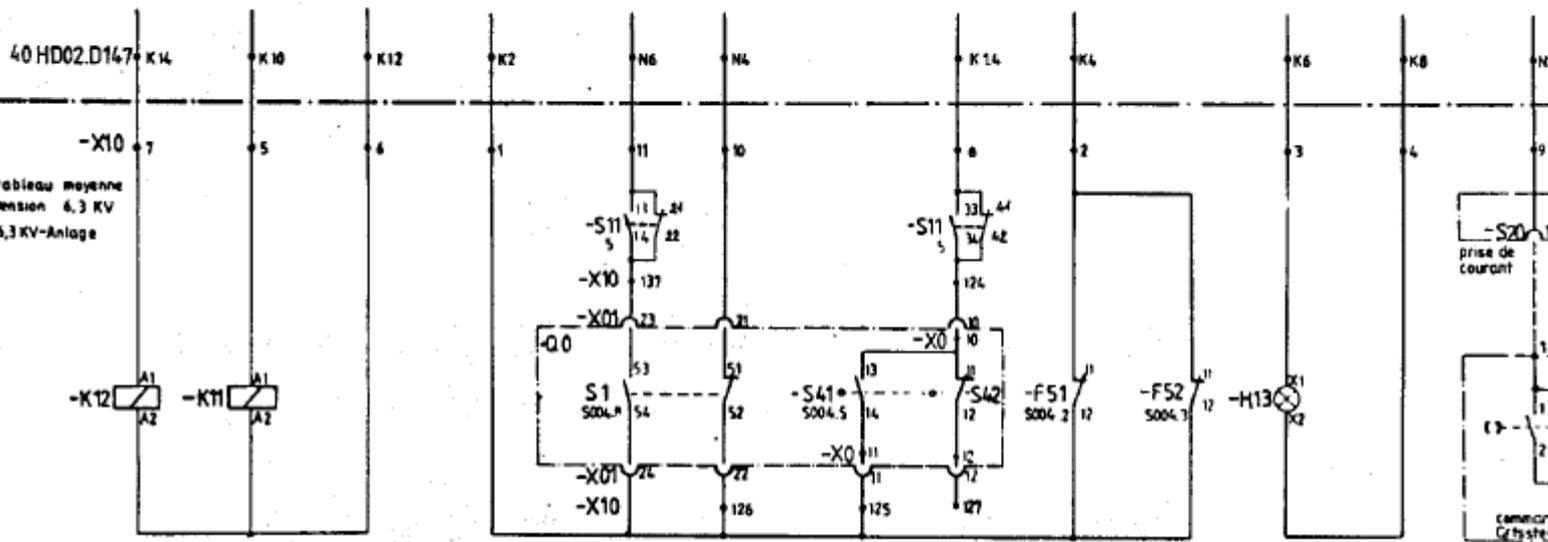


| | | | | | | | | |
|------|------------------|---------|-------|----------------------------------|-------|--|--------------|--------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONELGAS Direction de l'Énergie CENTRALE THERMIQUE DE RAB DJINET | | - 405 |
| # | Plan approved by | DATE | VERIF | DATE | ECH: | TITRE | PLAN DE REF: | - 40 |
| 02 | modifié | 0206/92 | Ma | 02.02.92 | | TABLEAU MT 6.3 KV | | NO. CO |
| 01 | modifié | 0208/92 | Ma | | | POMPE D'EXTRACTION | | NO. P. |
| REV: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | W.S.J | | | NO. P. |



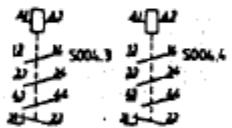
| | | | | | | |
|-------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|---|---------------|
| 05 | modifié | 14.04.82 | Tr. | Siemens AG Österreich | SONELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 40 RM |
| 04 | Plan approuvé le 03.04.80 | 03.04.80 | Hb | | | - 40 BA |
| 03 | modifié | 03.06.77 | Hb | ECH: | TITRE TABLEAU MT 63 KV POMPE D'EXTRACTION PLAN DE COURANT | NO. CONTI |
| 02 | modifié | 03.06.77 | Ma | | | DATE 02.03.77 |
| 01 | R1 | 07.03.77 | HA | ING. RHO/EMP | NO. PLAN | NO. PLAN |
| REV.: | MOD.: | DATE | NOM | VERIF | W5J | NO. PLAN |

armoire de commande d'entrainement
Antriebssteuerschrank



relais de couplage
marche arrêt

Kopplrelais
ein aus



RS- disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

liberation
cellule

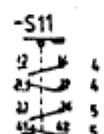
Freigabe
Zelle

RS- coupe-circuit
automatiques

Rückmeldung
Sicherungsautomaten

defaut

Störung



| | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-----|--------------------------|------|
| 06 | R1 | 07933 | HA | Siemens AG Österreich | EON: |
| 05 | modifié | 05040 | TS | | |
| 03 | modifié | 04000 | Tr | | |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.22 | 01040 | Ma | | |
| 01 | modifié | 02000 | Ma | ING. F. Mo/ma | |
| REV.: | MOO. | DATE | NOM | VERIF | W53 |

| | | |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| SONELGAZ DIRECTION DE L'INGENIERING | | - 40RM2 |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | + 40 BA1 |
| TITRE | TABLEAU MT 6,3 KV POMPE D'EXTRACTION PLAN DE COURANT | NO CONTR NO PLAN C NO PLAN C |
| PLAN DE REF.: | | NO PLAN S |

