

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Mouloud MAMMERRI Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et Informatique
Département Electronique



Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de master II en Electronique

Option : Electronique industrielle

Thème

Régulation de la température huile de turbine de la centrale thermique de CAP-DJINET

Présenté par :

- *MALLEK Abdennour*
- *MERABET Ghiles*

PROMOTEUR : Mr. BENNAMANE.K
ENCADREUR : Mr. SIZID

Promotion juillet 2017

Remerciements

Ce n'est pas la rédaction d'un tel rapport qui exige un remerciement, mais si on remercie des gens c'est par ce qu'ils méritent.

On remercie en premier lieux le bon dieu, nos très chers parents pour le soutien moral et financier qui nous ont apporté durant nos études.

Au terme de ce travail, on tient à remercier aussi Mr. BENNAMANE.K notre promoteur qui nous a suivis tout au long de notre projet de fin d'étude. Ainsi qu'à tous les professeurs de l'Université Mouloud MAMMERI TIZI-OUZOU qui ont contribué de prêt ou de loin et qui nous ont accompagné dans notre formation.

Nous remercions également les ingénieurs et les responsables de la centrale thermique de CAP-DJINET pour leurs coopérations et leurs aides plus particulièrement Mr. SIZID.

DEDICACES

Nous dédions ce travail à nos très chers parents, nos
familles et tous nos amies

Et

À tous ceux et toutes celles qui nous ont accompagné et
soutenu durant cette année de formation

Merci.

MALLEK Abdennour.
MERABET Ghiles.

Introduction générale

A notre époque, sans électricité la vie quotidienne serait difficilement envisageable. Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue.

Pour répondre à la demande croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables d'en produire de grande quantité.

Malgré les contributions faites par l'énergie nucléaire, hydroélectrique, solaire et éolienne ainsi que d'autres sources d'énergies renouvelables, la majeure partie de l'énergie continue à être produite par des combustibles fossiles.

La majeure partie des centrales thermiques utilisent le gaz naturel comme combustible pour la production de l'électricité, particulièrement en Algérie qui est un pays producteur et exportateur de gaz naturel. Le fait de savoir que ces combustibles sont limités en quantité, il est donc vital qu'il soit utilisé d'une manière efficace afin de préserver les ressources naturelles et de réduire la pollution.

Dans le but d'étudier le système de régulation de la température de l'huile turbine de la centrale thermique de CAP-DJINET, on a pris pour thème la réalisation d'un programme sous ARDUINO capable de remplacer l'ancien système, pour cela la répartition de notre travail est effectuée comme tel :

- CHAPITRE I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET.
- CHAPITRE II : Equipements et circuits électriques.
- CHAPITRE III : Moteur à courant continu.
- CHAPITRE VI : Asservissement de position du système réel.

SOMMAIRE

CHAPITRE I : présentation e la centrale thermique de CAP-DJINET

I.1 Introduction.....	1
I.2 présentation de la centrale	1
I.3 Constitution et fonctionnement	4
I.3.1 Générateur de vapeur	4
I.3.2 Alternateur.....	4
I.3.3 Transformateur	5
I.3.4 poste d'eau.....	5
I.3.5 Condenseur	6
I.3.6 Bâche alimentaire (le poste de réchauffage et de dégazage)	7
I.3.7 les pompes	8
I.3.7.1 Pompes d'extraction.....	8
I.3.7.2 Pompes d'alimentation.....	9
I.3.7.3 Pompes nourricières	9
I.3.7.4 Pompes principale	9
I.4 La turbine	9
I.4.1 Définition de la turbine	9
I.4.2 Constitution de la turbine	10
I.4.2.1 Corps haute pression HP (SA11)	10
I.4.2.2 Corps moyenne pression MP (SA12)	12
I.4.2.3 Corps basse pression BP (SA13)	13

I.5 Circuit d'huile	14
I.6 Le vireur	21
I.6.1 Le vireur hydraulique.....	21
I.6.2 Le vireur manuel.....	22
I.7 Pompe ATLINE.....	22
I.8 Conclusion	22

CHAPITRE II : Equipements et circuits électrique

II.1 Introduction	23
II.2 Les capteur.....	23
II.2.1 Capteur de température	23
II.2.2 Thermocouple	24
II.2.3 Détecteur de pression	24
II.2.4 Capteur de position	24
II.2.5 Indicateur de niveau	25
II.3 Les actionneur	26
II.3.1 Les moteur asynchrone	26
II.3.2 Servomoteur électrique	27
II.4 Les vannes	27
II.4.1 Vannes régulatrices	28
II.5 Les composants électriques	28
II.5.1 Les disjoncteurs	28
II.5.2 Les contacteurs	29
II.5.3 Relais thermique	30

