



Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz

Centrale Tunis SUD

Centrale Goulette II

RAPPORT DE STAGE

Du 15/07/2005 au 15/08/2005

Effectué par : **CHEIKHROUHOU Ahmed**

Filière : **Informatique industrielle & Automatique**

Institut : **I.N.S.A.T**

REMERCIEMENTS

Mes vifs remerciements vont particulièrement à :

❖ Centrale Tunis Sud :

Le chef de la centrale Monsieur SELMI KHALIFA , le chef d'exploitation Monsieur KHAMMASSI MAHER, le chef d'entretien Monsieur MAGRI ABDELKARIM.

❖ Centrale Goulette II :

Le chef de la centrale Monsieur ZARROUK MONSEF , le chef d'exploitation Monsieur MASMOUDI SABER, le chef d'entretien Monsieur SAADOUNI JILANI.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	2
INTRODUCTION.....	4
I.Présentation générale de la STEG.....	4
1.Production.....	4
2.Transport.....	4
3.Distribution.....	5
4.Rôle du dispatching.....	6
CENTRALE TUNIS SUD DU 15/07/2005 À 02/08/2005.....	6
I.Présentation du Centrale de production d'électricité de TUNIS-SUD.....	7
1.Introduction.....	7
2.Les caractéristiques des trois turbines de la centrale de Tunis - Sud.....	7
3.Organisation de la centrale.....	7
II.Description des compartiments des turbines à combustion :.....	9
1.Le compartiment de contrôle.....	9
2.Le compartiment des auxiliaire.....	9
3.Le compartiment turbine-compresseur.....	10
4.Le compartiment alternateur.....	11
III.Fonctionnement de la turbine a combustion T.A.C.....	12
1.Généralités.....	12
2.Le démarrage.....	13
3.L'arrêt.....	13
4.Le système de combustion.....	14
IV.Généralités sur la régulation.....	14
V.Circuits de fluides.....	15
1.Système de lubrification.....	15
2.Système d'air de refroidissement et d'étanchéité.....	16
3.Système d'eau de refroidissement.....	16
VI.Système de protection incendie.....	17
VII.Les transformateurs de tension.....	17
1.Le transformateur principal.....	18
2.Le transformateur auxiliaire réseau TAR.....	18
3.Le transformateur auxiliaire machine TAM.....	18
CENTRALE GOULETTE II DU 03/08/2005 À 15/08/2005.....	19
I.Introduction.....	19
II.Présentation générale de la centrale Goulette II.....	19
III.Présentation du système de contrôle-commande Mark V.....	20
CONCLUSION.....	23

INTRODUCTION

Dans le but de comprendre les conditions de travail et le système général de production et d'acquérir une idée pratique sur les difficultés fonctionnelles, j'ai effectué, pendant un mois, un stage ouvrier à la société tunisienne de l'électricité et du gaz : 20 jours dans la centrale de Tunis-sud, et 10 jours dans la nouvelle centrale Goulette II.

I. Présentation générale de la STEG

1. Production

La STEG dispose d'un parc de production diversifié réparti en une vingtaine de centrales et composé de turbines à gaz, turbines à vapeur, cycles combinés, turbines hydrauliques et éoliennes. Les choix technologiques sont basés sur la recherche du meilleur compromis entre les exigences de fiabilité, de disponibilité, de moindre coût et de respect de l'environnement.

■ **Thermique Vapeur 40,1%**

■ **Cycle Combiné 29,2%**

 dont IPP 16,5%

■ **Turbine à Gaz 28,2%**

■ **Hydraulique 2.1%**

■ **Eolienne 0,4%**

Energie propre, permettant l'adoption des technologies les plus performantes telles que le cycle combiné, le gaz naturel occupe une place prépondérante dans la production d'énergie électrique.

Toujours dans l'objectif de contribuer à préserver l'environnement, la STEG a intégré l'éolien parmi ses choix. Ainsi, une première centrale de 20 MW a été mise en service à partir de 2000 à Sidi Daoud au Nord-Est du pays. En outre, une deuxième centrale est prévue au cours du dixième plan national.

2. Transport

Le réseau national de transport est exploité par la STEG. Il comporte une cinquantaine de postes HT et près de 4500 km de lignes HT.

Afin de réduire l'indisponibilité des ouvrages, la STEG a introduit les travaux sous tension sur le réseau HT et les techniques numériques dans le système de protection des lignes HT.

- **Interconnexion**

Le réseau de transport de la STEG est interconnecté avec celui de l'Europe, via les réseaux algérien et marocain. L'interconnexion avec la Libye, déjà achevée, permettra d'étendre la zone de synchronisme aux pays du Machrek jusqu'à la Syrie, via la Libye, l'Egypte et la Jordanie.

- **Perspectives de développement**

L'ampleur attendue de l'ouverture du marché de l'électricité au cours de la présente décennie justifiera la construction de couloirs de transport de grande capacité entre les réseaux des pays voisins de la Tunisie. Une étude de faisabilité d'un axe de transport, depuis l'Egypte jusqu'au Maroc, a été déjà lancée dans le but de déterminer les renforcements nécessaires pour assurer un transit maximal. La liaison entre la Tunisie et l'Italie est à l'étude. Elle viendrait renforcer la boucle méditerranéenne et permettrait la constitution d'un marché régional d'électricité.

3. Distribution

La STEG exploite actuellement un réseau de près de 120.000 km de lignes moyenne et basse tensions.