preparation du signal binaire
Binärsignalaufbereitung

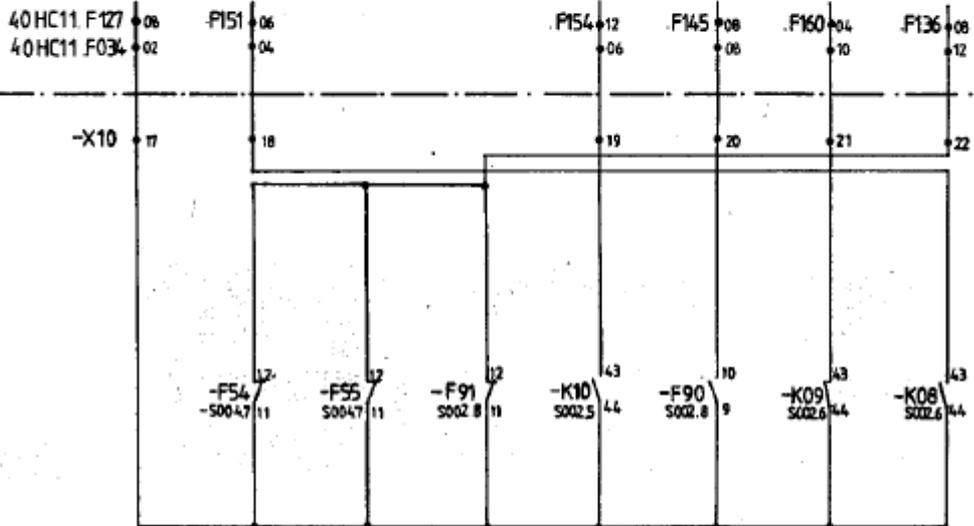
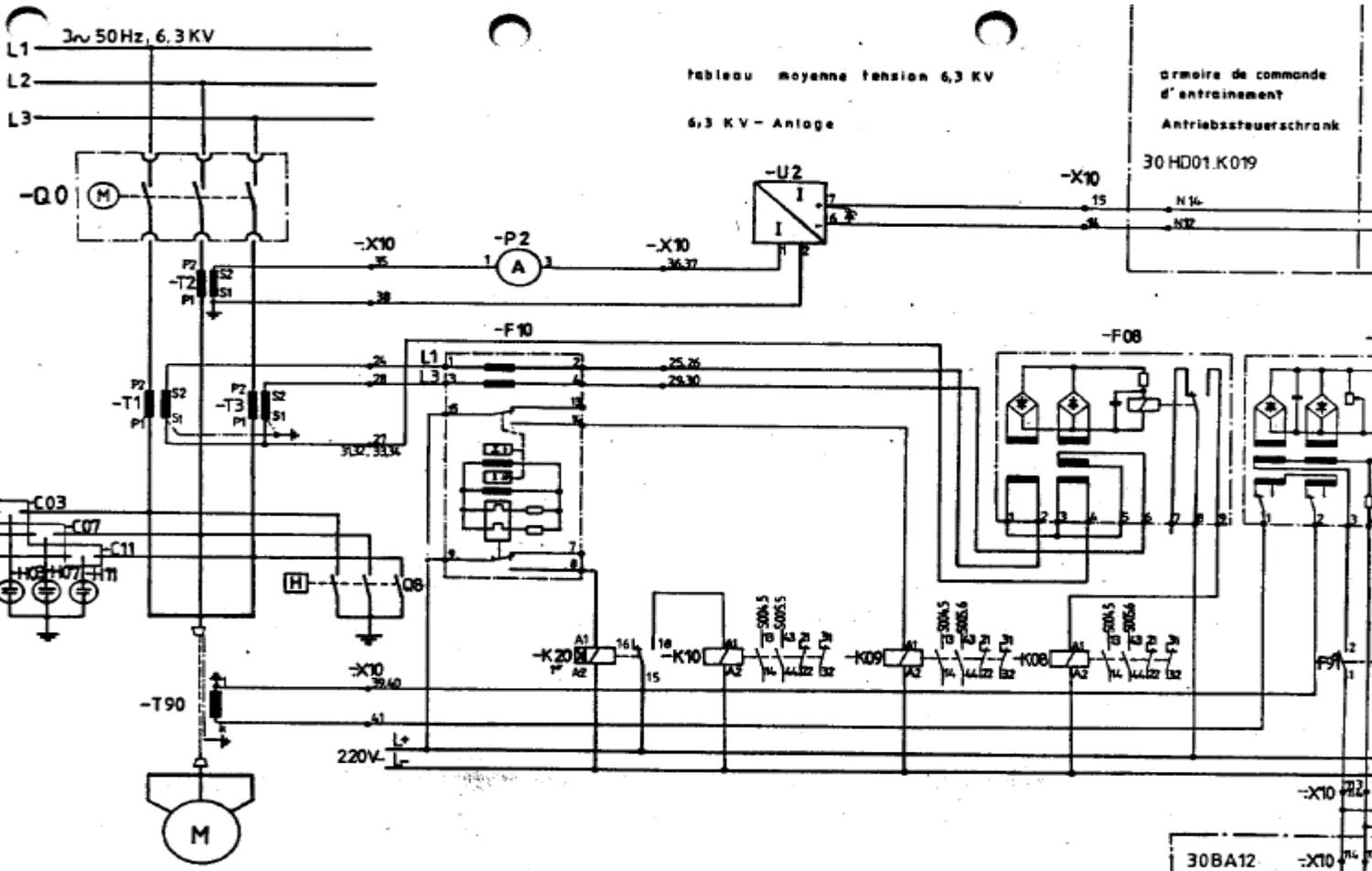


tableau moyenne tension 6,3 KV
compartiment de basse-tension
6,3 KV-Anlage
Niederspannungsaufsatz