II.5.4 Sectionneur	30
II.5.5 Les fusibles	31

CHAPITRE III : Moteur à courant continu

III.1 Introduction	33
III.2 Description d'un moteur à courant continu	33
III.3 Constitution d'un moteur à courant continu	34
III.3.1 L'induit (rotor)	34
III.3.2 L'inducteur (Stator)	34
III.3.3 Collecteur et balais	35
III.4 Modélisation d'un moteur à courant continu	36
III.5 Fonction de transfert du moteur	37
III.6 Les différents modes d'excitations	38
III.6.1 Moteur à excitation séparé	38
III.6.2 Moteur à excitation shunt (dérivée)	39
III.6.3 Moteur à excitation série	40
III.6.4 Moteur à excitation compound (composée)	40
III.7 Asservissement de position d'un moteur à courant continu	41
III.7.1 Les capteur de position	41
III.8 Régulation/Asservissement	45
III.8.1 Asservissement	45
III.8.2 Régulation	46
III.8.2.1 Principe générale de la régulation	46
III.9 Régulateur PID du moteur à courant continu	48

III.9.1 Régulateur PID	48
III.9.1.1 Action Proportionnel (P)	49
III.9.1.2 Action intégral (I)	50
III.9.1.3 Action dérivée (D)	52
III.10 Les correcteur P/PI/PD/PID	53
III.10.1 Correcteur proportionnel (P)	53
III.10.2 Correcteur proportionnel intégral (PI)..	54
III.10.3 Correcteur proportionnel dérivée (PD)	54
III.11 Conclusion	55

CHAPITRE IV : Asservissement de position du système réel

IV.1 Introduction	56
IV.2 Description du système réel	56
IV.3 Régulation de la température du système	58
IV.4 Asservissement de position du système réel	58
IV.4.1 Interrupteur de postions.	58
IV.4.2 ARDUINO	58
IV.5 Partie pratique.....	60
IV.5.1 Modélisation du système.....	60
IV.6 Conclusion.....	63
Conclusion générale	64

CHAPITRE I

Présentation de la centrale thermique de CAP-DJENAT

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

I.1 Introduction

Une centrale est un site industriel, destiné à la production d'électricité .elle transforme des sources d'énergie naturelle en énergie électrique. Afin d'alimenter en électricité les consommateurs particulier ou industriel relativement lointain. Le réseau électrique permet de transporter puis de distribuer l'électricité.

Il existe cinq principaux types de centrale électrique :

- Les centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) dites centrale thermique classique (turbine à vapeur ou à gaz)
- Les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifié de thermique (la fission du noyau d'uranium 235 ou de plutonium 239)
- Les centrales hydroélectriques.
- Les centrales solaires ou photovoltaïques.
- Les centrales éoliennes

La centrale thermique de CAP-DJINET est à flamme avec turbine a vapeur tel que la chaleur produite dans la chaudière par la combustion du gaz (énergie chimique en énergie thermique) vaporise de l'eau ,cette vapeur d'eau est donc transporter sous haute température et sous haute pression vers une turbine , sous haute pression les pales de cette dernière se mettent à tourner ,l'énergie thermique est donc transformer en énergie mécanique (mouvement de rotation) ,celle-ci sera par la suite , transformée a son tour en énergie électrique via un alternateur qui est accouplé a la turbine . A la sortie de la turbine, la vapeur est transformée en eau (condensation) au contact de parois froides (condenseur) pour être renvoyer dans la chaudière ou le cycle recommence .Il faut toujours une source chaude et une source froide pour échanger un travail avec une machine thermique.

I.2 Présentation de la centrale

La centrale de RAS-DJINET est située à l'est de la capitale « Alger » dans la wilaya de BOUMERDES elle s'étends sur 35 hectares.

Les principaux contrats ont été signes en 1980, les travaux de terrassements ont démarrée en Mars 1981. Et le début d'aménagement de la centrale s'est fait quatre années après « Mars 1984 », cette centrale a été mise en service industriel en partie comme suite :

- Groupe 1 : Couplage sur réseaux le 17 juin 1986.

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

- Groupe 2 : Couplage sur réseaux le 17 septembre 1986.
- Groupe 3 : Couplage sur réseaux le 19 novembre 1986.
- Groupe 4 : Couplage sur réseaux le 21 février 1987.

Cette centrale est composée de 4 blocs (tranches) de productions avec un fonctionnement de 24H/24 .Chaque deux blocs ont une salle de commande commune .La puissance produite par un bloc est de 176MW pour un régime de 100% (pleins charge) qui est la puissance nominales au bornes de l'alternateur , avec un retour de 8,2 MW pour les besoins de la centrale (pompes ,compresseurs, éclairages ...) et d'une tension nominale de 15 ,5KV avec un retour de 6KV, l'intensité du courant est de 8195A ,elle délivre vers le réseaux une tension de 220KV avec une fréquence de 50HZ ,donc la consommation totale est auxiliaires des quatre tranches communs est de 32MW alors la puissance fourni aux réseaux nationale est de 672MW, transportée au poste d'intersection ALGER/EST par l'intermédiaire de quatre lignes de transport.