- **La STEG présente partout en Tunisie**

La STEG alimente près de **2,5** millions de clients : domestiques, professionnels, industriels, agricoles, administratifs. Elle entretient les relations avec ses clients à travers 34 districts et **79** agences. Le taux d'électrification global (urbain et rural) du pays est de **96%**. Les ventes annuelles d'électricité sont d'environ 10.000 GWh.

- **Perspectives de développement**

Dans les années à venir, les efforts seront orientés essentiellement vers l'assainissement des réseaux urbains, la fiabilisation de l'alimentation des grands centres de consommation, la modernisation de la gestion technique et de la conduite des réseaux et le respect de l'environnement et de l'esthétique des villes. La STEG entreprend également la mise à niveau de son système de gestion clientèle et poursuit l'action d'assistance à ses fournisseurs locaux pour la mise en place d'un système qualité basé sur la famille des normes ISO 9000. L'objectif final est la satisfaction des attentes des différentes catégories de clientèle.

4. Rôle du dispatching

Le dispatching assure la coordination et l'adaptation à tout instant de la production à la demande de l'énergie .un système de dispatching doit couvrir les fonctions suivantes :

- La gestion prévisionnelle
- La conduite en temps réel du réseau et des moyens de production
- La surveillance des ouvrages du réseau

Vu l'importance de système de dispatching, la STEG a rénové son dispatching en introduisant les techniques modernes de conduite pour suivre l'évolution rapide du réseau électrique tunisien.

CENTRALE TUNIS SUD DU 15/07/2005 À 02/08/2005

I. Présentation du Centrale de production d'électricité de TUNIS-SUD

1. Introduction

La centrale de Tunis-Sud est constituée de trois turbines à combustion de type 5001 (constructeur ALSTOM).

TG 1 et TG 2 installées depuis 1975.

TG 3 installée depuis 1978.

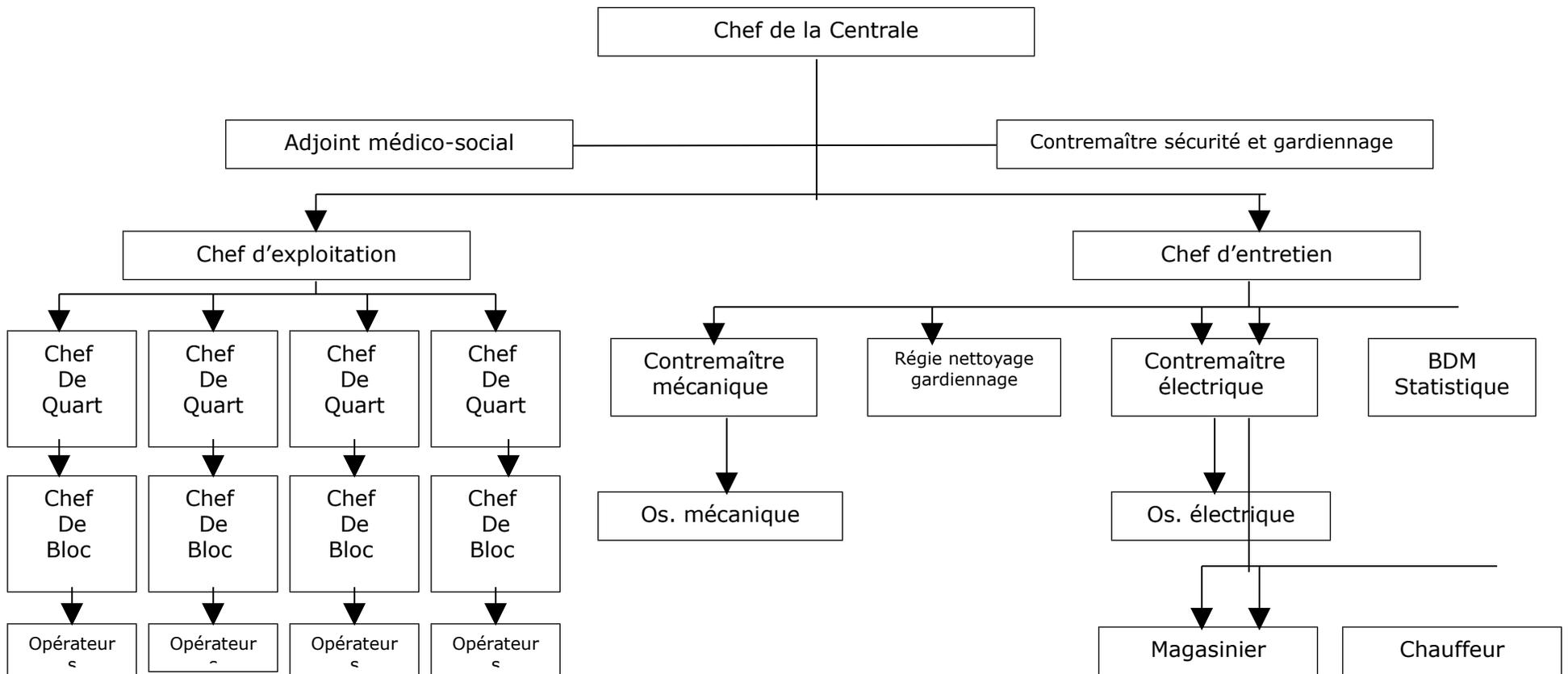
Le combustible utilisé, est le gaz Algérien.