- coupe-circuit-automatique
Chouffrage moteur
Schutzschalter
Motorheizung
- coupe-circuit-automatique
compteur 8 heures
d' fonctionnement
Schutzschalter
Betriebsstromzähler
- coupe-circuit-automatique
phase terre- relais
Schutzschalter
Erdschluss/Mangreibus
- sur charge thermique
Bimetall - Auslösung
- phase- terre
Erdschluss()
- maximum intensité
Kurzschluss()
- défaillance de phase
Phasenverlust

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|----------|-----|------------------------------|---------|--|--------------|---------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONELGAZ DIRECTION DE L'ENGINEERING | | - 40 B |
| 06 | Rf | 87037 | 46 | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | - 40 B |
| 03 | Plan approuvé le 03.04.20 | 83.04.01 | No | | | | | NO CONT |
| 02 | modifié | 83048 | No | DATE | 82032 | ECH. | | NO PLAN |
| 01 | modifié | 82003 | No | ING | RNo/Imp | | | NO PLAN |
| REV | MOD | DATE | NOM | VERIF | W53 | | PLAN DE REF. | NC PLAN |

Ventilateur de recyclage est alimenté à travers trois types de protections : F08, F90 et F10

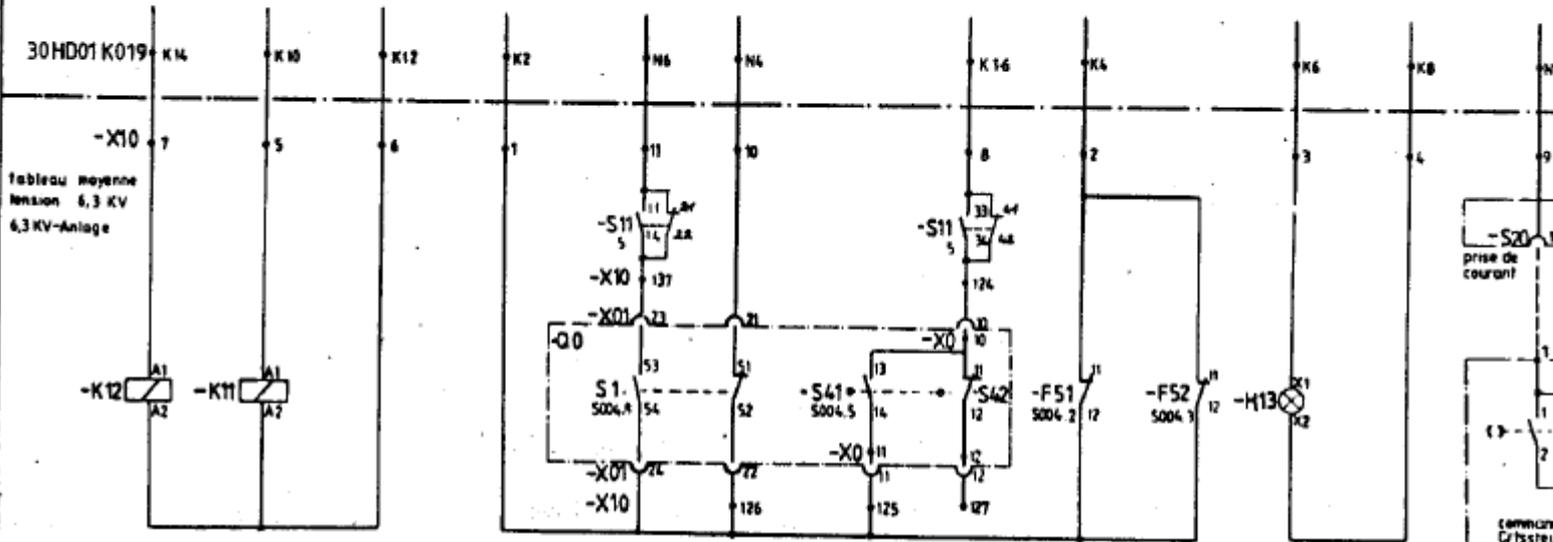


30BA12

| | | | | | |
|-------|---------------------------|----------|------|----------------------------------|-----|
| 05 | modifié | 240822 | Tr | Siemens AG Österreich | |
| 04 | Plan approuvé le 03.04.78 | 23.04.78 | Ma | | |
| 03 | modifié | 230670 | Ma | | |
| 02 | modifié | 230410 | Ma | | |
| 01 | R1 | 270831 | Ma | | |
| REV.: | MOD.: | DATE: | NOM: | VERIF.: | W53 |