Le combustible principale utilisée dans la chaudière est le gaz naturel de HASSI R'MEL acheminé par gazoduc arrivée avec une pression de 60bars et un débit de 160 000 m³/h est détendue jusqu'à 6bars le fuel-oil sous produit de raffinerie est le carburant secondaire (de secours), il est emmagasinée dans des réservoirs de 10 000m³.

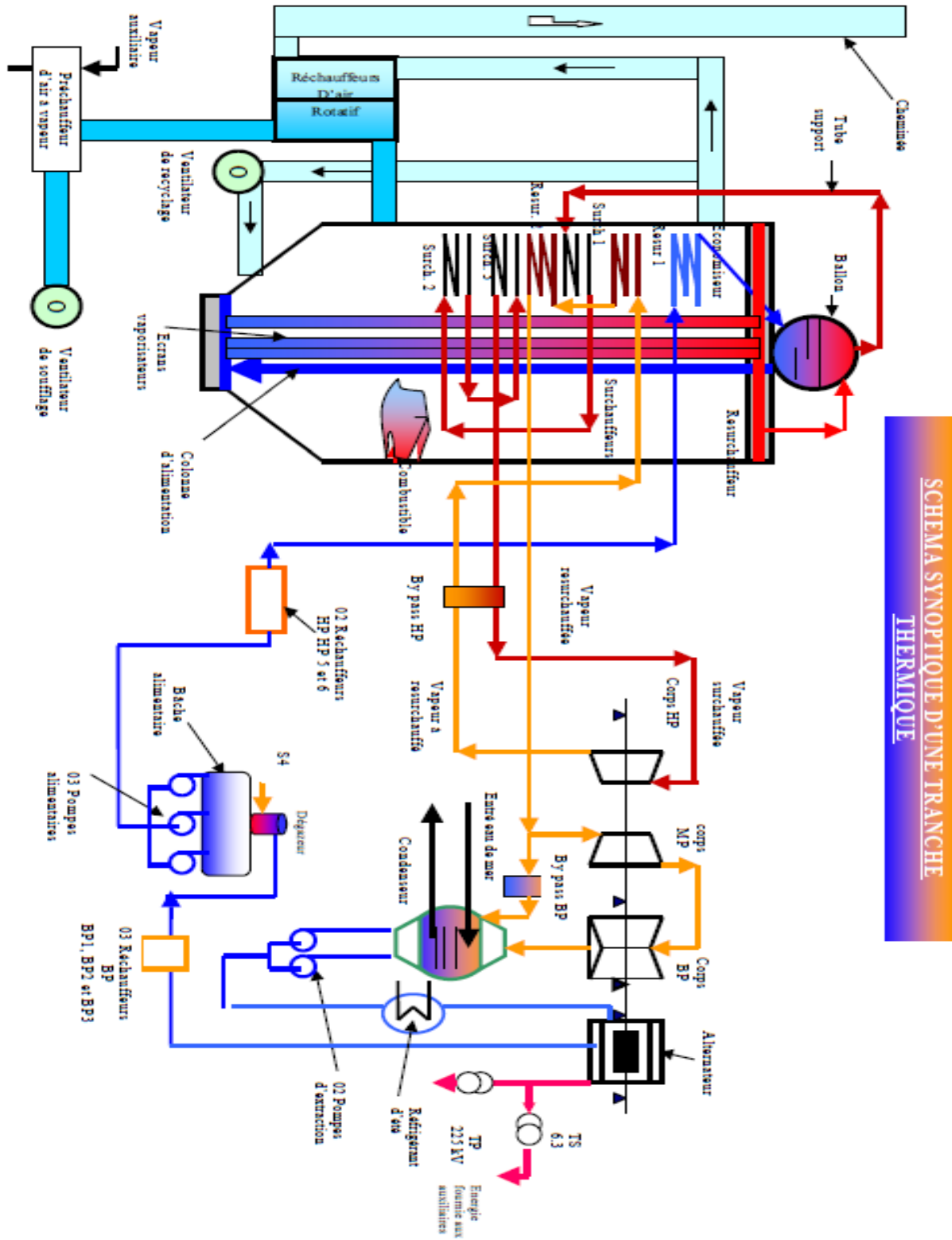


Figure I.1 : Schéma synoptique d'une tranche thermique

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

I.3 Constitution et fonctionnement

La centrale thermique de CAP-DJINET est constituée de plusieurs organes importants qui influent directement sur le rendement thermique de cette dernière, et aussi sur la production d'électricité ces organes sont :

- La chaudière (générateur de vapeur).
- Transformateur.
- Alternateur.
- Poste d'eau (le condenseur ...).
- La turbine.

I.3.1 Générateur de vapeur

La chaudière est l'élément qui permet de transformer l'eau en vapeur resurchauffée à haute pression pour alimenter le groupe turbine-alternateur.

Le générateur de vapeur utilise la circulation naturelle de l'eau, il est doté d'une chambre de combustion pressurisée et en trouve aussi des resurchauffeurs.