2. Les caractéristiques des trois turbines de la centrale de Tunis - Sud

	modèle	Puissance maximale	Tension alternateur	Vitesse	Vitesse alternateur
TGI	55001N	22 MW	5.5 KV	5100 tr/min	3000 tr/min
TGII	5001N	22 MW	5.5 KV	5100 tr/min	3000 tr/min
TGIII	5001P	23 MW	11 KV	5100 tr/min	3000 tr/min

3. Organisation de la centrale

L'organigramme suivant illustre l'organisation générale de la centrale.



II. Description des compartiments des turbines à combustion :

La centrale de TUNIS-SUD est composée de 3 turbines à gaz type 5000 chaque turbine se compose de 4 compartiments :

- Le compartiment de contrôle
- Le compartiment des auxiliaires.
- Le compartiment compresseur turbine.
- Le compartiment alternateur.

1. Le compartiment de contrôle

Dans le compartiment de contrôle se trouvent tous les appareils de commande et d'informations nécessaires au fonctionnement de la machine.

1.1 - L'armoire de contrôle « SPEEDTRONIC » de la turbine :

C'est l'armoire de régulation et de commande de la turbine désignée plus couramment par armoire SPEEDTRONIC car ce dernier terme indique le genre de régulation utilisé. Elle comporte les appareils indicateurs ainsi que les voyants lumineux qui permettent les manœuvres, la surveillance et l'assurance du bon fonctionnement de la turbine.

1.2- L'armoire de l'alternateur :

Semblable à l'armoire turbine, l'armoire alternateur présente sur sa face avant des appareils de mesure et des voyants lumineux et des manettes de commandes.

*** L'armoire de contrôle centralisée des moteurs auxiliaires :C C M**

L'armoire de contrôle centralisée des moteurs auxiliaires de la turbine à gaz comporte des casiers, des manettes de commande et des voyant lumineux indiquant si le casier est sous tension et si l'auxiliaire correspondant est en service.

*** Les batteries et chargeur :**

Pour le fonctionnement des composants électroniques qui sont alimentés avec le courant continue DC et le démarrage en Black Start pour TG 1 (moteur Diesel).

*** Les bouteilles de CO2 :**

On utilise ces bouteilles pour la protection contre les incendies de la turbine (déclenchement automatique en cas de risque d'incendie).

2. Le compartiment des auxiliaire

Il est situé à l'avant du caisson d'aspiration d'air, et comprend tous les auxiliaires nécessaires au fonctionnement indépendant de la turbine.

❖ **Tableau des manomètres :**

C'est un panneau vertical situé au bout de compartiment des auxiliaires et regroupe un certain nombre de manomètres permettant de contrôler la pression des fluides depuis le Compartiment contrôle.

❖ **Moteur de lancement :**

Il sert à entraîner l'arbre du compresseur turbine à une vitesse bien déterminée (électrique ou Diesel).

❖ **Convertisseur de couple :**

C'est un élément qui convertit le couple donné par le moteur de lancement pour pouvoir tourner l'arbre de la turbine il est menu d'une pompe à huile entraînée par le moteur de lancement.

❖ **Le réducteur des auxiliaires :**

C'est un ensemble de roue dentée actionnée par l'arbre turbine pour entraîner la pompe à huile HP, pompe de graissage...etc.

❖ **Le vireur:**

C'est une motopompe pour aider le moteur de lancement pendant le moment de démarrage. Pour éviter le flèche de l'arbre turbine il fait tourner l'ensemble de 1 /8 de tour chaque 3mn. Le vireur est utilisé pour le positionnement des la ligne d'arbre.

3. Le compartiment turbine-compresseur

a)-La Turbine

La turbine peut être à action ou à réaction :

-Turbine à action : La détente de gaz se fait à 100% dans les directrices (étages fixes).

-Turbine à réaction : La détente a lieu simultanément dans les directrices et les roues (étages fixes et mobiles).

C'est dans la zone des étages de la turbine que l'énergie, sous forme de gaz chauds sous pression issue du compresseur et du système de combustion, est convertie en énergie mécanique. On compte deux étages pour les TG type MS 5001.

Chaque étage turbine se compose d'une directrice fixe et d'une roue mobile (la roue du premier étage « roue haute pression », la roue du second étage « roue de basse pression») avec son aubage.

La section Turbine comprend le rotor, le corps, les directrices, les segments de protection. Le cadre d'échappement et le diffuseur d'échappement le palier arrière turbine est situé au centre du cadre d'échappement.

b)-Compresseur :

La section compresseur à débit axial se compose d'un rotor et d'une série de corps. Les corps renferment les aubes orientables, les 17 étages du rotor et l'aubage du stator, ainsi que les deux rangées d'aubes fixes de guidage.

Dans le compresseur, l'air est mis en rotation par une rangée circulaire d'aubes mobiles (rotor) et subit une augmentation de vitesse. En franchissant ensuite une rangée d'aubes fixes (stator), la vitesse de l'air diminue et sa pression augmente.

Les aubes du rotor fournissent l'énergie nécessaire à la compression de l'air dans chaque étage et les aubes du stator guident l'air suivant une direction bien définie vers l'étage suivant.

A la sortie du corps d'échappement du compresseur, l'air est dirigé vers les chambres combustion. Une partie de l'air du compresseur est utilisée pour le refroidissement de la turbine, l'étanchéité des paliers et la commande du dispositif anti-pompage.

Voir photos compartiment Turbine-Compresseur dans la page suivante.

