

N°Ordre...../DGM/FT//UMBB/2021

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LARECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Faculté de Technologie

Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

THEME

Contribution à l'étude de protection électrique de
l'alternateur à la centrale thermique

Réalise :

 HEBRIH AMEL

 CHERIEF KARIMA

Promotrice : Mme. BAHLOUL HASSIBA

Encadreur : Mr MELKI MOHAMED

Promotion 2020-2021

Remerciements:

Au terme de ce mémoire, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour mener à bout ce modeste travail.

Nous remercions notre promotrice Mdm **BAHLOUL** qui nous a fait l'honneur de nous prendre sous sa responsabilité, ainsi que pour ces orientations et précieux conseils, qu'il trouve ici toutes les expressions de notre respect et gratitude.

Nous remercions ainsi vivement et du profond de cœur tout le personnel de la centrale de Ras Djinet, en particulier **Mr MELKI** pour sa contribution appréciable et son suivi tout au long de notre travail.

Nous tenons nos profonds respects et remerciement à **nos parents** qui n'ont pas cessé de nous encourager, de nous avoir accompagnés moralement et financièrement durant tout notre cursus scolaire. Que ses paroles soient un signe de reconnaissance de notre part à l'égard de leur engagement à nous soutenir pour toujours quelques soient les circonstances.

Enfin, nous tenons à remercier tous qui nous ont portés d'aide de près et de loin à l'élaboration de ce travail.

À vous tous, nous ne vous remercierons jamais assez.



Dédicace

Nous dédions ce projet à toutes les personnes qui nous ont accompagnés ,par une parole un geste ,un ou même une pensée, A toutes

Cettes qui ont contribué de prés ou de loin à cette finalité :

A nos très chers parents qui n'ont cessé de nous aider et de nous encourager durant notre parcours et qui nous ont permis d'être aujourd'hui ce qu'on est.

A nos frères qui nous ont soutenus et encouragés tous au long de notre projet

A nos sœurs ,qui nous ont toujours soutenus et poussés à donner le meilleur de nous-même,

A tous mes amis et professeurs qui m'ont soutenu et m'ont encouragé à réussir



HEBRIH AMEL



Dédicace

Avec tout respect et amour Je dédie ce travail

À mes très chers parents (BENNEBRI MERIEM et CHERIEF AMER) pour tous les efforts consentis pour m'assurer une bonne éducation, et qui m'ont encouragé et qui ont fait de moi ce que suis aujourd'hui.

Merci d'être présent dans mes joies et mes peins et tout simplement D'être ma famille.

À mes chers frères (en particulier CHERIEF AHMED) et mes sœurs qui je souhaite beaucoup de succès dans leurs vies.

A ma petite famille (mon marie et mon fils) que dieu vous garde toujours à cotés de moi .



CHERIEF KARIMA

**Listes des figures est des
tableaux**

Chapitre I : Description de la centrale de RAS-DJINET.

Figure I. 1: La centrale thermique de RAS-DJINET.	4
Figure I. 2: Illustration des différentes formes de transformation d'énergie.	5
Figure I. 3 : Schéma synoptique d'une tranche thermique.....	8
Figure I. 5 : Corps HP.	11
Figure I. 4 : Corps MP.....	11
Figure I. 6 : les 3 Corps de la turbine corps BP.	12

Chapitre II : production de l'énergie électrique

Figure II .1 : Centrale thermique à flamme.....	19
Figure II.2 : Centrale nucléaire.....	21
Figure II .3 : Centrale hydroélectrique	22
Figure II.4 : Photo d'une éolienne	24
Figure II.5 : Eolienne à axe vertical	25
Figure II .6 : Eolienne à axe horizontale	25
Figure II.7 : Photo d'une centrale solaire	27
Figure II.8 : Biomasse	28
Figure II.9 : Eléments principaux d'une centrale à biomasse	29

Chapitre III : étude technique de l'alternateur

Figure III.1 : Alternateur	33
Figure III.2 : Alternateur triphasé danché étoile	35
Figure III.3 : Schéma simplifié d'un alternateur	37
Figure III.4 : Stator l'alternateur de Ras -djinet.....	38
Figure III.5 : Rotor l'alternateur de Ras-djinet.....	39
Figure III.6 : Schéma de refroidissement de l'alternateur par réfrigérant d'hydrogène.....	40
Figure III.7 : Schéma de principe de l'excitation à diode tournantes sans balais.....	41

Chapitre IV : système de protection électrique de l'alternateur

Figure IV.1 : Les défauts d'origine interne.....	46
Figure IV .2 : Les défauts d'origine externe.....	47
Figure IV .3 : Schéma de raccordement d'un alternateur.....	49
Figure IV .4 : Armoire de protection d'alternateur.....	58
Figure IV .5 : Transformateurs de courant aux bornes de l'alternateur.....	59
Figure IV .6 : Matrice de déclenchement.....	61
Figure IV.7 : Protection différentielle (contre les défauts entre phases d'un alternateur).....	62
Figure IV.8 : Protection différentielle d'un alternateur .Caractéristique de fonctionnement.....	63
Figure IV .9 : Protection contre les pertes d'excitation.....	68
Figure IV.10 : Schéma simplifie d'une protection contre la surintensité.....	69
Figure IV.11 : Schéma simplifié d'action.....	79

Listes des figures

Liste de tableau :

-Tableau I-1 : caractéristiques des différents corps de la turbine.....	12
-Tableau IV.1 : Tableau de mesure.....	56

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Description de la centrale de RAS-DJINET

I.1 Introduction :	4
I.2 Présentation de la centrale :	4
I.2.1 Implantation de la centrale :	4
I.2.2 Historique :	4
I.3 Principe de fonctionnement :	6
I.3.1 Fonctionnement du cycle eau-vapeur:	6
I.3.2 Différents constituants de la centrale :	10
I.3.2.1 Chaudière (générateur de vapeur) :	10
I.3.2.2 La turbine :	11
I.3.2.3 Le condenseur :	13
I.3.2.4 Les pompe :	14
I.3.2.5 La bêche alimentaire :	14
I.3.2.6 Les réchauffeurs :	14
I.3.2.7 Alternateur :	14
I.3.2.8 Transformateur :	15
I.4 Les auxiliaires communs aux quatre tranches :	16
I.4.1 Système de traitement des eaux :	16
I.4.1.1 Station de dessalement de l'eau de mer :	16
I.4.1.2 Station de déminéralisation :	16
I.4.1.3 Station d'électro chloration :	16
I.4.2 Station de production d'hydrogène :	16
I.4.3 Post gaz :	16
I.4.4 Station fuel :	16
I.4.5 Evacuation d'énergie :	17
I.5 Conclusion	18

Chapitre II : production de l'énergie électrique.

II.1. Introduction	19
II.2 définition l'énergie renouvelable et fossile	19
II.3 production de l'énergie électrique	19
II.4 les centrales thermique	20
II.5 Les centrales nucléaires	22
II.6 Les centrales hydroélectrique	23

Sommaire

II.7 Les centrales éolienne	25
II.8 Les centrales solaires ou photovoltaïques.....	27
II.9 Energie de biomasse	28
II.10 Conclusion	31

Chapitre III : étude technique de l'alternateur

III .1 Introduction.....	33
III.2 Définition de l'alternateur.....	33
III.3 plaque signalétique de l'alternateur.....	33
III.4 Caractéristique technique et mécanique de l'alternateur.....	34
III.4.1 Caractéristique électrique	34
III.4.2 La caractéristique mécanique	35
III.5 Caractéristique de fonctionnement	35
III.5.1 Caractéristique de fonctionnement à vide (caractéristique interne).....	35
III.5.2 Caractéristique en charge.....	36
III.6 Nombre de pôles.....	36
III.7 Constitue de l'alternateur	36
III.7 .1 Stator.....	37
III.7.2 Rotor.....	38
III.7.3 palier de l'alternateur	39
III.7.4 Etanchéité	39
III.7.5 Réfrigérant d'hydrogène.....	39
III .7.6 Excitation de rotor	41
III.8 Facteur affectant de grosseur de l'alternateur.....	42
III.9 Synchronisation d'alternateur	43
III.10 fonctionnement de l'alternateur.....	43
III.11 Paramètre de dimensionnement.....	44
III.12 Conclusion.....	45

Chapitre VI : système de protection électrique de l'alternateur

IV.1 Introduction	46
IV.2 Les défauts.....	46
IV.3 Origine des défauts (interne, externe).....	46
VI.3.1 Les défauts d'origine interne	47
VI.3.1.1 Défaut d'isolation des conducteurs formant l'enroulement statorique	47
VI.3.2 Les défauts d'origine externe.....	49
VI .4 Durée des défaut	53
VI .5 Détection des défauts	53
VI .5.1 Détection directe	54
VI.5.2 Détection indirecte	54
VI.6 Elimination des défauts	54
VI.6.1 Défauts d'origine interne	54
VI.6.2 Défauts d'origine externe	54
VI.7 Conséquence sur les machine et le système ou processus	55
VI.8 Qualité d'un relais de protection	55
VI.9 Généralités sur le système de protection	57

Sommaire

VI.9.1 Protection externe	57
VI.9.2 Protection internes	58
VI.10 Dispositifs de protection électrique d'alternateur	58
VI.10.1 Transformateur de mesure.....	59
VI .10.1.1 Transformateur de courant	60
VI.10.1.2 Transformateur de tension	60
VI .11 Matrice du déclenchement.....	60
VI.12 le Déférent type de protection	61
VI.12.1 Protection différentielle.....	61
VI.12.1.1 Généralités et application.....	61
IV.12.1.2 Principe de détection.....	62
IV.12.1.3 Réalisation	63
a) Transformateur de courant	63
b) Relais de protection.....	63
IV.12.1.4 Action	64
VI.12.2 Protection masse stator 80%	64
VI.12.3 Protection masse stator 100%.....	65
VI.12.4 Protection contre les pertes d'excitation.....	67
VI.12.5 Protection contre la surtension.....	68
IV.12.5.1 Généralités	68
IV.12.5.2 Rôle de la protection	68
IV.12.5.3 Réalisation et principe de détection.....	68
VI.12.6 Protection masse rotor.....	69
VI.12.7 Protection contre l'asymétrie.....	73
VI.12.8 Protection contre les surcharges.....	74
VI.12.9 Protection sous -fréquence.....	76
VI.12.10 Protection contre les surtensions.....	78
VI.12.10.1Role	78
IV.12.10.2 Constitution	78
IV.12.10.3 Fonctionnement.....	79
VI.13 Conclusion.....	79
VI.14 Conclusion générale	81

Introduction générale

Les phénomènes naturels, tels que la foudre, étaient déjà observés dès l'Antiquité, mais pendant très longtemps l'électricité a terrifié les hommes qui voyaient en elle une manifestation de la colère divine ou d'un pouvoir surnaturel.

Ce n'est qu'à partir de la fin du 16^{ème} siècle qu'elle a commencée à être étudiée par les scientifiques pour en comprendre ses mécanismes et établir des lois.

Leurs travaux successifs ont permis de créer artificiellement de l'électricité en transformant diverses sources d'énergies.

Aujourd'hui, cette électricité est produite par des centrales électriques, transportée et distribuée aux consommateurs.

Comme le feu de temps des hommes préhistoriques, l'électricité a changé la vie de l'humanité, elle est devenue indispensable à tout ce qui fait notre vie quotidienne : se nourrir, se chauffer s'éclairer, se laver, soigner, communiquer, se déplacer, fabriquer ...etc.

Aujourd'hui l'énergie électrique est omniprésente dans les pays développés selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la consommation d'électricité dans le monde devrait augmenter de 75% entre 2007 et 2030.

En Algérie une grande partie de la production d'énergie électrique est fournie par des Cela s'explique par la croissance démographique et la demande sans cesse croissante de l'énergie dans l'industrie pour répondre à la demande en électricité de consommateurs de différentes natures(particulier, industriel, tertiaires, collectivités) et répartis sur l'ensemble d'un territoire, il faut utiliser des moyens de production industriels permettant de produire de l'électricité en grandes quantités, cette opération est réalisée dans des centrales électriques par la mise en rotation, grâce à la force de vent, de l'eau ou de la vapeur d'une turbine qui entraîne un alternateur.

Comme l'électricité ne se stocke pas à grande échelle, sa production est le résultat d'une combinaison des différents moyens de production complémentaires ayant chacun un rôle dans la courbe de consommation, d'où la nécessité d'ajouter la production à la consommation.

centrales thermiques.

La centrale thermique de RAS-DJINET occupe une place importante dans le réseau de production nationale de l'énergie électrique, elle fournit une puissance utiles de 704 MW, elle

est dotée de quatre(4) tranches de production d'énergie, chaque tranches contient un alternateur.

L'alternateur de chaque tranche de la centrale de Ras-Djinet joue un rôle très important dans la production de l'énergie électrique en transformant l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique.

Notre travail consiste à étudier les caractéristiques de l'alternateur et son système de protection contre les différents défauts existant.

A cet effet, notre travail est constitué de quatre chapitres qui sont comme suit :

Dans le premier chapitre nous avons abordé des généralités sur la centrale électrique de RAS-DJINET en axant sur la protection électrique de l'alternateur, dans le second chapitre on a fait une présentation sur les unités de production de l'électricité

La description et les caractéristiques de l'alternateur a été l'objet de troisième chapitre, le chapitre quatre a été consacré pour les défauts et les protections électrique qui sont appliqués à notre centrale.

En fin nous avons achevé notre travail par une conclusion générale dans laquelle nous avons met en évidence.

Chapitre I

I.1 Introduction :

Le secteur de l'énergie est l'un des domaines les plus stratégiques pour l'économie. Son rôle est énorme dans l'épanouissement d'un pays. L'Algérie, pays en voie de développement, connaît une période de modernisation et de la croissance économique durant laquelle elle entreprend de couvrir une grande partie de ses besoins énergétiques en élargissant, d'année en année, son potentiel de production de l'énergie électrique.

Une centrale thermique classique fonctionne grâce à la combustion de gaz naturel, de charbon (charbon pulvérisé) ou de fuel dans une chaudière à vapeur. La centrale thermique de RAS-DJINET est venue renforcer le parc de production de l'électricité avec une puissance de 704 MW. Elle se compose de quatre groupes monobloc du type thermique vapeur.

Dans ce chapitre, on va décrire la centrale avec ses caractéristiques et le fonctionnement du cycle eau-vapeur.

I.2 Présentation de la centrale :

I.2.1 Implantation de la centrale :

La centrale est située au bord de la mer à l'est d'Alger près de la ville de RAS-DJINET (1KM avant) dans la Wilaya de Boumerdes (30KM à l'est de Wilaya). (Figure I.1)

Le choix du site s'est fait sur la base des critères suivants : [1]

- ✓ Proximité de la mer.
- ✓ Proximité des consommateurs importants situés notamment dans la zone industrielle Rouïba -Régnai.
- ✓ Possibilité d'extension.
- ✓ Condition de sous-sol favorable ne nécessitant pas de fondation profonde.

La centrale de RAS-DJINET s'étale sur une superficie de 35 hectares.

I.2.2 Historique :

En 1986, la centrale thermique de RAS-DJINET est venue couvrir le manque de production de l'électricité avec une puissance de 176MW dans chaque groupe. [1]

Les différentes étapes de réalisation sont comme suit :

Les principaux contrats ayant été signés en 1980, les travaux de terrassement ont démarré en 1981, et les travaux de montage ont commencé en Mars 1984. [1]

- La première fourniture d'énergie électrique au réseau s'est effectuée le 17 juin 1986
- Le calendrier de réalisation des principales opérations se présente comme suit :
 - Travaux de génie civil : Juin 1981 - Mars 1985.
 - Montage mécanique : Mars 1984 - Septembre 1986.
 - Montage électrique : Mars 1984 - Septembre 1986.
- La mise en service des groupes de production d'électricité s'est déroulée comme suit :
 - Groupe 1 Décembre 1985.
 - Groupe 2 Avril 1986.
 - Groupe 3 Septembre 1986.
 - Groupe 4 Décembre 1986.



Figure (I 1): La centrale thermique de RAS-DJINET.

I.3 Principe de fonctionnement :

Avant de décrire le fonctionnement de la centrale, il sera bon de rappeler les différentes transformations énergétiques qui ont servi à la production de l'énergie électrique. (Figure I.2)

[1]

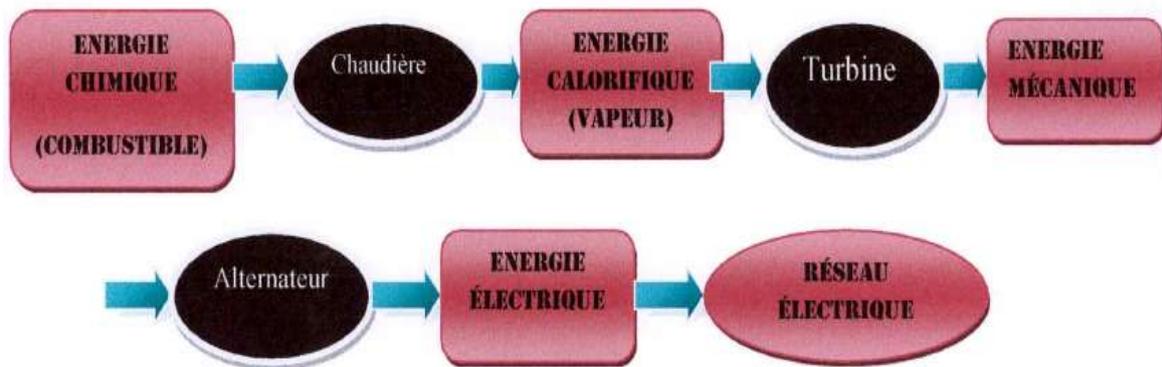


Figure (I 1) : illustration des différentes formes de transformation d'énergie.

- ✚ Chaudière : transforme l'énergie chimique du combustible en énergie calorifique donc la vapeur
- ✚ Turbine : transforme l'énergie calorifique en énergie cinétique et mécanique de rotation turbine
- ✚ Alternateur : transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

I.3.1 Fonctionnement du cycle eau-vapeur:

La vapeur ayant traversé la turbine (corps haute pression, moyenne pression et basse pression) se retrouve en fin de parcours dans le condenseur situé en dessous du corps BP, cette vapeur va se répandre sur les 15.000 tubes en titane disposés transversalement dans le condenseur à l'intérieur duquel circule l'eau de mer qui va servir de source froide pour la condensation de la vapeur. Cela produira le condensat principal qui va être récupéré dans le puits du condenseur d'où aspirent les 2 pompes d'extraction (une en service et une en standby). La pompe en service va refouler ce condensat dans le circuit basse pression (circuit d'eau d'extraction) et acheminera l'eau jusqu'à la bêche alimentaire où elle subira un dégazage physique. L'appoint condenseur sera réglé par la soupape régulatrice niveau condenseur. Lors de son passage dans le circuit d'eau d'extraction, l'eau va être graduellement réchauffée en passant à travers les réfrigérants alternateurs, le condenseur des buées, les éjecteurs de vapeur ainsi que le poste de réchauffage basse pression composé des réchauffeurs BP1, BP2, BP3. Cette eau aura alors une température d'environ 110°C.

L'eau sera ensuite admise à la bêche alimentaire à travers le dégazeur pour y subir un dégazage (élimination de l' O_2) et un autre réchauffage par mélange. L'eau dégazée et réchauffée à environ 140°C dans la bêche alimentaire va être reprise par les pompes alimentaires au nombre de trois (deux en service et une en réserve) pour alimenter la chaudière en passant par les réchauffeurs haute pression HP5 et HP6 qui élèveront sa température à 240°C avant son admission dans la chaudière.

L'eau d'alimentation passera à travers la soupape alimentaire (vanne de réglage niveau ballon chaudière) pour entrer dans la chaudière au niveau de l'économiseur qui va encore l'élever en température à environ 300°C avant son entrée dans le ballon chaudière. L'eau d'alimentation parvenue au ballon va occuper la partie inférieure et son niveau sera réglé à 50%. Cette eau va ensuite descendre par les colonnes d'alimentation pour rejoindre le collecteur inférieur qui alimentera les tubes vaporisateurs ou tubes écrans qui sont directement exposés aux flammes des huit brûleurs disposés sur une des quatre faces de foyer de la chaudière. La vapeur produite dans ces tubes (écrans/vaporisateurs) va s'élever vers le collecteur supérieur par différence de densité entre l'eau et la vapeur (la vapeur étant plus légère que l'eau). Cette chaudière est dite chaudière à circulation naturelle. La vapeur saturée sortira du collecteur supérieur des tubes écrans vaporisateur pour être acheminée vers la partie supérieure du ballon chaudière. Le ballon chaudière servira donc de réserve d'eau et de vapeur saturée pour l'alimentation des turbines en vapeur surchauffée HP. La pression de la vapeur réglée dans le ballon sera de 160 bars. Cette vapeur humide (contenant des gouttelettes d'eau) devra être séchée avant son admission dans la turbine corps HP turbine. Elle sortira donc du ballon et passera à travers les surchauffeurs N° 1, 2 et 3 pour être séchée et deviendra alors vapeur vive ou vapeur sèche. Cette vapeur sortira de la chaudière avec une pression de 160 bars et une température de 540°C. Elle se dirigera alors vers la turbine corps HP ou elle subira une détente pour en ressortir sous forme de vapeur moyenne pression à une température avoisinant celle de vapeur saturée. Pour cette raison elle sera réintroduite dans la chaudière pour passer à travers les resurchauffeurs N° 1 et 2 où elle sera resurchauffée.