Dans cet élément le plus volumineux et le plus important du circuit thermique, le combustible dégage son énergie en brûlant dans une chambre de combustion. La vapeur surchauffée atteint une température de 540°C et une pression de 160 bars. Avec une production de vapeur maximale qui est de 523,9 t/h, dans cette production de vapeur on utilise de l'eau épurée et traitée chimiquement pour éviter les corrosions et les dépôts.

I.3.2 L'Alternateur

Est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine, il sert à transformer l'énergie mécanique produite par la turbine en énergie électrique, c'est un alternateur à pôles lisses. Le courant électrique créé est un courant alternatif triphasé tel que :

- La puissance maximale produite est de 176 MW.
- La tension : 15,5 KV.
- La fréquence : 50hz.
- L'intensité du courant : 8195 A

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

Cette transformation est aussi génératrice d'un dégagement de chaleur. Et on le refroidit par un circuit d'hydrogène et sur les grosses machines les barres de bobinages sont munies de canaux dans lesquels circulent soit de l'hydrogène, soit de l'eau de réfrigération.

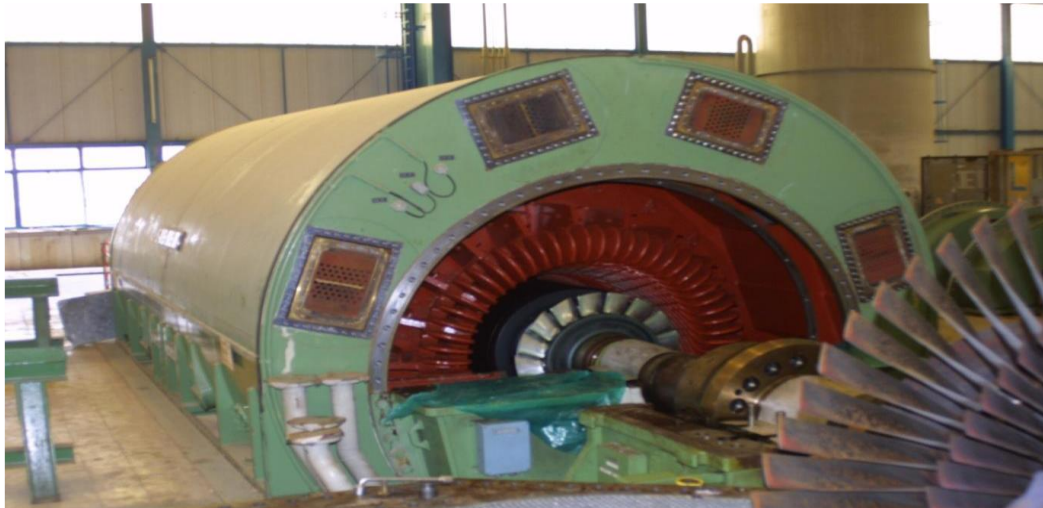


Figure I.2: Alternateur

I.3.3 Le transformateur

Le courant électrique fourni par l'alternateur est une tension trop faible pour pouvoir être transporté par les lignes aériennes du transport haute tension.

Des transformateurs ont pour fonction d'élever cette tension jusqu'à 225 000 ou 380 000 volts. Au même temps, d'autres transformateurs fournissent le courant à la tension nécessaire au fonctionnement des divers appareils auxiliaires de la centrale : 5500, 380, 220 volts.

C'est l'organe qui adapte la tension de l'alternateur à la tension réseau pour pouvoir évacuer l'énergie produite vers le réseau national à travers des lignes aériennes. Le poste d'interconnexion est situé à ALGER EST.

I.3.4 Poste d'eau

Le poste d'eau est l'ensemble des appareils qui transfèrent l'eau du cycle depuis le condenseur jusqu'à la chaudière et qui conditionnent cette eau du point de vue de la température et de la teneur en oxygène et pression.

I.3.5 Condenseur

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur à échange par surface. Il est placé sous la turbine à basse pression. La vapeur se condense au contact des parois des tubes, dans les quelles passe l'eau de mer de refroidissement (source froide) qui évacue la chaleur résulte du changement d'état, les fonctions principales du condenseur sont :

- D'assurer la condensation de la vapeur évacuée par la turbine à basse pression (corps BP) et e réintroduire le condensât dans le circuit eau-vapeur (post d'eau)
- D'augmenter la chute d'enthalpie dans la turbine en établissant une dépression afin d'obtenir un rendement aussi élevé que possible.
- De dégazer le condensât et d'évacuer les incondensables.

Le condenseur est constitué de deux demi-condenseurs ou ils sont logée et dans lequel circule de l'eau de mer. Cette conception permet de faire fonctionner un demi-condenseur et éventuellement entretenir le deuxième.