4. Le compartiment alternateur

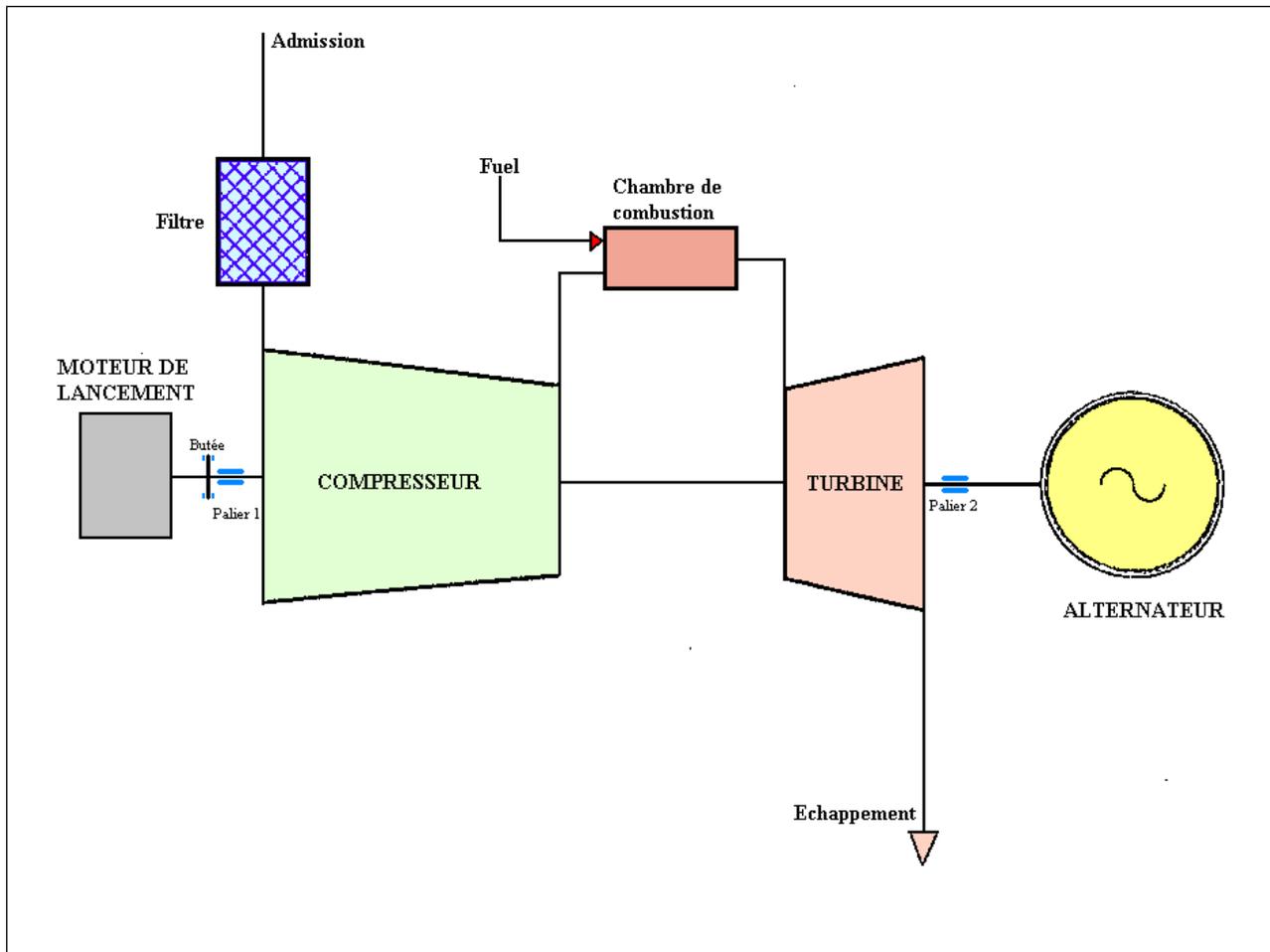
L'alternateur est un générateur à courant alternatif, refroidi à l'air entraîné par turbine à gaz, par l'intermédiaire du réducteur. Son sens de rotation est celui des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant l'alternateur, le dos tourné à la turbine à gaz.

L'extrémité côté réducteur du rotor de l'alternateur est accouplée de façon rigide au réducteur et supportée par celui-ci. L'extrémité du rotor côté excitation est supportée par le palier arrière, séparé de la carcasse de l'alternateur.

Voir photos compartiment Alternateur dans la page suivante.

III. Fonctionnement de la turbine a combustion T.A.C

1. Généralités



Un moteur de lancement entraîne le rotor de la turbine en rotation à la vitesse nominale, l'air ambiant est aspiré, filtré puis comprimé dans les 17 étages du compresseur axial. L'air comprimé en provenance du compresseur pénètre dans l'espace annulaire à la périphérie des 10 chambres de combustion, d'où il s'introduit entre les enveloppes intermédiaires et les tubes de flamme.

Les injecteurs introduisent le combustible dans chacune des 10 chambres de combustion où il se mélange à l'air. L'allumage s'effectue grâce à deux bougies rétractables. Au moment où l'allumage se produit au niveau d'une des deux chambres, la combustion se propage dans les autres chambres à travers des tubes d'interconnexion qui les relient entre elles au niveau de la zone de combustion.