La vapeur resurchauffée ressortira de la chaudière avec une pression moyenne variante entre 20 et 30 bars selon la charge du groupe (puissance active bornes alternateur en MW) à une température de 540°C et alimentera le corps MP de la turbine où elle subira une autre détente pour en ressortir avec une basse pression et température, et se dirigera directement vers le corps BP de la turbine où elle subira sa dernière détente avant de se retrouver dans le condenseur du groupe. (Figure I.3)

Il faut signaler qu'il existe des pertes (fuites d'eau et de vapeur) ce qui va se traduire par une baisse de niveau du condenseur qui doit être réglée à un niveau stable de 900mm. Ces pertes seront compensées par des appoints d'eau déminée qui se feront automatiquement à partir de la bêche tampon se trouvant à proximité du condenseur. Cette bêche sera elle-même alimentée par la station de déminéralisation.

La production d'électricité n'est qu'une résultante de différentes transformations successives de l'énergie chimique contenue dans le gaz naturel provenant des puits de Hassi-Rmel.

L'énergie chimique contenue dans le gaz naturel sera transformée en énergie thermique après la combustion du mélange air/gaz dans les 8 brûleurs de la chaudière. La chaleur engendrée par cette combustion va être cédée à l'eau qui circule dans les tubes vaporisateurs ou tubes écrans. Cette chaleur (énergie calorifique) sera véhiculée par l'eau et la vapeur jusqu'à la turbine où elle se transformera en énergie mécanique (mouvement de rotation de l'arbre tournant à 3000 tr / min) équivalant à une fréquence de 50 Hz.

Le rotor de l'alternateur va donc être entraîné par la rotation de l'arbre turbine cela produira alors une énergie électrique à la sortie des trois phases alternateur. La puissance active développée aux bornes de l'altérateur (BA) ou charge active de base sera de 176 MW. La tension de sortie alternateur est de 15,5 KV et un ampérage variant jusqu'à 9000A par phase à une fréquence de 50 Hz. L'énergie électrique fournie par l'alternateur va être évacuée à travers le disjoncteur alternateur (BBC) ou disjoncteur groupe pour ensuite aller vers le transformateur principal qui élèvera la tension de 15,5 KV à 220 KV. Après le transformateur principal TP, l'énergie fournie transitera à travers le disjoncteur ligné (poste blindé SF6) pour alimenter le réseau 220 KV au niveau des postes Alger Est et Si Mustapha.

À noter que juste avant le transformateur principal, il y a un soutirage d'une partie de l'énergie électrique produite qui va alimenter le transformateur de soutirage TS pour transformer la tension de sortie alternateur 15,5 KV en 6 KV et alimenter ainsi les auxiliaires électriques du groupe. [6]

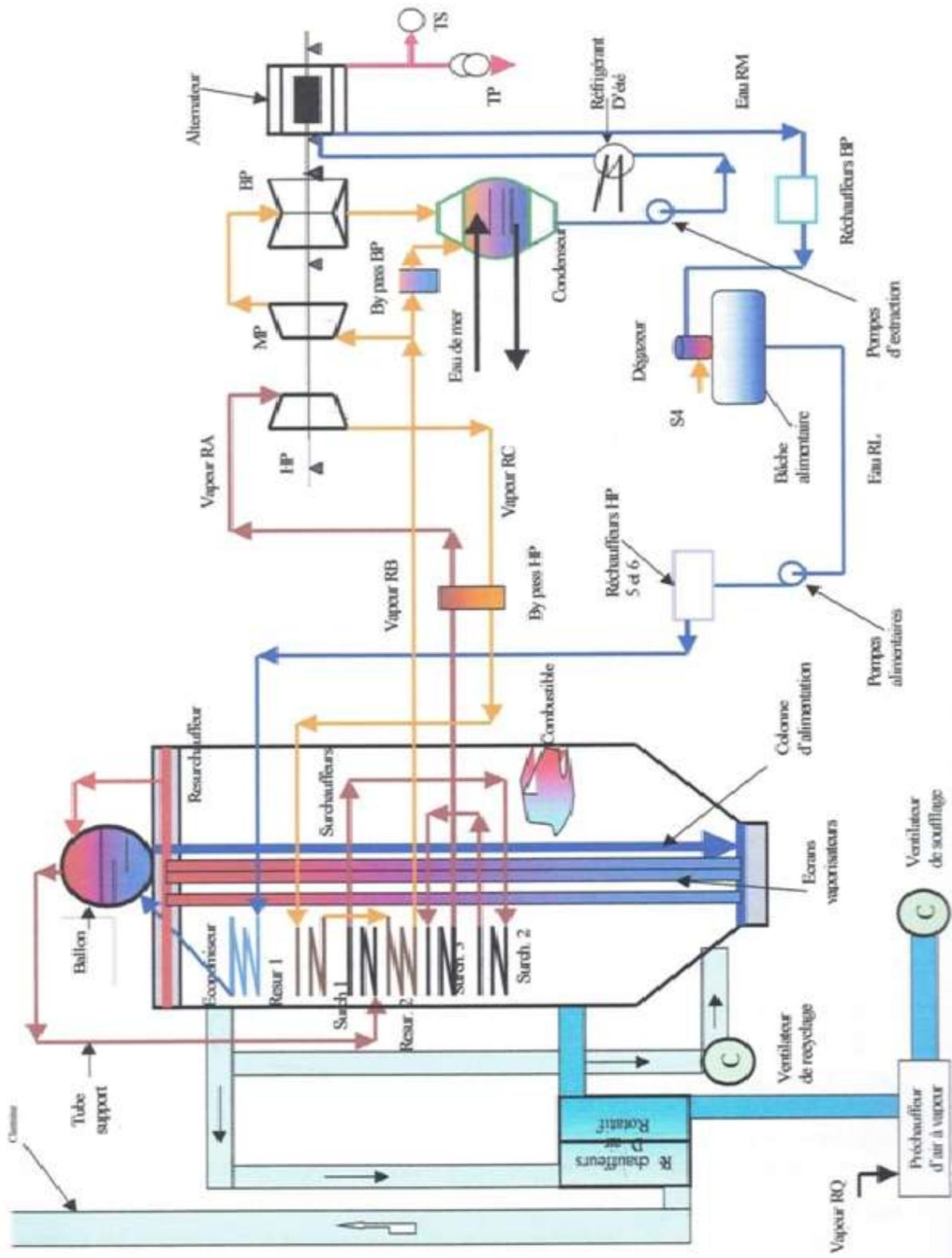


Figure (I 2): cycle eau vapeur d'une tranche thermique.

I.3.2 Différents constituants de la centrale :

La centrale thermique est constituée de différents appareils qui sont le siège de maintes applications des lois de la thermodynamique qui servent à transformer l'énergie chimique contenue dans le combustible en énergie calorifique dans la chaudière et l'énergie calorifique se transforme ensuite en énergie mécanique, cette dernière se transforme en énergie électrique au niveau de l'alternateur, tout ça se déroule au niveau d'un groupe (ou tranche thermique).[2]

- ✓ Un groupe est constitué principalement de :

I.3.2.1 Chaudière (générateur de vapeur) :

Le rôle du générateur de vapeur est de faire passer l'eau d'alimentation de l'état liquide à l'état de vapeur surchauffée à haute pression en vue d'alimenter la turbine. C'est l'un des éléments essentiels du circuit thermique, il permet d'obtenir de la vapeur, et se compose :

- Chambre de combustion formée par les tubes écrans (faisceaux vaporisateurs).
- Ballon (réservoir) et un économiseur.
- Trois surchauffeurs et deux resurchauffeurs.
- Trois désurchauffeurs par injection d'eau pour la régulation de température de vapeur (deux pour HP (corps haute pression), et un corps MP (corps moyenne pression)).
- Quatre colonnes de descentes (faisceaux vaporisateurs).
- Huit bruleurs de combustion mixtes gaz /fuel.
- Deux ventilateurs de recyclage, qui ont pour rôle de recycler en fonction de la charge, une partie des fumées issues de la combustion afin de régler la température à la sortie du resurchauffeur.
- Deux ventilateurs de soufflage, qui ont pour rôle de fournir l'air de combustion.
- Deux préchauffeurs d'air à vapeur, qui servent à l'augmentation de la température de l'air de combustion avant le réchauffeur rotatif.
- Un réchauffeur rotatif d'air de combustion, sert à réchauffer l'air de combustion par récupération de chaleur des fumées.

Ses caractéristiques principales sont :

- Capacité de vaporisation..... 530 t/h
- Pression à la sortie de surchauffeurs..... 147 bar

- Température de vapeur surchauffée 540 °C
- Température de vapeur resurchauffée..... 535 °C
- Pression sortie vapeur resurchauffée..... 35 bar
- Température de l'eau d'alimentation..... 246 °C
- Température de sortie de fumée..... 118 °C
- Température dans le foyer..... 900°C

Le premier élément traversé par l'eau d'alimentation afin d'augmenter sa température est l'économiseur, ensuite l'eau traverse le ballon chaudière et à partir des tubes écrans l'eau va se vaporiser dans la chambre de combustion, on obtient un mélange eau-vapeur qui remonte au ballon dans lequel on aura la partie inférieure qui est constituée de l'eau et la partie supérieure qui est constituée de la vapeur. Cette dernière passe dans le surchauffeur pour augmenter encore la température.

I.3.2.2 La turbine :

C'est une machine à une ligne d'arbres, composée de corps HP (haute pression), MP (moyenne pression), et BP (basse pression), sert à convertir d'une énergie d'un courant de vapeur en énergie mécanique, plus généralement, c'est un organe permettant la détente de vapeur en recueillant son énergie sous forme mécanique (Figure I.4). [1]

Ses caractéristiques sont :

- Longueur..... 16.25 m
- Largeur..... 13 m
- Poids..... 50010 kg
- Vitesse..... 3000 tr/min
- Puissance..... 200MW
- Pression..... 138 bars
- Température de vapeur... 540 °C

	Corps HP	Corps MP	Corps BP
Pression d'admission	138 bars	35 bars	5.5 bars
Débit de vapeur	532 t/h	407.9 t/h	406 t/h
Température de vapeur	535 °C	535 °C	282°C
Nombre d'étage à réaction	23 étages	2x20 étages	2x8 étages
Nombre d'étage à action	1 étage	Aucun étage	Aucun étage
	Simple flux à double enveloppe	Double flux à double enveloppe	Simple flux à double enveloppe

Tableau (I 1): Caractéristiques des différents corps de la turbine.

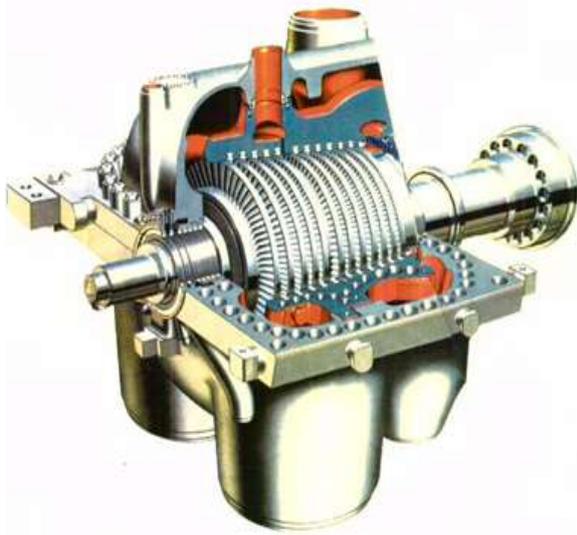


Figure (I. 4) : corps HP.

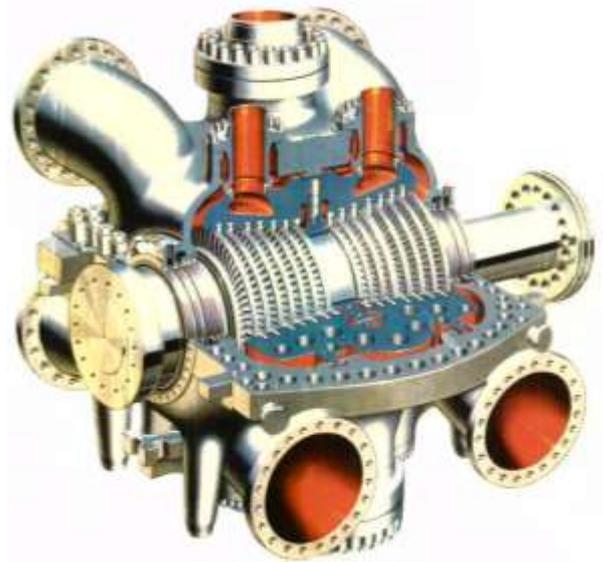


Figure (I. 3) : corps MP.



Figure (I. 5) : corps BP.

I.3.2.3 Le condenseur :

Le condenseur est placé sous le corps BP de la turbine, c'est un échangeur de chaleur du types fluides séparés et à faisceaux tubulaires. Il a pour principale fonction [2] :

- d'assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuée de corps BP de la turbine par la circulation de l'eau de mer de refroidissement dans les 14850 tubes en titane contenu dans le condenseur.
- D'augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendue en établissant une dépression atmosphérique afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.
- De dégazer le condensat et d'évacuer les incondensables (en majorité de l'air)
- Reçoit également le condensat des réchauffeurs BP
- Muni de différentes purges de la vapeur de contournement (by-pass BP)

Ses caractéristiques sont [2] :

- Débit d'eau vapeur..... 98.25 kg/s
- Débit d'eau de refroidissement..... 6500 kg/s
- Pression de condenseur..... 0.05 bar
- Capacité de puits entrée/sortie : eau de mer 6-8 °C

I.3.2.4 Les pompe :

- Deux pompes d'extraction assurent le transfert de l'eau du puits du condenseur jusqu'à la bache alimentaire en passant par les trois réchauffeurs BP (débit nominal d'une pompe 414 m³/h). [2]
- Trois pompes d'alimentation : servent à alimenter la chaudière à partir de la bache alimentaire (débit d'une pompe 261.6 m³/h). [2]

I.3.2.5 La bache alimentaire :

Elle constitue la réserve d'eau en charge au cours de l'aspiration des pompes, son rôle est d'assurer le dégazage du condensat. [2]

Ses caractéristiques sont :

- Pression..... 5 bars
- Température..... 150 °C
- Longueur..... 16.5 m
- Diamètre de l'enveloppe..... 3.6 m
- Volume total 163 m³

I.3.2.6 Les réchauffeurs :

- Les trois réchauffeurs basse pression BP:

Ce sont des échangeurs de chaleur par surface. Leur rôle est d'augmenter la température progressivement des condensats lors de son transfert dans la bache alimentaire, ils sont alimentés par les soutirages S1, S2, S3 du corps basse pression de la turbine. [2]

- Les deux réchauffeurs haute pression HP:

Ce sont des échangeurs de chaleur, leur rôle est d'augmenter la température de l'eau lors de son transfert vers la chaudière, ils sont alimentés par les soutirages S5, S6 du corps haute pression de la turbine. [2]

I.3.2.7 Alternateur :

L'énergie disponible à l'arbre de la turbine, est communiquée à l'alternateur qui réalise la transformation sous forme d'énergie électrique. C'est une machine triphasée qui fonctionne selon la loi de l'induction électromagnétique. [2]

Il est refroidi par l'hydrogène circulant en circuit fermé qui présente des avantages par rapport à l'air. Parmi ces avantages la faible densité et une grande conductibilité thermique ce qui permet de réduire les pertes de chaleur lors de la ventilation, ainsi que la chaleur dégagée par l'alternateur et récupérée par l'eau d'extraction.

Le groupe d'excitation de l'alternateur à redresseurs tournants comprend les principaux éléments suivants: excitatrice pilote triphasée, excitatrice principale triphasée et les roues à diodes.

L'excitatrice pilote triphasée est un alternateur à pôle internes à aimants permanents tournants, le courant triphasé produit dans le stator excite le champs de l'excitatrice principale à pôles extérieurs par l'intermédiaire d'un ensemble régulateur redresseur fixe. le courant triphasé induit dans le stator de l'excitatrice principale est ensuite transformé en courant continu dans un pont de diodes tournantes puis envoyé à l'inducteur de l'alternateur principal par l'intermédiaire de la connexion logée dans l'arbre du rotor.

Les caractéristiques de l'alternateur sont :

- La puissance maximale produite est de..... 176 MW
- La tension..... 15.5 KV
- La fréquence..... 50 HZ
- L'intensité de courant..... 8195 A

I.3.2.8 Transformateur :

Un examen approfondi des transformateurs de la centrale RAS-DJINET montre que leurs circuits magnétiques sont constitués des tôles minces en acier empilées et isolées entre elles. Les bobines sont constituées par du fil rond isolé et séparées par des isolants. Lors du fonctionnement normal d'un transformateur, des pertes par effet joule et par courant de Foucault sont toujours constatées, elles tendent à élever la température. Afin de maintenir cette dernière en dessous d'une valeur critique, un système de refroidissement est associé à chaque transformateur. [2]

- Tension d'entrée15.5 KV
- Tension de sortie.....256 KV.

I.4 Les auxiliaires communs aux quatre tranches :

I.4.1 Système de traitement des eaux :

I.4.1.1 Station de dessalement de l'eau de mer :

A pour rôle la production de l'eau dessalée à partir de l'eau de mer pour alimenter la chaudière. La centrale a quatre unités de dessalement de 500 m³/J chacune, assurent la production d'eau pour les appoints au cycle thermique (conductibilité < 30 µ siemens / cm). [1]

I.4.1.2 Station de déminéralisation :

Elle parachève le traitement d'eau avant son utilisation dans le cycle eau-vapeur.

Deux chaînes de déminéralisation de 40 m³/h chacune, parachèvent le traitement de l'eau de mer avant son utilisation dans le cycle (conductibilité < 0,1 µ siemens/cm). [1]

I.4.1.3 Station d'électro chloration :

La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau contre tout encrassement. La chloration de l'eau de mer permet de préserver les équipements traversés par l'eau de mer contre la prolifération d'organismes marins. Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium qui est produite par une station d'électro chloration (par électrolyse de l'eau de mer d'une capacité de 150 Kg/h de chlore actif). [1]

I.4.2 Station de production d'hydrogène :

L'électrolyseur bipolaire sert à la production d'hydrogène et d'oxygène de grande pureté, l'hydrogène produit sert au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale. Sous une pression de 3 bars, en circuit fermé l'hydrogène ayant lui-même refroidi par l'eau d'extraction. [1]

I.4.3 Post gaz :

Le combustible principal utilisé est le gaz naturel qui est acheminé de HASSI R'MEL à 60 bars et se détend au niveau des brûleurs à 6 bars. [1]

I.4.4 Station fuel :

La centrale de RAS-DJINET, utilise comme combustible de secours le fuel léger, car le fuel coûte plus cher est nécessite une installation complexe. Le fuel domestique stocké dans deux réservoirs de 10000 m³ chacun. [1]

I.4.5 Evacuation d'énergie :

L'énergie électrique produite est évacuée par l'intermédiaire de ligne de 225 KV, sur le poste Alger- est. [1]

I.5 Conclusion :

L'étude d'une tranche de production dans la centrale thermique de RAS-DJINET nous a permis de mieux comprendre les étapes et les transformations nécessaires pour la production de l'électricité, en mettant en évidence le rôle des divers organes qui participent à ces transformations (chaudière, condenseur, turbine), ainsi que l'importance des auxiliaires intervenant dans un cycle de production ,en particulier la station de dessalement qui assure l'approvisionnement en eau au niveau de condenseur via la station de déminéralisation.

le prochain chapitre sera consacré essentiellement à l'étude de cette station de dessalement d'eau de mer avec ses organes de commande et d'instrumentation.

Chapitre II

II.1 Introduction :

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement [1].

Il est nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'énergie, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire de l'énergie en grande quantité. L'électricité peut être produite à partir de différentes sources de l'énergie, il existe l'énergie thermique fossile à flamme obtenue grâce au fioul, charbonne ou gaz naturel et les énergies renouvelables hydrauliques, photovoltaïques, à énergie éolienne et à énergie biomasse (L'énergie obtenue à partir de ses composants ou ses déchets traités dans les décharges ou les stations d'épuration).