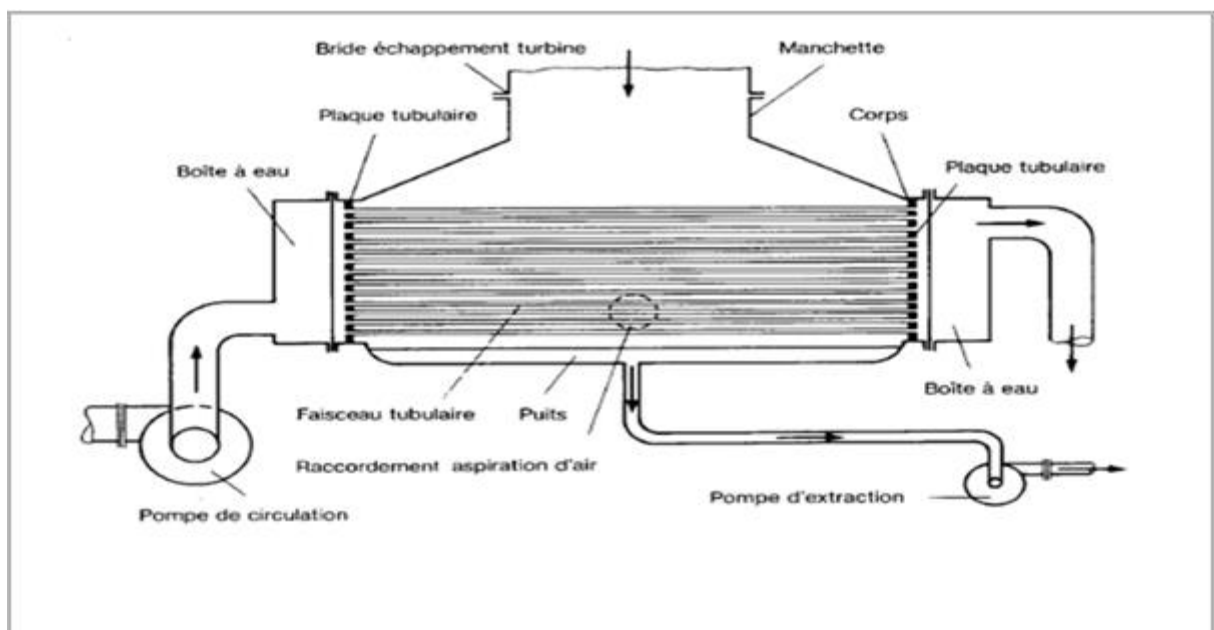


Figure I.3 : Constitution générale d'un condenseur par surface

a) Caractéristique du condenseur

- Type : condenseur à caisson.
- Pression dans le condenseur : 0.07 Bar absolue.

- Capacité du puits entrée/sortie : eau de mer 6° à 8°C.
- Surface d'échange : 10 101 m².
- Diamètre extérieur : 19mm.
- Epaisseur des tubes : 0.7mm.
- Masse du condenseur à vide : 285.51 tonnes.
- Matériau des tubes : Titane.
- Vitesse de l'eau dans les tubes : 1.8 m/s
- Débit de vapeur : 98.25 kg/s.
- Débit d'eau refroidissement : 65 000 kg/s (eau de mer).
- Nombre de tubes : 14850.
- Longueur des tubes : 11 490 mm.
- Hauteur de la boîte à eau : 2600 mm.
- Longueur de l'enveloppe à vapeur : 6700mm

I.3.6 Bâche alimentaire (le poste de réchauffage et de dégazage)

C'est un réservoir cylindrique où à lieu le dégazage de l'eau, l'eau sortant des réchauffeurs BP se conduit vers la bâche alimentaire, cette dernière joue le rôle d'un échangeur à mélange (réchauffeur), l'eau est chauffée alors par le soutirage S4 du corps moyenne pression de la turbine,

L'eau se réchauffe jusqu'à la température de saturation correspondant à la pression du soutirage, en condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

Le niveau d'eau et de vapeur reste constant pendant le fonctionnement du groupe .la bâche alimentaire appelée aussi " la bâche dégazant " par ce qu'elle dégage les gaz étrangers incondensables vers l'atmosphère avec 2 tuyauteries d'évacuation.



Figure I.4: bâche alimentaire

a) Les caractéristiques de la bâche alimentaire

- Le volume total : 163m³
- diamètre de l'enveloppe : 3,6m
- la longueur de la bâche : 16,5m
- Température à la sortie de la bâche 151°C
- Pression : 4,9bars
- Le débit : 145,34kg/s

I.3.7 les pompes

I.3.7.1 pompes d'extraction

Ce sont des pompes centrifuges à 4 étages, leur rôle est d'acheminer de l'eau condensée (condensat) jusqu'à la bâche alimentaire en traversant les réchauffeurs basse pression, réfrigérants d'été, condenseur de buées ainsi que les éjecteurs de services.

On trouve deux pompes par groupe (4groupes), chaque pompe a un régime de 100% (l'une des pompes est réservée en cas de panne), avec une tension de 6.3KV et d'une puissance de 300KW.

a) Les caractéristiques des pompes d'extraction

- Pression de service (hauteur totale) : 16,8 bars
- Pression (hauteur débit nul) : 19,7 bars
- Débit nominal : 414m³/h
- Température de sortie : 33°C

I.3.7.2 Pompe d'alimentation

L'eau d'alimentation est prise de la bêche alimentaire par des pompes d'alimentation, et refoulée vers la chaudière en passant par des réchauffeurs haute pression. Ces pompes sont composées de 2 types de pompes.