Les gaz chauds issus des chambres de combustion se propagent à travers les pièces de transition emboîtées à l'extrémité arrière de chaque tube de flamme pour se détendre ensuite

dans les deux étages de la turbine. Chaque étage se compose d'un ensemble d'aubes fixes suivies d'une rangée d'aubes mobiles. Dans chaque rangée d'aubes fixes, l'énergie cinétique du jet de gaz augmente, en même temps que la pression chute. Dans la rangée adjacente d'aubes mobiles, une partie de l'énergie cinétique du jet est convertie en travail utile transmis au rotor de la turbine sous la forme d'un couple mécanique. Le rotor se stabilise à la vitesse de 5100 tr/min.

Après leur passage dans les aubes du deuxième étage, les gaz d'échappement traversent le diffuseur, qui comporte une série de déflecteurs ou aubes de guidage transformant la direction axiale des gaz en direction radiale et diminuant ainsi les pertes à l'échappement, puis les gaz sont envoyés dans le cadre d'échappement.

2. Le démarrage

Cette opération se fait à partir de compartiment contrôle à distance et pour les opérations de secours, il est possible d'opérer un démarrage avec prise de charge rapide. La séquence de démarrage est décomposée comme suit :

- Le moteur de lancement est embrayé avec la turbine qu'il l'entraînera jusqu'aux environs de 70% de la vitesse nominale (3000 tr/min vitesse turbine).
- Auparavant vers 20% de la vitesse nominale (850 tr/min) le combustible est injecté et enflammé.
- Après une courte période du chauffage durant laquelle se fait l'injection de combustible pour éviter le choc thermique dans les parties chaudes de la turbine.
- Lorsque la turbine devient auto sustentatrice elle continue à accélérer et le moteur d'entraînement se trouve débrayé automatiquement.
- La turbine continue la montrée en vitesse jusqu'à la fin du séquence de démarrage.
- Couplage avec le réseau.

3. L'arrêt

Par un ordre d'arrêt:

La charge du groupe est réduite à zéro.

Le disjoncteur de groupe s'ouvre par le relais du retour de puissance.

L'alimentation en combustible est arrêtée avec le retombé du relais de vitesse 14HS (75% de la vitesse nominal).

Remarque :

Lorsque la turbine est arrêtée, un dispositif de virage assure la rotation de l'arbre (1/8 de tour après chaque 3 minutes) pour éviter sa déformation, la circulation de l'huile de lubrification est assurée par la pompe à courant alternatif.

4. Le système de combustion

Le système de combustion comporte :

a) Les chambres de combustion :

Au nombre de 10. Elles sont disposées autour de compresseur et boulonnées à la section élargie du corps d'échappement. Leur rôle est de fournir les calories nécessaires au cycle thermodynamique de fonctionnement de la turbine.

b) Les injecteurs de combustion :

Chaque chambre de combustion est équipée d'un injecteur de combustible qui pulvérise une quantité mesurée de combustible à l'intérieur de la chambre.

Le combustible liquide est atomisé à la sortie de l'injecteur par de l'air injecté sous haute pression, puis passe dans la zone de combustion. Le combustible gazeux est injecté directement dans chacune des chambres de combustion par des orifices calibrés situés sur la face interne du turbulateur.

c) Les bougies d'allumage :

Les bougies d'allumage installées dans deux des chambres de combustion sont alimentées à partir de transformateur d'allumage.

d) Les détecteurs de flammes :

Dès l'allumage, il est indispensable que l'indication de la présence (ou de l'absence) de flamme soit transmise au système de contrôle. Dans ce but, un système de surveillance de

Le détecteur de flamme à ultra-violet se compose d'un capteur de flamme contenant un gaz.

Le gaz du détecteur est sensible à la présence du rayonnement ultra-violet, émis par toute flamme d'hydrocarbure. Une tension continue envoyée par l'amplificateur est appliquée aux bornes du détecteur. Si une flamme est présente, l'ionisation du gaz à l'intérieur du détecteur entraîne la conduction du circuit commandant l'amplificateur, et fournit un signal approprié indiquant la présence de flamme. De même, l'absence de flamme entraîne l'apparition d'un signal opposé signalant cette condition.

e) Les pièces de transition :

Les pièces de transition permettent d'acheminer les gaz chauds en provenance des tubes de flamme vers la directrice du premier étage de la turbine.

IV. Généralités sur la régulation

L'armoire de commande SPEEDTRONIC MARK II : (Marque commerciale de la Général Electricque Compagni) de la turbine à combustion modèle 5001 assure, avec le concours de capteurs, de transmetteurs et d'électrovannes, le contrôle de la marche et des opérations de démarrage et d'arrêt de la turbine, ainsi que sa protection.

Le système de régulation comporte 3 boucles principales :

- ✓ **Démarrage.**
- ✓ **Vitesse & Accélération.**
- ✓ **Température.**

Ces boucles attaquent une porte à valeur minimale, c'est-à-dire une porte conçue pour que la boucle oui délivre le signal correspondant au moindre débit du combustible prenne le contrôle. Pour présenter le maximum de fiabilité, la régulation présente des redondances. Par exemple, les signaux de contre-réaction (signaux images) proviennent de plusieurs capteurs. En outre, il y a redondance par association. Par exemple, lorsque le système est contrôlé par la régulation de vitesse, la régulation de température peut venir prendre la relève.