II.2 Définition l'énergie renouvelables et l'énergie fossile:

✚ Les énergies renouvelables :

Ce sont des sources d'énergie inépuisables. La première d'entre elles est le rayonnement solaire et les autres en découlent plus ou moins directement (vents, cycle de l'eau et courants marins, fabrication de biomasse, etc.). [7]

✚ Les énergies fossiles :

Les énergies fossiles sont produites à partir de la transformation de matières organiques fossilisées : pétrole, gaz, charbon. Ces matières mettent des millions d'années à se constituer et sont présentes en quantités limitées sur Terre. On parle aussi d'hydrocarbures. Leur combustion dégage du dioxyde de carbone (CO₂) qui est le principal gaz à effet de serre, responsable du changement climatique.

II.3 production de l'énergie électrique :

Une centrale (de production d'énergie) électrique est un site industriel destiné à la production d'électricité. Les centrales électriques transforment différentes sources d'énergie naturelles en Énergie électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs, particuliers

ou industriels Relativement lointains. Le réseau électrique permet de transporter puis de distribuer l'électricité Jusqu'aux consommateurs.

- ❖ Il existe cinq principaux types de centrales électriques :
 - Les centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) dites centrales thermiques classiques :
 - Les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifier de thermiques
 - Les centrales hydroélectriques
 - Les centrales solaires ou photovoltaïques
 - Les centrales éoliennes
 - Centrales électrique a combustion biomasse solide ...ect)

✚ Les éléments indispensables à la production de courant électrique sont :

Un alternateur c'est-à-dire un aimant entraîné par la turbine et entouré d'une bobine qui produit le courant électrique. [9]

II.4 Les centrales thermiques :

Les centrales thermiques produisent l'électricité à partir de la chaleur qui se dégage de la combustion du charbon, du mazout ou du gaz naturel. On la trouve souvent près d'une rivière ou d'un lac, car d'énormes quantités d'eau sont requises.

Pour refroidir et condenser la vapeur sortant des turbines. La combustion dégage une grande quantité de chaleur utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière (ou générateur de vapeur).

On dispose alors de vapeur d'eau sous pression. Cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative Sinusoïdale. A la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis Renvoyée dans la chaudière figure (II.1).

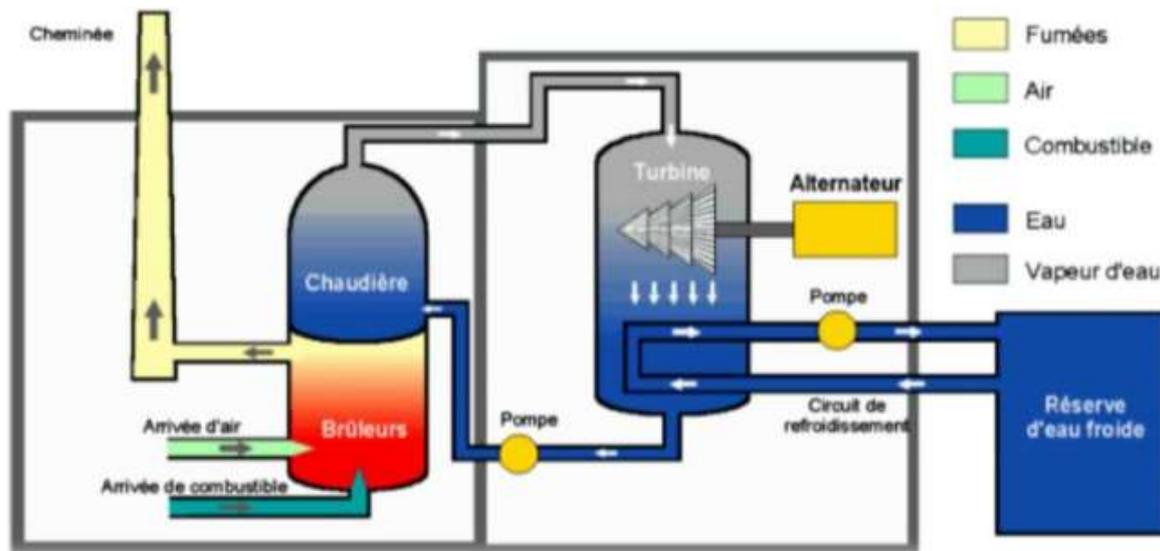


Figure (II .1) : Centrale thermique à flamme

Avantage :

- ✚ Cette énergie est rentable à la production.
- ✚ Elle a un prix modeste sur le marché mondial.
- ✚ Souplesse d'utilisation et disponibilité élevée
- ✚ Facilité d'exploitation
- ✚ Facilité de transport (pétrole)
- ✚ Possibilité de développer la cogénération
- ✚ Compétitivité

Inconvénients :

- ✚ Prix fluctuants
- ✚ Géostratégie des ressources
- ✚ Impacts sur l'environnement (Gaz à effet de serre, marée noire, etc.)
- ✚ Il faut un plan d'eau à proximité.
- ✚ Les usines possédant un circuit de refroidissement à circuit ouvert, peuvent avoir des problèmes écologiques dus au réchauffement des rivières

II.5 Les centrales nucléaires :

Ces centrales utilisent également des cycles de conversion thermodynamique, néanmoins leur "chaudière" est un réacteur nucléaire. L'énergie nucléaire obtenue à la suite de réactions de Fission de l'uranium et du plutonium est la source de chaleur utilisée. Elles produisent environ 15% de l'électricité mondiale. Les centrales nucléaires produisent des déchets radioactifs et Présentent un risque d'accident. Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique, Sauf que la chaudière brûlant le combustible fossile est remplacé par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission figure (II.2). [8]

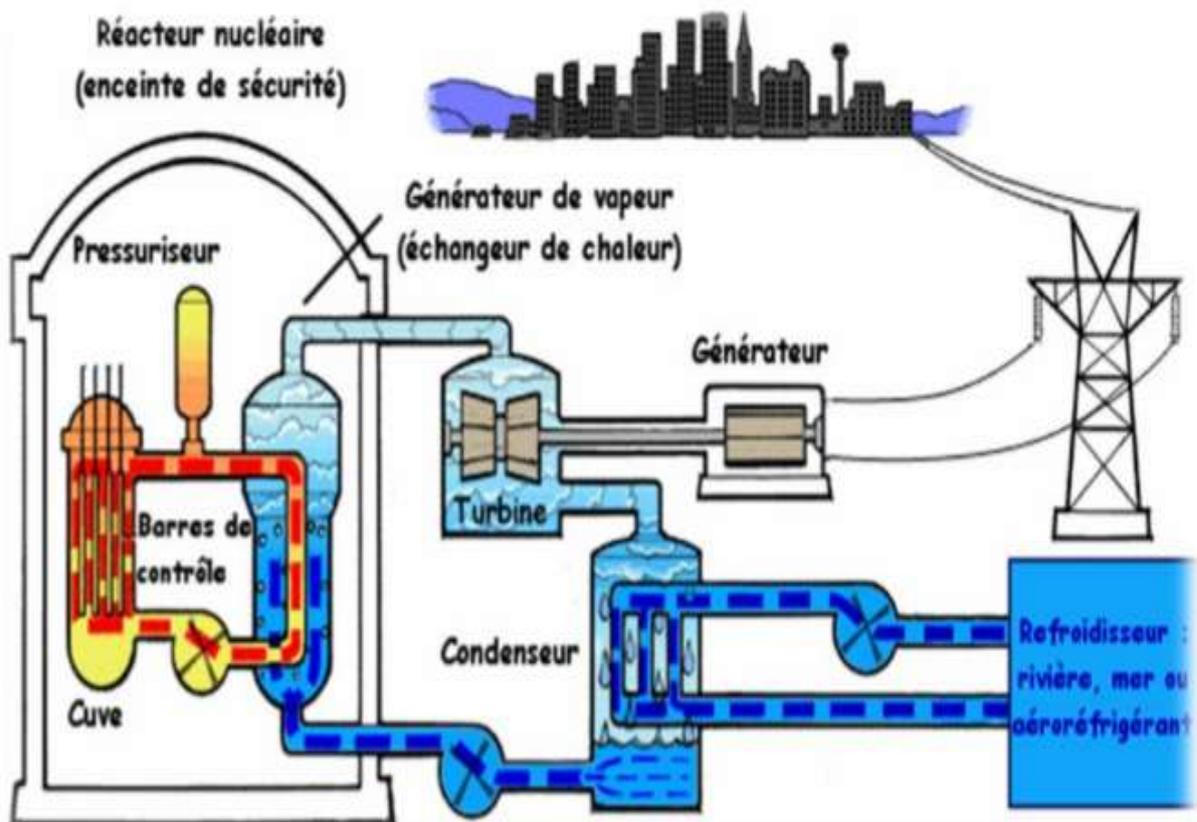


Figure (II.2) : centrale nucléaire

Avantage :

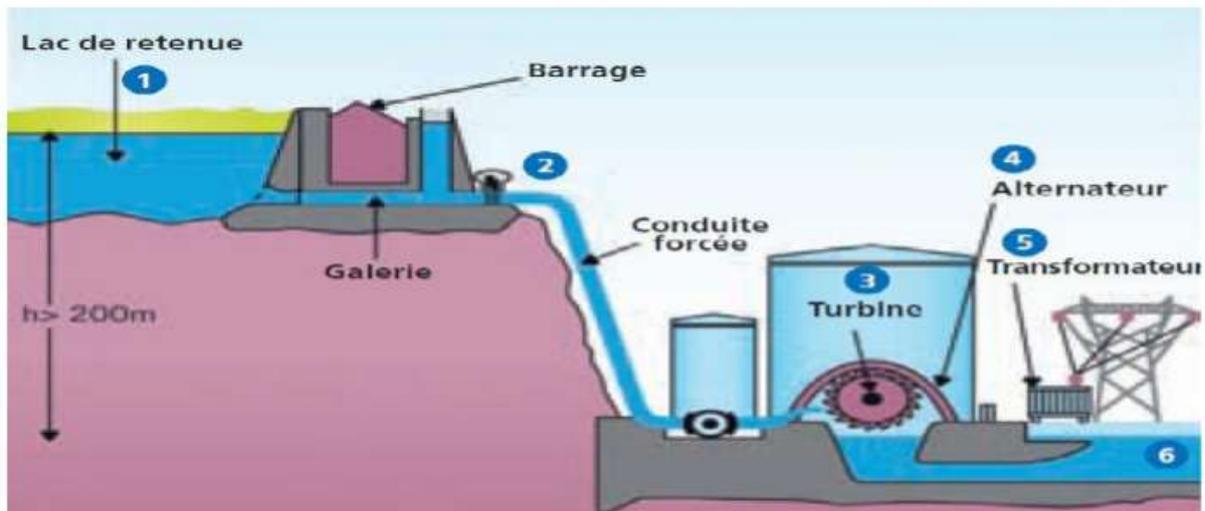
- + Adapté à la production de masse
- + Disponibilité élevée
- + Stabilité des coûts
- + Réserves d'uranium importantes
- + Faibles émissions de CO₂ en exploitation
- + L'énergie nucléaire peut être utilisée dans le domaine spatial.
- + Elle ne nécessite pas d'oxygène, ce qui est un atout pour l'homme

Inconvénients :

- + Lourds investissements
- + Risque industriel
- + Nécessite un niveau de technologie élevé
- + Acceptation du public
- + Chaque année les tranches nucléaires produisent des tonnes de déchets.
- + Le stockage des déchets qui augmente le niveau de pollution.
- + Le risque d'accident (26 avril 1986 à l'usine de Tchernobyl).

II.6 Les centrales hydroélectriques :

Les centrales hydroélectriques convertissent l'énergie de l'eau en mouvement en énergie électrique. L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique. Cette turbine entraîne un alternateur dans le lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique figure (II.3).



Figure(II.3) : centrale hydroélectrique

- On distingue différents types de centrales hydroélectriques suivant la hauteur de chute:
 - ✚ Les centrales de haute chute, ils utilisent des turbines de type Peloton.
 - ✚ Les centrales de moyenne chute, ils utilisent des turbines de type Francis.
 - ✚ Les centrales de basse chute, ils utilisent des turbines de type Kaplan.

Avantage :

- ✚ Faible coût du KWh pour le gros hydraulique
- ✚ Souplesse d'utilisation
- ✚ Possibilité de « stocker » de l'électricité pour le turbinage
- ✚ L'hydraulique est une énergie renouvelable mise en valeur mais pourtant rarement

Comptabilisée, elle fournit 13% de la production et contribue également à l'écrêtement

Des crues.

Inconvénients :

- ✚ Contrainte géographique
- ✚ Aléas climatiques (sécheresse)
- ✚ Nécessité de concilier les différents usages de l'eau
- ✚ Impacts sur l'environnement à la construction
- ✚ L'inondation de certains reliefs lors de la construction de barrages

II.7 Les centrales éoliennes :

L'énergie éolienne qui doit son nom au dieu grecque responsable des vents nommé Eole, est produite par la force exercée par le vent sur les pales d'une hélice. Il est possible ainsi de produire deux sortes d'énergies. Premièrement, l'hélice peut se relier à des systèmes mécaniques servant à moudre le grain ou à pomper l'eau (il s'agit du principe des moulins à vent). Il est aussi possible de rattacher l'hélice à un générateur transformant l'énergie mécanique en énergie électrique. La quantité d'énergie produite dépend en premier lieu de la vitesse du vent élevé au carré, puis de la surface balayée par les pales et de la densité de l'air.

Une masse du vent animée d'un mouvement rectiligne renferme un énergie sous forme cinétique. On l'exprime par la relation bien connue :

$E_c = \frac{1}{2} M V^2$ où M est la masse du vent et V sa vitesse.

Or la masse instantanée du vent qui traverse la surface balayée par les pales d'une éolienne vaut : $M = A \rho V$ où A est la surface balayée par les pales, ρ la densité de l'air et V sa vitesse.

La puissance théorique qu'une éolienne pourrait retirer de l'action du vent est donc : P_{Rmax}

$$R = \frac{1}{2} A \rho V^3$$

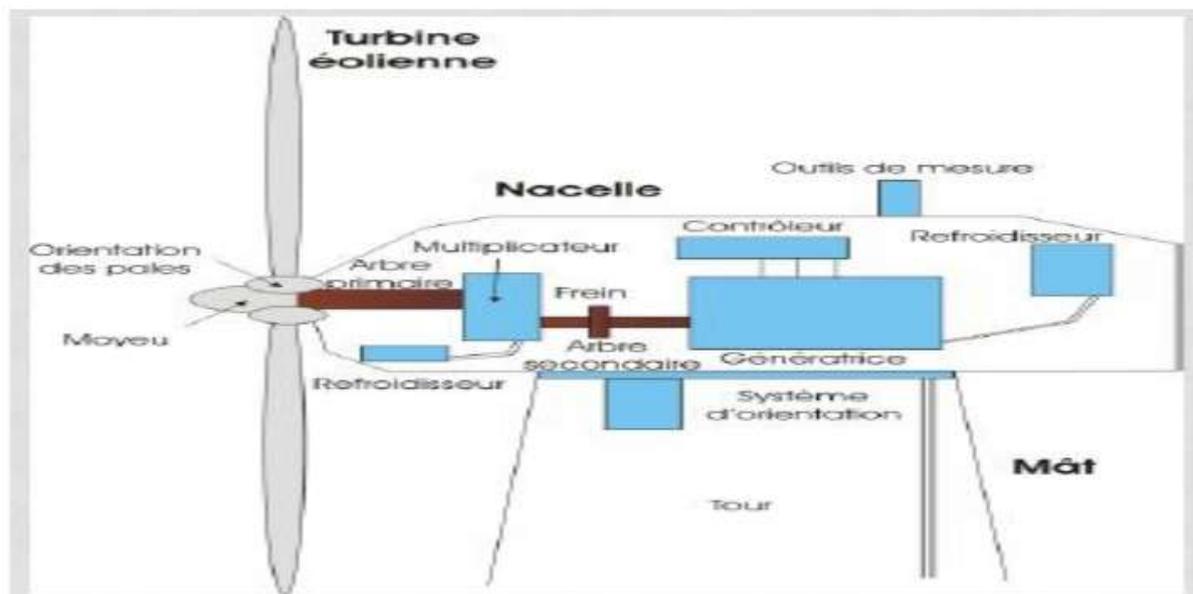
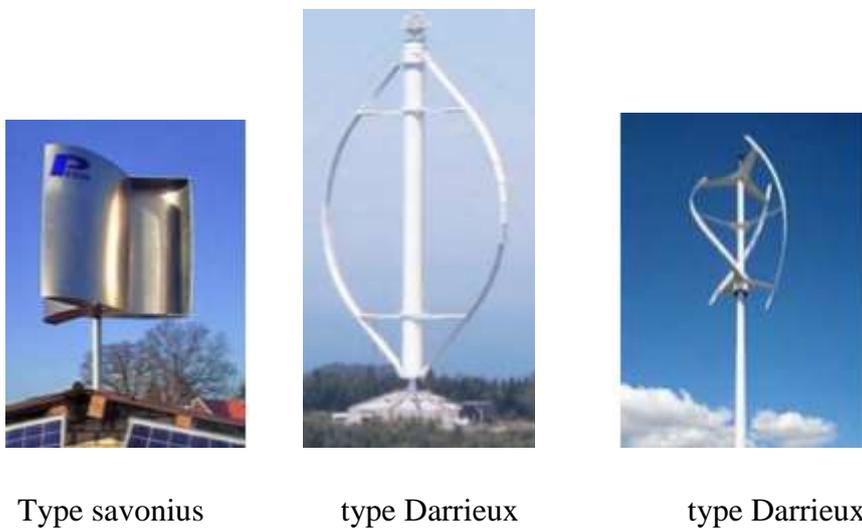


Figure (II.4) : photo d'une centrale éolienne

❖ Fonctionnement d'une éolienne :

L'éolienne, appelée aussi aérogénérateur, permet une transformation de l'énergie cinétique produite par le vent en énergie mécanique de rotation dans le but de produire de l'électricité.

Il existe deux types d'éoliennes : certaines ont un axe horizontal, parallèle au sol, et d'autres avec un axe vertical, perpendiculaire au sol. L'éolienne à axe horizontal est munie de pales (généralement deux ou trois) qui tournent dans un plan vertical. Ainsi l'éolienne doit s'orienter face au vent pour une bonne efficacité. Les pales des éoliennes à axe vertical tournent quant à elles dans un plan horizontal et prennent alors le vent plus facilement



Figure(II.5) : éolienne à axe vertical



Figure(II.6) : éolienne à axe horizontal

Avantage :

✚ L'énergie éolienne est propre et peut être associée à des panneaux de photopiles et à une batterie d'accumulateur afin d'optimiser une fourniture d'électricité.

Inconvénients :

✚ L'exploitation de l'énergie éolienne est non polluante par elle-même mais les aérogénérateurs engendrent une pollution acoustique due à la notation des pâles qui engendrent une dégradation du paysage.

- ✚ Faible disponibilité (20 à 30%)
- ✚ Difficultés de raccordement au réseau
- ✚ Surface au sol
- ✚ Acceptation du public.

II.8 Les centrales solaires ou photovoltaïques :

Ces centrales produisent de l'électricité avec l'énergie solaire en utilisant les rayonnements lumineux du soleil, qui est directement transformés en un courant électrique par des cellules à base de silicium ou autre matériau ayant des propriétés de conversion lumière/électricité.

Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux. [10]



Figure (II.7) : photo d'une centrale solaire

Avantage :

✚ L'énergie éolienne est propre et peut être associée à des panneaux de photopiles et à une batterie d'accumulateur afin d'optimiser une fourniture d'électricité.

Inconvénients :

✚ L'exploitation de l'énergie éolienne est non polluante par elle-même mais les aérogénérateurs engendrent une pollution acoustique due à la rotation des pâles qui engendrent une dégradation du paysage.

- ✚ Faible disponibilité (20 à 30%)
- ✚ Difficultés de raccordement au réseau
- ✚ Surface au sol
- ✚ Acceptation du public.

II.9 Energie de biomasse :

Le terme biomasse comprend une grande diversité de matières organiques, d'origine végétale ou animale, parfois insoupçonnées. La plupart sont en fin de vie et peuvent être transformées pour produire de l'électricité, de la chaleur ou du carburant. Il s'agit d'un gisement d'énergie local, renouvelable et propre. Une exploitation durable et équilibrée des gisements de biomasse (tout en préservant la durabilité des ressources) contribue considérablement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et au développement pérenne d'une économie locale.



Figure (II.8) : biomasse

Avantage :

- ✚ Usage de ressources renouvelables avec approvisionnement principalement local
- ✚ Emissions de gaz à effet de serre limitées pour la production d'électricité (bilan carbone neutre de la biomasse énergie)
- ✚ Synergies locales possibles (valorisation des résidus de biomasse sur site papetier, etc.)
- ✚ Conversion de central charbon à la biomasse possible
- ✚ Coûts d'investissement de la biomasse forestière relativement faibles et stables.
- ✚ Source d'énergie continue, contrairement à l'éolien ou au solaire photovoltaïque.