I.3.7.3 Pompes nourricières

Sont des pompes auxiliaires du type centrifuge à un étage, elles servent à augmenter la pression de l'eau d'alimentation de 4.9 bars jusqu'à 11 bars avec un débit de 261.6t/h.

I.3.7.4 Pompes principales

Ce sont des pompes centrifuges radiales à 6 étages, (après le 2^{ème} étage.une tubulaire de prélèvement est prévue sur la pompe pour l'injection aux niveaux des désurchauffeurs).

Elles sont placées en aval des pompes nourricières, elles augmentent la pression de l'eau de 11 bars jusqu'à 177 bars.

Il ya 3 pompes d'alimentation par groupe, et dans chaque groupe il y a 3 pompes nourricières qui sont liées à 3 pompes principales, ces pompes ont un régime de 50%, donc 2 pompes sont suffisantes pour un fonctionnement normal.

Chaque groupe de pompes d'eau d'alimentation est commandé par un moteur commun d'une tension de 6.3 KV et une puissance de 300 KW.

I.4 La turbine

I.4.1 Définition de la turbine

La turbine est une machine transformant l'énergie calorifique contenue dans la vapeur et qui est représenté comme enthalpie en énergie mécanique tout en détendant cette vapeur.la turbine aussi considérée comme couple pour soulager la vitesse de l'alternateur quand la fréquence du réseau baisse (demande de charge) chez les consommateurs

a) Emplacement de la turbine

La turbine est situe au poste d'eau (réchauffeur), car la turbine dite a condensation et a soutirage, la détente complète de la vapeur a la sortie du corps BP est inferieur a la pression atmosphérique, dont les soutirages basse pression sont pris du corps BP pour réchauffer le condensat principal.

b) Le rôle :

La turbine joue un grand rôle dans l'installation thermique, elle fait la liaison avec la chaudière par régulation pour recevoir la vapeur en provenance de la chaudière à travers les soupapes de réglage de débit vapeur pour faire tourner celle-ci à une vitesse de 3000tr/mn pour assurer un équilibre entre alternateur et réseau électrique c.-à-d. (synchronisation), et grâce au système d'excitation dont l'excitatrice accouplée dans le même arbre avec l'alternateur et turbine que le courant électrique tri phase produit au niveau du stator alternateur.

c) Caractéristique

Longueur	16.125m
Largeur	13m
Poids	50010Kg
Puissance	176mw
Pression	138.2bar
Température	540°C
Vitesse	3000T/mn

I.4.2 Constitution de la turbine

I.4.2.1 Corps haute pression HP (SA11)



Figure I.5: Corps HP

a) Fonctionnement

Le corps HP de la turbine est une construction en tonneau, il est équipé d'un étage de réglage pour régularisation par groupe de tuyères. Quatre ensembles combinés vannes arrêt/soupape régulatrices sont associées à autant de groupes de tuyères, ils sont disposés de chaque côté du corps.

La vapeur conduite à la turbine par intermédiaire des tuyauteries parvient aux détentes soupapes régulatrices après avoir traversé les vannes d'arrêt. A partir de ces soupapes, la vapeur s'écoule l'enveloppe.

Des clapets anti retour sont montés sur les tuyauteries de resurchauffe entre le corps HP.

❖ Palier d'extrémité :

Le palier d'extrémité palier porteur à deux coins d'huile est monté en tête de la machine, il supporte le rotor et le corps HP et renferme les équipements suivants :

- Coussinet porteur de rotor HP
- Pompe à huile principale.
- Convertisseur de vitesse hydraulique.
- Convertisseur de vitesse électrique.

❖ Palier arrière

Le palier arrière ou palier radial et butée est monté entre le corps HP et MP il sert à supporter les enveloppes et les rotors des corps HP et MP et encaisser axial s'exerçant sur le rotor.

Le palier arrière renferme les équipements suivants

- Palier combine porteur et de butée
- Capteur de vibration de l'arbre
- capteur de vibration du palier
- Dispositif de déclenchement du détecteur d'usure butée

b) Caractéristiques du corps HP

Corps	A simple flux
Débit vapeur	532t/h
Pression vapeur	138 bars
Température vapeur	535°C
Etage de réglage à action	1
Etage à réaction	23
Poids	4910KG

I.4.2.2 Corps moyenne pression MP (SA12)



Figure I.6 : Corps MP

a) Fonctionnement

Le corps MP est équipé de deux vannes d'interception et de deux soupapes modératrices disposées symétriquement de part et d'autre du corps.

La vapeur réchauffée véhiculée par les tuyauteries parvient aux soupapes modératrices après avoir traversé les vannes d'interception.