Un séquentiel est également prévu pour interroger la turbine à combustion, le générateur, le dispositif de démarrage et les auxiliaires, afin de déterminer si tous ces systèmes sont en état normal. Les signaux renvoyés de ces équipements constituent des permissifs de fonctionnement pour la turbine. Ce circuit émet également des signaux logiques qui permettent aux séquences de démarrage et d'arrêt de se dérouler suivant un ordre établi : Ces signaux logiques comprend les signaux de vitesse, du point de consigne digital, de la sélection de charge, de temporisations, etc...

Des alarmes (60 indicateurs) indiquent que des niveaux critiques sont atteints, ou qu'il y a une anomalie de fonctionnement.

L'armoire contient ses propres alimentations, qui consistent en un convertisseur de courant continu et en régulateurs finaux pour les tensions P 28 (+ 28 V) P5,3 (+ 5,3 V), P 12 (+ 12 V) et N 12 (- 12 V). Le convertisseur travaille correctement pour une tension d'entrée de 95 à 140 Volts, courant continu.

En option, il est possible de commuter également sur une batterie de 95-140 V du commerce ou sur un alternateur à aimant permanent s'il y en a un.

V. Circuits de fluides

1. Système de lubrification

Les exigences de lubrification de l'ensemble turbine à gaz et alternateur sont satisfaites par un système de lubrification commun sous pression. Ce système de lubrification, comprenant un réservoir, des pompes, un système de refroidissement, des filtres, des vannes et différents dispositifs de commande et de protection, assure d'une part la lubrification et d'autre part la dissipation de la forte quantité de chaleur due aux différents frottements. Le fluide lubrifie notamment les trois paliers de la turbine, les paliers de l'alternateur, ainsi que le réducteur des auxiliaires. En outre, une partie du fluide sous pression est déviée et filtrée à nouveau afin d'être utilisée comme liquide de commande par les dispositifs de commande hydraulique. Les composants principaux du système sont les suivants :

- Réservoir d'huile de lubrification (entraînée directement par le réducteur des auxiliaires).
- Pompe principale de lubrification (entraînée directement par le réducteur des auxiliaires).
- Pompe auxiliaire de lubrification et pompe de secours.
- Soupape de sûreté VR 1 sur la conduite de refoulement de la pompe principale.
- Echangeur thermique.
- Filtre à huile.
- Vanne régulatrice de pression du collecteur principal VPR 2-1.

2. Système d'air de refroidissement et d'étanchéité

Le système d'air de refroidissement et d'étanchéité fournit le débit d'air nécessaire, qui est prélevé au niveau du compresseur axial de la turbine à gaz, pour l'alimentation d'autres éléments du rotor et du stator de la turbine, afin de refroidir ces pièces en fonctionnement normal. Lorsque la turbine à gaz est en service, de l'air est prélevé sur deux étages du compresseur axial ainsi qu'au niveau du refoulement du compresseur. Cet air est utilisé pour assurer les fonctions suivantes de refroidissement et d'étanchéité :

- Etanchéité des paliers de la turbine et de la veine des gaz chauds.
- Refroidissement des parties internes de la turbine soumises aux hautes températures.
- Refroidissement du corps turbine et du cadre d'échappement.
- Protection anti-pompage.
- Alimentation en air comprimé des vannes pneumatiques.

3. Système d'eau de refroidissement

Le système d'eau de refroidissement est un circuit fermé, légèrement sous pression, conçu pour répondre aux exigences de dissipation thermique du système de lubrification, du système d'air d'atomisation, des supports de la turbine et des détecteurs de flamme. Ce système utilise une solution aqueuse d'éthylène glycol ; il est donc en mesure de fonctionner tout au long de l'année si la température de l'air ambiant n'est pas trop élevée. Pendant les périodes froides, le

système de refroidissement doit être alimenté avec une solution aqueuse d'éthylène glycol. Pendant les périodes chaudes, il est nécessaire d'alimenter le système avec une solution dont les caractéristiques sont spécifiées dans les volumes.

Le système d'eau de refroidissement comprend des échangeurs thermiques, une pompe off base, différentes vannes et certains dispositifs de commande et de protection.

VI. Système de protection incendie

Le système de protection incendie par injection de dioxyde de carbone (CO₂) est conçu pour éteindre les incendies en réduisant rapidement la teneur en oxygène de l'air dans un compartiment à moins de 15 % (en volume) par rapport à une concentration normale dans l'air ambiant située à environ 21 % ; cette concentration est insuffisante pour permettre le phénomène de combustion. La conception de ce système est conforme aux exigences contenues dans les recommandations de protection incendie et tient compte du risque d'autoallumage dû à un éventuel contact avec les pièces métalliques portées à haute température. Il maintient la concentration au niveau nécessaire à l'extinction pendant une période prolongée afin de minimiser le risque d'un nouveau feu.

Les principaux composants du système sont les suivants :

Bouteilles de dioxyde de carbone, tubes et buses de décharge, électrovannes pilotes, détecteurs d'incendie et manostat.

Le dioxyde de carbone est fourni par une série de bouteilles haute pression à un système de distribution qui l'amène par des conduites vers des buses de décharge disposées dans les différents compartiments de l'installation. On considère deux zones de risques distinctes : la zone 1 comprenant les compartiments des auxiliaires et turbine, la zone 2 comprenant le compartiment de puissance et le tunnel du palier n° 3.

Les électrovannes pilotes qui ouvrent les bouteilles de CO₂ et commandent la décharge, sont situées sur des têtes de décharge au niveau du groupe des bouteilles. Elles sont automatiquement commandées par un signal électrique fourni par les détecteurs thermiques d'incendie qui sont disposés stratégiquement dans les différents compartiments de l'installation.