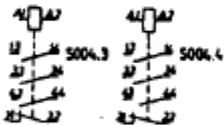
| | | |
|---|---|--|
| SONELGAZ SOCIÉTÉ BELGE D'INGÉNIEURIE | | - 30 NS12 |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | + 30 RA13 |
| TITRE | TABLEAU MT 6,3 KV VENTILATEUR RECYCLAGE PLAN DE COURANT | NO. CONTR. NO. PLAN CO NO. PLAN CO |
| PLAN DE REF.: | | NO. PLAN SO |

armoire de commande d'entraînement
Antriebssteuerschrank



relais de couplage
marche arrêt

Koppelrelais
ein aus



RS - disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

libération
cellule

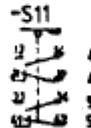
Freigabe
Zelle

RS-coupe-circuit
automatique

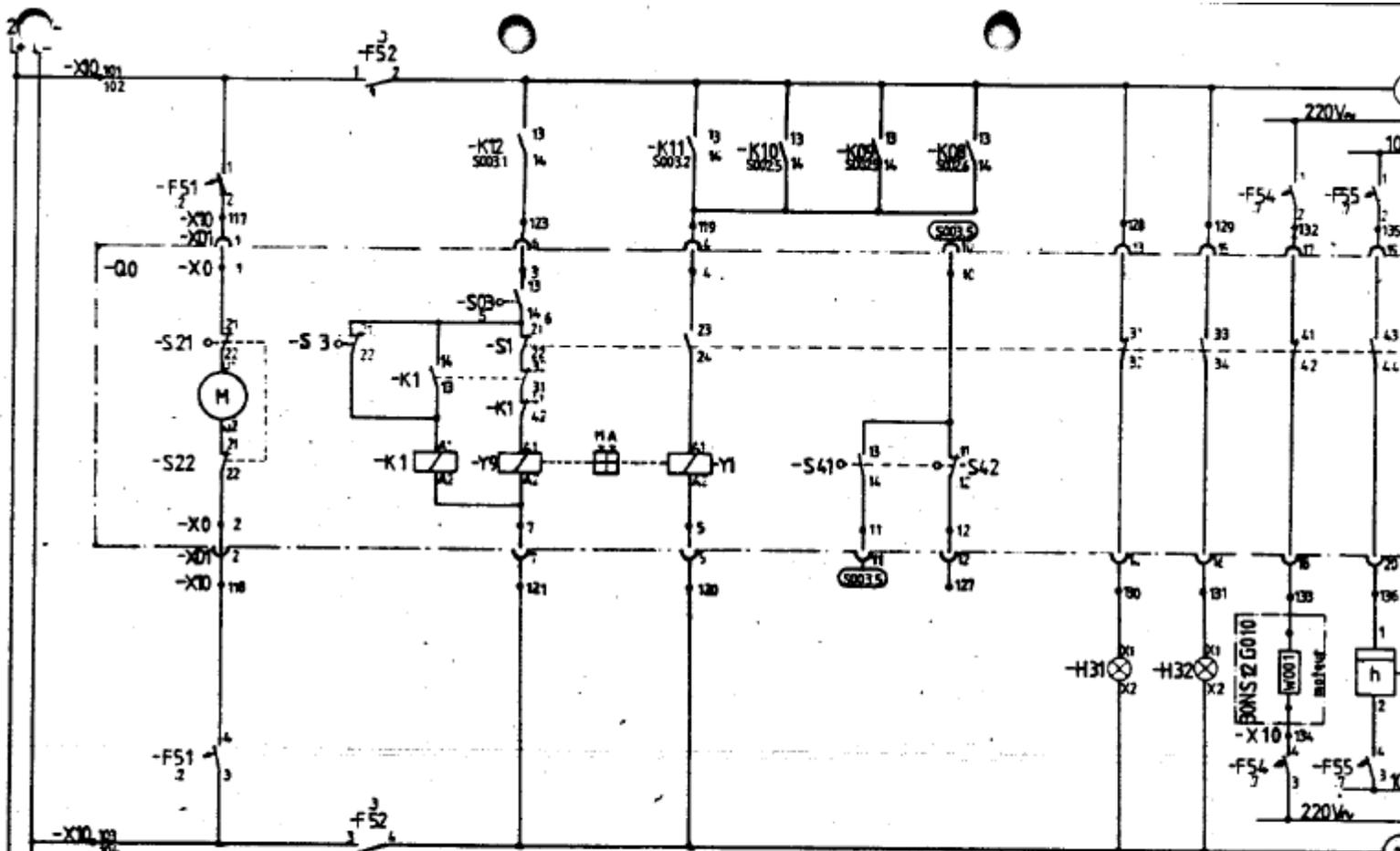
Rückmeldung
Sicherungsaufgaben

défaut

Störung



| | | | | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|--------------------------|--|------------|
| 07 | R1 | 07/02/01 | HA | Siemens AG Österreich | BOHELGAZ DIVISION DE L'INGENIERING CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | - 30 N.S.1 |
| 06 | modifié | 06/11/01 | CH | | | + 30 B.A.3 |
| 03 | modifié | 03/02/99 | T | DATE: 07.02.01 | ECH: NO CONTR. NO PLAN C. NO PLAN C. | NO PLAN C. |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.22 | 02/04/00 | Ma | | | |
| 01 | modifié | 01/02/00 | Ma | NO. F. M. G. M. S. | PLAN DE REF: | NO PLAN C. |
| REV: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | WSJ | |