❖ Paliers

Le corps MP est disposé entre les corps HP et BP, il sert à supporter l'enveloppe du corps MP et les rotors des corps MP et BP.

Le corps de palier renferme les équipements suivants :

- Capteur de vibration de l'arbre
- Capteur de vibration du palier
- Palier porteur
- Vireur hydraulique

b) Caractéristiques du corps MP

Nombres d'étages à réaction	2*19
Pression admission	35.9bar
Température admission	535°C
Débit vapeur	467.9T/h

I.4.2.3 Corps basse pression BP (SA13)



Figure I.7 : Corps BP

a) Fonctionnement

Le corps BP est de type à double flux. Il s'agit d'une construction mécano-soudée comprenant une carcasse et une double enveloppe.

❖ Paliers :

Le corps du palier arrière dispose entre le corps BP et l'alternateur, il sert à supporter le rotor du corps BP. Il remplace les équipements suivants :

- Capteur de vibration du corps de palier
- Palier porteur
- Capteur de vibration de l'arbre

b) Caractéristiques

Nombre d'étage	2*8
Pression admission	5.5 bar
Température admission vapeur	282°C
Débit vapeur	406T/H
Hauteur de l'ailette du dernier étage	676.3mm
Poids du corps BP équipe	168103kg

I.5 Circuit d'huile

a) Fonctionnement

Le circuit d'huile a pour les fonctions suivantes :

- Assure le graissage et le refroidissement des paliers du groupe.
- Alimente en huile le vireur hydraulique.
- Alimente en huile le circuit d'huile de commande.
- Soulèvement de la ligne d'arbre

c) Constitution du circuit d'huile

- Une cuve a huile
- Une pompe a huile principale
- Deux motopompes plein débit de 1^{er} secours (pompes auxiliaires)
- Deux motos-pompes de soulèvement
- Deux motopompes de 2eme secours
- Un réfrigérant d'huile
- Un organe de réglage de la température d'huile
- Un filtre a huile double
- Des dispositifs d'étranglement d'huile
- Une vanne d'arrêt d'urgence a commande hydraulique
- Une installation d'aspiration des buées d'huile