Le système peut également être commandé manuellement en cas de panne d'électricité ou lorsque l'on peut constater un début d'incendie, à l'aide d'une manette placée au sommet de chacune des bouteilles pilotes. La commande du système d'extinction, électrique ou manuelle, provoque le déclenchement de la turbine. Il faut s'assurer au préalable qu'il n'y a personne à l'intérieur de la zone.

VII. Les transformateurs de tension

1. Le transformateur principal

La dernière étape pour la transmission de la puissance électrique sur le réseau se fait par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur. Ce transformateur est raccordé, du côté primaire au groupe turboalternateur, et côté secondaire au jeu de barres haute tension les enroulements sont en cuivre tel que l'isolation entre eux est réalisée par des canaux d'huile et des cartons isolants.

Caractéristiques du transformateur triphasé à deux enroulements en cuivre :

Fréquence 50Hz.

Rapport de transformation 11/90 KV

Puissance nominale 47312 K VA.

Couplage triangle/étoile.

2. Le transformateur auxiliaire réseau TAR

Avant et pendant le démarrage de la turbine les auxiliaires sont alimentés par un transformateur lié au réseau et qui transforme la moyenne tension du réseau 30 KV en basse tension d'ordre 400V d'où la notation TAR.

3. Le transformateur auxiliaire machine TAM

A la fin de la séquence de démarrage, l'alimentation des auxiliaires est assurée par le transformateur TAM au moment de relais de vitesse 14 HS(95% de la vitesse Turbine).

Le TAM est lié à la sortie de l'alternateur par son primaire et aux auxiliaires par son secondaire.

- Rapport de transformation 11/0.4 KV.
- Puissance: 500 KVAR

CENTRALE GOULETTE II DU 03/08/2005 À 15/08/2005

I. Introduction

Vu la courte durée que j'ai passé à la centrale Goulette II et de la ressemblance entre les deux centrales visitées (au niveau du fonctionnement général de la turbine à gaz), j'ai voulu insister sur les améliorations et les développements concernant les différents systèmes intégrant dans le fonctionnement de la turbine à combustion, en particulier le système de commande et contrôle. Ce dernier est vraiment très intéressant à étudier et le comprendre vu qu'il est d'une technologie relativement récente et très puissante (Le système Mark 5 est très différent à celle de Mark II utilisée dans la centrale de Jbel Jloud).

II. Présentation générale de la centrale Goulette II

Depuis la nationalisation du secteur de l'électricité voilà 43 ans, la STEG a engagé une action de développement tous azimuts et tous modes d'obtention d'énergie électrique confondus. Une mesure d'accompagnement impérative pour le développement intégral des infrastructures du pays.

Le dernier projet en date est celui de la construction de la centrale turbine à gaz naturel de Goulette II.

La STEG a le droit de s'enorgueillir de plusieurs aspects du projet de turbines à gaz (naturel) de Thyna-Fériania et La Goulette soit:

- Son étude (cahier des charges compris) réalisée entièrement par des compétences tunisiennes.
 - Ses installations de haute technologie fournies par des constructions spécialisées les mieux positionnées dans le marché mondial du secteur (General Electric, et Alstom pour ne citer que ceux-là) et des équipements de contrôle et de commande «dernier cri».
 - Les exécutants (sous-traitance) tous tunisiens (huit sociétés tunisiennes de spécialités diverses se sont relayées pour la réalisation de ce projet budgétaire. (On avance le chiffre de 89 millions de dinars tunisiens sans préciser s'il s'agit de l'ensemble des trois centrales ou uniquement du coût de celle de La Goulette).
 - L'usage des turbines à gaz, grâce à leur démarrage rapide, est techniquement avantageux pour les périodes de pointe, et les secours rapides, et également avantageux quant à la préservation de l'environnement contre la nuisance des gaz d'échappement à proximité du site et des bruits à l'intérieur de la centrale (capotage des sources d'émanation de bruits aidant).
 - Le prix de revient de l'exploitation des turbines à gaz dont les 47% sont imputables aux

dépenses de carburant (énergie primaire) et 53% aux autres dépenses (dont la maintenance), peuvent baisser avec la modération de l'usage des produits pétroliers dans la fourchette de 15 à 25%... Une modération d'usage de gazoil qui est la bienvenue dans une conjoncture mondiale d'inflation immodérée.

III. Présentation du système de contrôle-commande Mark V

Le système de commande de turbines à gaz SPEEDTRONIC™ Mark V est le dernier produit de la série SPEEDTRONIC™. Les systèmes précédents étaient basés sur des techniques automatisées de régulation, de protection et de séquençement des turbines, qui remontent à la fin des années 1940 et qui se sont développées au fur et à mesure des évolutions technologiques. Le SPEEDTRONIC Mark V est un système numérique dérivé des techniques antérieures d'automatisation de turbines, résultat de plus de quarante années d'expérience. Plus de la moitié est consacrée aux techniques de commande électronique.