Inconvénients :

- ✚ Contraintes d'approvisionnement en biomasse (gestion des parties prenantes, sécurisation sur de longues périodes)
- ✚ Qualité variable du combustible (taux d'humidité, etc.)
- ✚ Traitement des fumées spécifique (poussières...)
- ✚ Besoin d'un débouché chaleur pour la cogénération
- ✚ Gestion des cendres
- ✚ Densité énergétique moindre que celle des combustibles fossiles.

❖ centrales électrique a combustion biomasse solide :

Les centrales à biomasse solide mettent en œuvre une combustion directe de biomasse au sein d'une chaudière, afin de produire de la vapeur à haute température et à haute pression. Cette vapeur entraîne une turbine qui génère de l'électricité via un alternateur. Une grande majorité des centrales à biomasse produisant de l'électricité fonctionnent en cogénération, en valorisant l'énergie thermique contenue dans la vapeur en sortie de turbine. L'utilisation d'un fluide de travail organique, alternative aux cycles vapeur, peut-être plus adaptée dans certains cas d'application (température de vaporisation plus basse, etc.). La biomasse solide regroupe .1le bois, les déchets de bois, les granulés et autres déchets végétaux et animaux (graisses). Les centrales de taille industrielle privilégient les plaquettes ou les granulés de bois comme combustible qui facilitent le stockage et les opérations de manipulations. La reconversion de centrales thermiques à flamme conventionnelles à charbon en centrales biomasse est une option connaissant un intérêt croissant. [9]

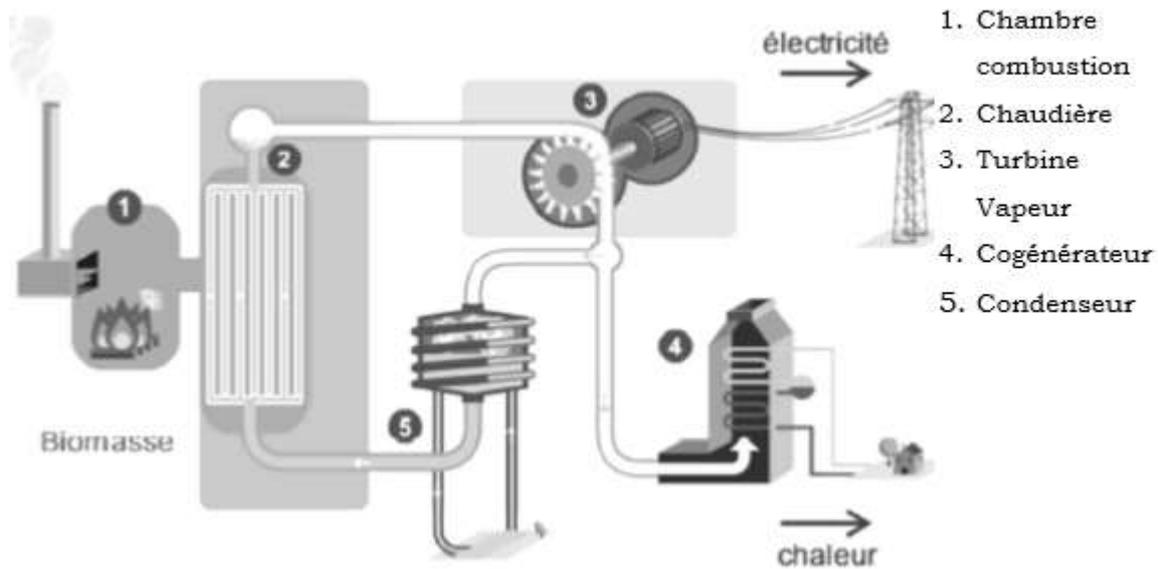


Figure (II 9) : éléments principaux d'une centrale à biomasse

Avantage :

- ✚ Usage de ressources renouvelables avec approvisionnement principalement local
- ✚ Emissions de gaz à effet de serre limitées pour la production d'électricité (bilan carbone neutre de la biomasse énergie)
- ✚ Synergies locales possibles (valorisation des résidus de biomasse sur site papetier, etc.)
- ✚ Conversion de central charbon à la biomasse possible
- ✚ Coûts d'investissement de la biomasse forestière relativement faibles et stables.
- ✚ Source d'énergie continue, contrairement à l'éolien ou au solaire photovoltaïque.

Inconvénients :

- ✚ Contraintes d'approvisionnement en biomasse (gestion des parties prenantes, sécurisation sur de longues périodes)
- ✚ Qualité variable du combustible (taux d'humidité, etc.)
- ✚ Traitement des fumées spécifique (poussières...)
- ✚ Besoin d'un débouché chaleur pour la cogénération
- ✚ Gestion des cendres
- ✚ Densité énergétique moindre que celle des combustibles fossiles.

II.10 Conclusion :

Ce chapitre s'est consacré à la présentation des énergies renouvelables et non renouvelables avec une explication brève de leur notion de production d'électricité dans les différentes centrale.

Chapitre III

III.1 Introduction

Chaque tranche de production de l'énergie électrique dans la centrale thermique de Ras-Djinet est équipée d'un alternateur Siemens qui produit de l'énergie électrique sous une tension de 15,5 kV. Dans ce chapitre, nous présentons les constituants de cette machine ainsi que les différentes étapes de sa fabrication. [1]

III.2 Définition de l'alternateur:

L'alternateur est en générale la source primaire de toute énergie électrique que nous consommons. Cette machine électrique constitue les plus gros convertisseurs d'énergie au monde. Elle transforme l'énergie mécanique fournie par la turbine en énergie électrique avec une grande puissance.

Notre alternateur est triphasé, car le stator de ce dernier porte trois enroulements. Lorsque le rotor tourne à une vitesse constante, les tensions induites dans les trois enroulements ont une même valeur efficace déphasées de 120° .



Figure (III. 1) : Alternateur

III.3 Plaque signalétique de l'alternateur :

- ✚ Type de l'alternateur : HDTGO 215 / 2- 470
- ✚ Numéro de fabrication : 1.635 202 /205 /208 / 211

✚ Numéro d'ordre : 20,8080 100 /1-BE-N / 43084-95

✚ Année de construction : 1984 /1985

III.4 Les caractéristiques techniques de l'alternateur :

III.4.1 Les caractéristiques électriques

Ces caractéristiques portent les indications techniques suivantes : la tension et le courant nominal, la puissance active et apparente, la vitesse de rotation, le facteur de puissance, le nombre de pôles et de phases de l'alternateur :

✚ Tension nominale = 15,5 kV.

✚ Puissance apparente = 220 MVA.

✚ Puissance active = 176 MW.

✚ Courant nominal = 8,195 kA.

✚ Facteur de puissance = 0,8.

✚ Fréquence = 50 Hz.

✚ Vitesse de rotation = 3000 tr/mn.

✚ Nombre de pair de pôles : $2P = 1$ (bipolaire).

✚ Montage : étoile.

✚ Nombre de phase = 3

Sur le contenu de ces données, il est bon d'apporter les précisions suivantes :
L'intensité indiquée par la caractéristique technique est le courant nominal par phase : c'est le courant le plus intense que peut supporter la machine sans échauffement.

✚ La tension indiquée dans les indications techniques de l'alternateur est la tension entre fils de ligne (tension entre bornes).

✚ Alternateur triphasé (nombre de phase) [1]

Comme on l'a indiqué dans les caractéristiques techniques, l'alternateur triphasé est toujours branché en étoile. Voir figure [III.2]. [2]

Alternateur triphasé roue des diodes excitation principale excitation pilote

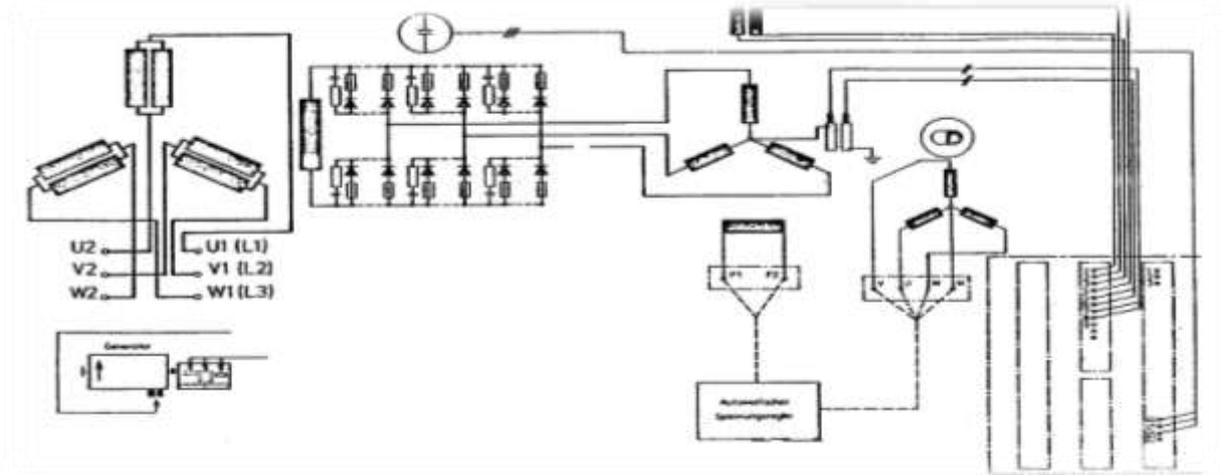


Figure (III.2) : Alternateur triphasé branché en étoile.

III.4.2 Les caractéristiques mécaniques :

- ✚ Poids du stator = 198 000 kg.
- ✚ Poids du rotor = 35 000 kg.
- ✚ Volume de l'alternateur = 62 m³.

III.5 Caractéristiques de fonctionnement à vide et de fonctionnement :

III.5.1 Caractéristique à vide (caractéristique interne) :

On appelle caractéristique à vide d'un alternateur la courbe représentant la f.é.m. efficace à vide aux bornes d'un enroulement en fonction du courant d'excitation l'alternateur étant entraîné sa vitesse normale. $U_1 = F(I_2)$ à une vitesse constante.

Avec :

U_1 = Force électromotrice de l'alternateur.

I_2 = Courant d'excitation.

III.5.2 Caractéristique de court-circuit :

La caractéristique de court-circuit est une droite qui passe par l'origine, l'alternateur n'ayant pratiquement pas de flux pendant l'essai en court-circuit, la F.m.m tournante résultante est négligeable devant les F.m.m de la roue polaire et d'induit ceci permet de conclure la linéarité de la courbe $I_1 = I_2$.

Cette caractéristique est indépendante de la vitesse de rotation sauf pour les très faibles vitesses.

III.5.3 Caractéristique en charge :

Le comportement de l'alternateur dépend de la nature de la charge qu'il alimente. On distingue quatre sortes de charges :

- 1- Charge résistive.
- 2- Charge inductive.
- 3- Charge capacitive.
- 4- Réseau infini.

III.6 Nombre de pôles :

Le nombre de pôles d'un alternateur est imposé par la vitesse du rotor et la fréquence du courant à produire. Ainsi considérons un conducteur de l'induit devant lequel se déplace les pôles Nord et Sud du rotor. Si la tension induite dans ce conducteur prend une série de valeurs positives pendant le passage d'un pôle Nord, elle prendra une série de valeurs égales, mais négatives, pendant le passage d'un pôle Sud. Chaque fois qu'une paire de pôle se déplace devant un conducteur, la tension induite décrit donc un cycle complet.

Dans notre cas, l'alternateur est bipolaire ($2P = 2$). [2]

On en déduit que la fréquence est donnée par l'équation suivante :

$$f = P.n/120$$

F : la fréquence de la tension induite [Hz].

n : vitesse de rotation du rotor.

p : nombre de pôles du rotor.

III.7 Constitution de l'alternateur :

L'alternateur comprend les principaux éléments suivants :

- 1- Stator
- 2- Rotor
- 3- Palier
- 4- Etanchéité
- 5 – Réfrigérant

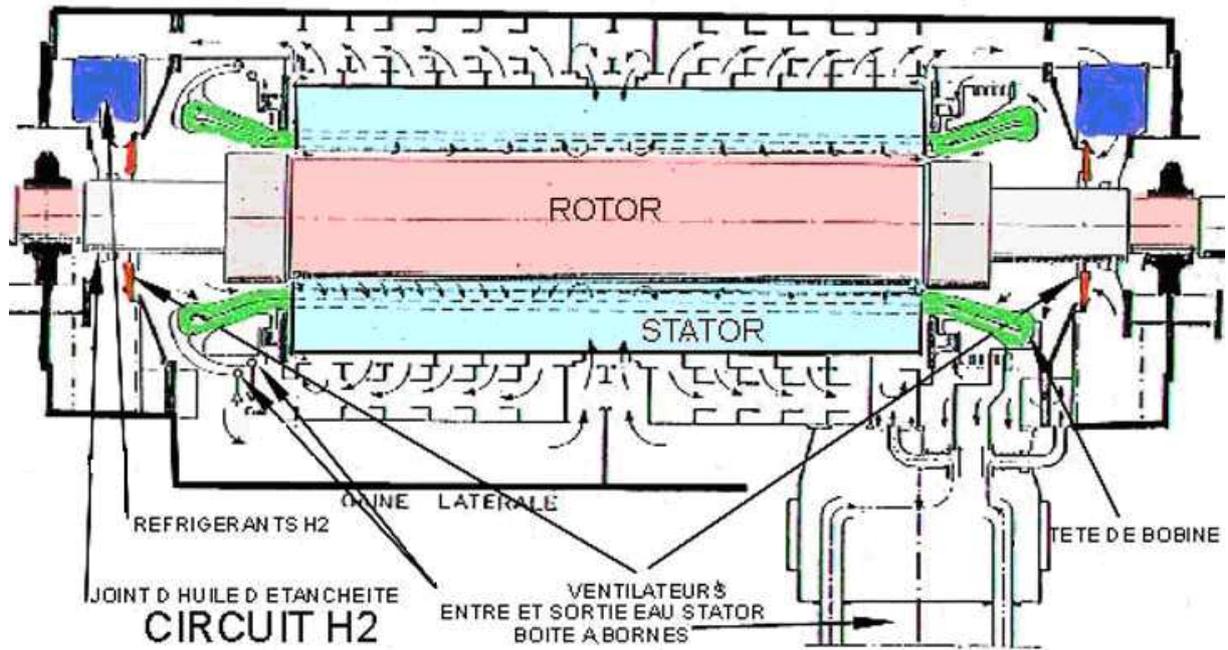


Figure (III.3) : Schéma simplifié d'un alternateur

III.7.1 Stator :

Le stator est l'induit de l'alternateur (la partie fixe). Du point de vue électrique le stator de l'alternateur est identique à celui d'un moteur asynchrone triphasé. Pour des raisons de fabrication, de montage et de transport, le stator se compose des Principales parties suivantes :

- 1-Enveloppe du stator.
- 2-Paliers flasques.
- 3- Circuit magnétique.
- 4-Enroulement du stator.



Figure (III.4) : stator alternateur de Ras-djenet

III.7.2. Rotor :

Le rotor est l'inducteur de l'alternateur (c'est la partie tournante). Il porte une paire de pôle alterné Nord et Sud entraîné par la source d'énergie mécanique (turbine).

Ce rotor à des pôles lisses, car la turbine à vapeur tourne à une grande vitesse (3 000 tr/min sur le réseau de 50 Hz). Il a une forme cylindrique, car les pôles sont formés en plaçant des bobines dans des encoches taillées dans la masse même du rotor. [2]

Il se compose des principales parties suivantes :

- 1- Arbre du rotor.
- 2- Enroulement de rotor.
- 3- Les frettes.
- 4- Connecteur de courant d'excitation.
- 5- Ventilateur du rotor.



Figure (III.5) : Rotor l'alternateur de Ras-djenet

III.7.3 Paliers de l'alternateur :

L'arbre du rotor est logé dans des paliers lisses. Ces derniers sont montés dans des flasques. Tous les paliers sont isolés électriquement de l'enveloppe du stator et du massif support du groupe pour empêcher la circulation des courants d'arbre.

III.7.4 Etanchéité :

Etanchéité de l'enveloppe de l'alternateur aux sorties d'arbre est assurée par un anneau radial. L'anneau d'étanchéité est logé dans une boîte étanche boulonnée à un flasque et isolée pour éviter les courants d'arbre.

II.7.5 Réfrigérants d'hydrogène :

Les premiers alternateurs étaient refroidis par l'air en circuit ouvert puis, dans une période plus récente, ils étaient refroidis par l'air, qui circulait en circuit fermé. Actuellement les alternateurs sont refroidis par des réfrigérants d'hydrogène. Les réfrigérants d'hydrogène sont des échangeurs par surface qui refroidissent l'hydrogène chaud. L'échange de chaleurs entre l'hydrogène et l'eau de refroidissements s'effectue par l'intermédiaire de tube à ailettes parcourus par l'eau.

Les avantages que présente le refroidissement des alternateurs par l'hydrogène circulant circuit fermé sont :

- ✚ Les pertes par ventilation sont proportionnelles à la masse volumique du fluide employé pour la réfrigération. Comme la masse de l'hydrogène est 14 fois moins élevée que celle de l'air, les pertes par ventilation seront 14 fois plus faibles.
- ✚ La conductibilité thermique de l'hydrogène étant sept fois plus élevée que celle de l'air, les échanges de chaleurs se font plus facilement avec l'hydrogène. Les parties chaudes de l'alternateur cèdent plus rapidement leur chaleur à l'hydrogène qu'à l'air ; de même, l'hydrogène transmet plus vite sa chaleur aux tubes du réfrigérant.
- ✚ Les échanges de chaleurs se font d'autant plus facilement quand la pression de l'hydrogène est plus élevée.

Le flux d'hydrogène se devise en plusieurs parties :

- Une première portion assure le refroidissement des têtes des bobines.
- Une deuxième partie pénètre dans l'entrefer rotor-stator pour sortir par des canaux radiaux pratiqués dans l'empilage magnétique du stator.
- Une troisième, intéressant la partie centrale, pénètre par ces canaux d'une façon centripète (Vers l'axe) pour ressortir par d'autres canaux d'une façon centrifuge (vers la périphérie).
- Enfin une dernière partie parcourt les encoches, au sein des conducteurs, dans des tubes prévus à cet effet.

L'hydrogène chaud est dirigé par un système de cloisonnement, vers les réfrigérants. Ils sont, le plus souvent (au nombre de quatre du type tubulaire) logés horizontalement dans l'enveloppe du stator (la partie supérieure de l'alternateur).

La réfrigération est assurée par une circulation d'eau provenant des pompes d'extraction du condenseur principal. [12]

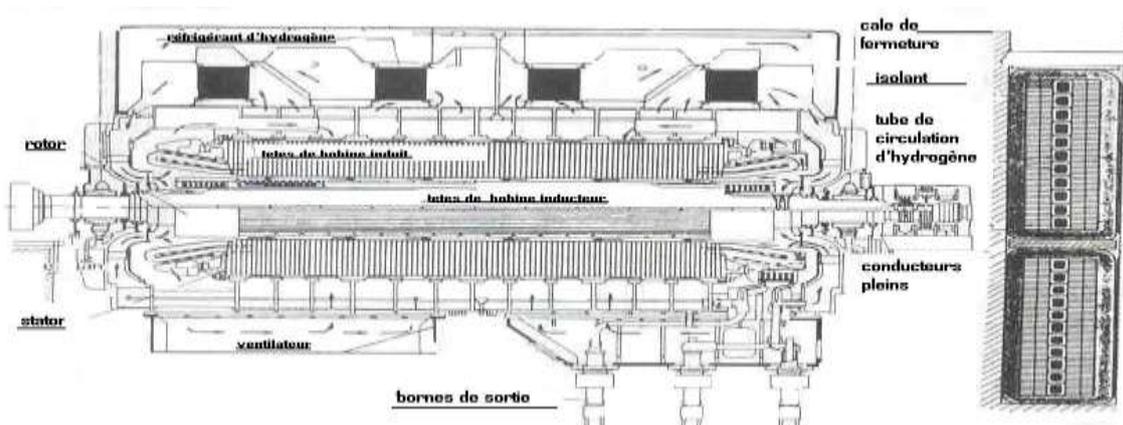


Figure (III.6) : Schéma de refroidissement de l'alternateur par réfrigérant d'hydrogène.

Lorsqu'un des quatre réfrigérants est défaillant, l'alternateur ne doit pas fonctionner à plus de 67% de sa puissance nominale.

III.7.6 Excitation du rotor :

L'alternateur est excité par un groupe appelé groupe d'excitation à redresseur tournant qui comprend les éléments suivants : Voir figure [III.7].

- ✚ Roue à diodes : elle comprend des diodes au silicium qui sont montées dans les roues de façon à constituer un pont triphasé.

- ✚ Excitatrice pilote triphasé : est un alternateur à 16 pôles internes.

L'enveloppe contient le paquet de tôles et l'enroulement triphasé. Le rotor est constitué par la roue et les pôles saillants.

- ✚ Excitatrice principale triphasé : est un alternateur à six pôles externes.

L'enveloppe abrite les pôles, l'enroulement inducteur et l'enroulement amortisseur.

L'excitatrice principale fournit le courant d'excitation de l'inducteur.