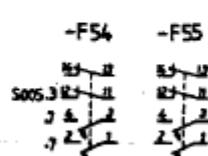
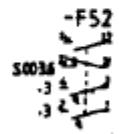
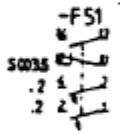
moteur à ressort tendeur
 Motoraufzug

marche
 Ein

arrêt
 Aus

arrêt
 Aus

marche
 Ein



| | | | | | |
|-----|---------------------------|-------|-----|---------------|------|
| 04 | modifié | BRUNY | T. | Siemens AG | |
| 03 | Plan approved by 02.06.38 | BRUNY | No | Osterreich | |
| 02 | modifié | BRUNY | No | DATE 80.03.77 | ECH. |
| 01 | modifié | BRUNY | No | ING F Mo/Exp | |
| REV | MOD | DATE | NOM | VERIF | WSJ |

| | | |
|---|-----------------------|----------|
| BONELGAZ INDUSTRIES SA - BRUNNEN | | - 30 NS |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAB DINET | | - 30 BA |
| TITRE | TABLEAU HT 6,3 KV | NO. CONT |
| | VENTILATEUR RECYCLAGE | NO. PLAN |
| | PLAN DE COURANT | NO. PLAN |
| | PLAN DE REF. | NO. PLAN |

preparation du signal binaire
Binärsignalaufbereitung

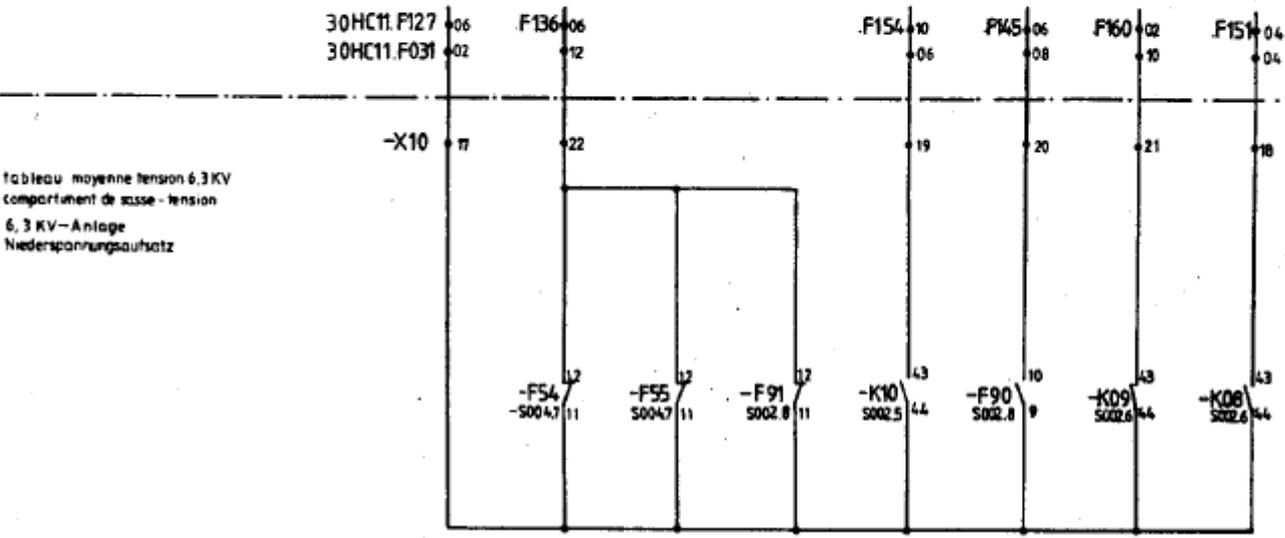


tableau moyenne tension 6.3KV
compartiment de basse-tension
6.3 KV-Anlage
Niederspannungsaufsatz

- coupe-circuit-automatique chauffage moteur
Schutzschalter Motorheizung
- coupe-circuit-automatique compteur d'heures d' fonctionnement
Schutzschalter Betriebsstundenzähler
- coupe-circuit-automatique phase terre - relais
Schutzschalter Erdschleifstromrelais
- surcharge thermique Binärität - Auslösung
- phase - terre Erdschlusf
- maximum intensité Kurzschluss
- défaillance de phase Phasenaußfall

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|----------|-----|------------------------------|-----|--|--|------------|
| | | | | Siemens AG Österreich | | SONELGAZ SOCIÉTÉ DE L'INGÉNIEURIE | | - 30 NS12 |
| 07 | R1 | 170324 | MA | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET | | - 30 BA13 |
| 03 | Plan approuvé le 03.04.20 | 03.08.91 | Mo | DATE 02.03.2 | ECH | TABLEAU HT 6.3 KV | | NO. CONTR. |
| 02 | modifié | 03.05.91 | Mo | AVG P ₁₀ /Emp | | VENTILATEUR RECYCLAGE | | NO. PLAN C |
| 01 | modifié | 02.06.91 | Mo | | | PLAN DE COURANT | | NO. PLAN C |
| REV | MOD | DATE | NOM | VERIF | W51 | PLAN DE REF | | NO. PLAN C |