Le système de commande de turbines à gaz SPEEDTRONIC™ Mark V fait appel aux technologies les plus récentes, notamment trois contrôleurs redondants à base de microprocesseurs 16 bits, vote deux sur trois des paramètres critiques de régulation et de protection et tolérance aux défauts implémentée par logiciel (SIFT: **S**oftware **I**mplemented **F**ault **T**olerance). Les capteurs de régulation et de protection critiques sont triples et votés par l'ensemble des trois contrôleurs. Pour une fiabilité maximale de la protection et du fonctionnement, les signaux de sortie du système sont votés physiquement pour les électrovannes de déclenchement, au niveau logique pour les autres sorties et au niveau des vannes de régulation à trois bobines pour les signaux de régulation analogiques. Un module de protection indépendant assure une fonction câblée de déclenchement par survitesse et détection flamme. Ce même module contribue à la synchronisation entre le turbo-alternateur et le réseau client. La synchronisation est autorisée par une fonction implantée dans les trois contrôleurs.

Le système de commande Mark V répond à la totalité des besoins de régulation des turbines à gaz. Ceux-ci comprennent la régulation de combustible liquide ou gazeux, ou des deux à la fois, en conformité avec les besoins de la régulation de vitesse, de la régulation de charge en cas de fonctionnement à charge partielle, de la régulation de température en cas de fonctionnement à capacité maximale, ou encore pendant le démarrage. En outre, les aubes variables et l'injection d'eau ou de vapeur sont contrôlées pour maîtriser les rejets atmosphériques et pour les nécessités du fonctionnement. La commande séquentielle des auxiliaires nécessaire à l'automatisation complète du démarrage, de l'arrêt et du refroidissement est gérée par le système de commande Mark V. Le système de base inclut les fonctions de protection de la turbine et la signalisation.

L'interface l'opérateur est un ordinateur reflétant les conditions de fonctionnement courantes. Pour aider l'opérateur à saisir des commandes, le système est muni d'un dispositif de positionnement du curseur. Une séquence du type commande/validation empêche tout fonctionnement intempestif de la turbine. La communication entre l'interface opérateur et le système de commande de la turbine s'effectue par l'intermédiaire d'un communicateur, appelé <C>, vers les trois contrôleurs, appelés <R> <S> et <T>. L'interface opérateur communique avec les moyens de commande à distance. La technologie SIFT protège contre les défauts de modules et la propagation de données erronées. Reliée directement aux contrôleurs, une interface opérateur de secours sur l'armoire permet de poursuivre l'exploitation de la turbine à gaz dans le cas d'une panne de l'interface opérateur principale ou du module <C>.

Pour un dépannage facile, des routines de diagnostic sont exécutées pour identifier les défauts concernant l'armoire de commande ou les capteurs. Ces défauts sont détectés jusqu'au niveau de la carte pour ceux qui concernent l'armoire, et jusqu'au niveau du circuit pour ceux qui concernent les capteurs/actionneurs. L'armoire est conçue pour permettre le remplacement des cartes en service. Cette possibilité existe également pour certains capteurs de la turbine, dans la mesure où ils sont accessibles et où le système peut être isolé. Les consignes, les paramètres de réglage et les constantes de régulation sont ajustables en fonctionnement, par l'intermédiaire d'un système de mots de passe destiné à empêcher tout accès non autorisé. Lorsque la turbine est arrêtée, les séquences de commande peuvent être modifiées et des algorithmes simples ajoutés après avoir saisi un mot de passe.

Une imprimante (matricielle à 24 aiguilles) est connectée au système de contrôle/commande par l'intermédiaire de l'interface opérateur. Cette imprimante est capable de copier tout écran alphanumérique, visualisé sur le moniteur. Un de ces écrans est un écran configurable par l'opérateur et peut être imprimé automatiquement à un intervalle de temps prédéterminé. Il constitue un moyen simple pour visualiser des informations sur changement d'état ou de façon périodique. L'imprimante consigne automatiquement l'apparition et la disparition des alarmes, avec la date et l'heure. Ce journal de bord aide à identifier les causes d'un déclenchement et facilite de ce fait considérablement le dépannage.

Le système SPEEDTRONICTM Mark V améliore les niveaux de fiabilité et de disponibilité du SPEEDTRONICTM Mark IV. Les améliorations qui ont été apportées concernent les microprocesseurs, la capacité des E/S, la technologie SIFT, le diagnostic, la standardisation et l'information de l'opérateur, tout en assurant une souplesse de mise en oeuvre et une facilité de maintenance inchangées. Par rapport aux applications SPEEDTRONICTM Mark IV, le système de commande Mark V se distingue par une fiabilité encore plus grande, un temps de réparation moyen réduit et une disponibilité améliorée.

- **FONCTIONS DU SYSTEME DE COMMANDE**

Le système SPEEDTRONICTM de commande des turbines à gaz réalise les fonctions: régulation du débit de combustible et d'air, contrôle des rejets atmosphériques, commande séquentielle du combustible et des auxiliaires de la turbine pour le démarrage, l'arrêt et le refroidissement, synchronisation et adaptation de la tension de l'alternateur et surveillance du système pour toutes les fonctions concernant la turbine, la régulation et les auxiliaires, protection en cas de fonctionnement dangereux. Toutes ces fonctions sont réalisées de manière intégrée, adaptées spécialement pour réaliser la philosophie décrite.

CONCLUSION

A la fin de la période de stage j'ai pu assimilé la différence entre la théorie et la pratique.

Les connaissances que j'ai acquises par la participation pratique dans la vie professionnelle m'ont permis de confronter une réelle problématique dans l'entreprise et de s'appliquer pour pouvoir la résoudre en se basant sur mes connaissances théoriques et les expériences pratiques sur le lieu de travail.

Et par suite, on qualifiera cette période de stage de bénéfique vu les connaissances acquises lors de cette formation, et le contact établi avec l'univers réel du travail malgré sa courte durée.