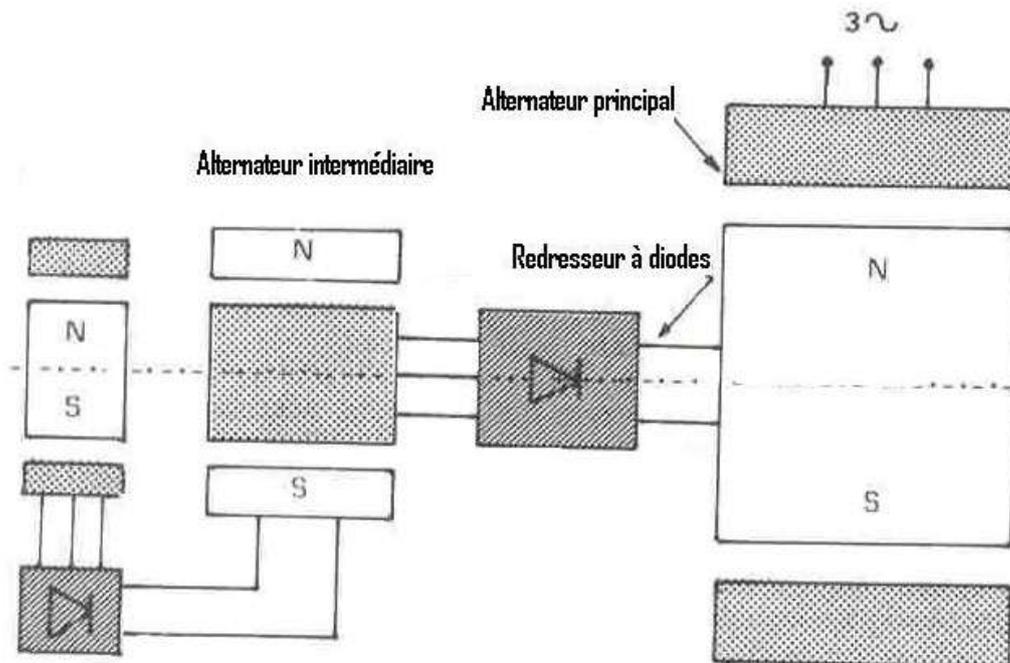


Figure (III.7) : Schéma de principe de l'excitation à diodes tournantes sans balais.

III.8 Facteurs affectant la grosseur des alternateurs :

La quantité énorme d'énergie électrique générée par les compagnies d'électricité les rendent très sensibles à l'importance du rendement de leur alternateur ; chaque augmentation de 1% représente, pour chaque alternateur, des économies de plusieurs milliers de dollars par jours. Or, l'analyse des dimensions d'un appareil prouve que son rendement augmente mesuré que sa puissance croît. Par exemple, si un alternateur de 1kW possède un rendement de 50%, un alternateur de 10MW de forme identique mais de beaucoup plus grande taille aura inévitablement un rendement voisin de 90%.

D'autre part, plus la puissance d'une machine augmente, plus la puissance débitée par kilogramme augmente. En se référant de nouveau à notre exemple, si l'alternateur de 1kW pèse 20kg (50W/kg), celui de 10MW ne pèse que 20 000 kg, ce qui donne 500W/kg.

Une machine de grande puissance pèse donc relativement moins qu'une machine de faible puissance, de sorte que la première coûte relativement moins cher que la seconde. Tout semble donc favoriser pour les grosses machines, cependant ce dernier avantage provoque des problèmes de refroidissement. [11]

III.9 Synchronisation de l'alternateur :

Pour brancher un alternateur sur le réseau, il faut respecter les conditions suivantes :

- 1- la tension de l'alternateur doit être la même que celle du réseau.
- 2- La fréquence de l'alternateur doit être la même que celle du réseau.
- 3- La séquence des phases de l'alternateur doit être la même que celle du réseau.

➤ **Procédure de synchronisation :**

En agissant sur le régulateur de vitesse de la turbine, on amène tout d'abord l'alternateur à une vitesse voisine de la vitesse synchrone, afin que sa fréquence soit proche de celle du réseau.

On règle ensuite l'excitation de façon que la tension induite soit égale à celle du réseau.

On observe que les tensions ont une même fréquence et même phase au moyen d'un synchrone scope. Suivant le sens de l'aiguille de cet instrument, on ralentit ou on accélère la machine jusqu'à ce que l'aiguille tourne très lentement.

Enfin, au moment où l'aiguille passe devant le point neutre du synchrone scope, les tensions sont en phase ; on ferme alors l'interrupteur qui réalise le couplage de l'alternateur avec le réseau.

Dans les centrales modernes, la synchronisation se fait automatiquement au moment précis où les conditions énumérées précédemment sont respectées.

III.10 Fonctionnement d'un alternateur :

Tout d'abord, les courants circulant dans le rotor créent un champ tournant. Ce champ tourne à la même vitesse et dans le même sens que les pôles du rotor. Les champs du rotor et du stator sont donc stationnaires l'un par rapport à l'autre. Lorsque l'alternateur flotte sur la ligne, le courant circulant induit une tension U_1 qui est en phase avec la tension du réseau.

Si l'on applique à l'alternateur un couple tendant à le faire accélérer, le rotor avance d'un angle mécanique α par rapport à sa position originale. Ce décalage provoque la circulation d'un courant dans le stator. Il se développe alors des forces d'attraction et de répulsion entre les pôles N, S du stator et les pôles N, S du rotor. Ces forces produisent un couple qui tend à ramener le rotor à sa position originale. C'est précisément ce couple que la turbine doit vaincre pour maintenir l'angle de décalage. Il existe une relation entre l'angle de décalage mécanique α et le déphasage électrique δ séparant les vecteurs de tension U_1 et de tension du réseau. [12]

Cette relation est donnée par l'équation suivante :

$$\delta = P \cdot \alpha / 2$$

III.11 Paramètres de dimensionnement :

Les paramètres conditionnant le dimensionnement d'un alternateur sont principalement :

- **La puissance** active est généralement choisie au niveau de la tranche complète de la centrale, souvent normalisée.
- **La vitesse** est fixée par la fréquence du réseau, soit 3000 tr/mn à 50Hz et 3600 tr/mn à 60Hz.
- **Le facteur de puissance** $\cos \varphi$ est généralement fixé de manière conventionnelle, adaptée à l'économie de la répartition de puissance réactive sur le réseau à une époque donnée. En Algérie, le facteur de puissance nominal des alternateurs est actuellement de 0,8.
- **La tension** est quelquefois standardisée (20kV assez fréquemment pour les grandes puissances) ou bien laisser le choix au constructeur. Dans notre alternateur la tension est de 15,5 kV.
- **Le rapport de court-circuit** minimal varie légèrement d'un pays à l'autre ; 0,5 est une valeur assez fréquente. Ce paramètre n'a plus de signification pour la qualité de réglage de tension depuis l'apparition des régulateurs rapides ; il caractérise maintenant la possibilité d'absorption de puissance réactive en heures creuses.

III.12 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons appris le fonctionnement, les différentes caractéristiques et la construction d'un alternateur triphasé d'une tranche de production de l'énergie de la centrale de RAS-DJINET.

Cet alternateur de grande puissance est constitué de six éléments principaux, il est refroidi par l'hydrogène. Son excitation est assurée par un groupe d'excitation à redresseur tournant.

Chapitre IV

IV.1 Introduction :

Les alternateurs peuvent comme tous les appareils industriels effectués des défauts de fonctionnement. Ces défauts les rendent en générale inaptés à plus ou moins long terme pour assurer leur service, et perturbent le fonctionnement d'autres matériels, ainsi que les conditions anormales de fonctionnement qui doivent donc être détectés le plus rapidement possible et provoquer la déconnection électrique entre la machine et le réseau auquel elle est raccordée.

Les alternateurs sont dimensionnés et conçus pour un service donné et ne peuvent fonctionner au-delà de ce service sans risques de dégradations. Le rôle des protections électriques est de détecter les variations des grandeurs électriques entraînant des dépassements des contraintes admissibles pour les composants et d'actionner l'organe de coupure isolant l'alternateur de réseau.

IV.2 Les défauts :

Ils sont caractérisés par un phénomène non conforme au fonctionnent normal des installations et pouvant dans certaines cas conduire à des dégâts dangereux pour le personnel ainsi pour le matériel.

IV.3 Origine des défauts (interne, externe) :

On distingue deux types de défauts à détecter par les relais de protection, selon leur origine :

***Les défauts d'origine interne :** dont la source est une avarie d'un composant de la machine électrique tournante (alternateurs).[13]

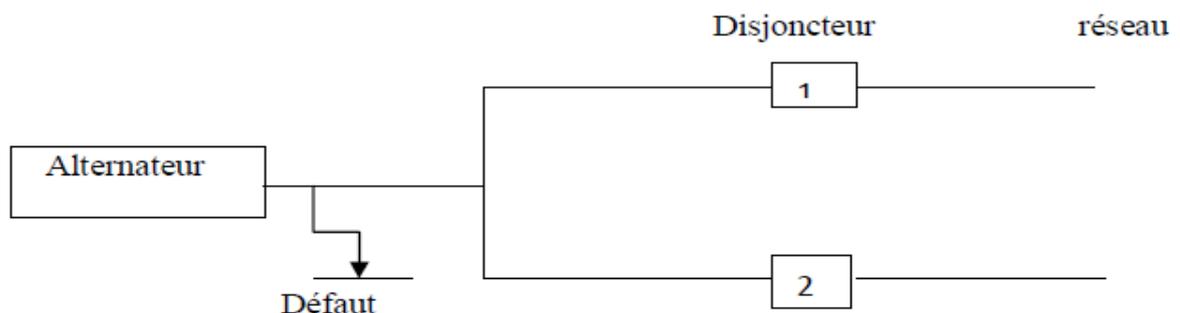


Figure (IV.1) : Les défauts d'origine interne.

L'alternateur ne peut rester sous tension. Toutes les liaisons avec le réseau doivent être ouvertes (ouverture disjoncteurs 1 et 2).

***Les défauts d'origine externe :**

Dont la source est localisée en dehors de la machine électrique, mais, dont les conséquences peuvent entraîner des dégradations dans celle-ci. [13]

L'alternateur peut continuer à fonctionner après élimination du défaut par le disjoncteur 1.

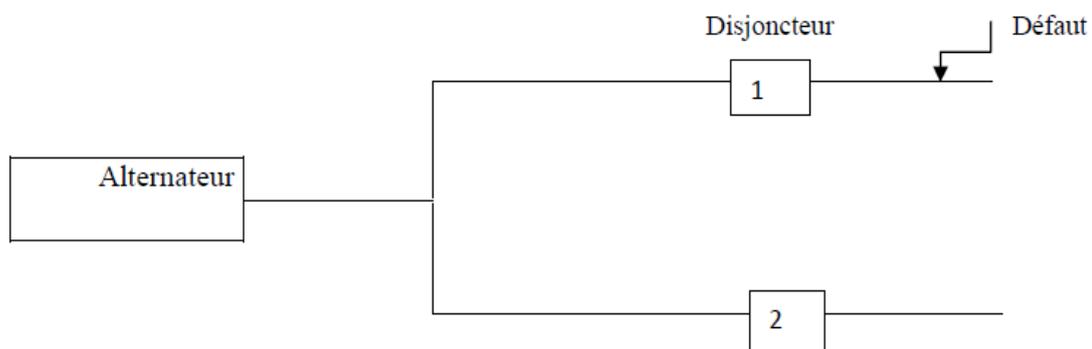


Figure (IV.2) : Les défauts d'origine externes.

VI.3.1 Les défauts d'origine interne :

VI.3.1.1 Défaut d'isolation des conducteurs formant l'enroulement statorique :

-L'isolation des conducteurs formant l'enroulement statorique peut se rompre ou se percer par des causes :

-**Electriques** (isolation mal imprégnée, décharges superficielles, pénétration d'humidités).

-**Thermiques** (surchauffèrent par surcharge ou manque de refroidissement).

-**Mécaniques** (usure, efforts de court-circuit trop importants).

Ces défauts, dont l'évolution peut être lente au début du processus de dégradation, dégènèrent en général très rapide à la fin du processus en un court-circuit, du fait de la tension élevée appliquée à l'enroulement statorique.

A ce stade, le court-circuit est en général permanent.

✚ Le court-circuit peut se produire :

-Entre une phase et la masse, constituée par le circuit magnétique ou la carcasse.

-Entre deux phase, avec ou sans contact avec la masse.

-Entre les trois phases, souvent par évolution d'un court-circuit biphasé (extension d'arc).
Un court-circuit peut aussi se produire entre deux spires ou deux barres d'une même phase.

VI.3.1.2 Défaut d'isolation des conducteurs de l'enroulement rétorqué :

L'isolation des conducteurs de l'enroulement rétorqué peut également être défailante, le plus souvent par des causes :

- Mécaniques, par usure des isolants ou rupture.
- Thermique, par manque de refroidissement général ou localisé.
- Electrique, par percement de l'isolation ou, le plus souvent, par contournement du à une pollution (air, huile).

VI.3.1.3 Perte d'excitation (manque d'excitation) :

L'alternateur peut également subir une perte d'alimentation électrique de l'inducteur.

***Les causes :**

- Baisse notable de courant d'excitation.
- Rupture de l'enroulement inducteur.

***Les conséquences :**

- Absorption de l'énergie réactive par l'alternateur.
- Diminution du facteur de puissance $\cos\varphi$.
- L'alternateur est transformé en moteur.
- Echauffement des conducteurs.

***Moyens de protection :**

On peut utiliser un relais à minimum de courant continu sur le circuit d'excitation si celui-ci est accessible.

Dans le cas contraire, la protection doit détecter l'augmentation de l'énergie réactive absorbée.

On utilisera un relais directionnel de courant réactif ou d'énergie réactive.

IV.3.2 Les défauts d'origine externe :

Les groupes constitués d'une turbine et d'un alternateur peuvent être connectés directement à un système de distribution (réseau d'usine, auto producteur), soit raccordés au système général de production- transport-distribution d'électricité, ou au réseau par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur de tension, appelé transformateur principal (TP).

Dans une centrale de production, l'énergie nécessaire aux auxiliaires est prélevée, soit en amont, soit en aval du transformateur principal, par un transformateur de soutirage (TS). (Figure IV.3)

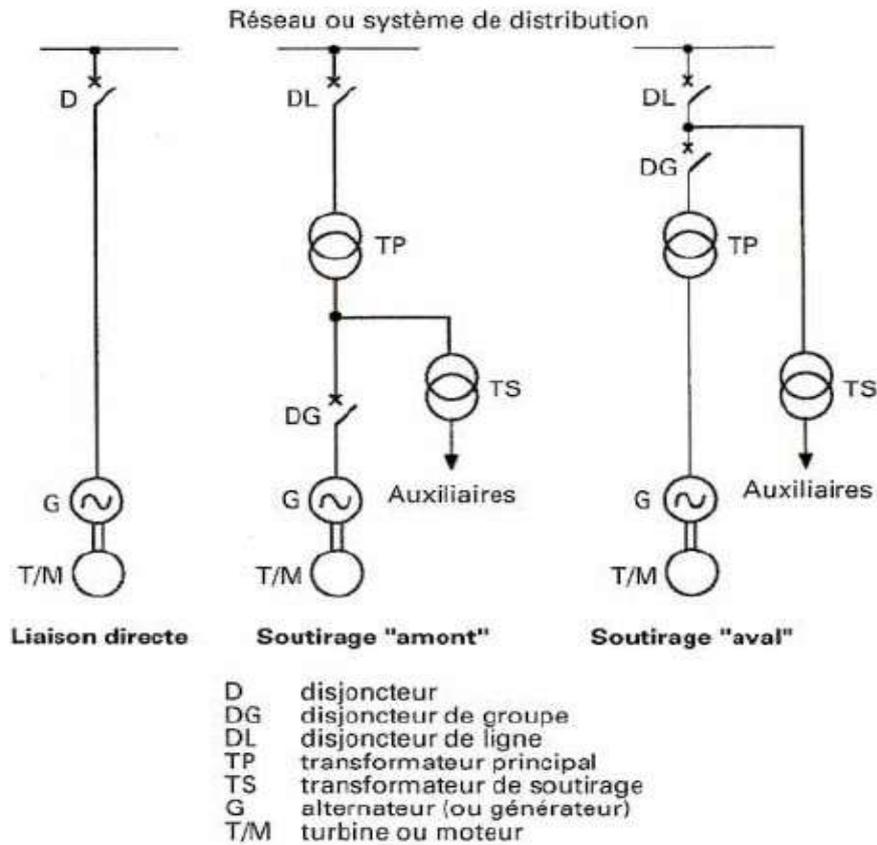


Figure (IV.3) : Schéma de raccordement d'un alternateur au réseau

Les défauts pouvant affecté le système électrique sont de différentes natures :

a) court-circuit :

Contact entre parties sous tension

-phase/ Terre (mono – phase)

-phase/phase (poly–phase)

Cause :

Dégradation de l'isolant

-dégradation : *thermique*

*surtension (claquage)

*mécanique (vibration)

-Rupture de conducteur

-coup de foudre

-fausse manœuvre

Conséquences :

-surintensité ; surcharge.

-chute de tension

-échauffements la cause (à l'endroit du défaut, surtout efforts électrodynamique)

-déséquilibre entre les trois tensions

-déséquilibre entre trois intensités

-perte de synchronisme

-chute de fréquence

b) défaut d'isolement : contacte entre partie sous tension et partie métallique (carcasse)

Conséquence :

-élévation du potentiel de masse provoque

-courant dangereux pour le personnel

-échauffement du circuit magnétique

c) surcharge :

Cause :

-court-circuit

-appareil utilise au-delà de la puissance nominale

-diminution du $\cos \varnothing$

-augmentation de la tension

-la pointe de consommation

Conséquences :

-diminution de la durée de vie des isolants

-échauffement (pour des surcharges importantes) ; point chaud, efforts électrodynamique)

-mêmes conséquence qui un court-circuit.

d) déséquilibres : tension non égales ; intensité non égales.

Cause :

-court-circuit

-rupteur de phase

-mauvais fonctionnement de disjoncteur on secteur.

-rupteur de conducteur sans court-circuit

e) perte d'excitation : Manque d'excitation

Cause :

-Déclenchement du disjoncteur d'excitation

-rupteur de l'enroulement inducteur

- baisse cotable de courant d'excitation

Conséquences :

-absorption de l'énergie réactive par l'alternateur → Diminution de $\cos \varnothing$

-le rotor et la cage d'amortissement seront le siège du courant induit, et s'échauffer dangereusement et cela en cas de perte de synchronisation

-l'alternateur est transformé en moteur asynchrone à cage d'écureuil (rotor en vaut circuit)

f) retour de puissance :**Causes :**

- défaillance de la machine d'entraînement
- défaillance du régulateur de vitesse

Conséquences :

Fonctionnement de l'alternateur en moteur entraîné par la turbine

g) sur tension**Causes**

- d' défaillance du régulateur de tension
- diminution brusque de charge
- couplage difficile
- capés de foudre

Conséquences :

Court -circuit

- surcharge
- échauffement des circuits magnétique par augmentation de pertes fer (courant de Foucault) entraîne de contraintes sur les isolants et amorçage

h) Max. Fréquence ; Mini fréquences:**Cause :**

Surcharge Déclenchement d'un central important mauvais fonctionnement du régulateur de vitesse. Séparation d'une charge importante.

Conséquences :

Verrouillage ensilotages Les variations de fréquence gèrent le fonctionnement des récepteurs brancherons (enregistrement, horlogesetc.)- Elles modifient les pertes fer du

circuit magnétique. Durée des défauts : les défauts électronique son classes en : défaut "permanents qui correspond à des avérées de matériels - le rôle des protections est de réduire la durée des défauts lorsqu'elles se produisent.

IV.4 Durée des défauts :

Les défauts électriques sont classés en défauts permanents, fugitifs et auto-extincteurs :

- Si le défaut entraîne des dégradations impliquant des réparations, il est dit : permanent.
- Si le défaut disparaît sous l'action des protections sans laisser de dégradation affectant les performances du réseau, le défaut est dit : fugitif.
- Si le défaut disparaît de lui-même, il est dit : auto-extincteur.

IV.5 Détection des défauts :

La détection des défauts électriques des machines tournantes obéit à trois grands principes :

- Elle doit être la plus simple possible, pour assurer la plus grande fiabilité et la plus grande rapidité.
- Elle doit être sensible, en fonctionnant de manière fiable pour la plus petite variation possible des grandeurs caractéristiques du défaut.
- Elle doit être sélective, c'est-à-dire éliminer le défaut par le (ou les) organes le(s) plus proche(s) et permettre de discriminer les défauts internes et externes, car les actions qu'elle entraîne ne sont pas les mêmes.

Pour les alternateurs, deux modes de détection de défauts peuvent être envisagés.

IV.5.1 Détection directe :

Détection directe de l'avarie du matériel (par exemple, les défauts à la masse, par mesure du courant de défaut). Ce mode de détection est sélectif et, par suite, peut commander la mise hors service très rapide du matériel incriminé.