Ventilateur de soufflage à travers trois types de protections : F10, F08 et F90

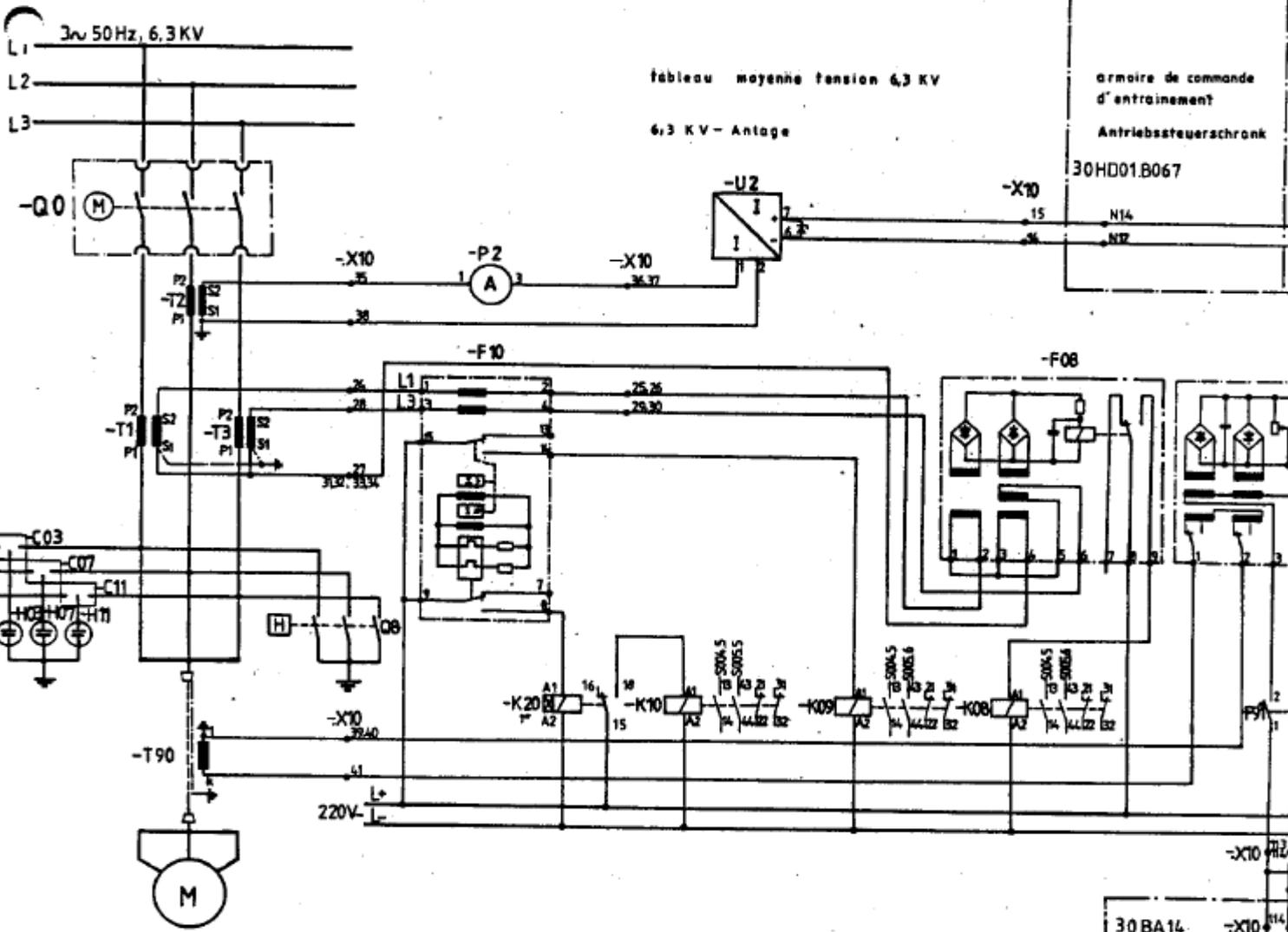


tableau moyenne tension 6,3 KV
6,3 KV - Antage

armoire de commande
d'entrainement
Antriebssteuerschrank
30HD01.B067

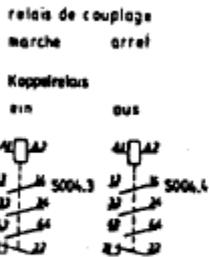
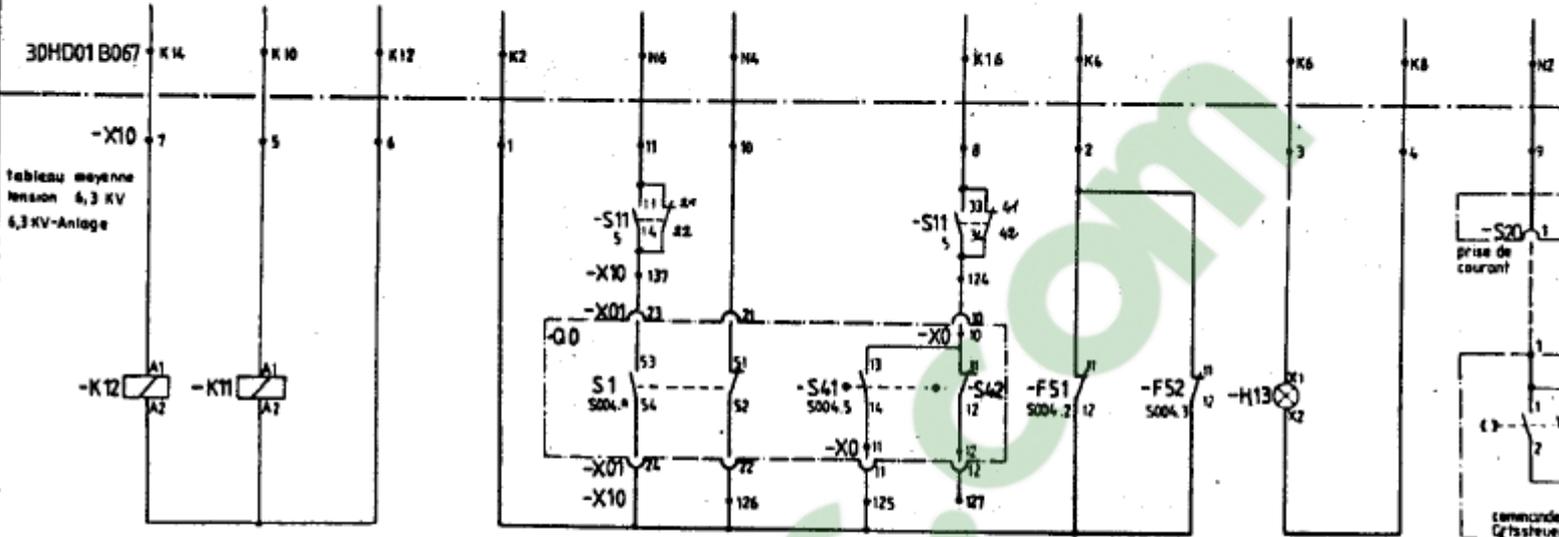
30 BA14