La détection directe est la plus satisfaisante, mais :

- Elle n'est pas toujours réalisable, du moins de façon fiable.
- Sa généralisation conduirait à multiplier le nombre de dispositifs de protection et, par accroissement corrélatif des risques de fonctionnement intempestif, à compromettre la qualité du service.

Par suite, elle sera surtout utilisée pour les défauts susceptibles d'endommager gravement le matériel, et bien sûre lorsqu'elle constitue le seul moyen de détection.

IV.5.2 Détection indirecte :

Détection des effets indirecte du défaut par la mesure des variations de tension, courant, fréquence, puissance, etc.

Le dispositif de protection fonctionne lorsque les variations de ces grandeurs, en amplitude et en durée, dépassent les limites admissibles pour le matériel, quelle que soit l'origine du défaut.

IV.6 Elimination des défauts :

IV.6.1 Défauts d'origine interne :

En cas de défaut interne, la machine doit être séparée des sources d'énergie externes qui, en alimentant le défaut, contribuent à l'aggravation des dégradations. Le cinétique du défaut étant en général très rapide, l'action doit être exécutée dans les délais les plus courts, fonction du temps de réaction du relais (quelques dizaines de millisecondes) et du temps d'ouverture des disjoncteurs ou contacteurs (environ une centaine de millisecondes).

Dans le cas des alternateurs, l'action du relais (par exemple court-circuit à la masse, entre phase...) provoque en général et simultanément :

- L'ouverture du disjoncteur de groupe reliant l'alternateur au réseau .
- La fermeture des vannes d'alimentation en vapeur.
- L'ouverture du disjoncteur alimentant le circuit d'excitation.

- Si un tel dispositif est prévu, la fermeture d'un contacteur de désexcitation rapide, fermant le circuit de l'inducteur sur une résistance extérieure, destinée à dissiper rapidement l'énergie électromagnétique du rotor.

Cette séquence d'action est appelée déclenchement du groupe.

Le court-circuit à la masse de l'enroulement rétorqué en un point représente un cas particulier en ce sens qu'il peut ne provoquer qu'une simple alarme, sans déclenchement.

IV.6.2 Défauts d'origine externe :

En cas de défauts externes, il est demandé aux machines tournantes d'assurer leur service le plus longtemps possible, pour laisser le temps nécessaire aux relais de protection ,extérieur à l'installation, pour éliminer ces défauts.

Dans l'alternateur, deux types d'action sont commandés par les relais de protection du réseau.

- Si la cause du régime anormal est sans ambiguïté (par exemple régimes dés équilibrés, variation de fréquence,...etc.) ou, très probablement, extérieure à l'alternateur, celui-ci est

séparé du réseau, soit immédiatement, soit après une temporisation destinée à laisser agir les protections du réseau, par l'ouverture du disjoncteur de ligne.

L'alternateur fournit alors uniquement l'énergie électrique nécessaire aux auxiliaires de l'unité. Cette action est appelée îlotage.

- Si l'origine, interne ou externe, du défaut ne peut pas être discriminée par les variations des grandeurs électriques (par exemple baisse de tension, rupture de synchronisme...), l'élimination du défaut se fait en deux temps :

- Tout d'abord îlotage du groupe.

- Si le défaut persiste, après une certaine temporisation, déclenchement du groupe.

D'autres régimes anormaux, dont les effets sur l'alternateur ne sont pas immédiats (par exemple surcharge) ne provoquent qu'une alarme.

IV.7 Conséquences sur les machines et le système ou processus :

Les défauts de fonctionnement, qu'ils soient d'origine interne ou externe, ont les conséquences sur l'alternateur, en termes d'effets et sur le système électrique ou le processus industriel en termes de fonctionnement, ou d'action à mener pour rétablir une situation normale. Ces conséquences sont résumées dans le tableau 1, en indiquant les durées approximatives de régimes anormaux supportables par l'alternateur et les actions commandées par les relais de protection.

Les défauts sont toujours détectés par des relais sensibles aux composantes inverses et homopolaires.[10]

IV.8 Qualité d'un relais de protection :

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

-Fiabilité :

La fiabilité exprime le degré de confiance que l'on peut apporter à un matériel, la fiabilité d'un relais est liée à sa robustesse et à la qualité de ses contacts.

-La sélectivité :

Cette action consiste en ce que les relais mettent hors circuit la partie de l'installation en défaut à l'aide d'interrupteur les plus proches de cette partie une telle mise hors circuit permet de réduire au minimum le nombre de récepteur mis à l'arrêt.

-La sûreté :

Pour obtenir une grande sûreté de fonctionnement, il faut que le nombre de relais utilisés soit minimal autant que possible.

-Rapidité de fonctionnement :

Elle est nécessaire pour diminuer les dégâts provoqués dans le dispositif en panne afin d'éviter ses influences sur le fonctionnement normal des récepteurs dans la partie non avariée.

-La sensibilité :

Une très faible perturbation doit suffire pour que l'appareil fonctionne la sensibilité est nécessaire pour faire intervenir la protection dès qu'un défaut se manifeste.[9]

Table de mesure :**Tableau (IV.1) :** Tableau de mesure

nombre	Désignât (ON)	Type	Réglage
1	Différentielle alternateur	7 TD 43	$I/In = 0.40$
2	Surtension alternateur	7TU12 7TT11-10	$U_{max}=120V$ 4 sec
3	Masse stator 80%	7TU12 7TT10	$U.=20V$ 5sec
4	Surintensité alternateur	7TS112 7TJ10	5.75 A 3.6sec 1.2 *In
5	Thermique alternateur	7TJ21 7TM24	$J \gg J_n=9.6$ 48sec
6	Sans fréquence 47HZ	7TM60 7TP10	$T(\mu s)=21.280$ $t=6.4sec$

7	Masse rotor $\leq 5k\Omega$	7TL44 7TL45	$R \leq 80K\Omega$ $R \leq 5K\Omega$
8	Retour de puissance avec d'urgence	7TL28 7TM17-37 7TR20	$PA/Pn=0.525\%$ $t=2sec$
9	Retour de puissance sans arrêt d'urgence	7TT11	$t= 12.8sec$
10	Masse stator 100%	7TD41 7TF11	2MA 6.4sec
11	Asymétrie 135 stade	7TP12 7TF20	30% 12.8sec
12	Asymétrie 22 stade	7TP12 7TF20	14% 32 sec
13	Sons – excitation 1-er C	7TUU20 7TT11	$\alpha 1=70$ $\lambda = 0.5$ $t1 = 0.8$ sec $\varphi=107.5Mvar$
14	Sons –excitation 2-e C	7TL41 7TT110	$\alpha 2=60^\circ$ $\lambda 20.65$ $t2 = 2$ sec $\varphi = 147Mvar$
15	Sons –excitation 1-er CV	7TL41 7TT11	$\alpha 3 =70^\circ$; $\lambda_s = 0.7$ $t3=0.4sec$ $\varphi = 195 Mvar$
16	Sons fréquence 46 HZ	7TP10 7TR20	$T(\mu s)=21740$

IV.9 Généralités sur le système de protection :

- On distingue deux types de protections :

IV.9.1 Protection externe :

Protection d'une installation contre les contraintes anormales dont l'origine est extérieure à cette installation. Cette protection provoque un déclenchement partiel de l'installation séparée du réseau accidenté mais restant sous tension.

IV.9.2 Protection internes :

En cas d'avarie de matériel, ces protections limitent les conséquences de ses avaries en isolant la partie de l'installation où le défaut s'est produit. Ces protections provoquent un déclenchement total de l'installation.

Un réseau électrique est divisé en zones de protection, limitée par des disjoncteurs ; chaque zone comporte des dispositifs de protection nécessaires à l'élimination par ses propres disjoncteurs des défauts qui peuvent l'atteindre. On peut craindre la défaillance d'un dispositif de protection ou d'un disjoncteur et on est conduit à installer des protections de secours qui « voient » le même défaut que la protection normale. Quelquefois la protection « secours » agit sur les disjoncteurs d'une zone voisine.

IV.10 Dispositifs de protection électrique d'alternateur :

L'alternateur est soumis à une surveillance électrique qui permet de signaler et de déclencher la machine à chaque fois qu'il y a un défaut électrique. Ce dispositif de Surveillance est constituée d'un ensemble de relais de protection réalisé sous forme de carte électronique.

Toutes les cartes électronique sont logées dans une armoire de 2200 X 900 X 600 (h x l x p), munie de portes des deux côtes. [11]

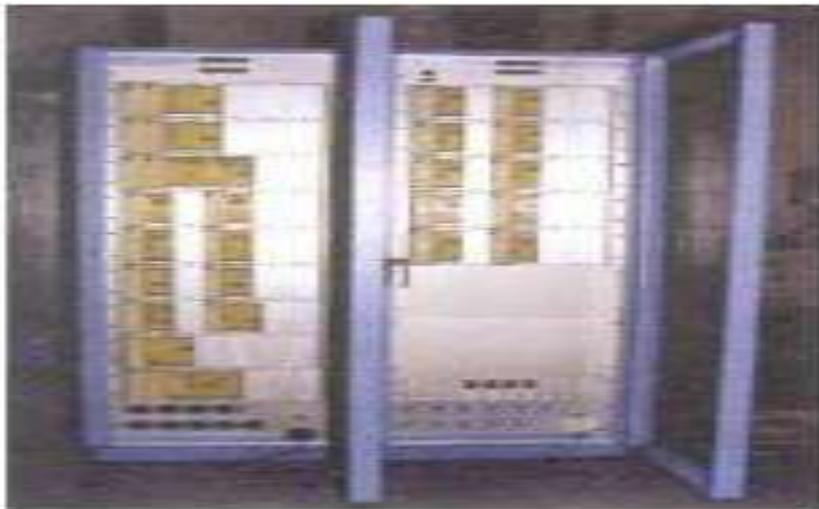


Figure (IV.4) : Armoire de protection d'alternateur

IV.10.1 Transformateur de mesure :

Les transformateurs de mesure sont destinés à ramener les tensions et les intensités de grandes valeurs sur les circuits principaux, à des valeurs plus faibles faciles à :

- Mesurer par ampèremètres et voltmètres.
- Utiliser pour les installations de comptage.
- Utiliser pour alimenter les circuits de protection électrique ou de régulateurs.

Ces transformateurs jouent le rôle d'intermédiaire entre la ligne ou le jeu de barre HT et les appareils de mesure, de contrôles et de régulation. Généralement placés sur armoire locale.

IV.10.1.1 Transformateur de courant :

Dans le cas des alternateurs de moyenne et grande puissance, les transformateurs de courants sont toriques , placés autour des conducteurs soit du côté phase, soit du côté neutre.

Leur classe de précision dépend du ou des relais qu'ils doivent alimenter. Un même TC peut d'ailleurs alimenter plusieurs relais différents si leur classe de précision requise est la même.

La puissance de précision doit être suffisante pour alimenter l'ensemble des consommateurs (typiquement 30 à 50 VA).

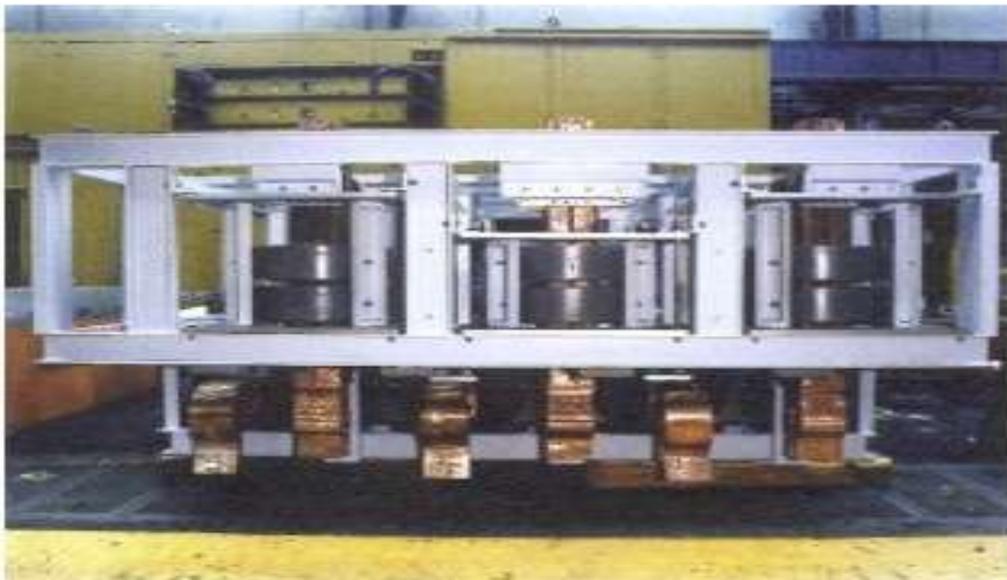


Figure (IV.5) : Transformateurs de courant aux bornes de l'alternateur.

Le rapport de transformation est choisi dans la gamme normalisée, avec les valeurs de courant

- **primaire** : 1,2 à 1,5 fois le courant statorique assigné de l'alternateur (1,1 fois pour les grands alternateurs).

- **Secondaire** : 1A ou 5A.

IV.10.1.2 Transformateur de tension :

Les transformateurs de tension sont placés dans des compartiments séparés par phase et sont raccordés au jeu de barres ou de gaines de liaison avec le transformateur d'évacuation d'énergie (TP).

Leur classe de précision dépend de la précision requise pour les relais qu'ils alimentent. De même que pour les TC, leur puissance de précision doit correspondre à la consommation de l'ensemble des relais.

IV.11 Matrice du déclenchement :

IV.11.1 Application :

La matrice de déclenchement 7TA33 est un distributeur à barres croisées et sert à commandes de façon librement gergamelle la signature de déclenchement arrivant dans les colonnes de la matrice, sur les lignes de la matrice qui sont connectés aux transmetteurs d'ordres pour le désenchantement des interrupteurs les entrée (colonnes) sont donc affectée aux dispositifs de Protection, les sorties (lignes) aux interrupteurs.

IV.11.2 Structure:

- La matrice de déclenchement posséd 30 colonnes de matrice et 9 lignes de matrice.

La programmation se fait par des fiches à diode de très haute fiabilité qui on obtient notamment par le surdimensionné nument choisi :

- Chaque colonne de matrice contient une diode luminescentes rouge qui représente la signalisation du déclenchement, cette signalisation est en maintien est peut été annulée sur place. [1]

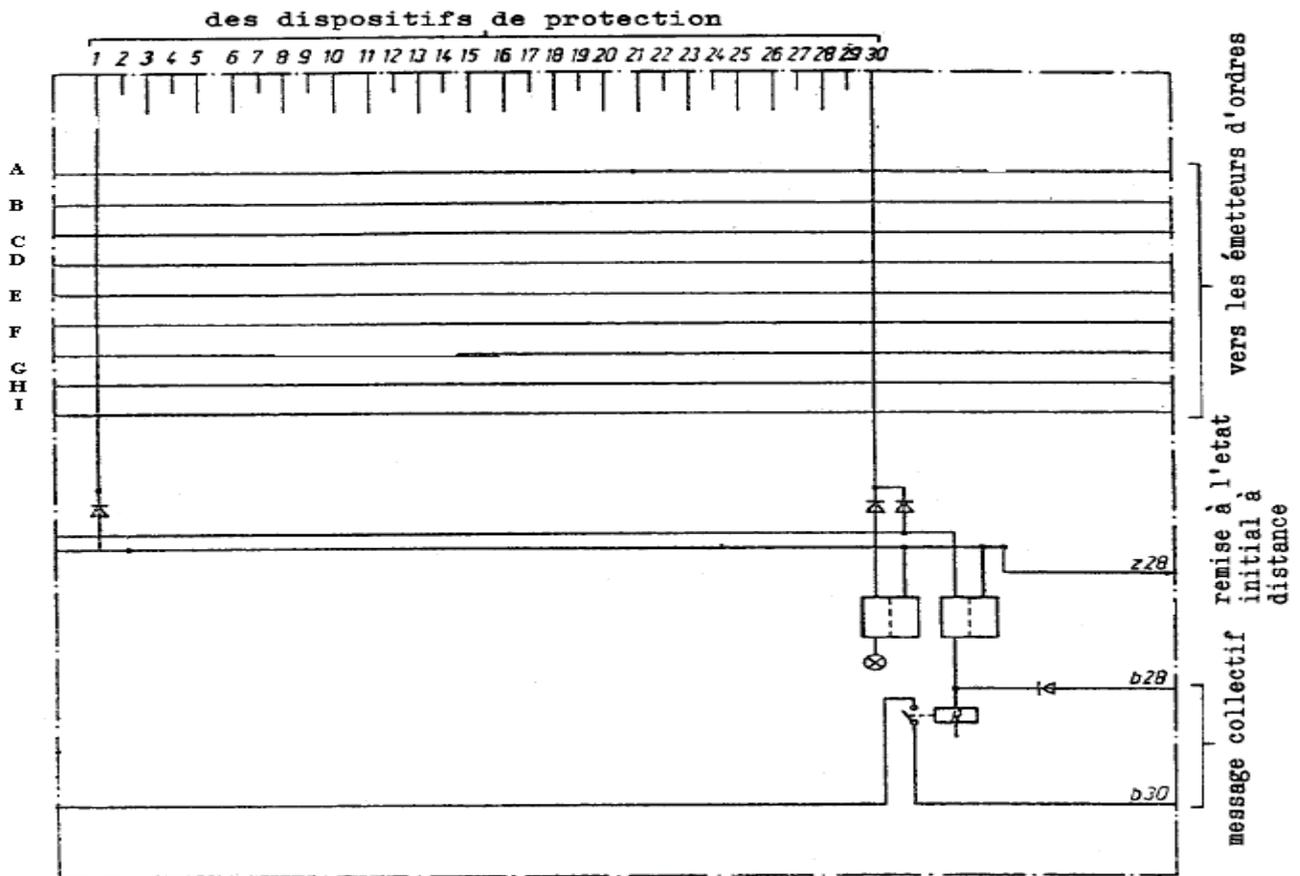


Figure (IV.6) : Matrice de déclenchement

L'oscilloscope :

L'oscilloscope est un instrument de mesure qui donne l'état des tensions et des courants de l'alternateur et de la ligne, pendant le défaut électrique juste avant le déclenchement il se net marche à chaque fois qu'une protection est activée l'état des courants et tension est donné sous forme l'oscilloscope cette appareil est installé dans la salle de commande il sert dans l'analyse des défauts.

IV.12 les différents types de protections :

IV.12.1 Protection différentielle contre les défauts entre phases d'alternateur :

IV.12.1.1 Généralités et application :

- La protection différentielle sert à protéger l'alternateur contre le court-circuit interne pouvant se produire uniquement entre les deux capteurs qui délimitent la zone à protégée. 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 phases est toujours accompagné, ou précédé, par un défaut à la masse. Il sera donc détecté par le relais différentiel.

IV.12.1.2 Principe de détection :

Le principe utilisé répond au critère de détection directe. Sur chaque phase, un relais mesure la différence des courants I_1 et I_2 , entrant et sortant de cette phase (figure IV.7).

Cette différence, due au courant de défaut, est rapportée au courant circulant dans la phase.

La protection est donc constituée par un ensemble triphasé de relais différentiel.

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

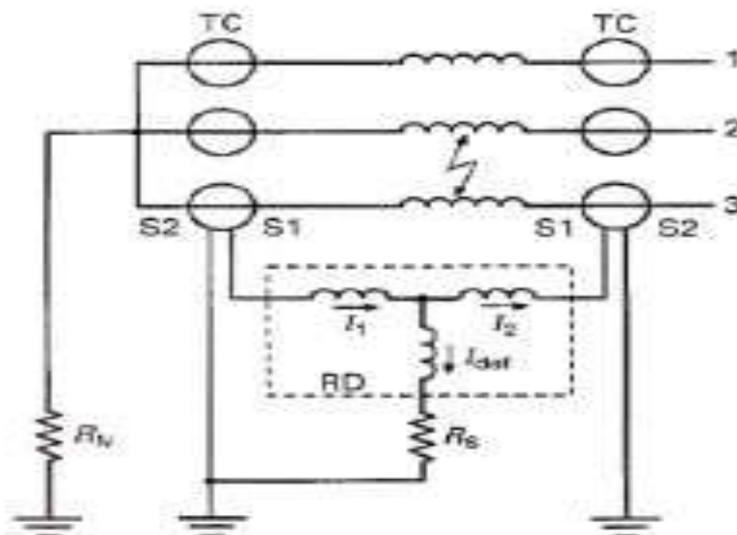
$$I_{\text{def}} = I_1 - I_2 = \alpha / 100 (I_1 + I_2) / 2$$

Avec α : 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 s'il n'y a pas de défaut.

- Si $I_1 - I_2 = 0 \rightarrow$ pas de défaut.

- Et si $I_1 = I_2 + I_{\text{def}} \rightarrow I_1 - I_2 \neq 0 \rightarrow$ il y a un défaut. [13]



I_1 courant entrant
 I_2 courant sortant
 I_{def} courant de défaut
 R_N résistance de raccordement
 de point neutre de l'alternateur

R_S résistance de
 stabilisation.
 R_D relais différentiel
 S_1, S_2 secondaires des
 T C.

Figure(IV.7) : Protection différentielle (contre les défauts entre phases d'un alternateur)

IV.12.1.3 Réalisation :

a) Transformateur de courant :

Pour éviter le fonctionnement intempestifs suite à des défauts extérieurs à l'alternateur, les transformateurs de courant (TC) doivent se comporter de façon rigoureusement symétrique, surtout du point de vue magnétique, en régimes sur transitoire et transitoire et sous l'effet des composantes apériodiques. L'erreur correspondante doit être très inférieure au seuil de fonctionnement dans une plage de 0 à 0,5 fois le courant assigné.

Pour cela, les transformateurs de courant d'une même phase doivent être appariés, c'est-à-dire avoir des caractéristiques (erreur, courbe de magnétisation) identiques ou pour le moins très proches. On utilise, en général des TC de classe de précision 5 P 10 ou 5 P 15, spécifiés pour protection différentielle, et issue d'un même lot de fabrication. Les résistances de filerie du câblage secondaire des TC doivent aussi être égales et aussi faible que possible.

b) Relais de protection :

Un relais à maximum de courant est disposé sur chaque phase. La valeur de réglage, exprimée en pourcentage du courant de phase est typiquement de 10 à 20 %.

Toutefois, en cas de défaut monophasé extérieur à l'alternateur, le courant différentiel peut atteindre une valeur proche de celle d'un défaut entre phase, situé à proximité de la connexion de neutre, du fait des particularités constructives (erreur de TC, sensibilité de relais). Pour éviter les déclenchements intempestifs, le relais doit donc être désensibilisé et suivre une loi à seuil constant, pour les faibles courants de défaut.

La caractéristique de fonctionnement qui en résulte est représentée sur la figure (IV.8). Le seuil d'insensibilité est couramment fixé de 5 à 20 % du courant assigné I_n . [15]

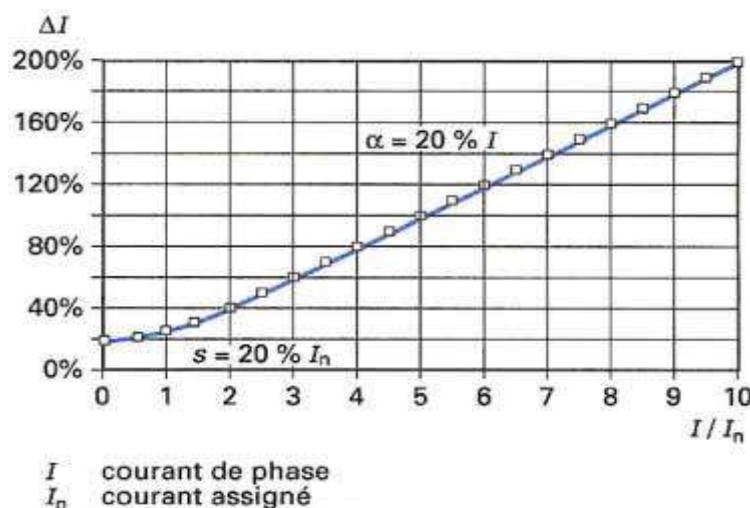


Figure (IV.8) : Protection différentielle d'alternateur. Caractéristique de fonctionnement.

Avec : S : seuil d'intensité

ΔI : courant différentiel

A : pourcentage de courant différentiel.

*La résistance de stabilisation RS augmente artificiellement l'impédance de relais.

De cette façon, si l'un des deux transformateurs de courant venait à être saturé sur un défaut extérieur, le courant de mesure $I_{def} = I_1 - I_2$, n'atteindrait pas la valeur de seuil.

IV.12.1.4 Action :

Déclenchement du groupe instantané

IV.12.2 Protection masse stator 80% :

❖ Conséquences du défaut :

Un masse stator entraîne, un courant de défaut à la terre ce reformat naturellement dans la mise à la terre du point appelé "courant homopolaire "Ih"

-Une différentes intensité entre entrée et la sortie et' une mémé phase ($I_1 \neq I_2$) le courant de deffand I_{def} est nul si il est un voisinage de points neutre et avoir des valeurs très important s'il est air voisinage de la phase.

-le point neutre est traversé intempestivement par d'autre courants de fuite "courant vagabonde ", ainsi les harmoniques d'arbre 3. (qui ne s'annulent pas dans le point neutre)

❖ rôle de la protection :

Elle protège l'alternateur contre les contacts à la terre de l'enroulement et de paquet de côté du stator.

La mise à la terre donne lieu à une tension de décalage c'est cette -ci qu'utilise la protection pour détecter les défenses à la terre protection assure la surveillance de la bobine de l'ordre de un défaut de terre dans le point neutre ou proximité de celui -ci ne peut pas été détecter par celle -ci, à cette effet existe une protection 100%qui englobe toute la longueur de l'enroulement.

❖ composition de la protection 80 %

- une carte de mesure 7TM36

- une carte de valeur limite 7TU12

-une minuterie 7TT10

Fonctionnement :

La tension de décalage se présente au primaire du transformateur en d'êta ouvert de la protection, puis transmise à l'entrée de la carte de mesure pour évaluation.

Le tension continue qui s'y produite est transmise à la carte de valeur limite 7TU12 pour comparaison .s'elle dépasse la valeur de consigne prés réglée, il se produit un signal de déclenchement qui part à la matrice de déclenchement travers la minuterie 7TT10. Après un tempe prés réglés dans cette ci, la matrice de déclenchement donne, ardes suivante :

- ouverture, disjoncteur ligne 220kv
- ouverture, disjoncteur alternateur
- ouverture, disjoncteur d'excitation
- commutation TS /TR.
- alarme sur pupitre en salle de commande.
- consignateur d'état

IV.12.3 protection masse stator -100% :

Rôle :

La protection contre les mises à la terre accidentelles du stator à 100% est appliquée pour la détection de défauts à la terre dans l'enroulement du stator de la machine.

Elle détecte les défauts à la terre sur l'ensemble du cote tension de la machine y compris son point neutre.

Composition :

1-génératrice à 20HZ :

- MGE2 ensemble d'entrée
- WR16/1 onduleur
- RK18 ensemble de relais ; intégré de façon fixe :
 - un transformateur TR1

- résistance de série
- coupe circuit pour faible intensité

2-élément de mesure à 20HZ :

- 7TM36 51- ensemble d'entrée
- 7TF10 00 coupe –bande
- 7TF11 00 passe –bas filtre d'entrée de mesure
- 7TF40 -00-2 indicateur de zéro
- 7TN51 stabilisateur.

Cette protection comporte une génératrice de tension statique de 20HZ.

Le dispositif de mesure ainsi que des filtres accordés à 20HZ.

La génératrice de tension est danchée par l'intermédiaire d'un passe bande sur l'enroulement secondaire du transformateur de mise à la terre monté en triangle ouvert. Ou sur l'enroulement d'un transformateur monté entre le point mètres de la machine est la terre parallèlement à la résistance de dérivation RB.

Le point neutre de la génératrice est relié à la terre moyennant la tension de mesure produite de 20HZ, de sorte qu'un courant circule par la résistance de terre et la résistance de dérivation RB seule la part passant par la résistance de terre est transmise au dispositif de mesure par l'intermédiaire du transformateur de courant AET 0.5 –K3.

Le choix de la valeur de seuil se faire par la mise au point d'un courant de compensation dirigé dans le sens inverse courant de mesure. Etant donné que la tension de 20HZ à laquelle est assujettie le point neutre de la machine est très petit cette ne comporte selon la grandeur de la résistance de dérivation ,que 1-3%de la tension en étoile de la génératrice –un très petit courant circule lorsque la machine est en bon état ($RE \rightarrow \infty$)qui est déterminée par la capacité située entre l'enroulement du stator et la terre il est composés dans le dispositif de mesure par un courant également produit par la source de tension de 20HZ.

A cet effet, les deux courant sont redressés et comparés entre eux dans un circuit en pont

Il ne se produit pas de déclenchement tant que la courante compensation dépasse le courant de mesure augmente à cause de la résistance de terre réduite tandis que le courant de composition reste, aussitôt que le courant de mesure domine, le dispositif de protection réagit.

Etant donné que le courant de compensation et le courant sont produits par la même source de tension d'alimentation de la génératrice à 20HZ n'ont pas d'influence sur la valeur de seuil.

IV.4 Protection contre les pertes d'excitation :

La rupture ou la mise en court-circuit de l'enroulement d'excitation d'un alternateur est un défaut majeur. Il provoque, soit le fonctionnement de l'alternateur en génératrice asynchrone, soit l'arrêt de la conversion d'énergie et l'augmentation de vitesse. Le premier cas se produit si le circuit d'excitation est en court-circuit ou si le rotor est muni d'enroulements amortisseurs ; le régime est stable mais la machine n'est pas dimensionnée pour l'accepter très longtemps. Dans le second cas, le régime est instable et l'arrêt de la machine entrainante doit être commandé au plus vite.

Il est donc nécessaire de surveiller le circuit d'excitation. Malheureusement celui-ci est assez souvent inaccessible, totalement situé au rotor. On utilise alors la mesure de la puissance réactive absorbée par l'alternateur ou la mesure de l'impédance à ses bornes (figure IV.9).

La mesure de la puissance réactive est la plus simple et la plus utilisée pour protéger les alternateurs de moyenne puissance. Elle permet de détecter à l'aide d'un relais directionnel de la puissance réactive toute absorption de puissance réactive, donc un fonctionnement de l'alternateur en génératrice asynchrone. Le seuil de détection doit pouvoir être réglé à une valeur inférieure à S_n (puissance apparente nominale de l'alternateur) ; typiquement, $0,4 S_n$.

[14]

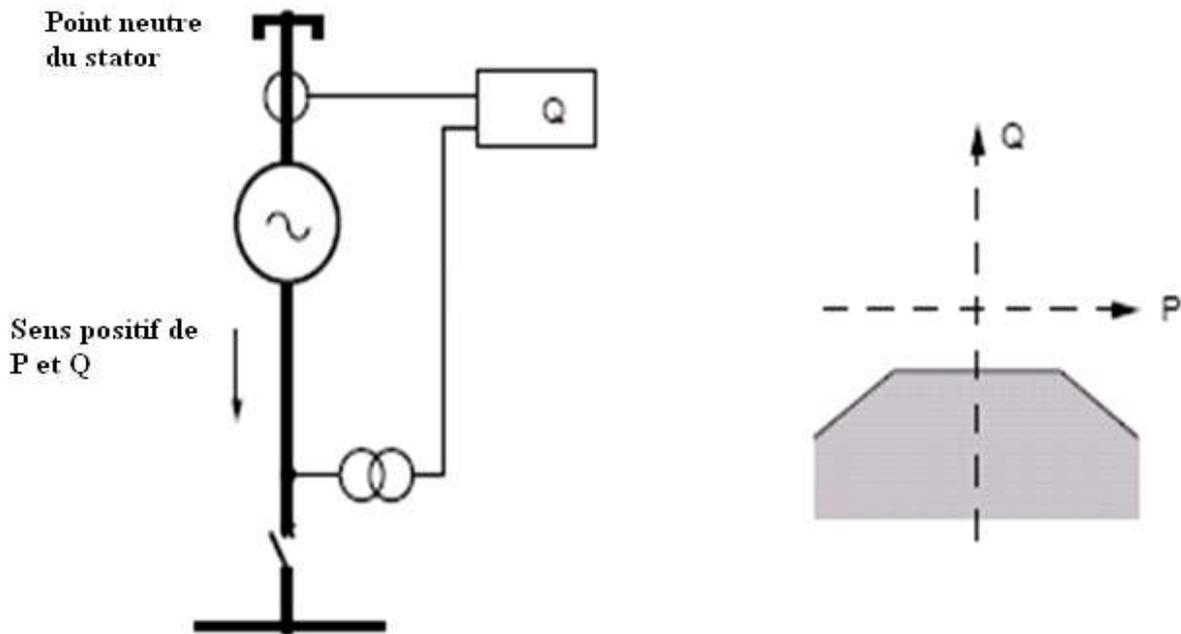


Figure (IV.9) : Protection contre les pertes d'excitation.

IV.12.5 Protection contre la surintensité :

IV.12.5.1 Généralités :

La protection contre les surintensités dans l'enroulement statorique est destinée à la prévention des surcharges. Elle peut aussi être utilisée en protection de secours contre le court-circuit externe qui ne serait pas éliminés par les relais de protection du réseau.

Il est à noter que l'échauffement des conducteurs statoriques est également surveillé par des sondes thermométriques, ou par image thermique.

IV.12.5.2 Rôle de la protection :

Le rôle de la protection contre la surintensité est de protéger l'alternateur contre les courants de court-circuit qui se produisent dans l'alternateur ou à l'extérieur (réseau).

IV.12.5.3 Réalisation et principe de détection :

- la protection répond au principe de détection directe.
- Le courant est généralement mesuré sur une seule phase, car la surcharge est à priori équilibrée. Le système de protection se compose :

D'un transformateur de courant de rapport $I_{pn} / 5A$ ou $I_{pn} / 1 A$. I étant le courant normalisé immédiatement supérieur à la valeur maximale permanente statorique I_a ; par exemple à la puissance apparente $S = S_n : U = 0,95 U_n$; $I_a = 1,05 I_n$, S_n , I_n , U_n donnant les valeurs assignées de puissance apparente, courant et tension de l'alternateur.

D'un relais de protection à maximum de courant, réglé à une valeur comprise entre 1,1 et

1,2 In et temporisé de quelques secondes (2 à 10 s) ; éventuellement, un deuxième relais, réglé à une valeur supérieure à (1,2 In ou plus) et temporisé (5 à 10 s) provoque le déclenchement du groupe. [4]

IV.12.5.4 Action :

Alarme en salle de commande.

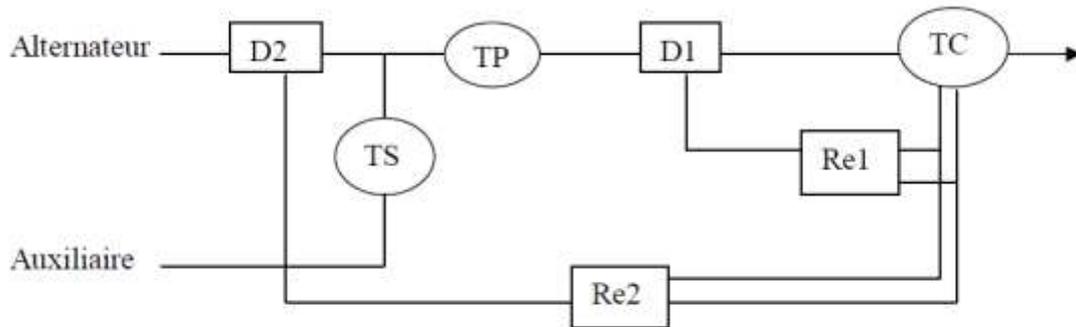


Figure [IV.10] : Schéma simplifié d'une protection contre la surintensité

IV.12.6 Protection masse rotor :

Conséquence possible du défaut :

Une seule masse ne produit aucune perturbation, mais si une deuxième masse se produit, une partie des spires du bobinage du rotor est court-circuit ; il en résulte un déséquilibre magnétique du rotor susceptible d'entraîner des vibrations très dangereuses. D'autre part, un décrochage par manque d'excitation est à craindre.

✚ But de la protection :

Protéger le rotor contre l'usure que peut causer un courant circulant entre deux points du circuit à la masse

✚ Son principe : il est basé sur la mesure de la résistance d'isolement entre le circuit d'excitation et la masse .cette protection donne une alarme quand la résistance d'isolement est $< 80K\Omega$,et elle donne un ordre de déclenchement, quand cette résistance est $< 5K\Omega$

❖ Protection contre les contacts à la terre du rotor 7UR20 :

Composition : elle est composée des ensembles et des auxiliaires suivants :

✚	Entrée de mesure 7TM34	00-0
✚	Commutation de commande 7TW46	00-0
✚	Commutation logique 7TW45	00-0
✚	Commutation de mesure 7TL44	00-0
✚	Indicateur de valeur limite 7TL45	00-0
✚	Appareil d'accouplement 7XR60	01

Application :

La protection 7UR20 sert à détecter les défauts résistants à la terre de basse impédance dans le circuit d'excitation de la machine synchrone. Son importance pour la sécurité de fonctionnement d'une centrale électrique repose sur deux phases : il se produit des déséquilibres magnétiques et que des très grands courants passent par les points de défaut, de sorte que le rotor est détruit en très peu de temps. Donc il est d'une importance que des contacts à la terre simple soient dans la mesure d'être signalés et débranchement des leurs approche afin de détecter des contacts à la terre dans l'ensemble du circuit d'excitation et en d'autres endroits de l'enroulement inducteur, un haubanage complémentaire contre la terre est nécessaire, en générale d'un accouplement d'une petite tension à fréquence du réseau par l'intermédiaire de condensateur ou de circuit accordés on de la mesure du courant alternatif allant vers la terre une telle mesure de courant dépend toutefois des capacités du circuit d'excitation par rapport à la terre, de la part d'ondes harmoniques de contact des balais dans les machines excitées en vitesse normale.

Ces grandeurs perturbation rendent difficile une mesure sûre de la résistance de l'isolement, et le haubanage avec tension à fréquence du réseau limite même pour les cas les plus propices la mesure des résistances à la gamme de 0-10K Ω .

Abstraction faite de dommages mécaniques directs infligés à l'isolation de l'enroulement, une détérioration progressive de l'isolation peut déjà se produire avant l'apparition d'un contact à la terre de basse impédance.

L'exploitant de la machine vent être informé le plus possible de la détérioration de l'isolation du circuit d'excitation, en cas d'un défaut résistants à la terre comme il ne faut pas soumettre la machine à une révision qu'à un moment qui lui convient.

En cas de contact à la terre saturés, il faut toutefois arrêter la machine un médiatement et la d'désexciter. C'est la l'objectif de la protection contre les contacts à la terre du rotor à deux étages $RE < 5k\Omega$; $RE < 80K\Omega$

❖ **Mode de fonctionnement :**

CE= capacité circuit de rotor terre

RE= résistance de contact à la terre

RV=résistance d'accouplement

UH= tension auxiliaire

RM= shunt de mesure

Principe :

Si l'influence de la capacité C'est négligée la tension auxiliaire rectangulaire UH envoie d'abord un courant i par les résistances RE, RV et RM.

$$I = UH / RE + RV + RM \longrightarrow 1$$

Qui est une mesure pour la grandeur de résistance d'isolation RE de l'enroulement du rotor.

A la résistance RM se manifeste ensuite la chute tension $UM = i RM$ pour $RM \ll RV$ on a alors

$$UM = UH \frac{RM}{RE + RV} \longrightarrow 2$$

La capacité CE//RE a pour effet que la valeur de la tension soit que i augmente subitement au début de chaque dème période et atteint ensuite après le temps de montée la valeur finale ie

$$I = UH / RE + RV (1 + 2RE / RV e^{-t/T}) \longrightarrow 3$$

Le facteur 2 dans le deuxième terme entre parenthèse de l'équation 3 est du au fait que pendant le fonctionnement la tension auxiliaire ne saute pas seulement de zéro à une valeur positive, mais d'une valeur positive à une valeur négative et vice -versa pour obtenir RE ,il faut détecter ie et une..On reconnait que la valeur finale à été attenante par le fait que des

valeurs successives d'un, qui sont comparées entre elles de façon permanente coïncident un bout d'un temps de montée suffisamment long.

La constante de temps pour l'évanouissement d'un est de $T = CE \frac{RE \cdot RV}{RE + RV} \rightarrow 4$

elle atteint son maximum pour $RE \rightarrow \infty$ avec $T_{max} = RV \cdot CE$ et minimum pour $RE = 0$ avec $T_{min} = 0$ une fois la valeur finale atteinte (régime permanent), la tension ou shunt de mesure s'exprime de la façon suivantes . $U_M = U_M e^{-i R M} = U_H \frac{R_M}{RE + RV} \rightarrow 5$

et constitue ainsi une mesure pour la grandeur de la résistance de terre . la mesure d'écrite ci-dessus est toutefois rendue difficile dans la pratique par deux grandeurs perturbatrices . d'une part suivant la position du contact à la terre dans l'enroulement d'excitation, une autre composant de tension continue apparait dans le circuit de mesure et d'autre part de grandes tension alternateur peuvent se superposer à la tension continue d'excitation.

La suppression de la composante de tension de mesure U_H étant renversée alternativement et la mesure se fait automatiquement par une commutation de commande ,qui fonctionne suivant que la tension de mesure U_M atteint la valeur finale stationnaire ou non . on reconnaît la valeur finale stationnaire en explorant la chute de tension provoquée par le courant de charge sur le shunt de mesure dans un système à tranche de temps de 80 ms . ceci signifie que la fréquence de la tension continue explorée son renversement permanent dépend des valeurs CE et RE du circuit d'excitation et n'est pas constant avec les valeurs des circuits d'excitation habituels et la résistance d'accouplement dimensionnée pour une mesure de valeur ohmique élevée ,on obtient une fréquence d'exploration de l'ordre de 0.8-1.8 H.