| | | | |
|------|---------------------------|----------|-----|
| 05 | modifié | 04/02/99 | Tr |
| 04 | Plan approuvé le 03/06/98 | 03/06/98 | Mo |
| 03 | modifié | 03/06/98 | Mo |
| 02 | modifié | 03/06/98 | Mo |
| 01 | R1 | 07/03/98 | HA |
| REV: | MOD: | DATE | NOM |
| | | VERIF | W53 |

Siemens AG
Osterreich

| | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|--|------------|
| SONELGAZ | | DIRECTION DE L'ENERGIE | | = 30 NG2 |
| CENTRALE THERMIQUE DE RAB DJINET | | | | = 30 BA1 |
| TITRE | TABEAU MT 6,3 KV | | | NO. CONTR. |
| | VENTILATEUR SOUFFLAGE | | | NO. PLAN C |
| | PLAN DE COURANT | | | NO. PLAN C |
| | PLAN DE REP: | | | NO. PLAN S |

armoire de commande d'entrainement
Antriebssteuerschrank



RS- disjoncteur
marche arrêt

Rückmeldung
LS-ein LS-aus

liberation
cellule

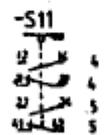
Freigabe
Zelle

RS-coupe-circuit
automatiques

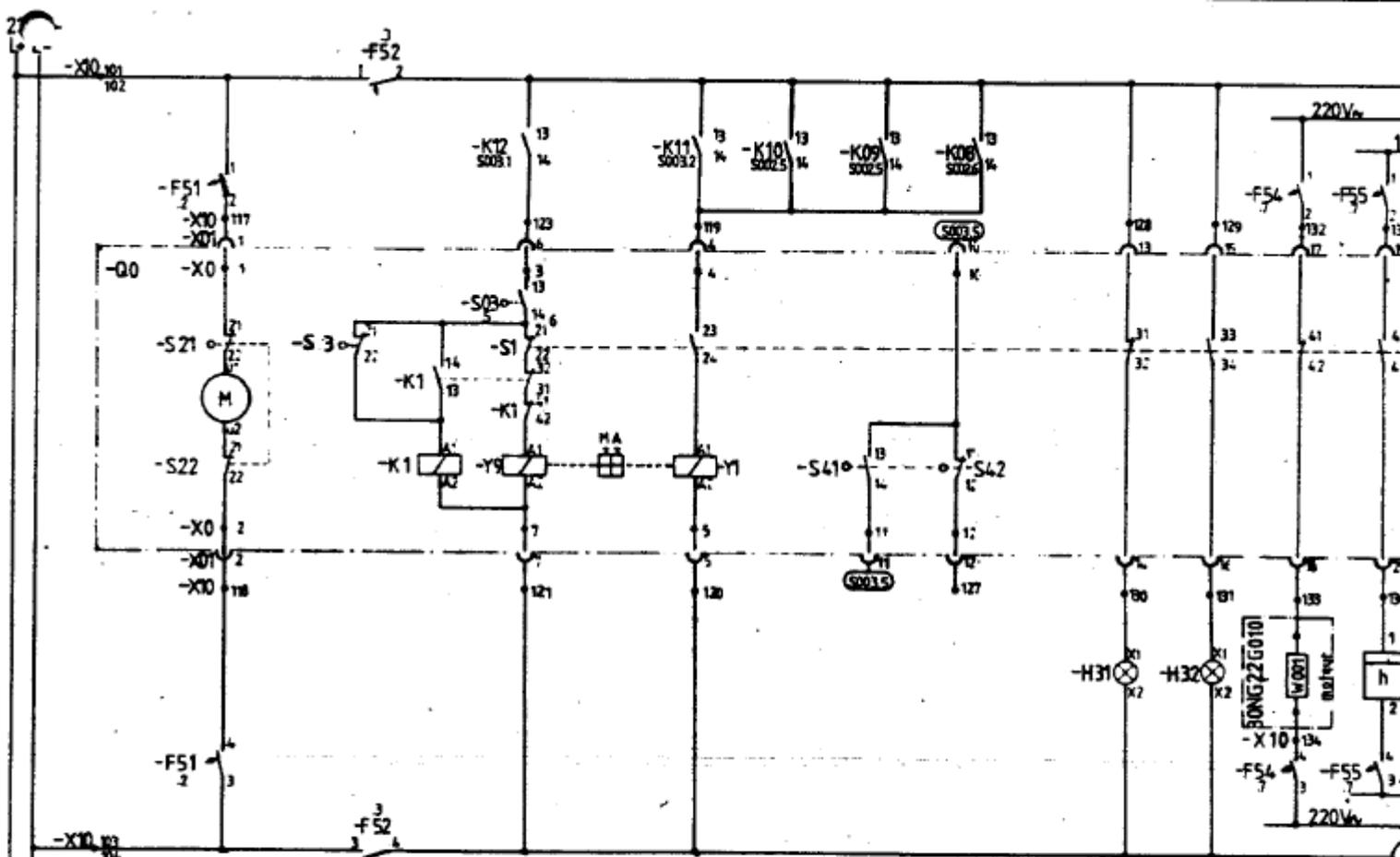
Rückmeldung
Sicherungsautomaten

defaut

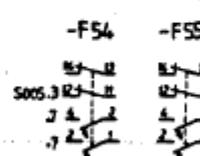
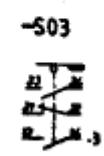
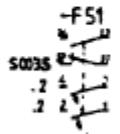
Störung



| | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-----|-----------------------|----------|-----------------|-----------------------------------|-------------|-------------|
| 07 | R1 | 07935 | HA | Siemens AG Österreich | | | SONLOAZ | | - 30 NG22 |
| 06 | modifié | 04000 | OC | | | | CENTRALE THERMIQUE DE RAS D'INNET | | + 30 BA15 |
| 03 | modifié | 04020 | Tc | | | | TABLEAU HT 6,3 KV | | NO CONTR. |
| 02 | Plan approuvé le 03.03.82 | 00600 | Ma | DATE | 07.03.82 | ECH: | VENTILATEUR SOUPLAGE | | NO PLAN COM |
| 01 | modifié | 00000 | Ma | NO. P | NO. Emp | PLAN DE COURANT | | NO PLAN COM | |
| REV.: | MOD. | DATE | NOM | VERIF | WS3 | PLAN DE REF.: | | NO PLAN SO | |



Moteur à ressort tendeur
 Motorculzug
 marche
 arrêt
 arrêt
 marche
 Aus
 Ein



| | | | | | | |
|-----|-------------------------|--------|-----|--------------------------|----------|------|
| 04 | modifié | BRD/ST | Tt | Siemens AG Österreich | | |
| 03 | Plan approved by BRD/ST | BRD/ST | Ph | | | |
| 02 | modifié | BRD/ST | No | DATE | 80.03.17 | ECH. |
| 01 | modifié | BRD/ST | No | ING | F No/Exp | |
| REV | MOD | DATE | NOM | VERIF | WS | |

| | | | |
|-----------------|----------------------|---------------------------------|----------|
| BONELGAZ | | REPARTITION DE L'ENERGIE | - 30 NG |
| | | CENTRALE THERMIQUE DE RAB DUNET | - 30 BA |
| TITRE | TABLEAU HT 6,3 KV | | NO. CONT |
| | VENTILATEUR SOUPLAGE | | NO. PLAN |
| | PLAN DE COURANT | | NO. PLAN |
| PLAN DE REF. | | | NO. PLAN |

Conclusion générale :

Dans notre travail on a pu voir et étudier le fonctionnement de la centrale thermique à vapeur de ras-djinet, notre étude s'est porté sur le jeu de barres 6,3 KV qui alimente les auxiliaires moyennes tensions de cette centrale en étudiant les différentes protections dont il dispose.

La protection est un bien essentiel à tout composant de l'énergie électrique pour parer et limiter les dégâts que peuvent occasionner d'éventuelles défauts, et le jeu de barres 6,3 KV dispose de quatre types de protections qui ont fait l'objet de notre étude.

Par manque de données techniques telles que les impédances des moteurs, on a été contraint de calculer les différents paramètres pour évaluer les différents courants de défauts.

Les protections présentées sur le jeu de barres sont des protections électromécaniques de marque Siemens qui protègent contre différents défauts, mais qui présentent certains inconvénients liés au temps de fonctionnement et à la nature des matériaux qui les composent. Des inconvénients qui aujourd'hui ne sont plus à l'ordre du jour avec les nouvelles protections numériques.

L'intégration rapide et massive de l'électronique dans le domaine des protections a permis de réaliser des gains substantiels sur le temps de fonctionnement des protections et l'augmentation de sélectivité. Ces techniques peuvent être améliorées par une nouvelle technologie numérique à microprocesseurs, efficace et moins couteuse. Elle permet d'introduire de nouvelles fonctions dans les protections telles que l'enregistrements et localisation des défauts (perturbographe).

C'est pourquoi, Pour une bonne qualité de protection de manouvre et d'entretien du jeu de barres 6,3 KV, le remplacement des protections existantes par des protections numériques modernes et plus disponible en pièces de rechange parait plus que nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MERLIN GERIN.

Guide de l'installation électrique, 2^{ème} édition, novembre 1974.

[2] Notice de formation.

Edition KWU (Kraft Work Union).

[3] Document de la SONALGAZ.

Principe de conception et de la réalisation des protections de jeu de barre 6,3KV de la centrale CAP-DJENET, 1987.

[4] Mlle F.ABDENOURI, Mr A.MERZOUGUI.

Alimentation des auxiliaires électriques -MT- d'une tranche de la centrale thermoélectrique de CAP-DJINET.
Mémoire de fin d'étude, 1993.

[5] RENE BOURGEOIS, DENIS COGNIEL.

Memotech d'électrotechnique, édition CASTEILLA, 1996.

[6] Theodore WILDI, Gilbert SYBILLE.

Electrotechnique 4^{ème} édition, juin 2005.

[7] F. Castellazzi, D. Cogniel, Y. Gangloff.

Memotech maintenance industrielle, édition CASTEILLA-25, rue Monge-75005 PARIS.

[8] MANUEL d'exploitation et d'entretien (SIEMENS).