Aussitôt que la différence entre la valeur de mémoire $S1$ et la valeur de mesure suivante formée dans le formateur de différence $D1$ ne dépasse plus une valeur limite prédéterminée ,la régime permanent est atteint la valeur de tension se présentant maintenant à la résistance de mesure est reprise suivant son siège de polarité par la mémoire $S2$ ou $S3$. ensuite la commande est émise au générateur rectangle de renverser la tension auxiliaire et de procéder à une nouvelle mesure deux valeurs de mesure consécutives obtenues ,avec une tension de mesure polarisée de façon différente sont minorisées dans la mémoire $S4$. cette différence est une mesure pour la résistance d'isolation chargée, indépendamment de la grandeur d'une tension continue superposée.

- S'il n'y a pas de contact à la terre ($RE \rightarrow \infty$) seul le courant de charge pour les capacités de l'enroulement du rotor circuit ,ainsi qu'on le voit dans la fig 6 b. la

dernière valeur de mesure avant le renversement correspondant de la tension auxiliaire UH est pratiquement égale à zéro. C'est ainsi que les valeurs mémorisées dans S2 et S3 sont aussi égales à zéro, et qu'on ne reconnaît pas de différence dans D2.

- Dans le cas d'un contact à la terre du rotor, les deux mémoires S2 et S3 peuvent contenir les valeurs de tension suivantes :

Mémoire 2 : + 0.8v+100.0v /+100.8v

Mémoire 3 : -0.8v+100.0v/+99.2v

Comme différence on obtiendrait par $D2=1.6v$ une modification rapide de la tension d'excitation par le régulateur de tension pourrait toutefois la formation de différence, donc simuler une fausse valeur RE.

L'élément de commutation constitué par les mémoires S4 et S5 et valeur .chaque nouvelle valeur obtenue dans D2 est mémorisée dans la mémoire S4. ce n'est que lorsque des valeurs coïncident que D3 libère la mémorisation dans le mémoire de sortie .par suite de cette répétitions multiple de la mesure, l'appareil est extrêmement résistant aux perturbations .si une perturbation de l'appareil par des modification de la tension d'excitation dure plus de 5s ,une signalisation de perturbation est émise, qui disparaît automatiquement après l'élimination de la cause au bout d'une seconde.

La tension de sortie de la mémoire 5s est directement proportionnelle à la valeur de mise à la terre. Elle transmise à deux étage de valeurs limites qui provoquent ou un déclenchement lorsque l'onde de réponse est atteinte. ces émetteurs de valeurs limites sont mis au point de façon fixe à leurs valeurs de réponse l'étage de signalisation répond lors de résistances d'isolement $RE \leq 80 K\Omega$ et l'étage de déclenchement à $RE \ll 5k\Omega$.

IV.12 7 Protection contre l'asymétrie :

Le champ magnétique tournant inverse qui se crée pendant le déséquilibre de phases, induit dans le rotor des courants de fréquence double qui, à cause de leur fréquence relativement élevée, n'ont qu'une faible profondeur de pénétration.

-pour des raisons de réfutabilité les rotors de turbo-alternateurs ne sont pas en général munis de cage amortissant .les cales d'encoche donnent de pair avec le cylindre massif et avec les capots d'extrémité du rotor, une sorte de cage amortissant, mais tonte fois celle -ci ne peut être que légèrement chargée par suite des différentes résistances de contact entre les cales

d'encoche et les cylindres si on veut empêcher des réchauffements locaux indus, en particulier aux extrémités des cales.

Cette procédure peut donner lieu à une augmentation inadmissible de température dans le rotor, qui réduit la durée de vie de l'isolation de l'enroulement et peut donner lieu à la destruction de celui-ci.

Rôle de la protection :

Elle a pour tâche d'assurer une surveillance thermique du turbo-alternateur et de provoquer son d'enclenchement aussitôt que la température atteint une valeur I_{max} miscible.

Composition : elle comporte :

- ✚ Une carte de mesure de courant 7TM16
- ✚ Un séparateur de champ magnétique rotatif 7TF20
- ✚ Une carte de valeur limite 7TP12
- ✚ Une minuterie 7TT11

Mode de fonctionnement : les courants secondaires des transformateurs de courant, sont amenés en trois phases aux translateurs, d'entrée dans l'entrée de mesure 7TM16.

Dans une commutation filtrante (séparateur de champ tournant) 7TF20. Champ tournant inverse ou le courant inverse est filtré et intensifié par l'intermédiaire de l'indicateur de valeur limites à deux étages 7TP12 avec les gammes de réglage 12.5% et 8-70% du courant nominal à la minuterie 7TT11 (gamme $2 \times 0.1 - 6.4$ sec); en même temps la tension proportionnelle au courant inverse est amenée à l'ensemble de mesure 7TJ21, c'est-à-dire à la représentation thermique, dans lequel l'allure exponentielle de la température est reproduite moyennant des commutations électroniques de la sorte on obtient une tension proportionnelle à l'échauffement, qui est située sur un déclencheur qui émet une commande de déclenchement lorsque la température de déclenchement est atteinte .

IV.12.8 Protection contre les surcharges :

Rôle : protéger le bobinage statorique contre une élévation inadmissible de température qui se produit quand l'alternateur est surchargé. La surcharge provoque une fatigue et un vieillissement prématuré des isolants.

La protection contre les surcharges est un simulateur thermique qui utilise le courant du stator pour surveiller la température d'échauffement de l'enroulement statorique.

Principe : La protection contre les surcharges est basée sur la mesure de la température directe, ou indirecte.

a) mesure direct : elle est fait par thermomètres (résistances ou couple thermoélectrique).

b) mesure indirect : la plus répandue à lieu à l'aide d'une image thermique .l'échauffement étant fonction du temps et de l'intensité.

Composition :

Elle se compose

-d'un ensemble d'entrée 7TM24.

-d'un élément de mesure 7TJ21.

Fonctionnement :

L'ensemble d'entrée 7TM24 : sert de transformateur d'entrée de courant pour l'élément de mesure 7TJ21 qui est placé en aval .les courants alimentés à l'ensemble sont dévoltes dans les transformateurs TR1 ; TR2 ; TR3, redressés et prélevés chacun sur un shunt entant que tension .la plus grande des trois tensions est traitée ultérieurement dans l'élément de mesure7TJ21.

L'élément 7TM24 contient un émetteur de commandes ainsi que deux indicateurs obliques qui sont verrouillés magnétiquement. L'émetteur de commandes est amorcé conjointement par les déclenchements J2t et J1t de l'élément de mesure7TJ21.la distinction entre les commandes de d'déclenchement se fait à l'aide des deux indicateurs optiques amorcés séparément.

L'élément de mesure 7TJ21 est utilisé en rapport avec un ensemble d'entrée de courant pour la reproduction de température cet effet la tension proportionnelle au courant de l'objet à protéger offerte par l'ensemble d'entrée est élevée au carre à l'aide d'un multiplicateur de durée d'impulsion de tension .a la sortie du multiplicateur, on dispose d'une série d'impulsions rectangulaire, dont la fréquence est proportionnelle à J^2 . Les impulsions sont enregistrées dans un montage compteur numérique .un convertisseur analogique-

numérique convertit la position du compteur en un signal analogique et l'applique à un changeur de fréquences des deux séries d'impulsions, qui sont évaluées moyennant le comptage positif et en retour ayant lieu simultanément, déterminent l'allure de la température reproduite par la constante de temps thermique T . lorsqu'on met le courant en circuit, le dispositif de mesure ne produit au premier en retour, puisque la position du compteur est encore à zéro.

A mesure que la position du compteur monte, le convertisseur produit des impulsions en avant dominant la tension proportionnelle à l'augmentation de la température. Cette augmentation devient de plus en plus lente, jusqu'à un nombre d'impulsions égaux en aval et en amont le convertisseur établit un état permanent et coïncide avec l'atteinte de la température finale.

La tension analogique se trouve à la sortie du convertisseur numérique (position du compteur) permet de mesurer la température reproduite qui peut être transmise à un instrument de mesure ou un ampli-séparateur. Une température de 140° (température de déclenchement correspond ainsi suivant le choix du raccordement à un courant de 1mA avec une résistance de circuit $R=200$ Ohm ou à une tension -8.4V .

La température de déclenchement peut être influencée par une tension complémentaire appliquée à l'extérieur (température de l'agent réfrigérant à l'aide d'un thermomètre.

Sans tension complémentaire extérieure, une tension complémentaire de $-2.4V = 40^{\circ}C$ est prédéfinie dans l'appareil, si la somme de tension complémentaire est de la tension prélevée au compteur dépasse le seuil de 804V mis au point de façon fixe sur le déclencheur correspondant à une température totale de $140^{\circ}C$, donc il y a émission d'un ordre de déclenchement.

IV.12.9 protection sous –fréquence :

La fréquence est un paramètre important du réseau, sa variation influe énormément sur la stabilité du réseau (équilibre production consommation).

La surcharge du réseau entraîne un ralentissement des groupes turbo –alternateur en service , du fait qu'ils sont sollicités à fournir une puissance supérieure à leur puissance nominale , ce qui engendre une chute de fréquence si l'ensemble des machines connectées au réseau n'arrivent pas à répondre à la demande .

-une protection sans –fréquence est indispensable dans le plan de protection d'une machine.

Composition : elle comporte :

-7TM60 : unité d'entrée de tension

-7TP10 : émetteur de fréquence

-7TR20 : unité de couplage

-7TT10 : minuterie.

L'émetteur de fréquence 7TP10, avec l'entrée de mesure de tension 7TM60 sont utilisés en ensemble combiné et constituent une protection contre les sons –fréquence.

Une mesure de fréquence correspond toujours à une mesure de la durée de période de la tension de mesure qui risque d'être faussée par de brusques changement de phase .on obtient sur l'émetteur de fréquence 7TP10 une grande sécurité à l'égard des erreurs de mesure par répétition de mesure.

Made de fonctionnement du 7TP10 :

A l'entrée de cette unité, on applique à partir de l'entrée de mesure de tension 7TM60 une série de signaux dont la durée de période t_p correspond à la fréquence à mesure(1).au début de chaque période se trouve le point de départ de la séquence temps t_1 qui dure 2ms (2). La séquence temps t_2 débute une fois t_1 écoulé .la durée de (t_1+t_2) correspond à la durée de période de la fréquence de réaction et de la fréquence réglée (t_1 =valeur fixe, t_2 = valeur modifiable par réglage, t_1+t_2 qui est égale à la valeur de réaction .le signal t_1 inversé à temporisation instantanée (4) sont transmis à deux operateur *ET*.

L'émetteur de fréquence réglé sur sous –fréquence

-commutateur sur $f < -$ et que la durée de période t_p soit plus longue que la durée de période de t_2 (entrée de t_3) (5a).

-l'étage temps t_3 transmet une impulsion de comptage (6) au compteur par l'inter médire d'un opérateur *ET*aval lorsque le nombre des répétitions réglé a été atteint

- conformément au tableau-I-

La sortie de l'étage compteur émet un signal L. (7TM60)

*l'étage t4 remet le compteur à zéro lorsqu'aucune autre impulsion de comptage ne vient au cours de la durée de période maximum (surveillance a max de temps 7).

Celle-ci limite la plage de travail à 43HZou 54HZ environ autrement dit aucun signal de sortie n'est émis au dessus de cette valeur.

* l'étage t5 remet le compteur à zéro lorsqu'une impulsion de comptage produit de la durée de période la plus courte possible (surveillance à minimum de temps)(8)

Réglage de la valeur de seuil :

La mesure de fréquence appliquée ici repose sur la comparaison de la durée de période de la fréquence à mesurer (f_x) avec le temps de marche (t_{px}) d'un étage –temps réglage avec une extrême précision .nous avons $t_{px}(\mu s) = 1.10^6 / f_x$ l'étage temps à un temps minimum réglable de façon fixe $t_{p \min} = 7T_{P10}(45-55\text{HZ})$; $t_{p \min} = 18180 \mu s = 55\text{HZ}$ on peut additionner aux temps minimum –le système binaire ,les échelons de réglage tPE suivants .10 ,20,40.80.160.320.640.1280.2560....etc

Si toutes les fiches de réglage sont tirées, ceci correspond à un temps maximum $t_{p \max}$ de $23290 \mu s = 42.936\text{HZ}$. toute fois ce réglage n'est pas autorisé ; la valeur de réglage de fréquence les plus basses autorisées sont de 45HZou 55HZ.

EX : valeur de réglage désirée $f_x = 48.116\text{HZ} = t_{px} = 20764 \mu s$ si l'on soustrait de cette valeur le temps mini $18180 \mu s$, il reste un temps résiduel de $2584 \mu s$. on peut bien s'en approcher avec les échelons de réglage $t_{pe} = (2560 + 20) \mu s = 2580 \mu s$.

La fréquence réellement réglée est alors : $f = 1/t = 1/20760 \mu s = 48.169\text{HZ}$ $D_f = 0.009\text{HZ}$ (variation de fréquence par rapport à la valeur désirée)

IV.12.10 Protection contre les surtensions :

IV.12.10.1 Rôle :

Le rôle de la protection contre les surtensions est de protéger l'alternateur contre la rupture d'isolation au niveau du stator suite à une surtension.

Elle a pour but de détecter ou éliminer les surtensions importantes qui peuvent endommager l'alternateur.

IV.12.10.2 Constitution :

La protection contre les surtensions comporte :

- Une carte de mesure.
- Une carte de valeur limite.
- Une minuterie.

IV.12.10.3 Fonctionnement :

La tension secondaire du transformateur de tension (T T) est transmise à la carte de mesure Pour évaluation, puis elle est transmise à la carte de valeur limite pour comparaison.

Lorsque la valeur de celle-ci dépasse la valeur limite, l'émetteur réagit et émet un signal de déclenchement vers la matrice de déclenchement par l'intermédiaire de la minuterie. Cela après un retard pré réglé 0,1– 0,4 S. [1]

La matrice de déclenchement donne les ordres suivants :

- Ouverture du disjoncteur de la ligne.
- Ouverture du disjoncteur de l'alternateur.
- Ouverture du disjoncteur de l'excitation.
- Alarme en salle de commande.

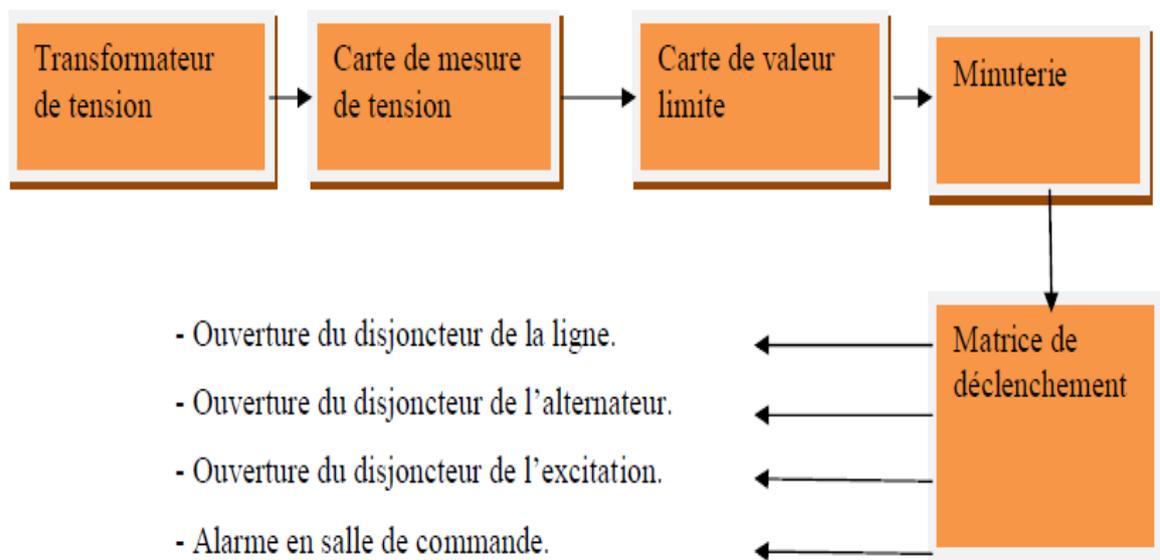


Figure (IV. 11) : Schéma simplifié d'action

IV.13 Conclusion :

Ce chapitre a été consacré au système de protection de l'alternateur, où nous avons l'appui de la technique de protection continue sur ce système. Cette continuité d'exploitation et la limitation au strict minimum des conséquences des défauts de tous types sont obtenues par le bon choix des dispositifs de protection et de leur réglage.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le système de protection de alternateur se considère permet les systèmes les plus important incorporés dans tout système de puissance .Il est conçu pour éviter l'endommagement de l'alternateur ,un tell système devrait assurer la détection du défaut dès son apparition pour prévenir contre ses effets nuisibles à l'alternateur en effectuant le mode de déclenchement convenable ,mais il devrait aussi assurer une continuité du service disponibilité de l'énergie électrique .En court ,il devrait répondre le mieux aux critères de sureté de fonctionnement.[16]

Pour tous ceci nous avons effectué un stage de fin d'études Master qui représente une contribution au technique de protection et sécurité de l'alternateur de la centrale thermique RAS DJINET.

Durant ce travail nous avons bénéficié des connaissances déjà acquis durant le cursus universitaire, ces connaissances sont très utiles pour notre étude, nous avons appris de même le concept technologique ainsi le fonctionnement de l'alternateur.

Notre travail consiste a illustrer des dix différentes techniques utiliser pour la protection de ce système alternateur qui est un system de grande importance pour la production l'électricité.

La conception et le choix des relais de protection des alternateurs répondent au besoin d'élimination rapide des défauts électriques, dans le but de limiter les dégradations apportées à ces machines, sans trop perturber le fonctionnement des équipements qui leur sont raccordés.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : Documentation interne de la centrale thermique de RAS-DJINET.
- [2] : Documentation technique des constructeurs de la centrale (siemens Autriche, siemens KWU Allemagne, SGP Autriche...).
- [3] : KVU, service de formation professionnelle, circuit de dessalement d'eau de mer N°d'enregistrement 5515.
- [4] :Jean-Pierre Méricq « Approche intégrée du dessalement d'eau de mer », thèse de Doctorat, Université de Toulouse, Décembre 2009.
- [5] George Asch. Les capteurs en instrumentation industrielle - 7ème édition Broché.2010
- [6] : KWU, service de formation professionnelle, circuit eau vapeur N° d'enregistrement 5512
- [7] : BOUHDJAR Amor ;bulletin des énergie renouvelables N°22-2012 ,énergies renouvelables-développement durable –environnement ,2012
- [8] : ww.enseignons.be/upload/.../éveil.../20-03-11energie –nucleaire.doc
- [9]: DE KERORGUEN Yan :Guide de toute les énergies, connues et inconnues ,édition technip,2010
- [10] : A.Meflah ,(Modélisation et commande d'une chine de pompage photovoltaïque))mémoire de Magistère ,Université de Tlemcen ,Algérie ,2011.
- [11] Théodore WILDI, Gilbert SYBILLE ; « ELECTROTECHNIQUE » ; 4e édition : de Boeck.
- [12] Francis MILSAT ; « Machine électrique tome III » ; BERTI.
- [13] GILBERT RUELLE ; « turboalternateur » ; technique de l'ingénieur D 3530.
- [14] Pierre Roccia ; « protection des machine et des réseaux industriels haute tension » ; CT n° 113 ; MERLIN GERIN ; 1985
- [15] Mohamed Bachir BENABID ; « Les protections électriques des centrales de production

de l'électricité ».

[16] mémoire Mr.KARAKACHE MOHAMED magister.

ملخص

في هذا الدراسة، نتناول متوسط الحماية المختلفة لمولد التيار المتردد في محطة الطاقة الحرارية رأس جنات. في بداية هذا العمل، قدمنا محطة الطاقة ثم إنتاج الطاقة الكهربائية، و ثم درسنا أداء ومكونات المولد في النهاية قدمنا تقنيات حماية مولد التيار المولد لمحطة كهرباء رأس جنات .

Résumé

Dans cette étude, nous abordons les différentes moyenne de protection électrique de l'alternateur à la centrale thermique de Ras-djinet .Au début de ce travail, nous avons présenté la centrale et puis la production d'énergie électrique, et puis nous avons étudiés le fonctionnement et les différents constitués de l'alternateur à la fin, nous avons présentés les techniques de protection de l'alternateur des un centrale de Ras-djinet .

Summary

In this study, we address the average deferent electrical protection of the alternator at the Ras-djinet thermal power station. At the start of this work, we presented the power station and the production of electrical energy, and we studied the functioning and the deferens constitutes of the alternator at the end, we presented the techniques of protection of the alternator of a Ras-djinet power station.