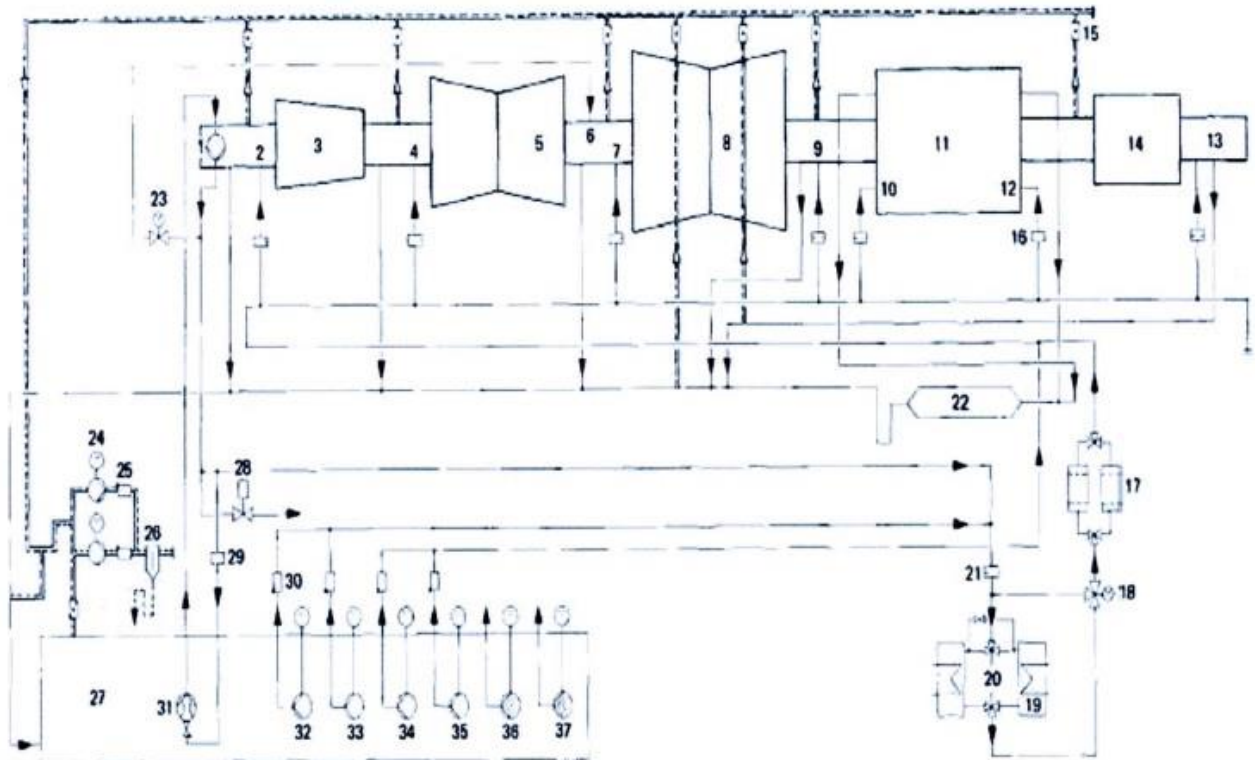


Figure 1: Schéma du circuit d'huile de la turbine

- | | |
|---|--|
| 1 Pompe à huile principale | 20 Inverseur |
| 2 Palier porteur | 21 Diaphragme |
| 3 Corps HP | 22 Réservoir d'huile d'étanchéité |
| 4 Palier porteur et de butée | 23 Organe d'arrêt du vireur hydraulique |
| 5 Corps MP | 24 Ventilateur d'aspiration des buées d'huile |
| 6 Vireur hydraulique | 25 Clapet anti retour |
| 7 Palier porteur | 26 Séparateur d'huile |
| 8 Corps BP | 27 Cuve à huile |
| 9 Palier porteur | 28 Vanne d'arrêt d'urgence à commande hydraulique |
| 10 Palier de l'alternateur | 29 Diaphragme |
| 11 Alternateur | 30 Organe anti-retour |
| 12 Palier de l'alternateur | 31 Injecteur |
| 13 Palier de l'excitatrice | 32 Motopompe plein débit de 1er secours |
| 14 Excitatrice | 33 Motopompe plein débit de 1er secours en réserve |
| 15 Clapet d'étranglement | 34 Motopompe de 2ème secours |
| 16 Clapet d'étranglement | 35 Motopompe de 2ème secours en réserve |
| 17 Diaphragme | 36 Motopompe de soulèvement |
| 18 Filtre à huile double | 37 Motopompe de soulèvement en réserve |
| 19 Organe de réglage de la température de l'huile | |

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

c) Les différents modes de fonctionnement du circuit huile sont les suivants

❖ Marche normale

En marche normale, la pompe principale implantée dans le corps du palier d'extrémité est couplée directement à l'arbre de turbine aspire directement l'huile dans la cuve et la refoule dans le circuit d'huile sous pression.

L'aspiration de l'huile par pompe principale est facilitée par l'injecteur. L'injecteur produit une pression suffisante à l'aspiration de la pompe principale quel que soit le régime d'exploitation. Ainsi, la pompe principale remplit parfaitement sa fonction et les phénomènes de cavitation qui pourraient se produire à cause de l'huile motrice requise sont prélevés sur le circuit d'huile sous pression et son débit réglé par le dispositif d'étranglement d'huile.

- L'huile destinée au circuit d'huile de commande est prélevée sur le circuit sous pression.
- L'alimentation en huile du circuit d'huile de commande peut être interrompue brusquement en fermant la vanne d'arrêt d'urgence en cas de risque d'incendie consécutif à une fuite du circuit d'huile de commande
- Le débit d'huile destinée à chaque palier est réglé lors de la mise en service au moyen des dispositifs d'étranglement d'huile.

❖ Marche avec motopompe plein débit de premiers secours

En période de virage, de démarrage et de mise à l'arrêt une des deux pompes plein débit de premier secours entraîné par un moteur triphasé à courant alternatif alimente le circuit sous pression et supplée à la pompe principale aussi longtemps que le débit de cette pompe n'est pas garanti en raison de la vitesse de rotation insuffisante de la turbine.

Lors du virage de la vanne d'arrêt est ouverte et les buses du vireur sont alimentées en huile.

❖ Marche avec motopompe de 2eme secours

Une des deux pompes de deuxième secours assure l'alimentation en huile de graissage si la pompe principale et les deux pompes de premier secours sont défectueuses. Les pompes de deuxième secours débitent directement dans le circuit de graissage en by-passant les réfrigérant d'huile et évitent la détérioration d'un moteur à courant continu, l'autre par un moteur triphasé à courant continu, l'autre par un moteur triphasé à courant alternatif.

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

Les pompes de premier et de deuxième secours sont enclenchées automatiquement par la commande partielle dès que la pression de tarage des manostats est atteinte. la pression de tarage est échelonnée en route l'une après l'autre en cas de besoin.

Après graissage et refroidissement des paliers, l'huile retourne à la cuve par un collecteur, à la sortie du réservoir de stockage d'huile, la conduite de retour comporte un siphon qui empêche l'entrée d'hydrogène dans la cuve à l'huile en cas d'incendie sur le circuit d'huile d'étanchéité.

d) Caractéristiques de l'huile

L'huile utilisée pour le groupe doit avoir les caractéristiques suivantes :

Voir aussi la spécification de l'huile

- Viscosité cinématique à 40°C : 31-50,6mm²/s
- Point d'éclair mini : 160°C

Un bon pouvoir de désaéragé est exigé, car l'existence d'air dispersé en quantité supérieure à un certain niveau pose des problèmes pour le fonctionnement des pompes à l'huile et de la régulation hydraulique.

Pour une bonne tenue de l'huile au vieillissement, les températures suivantes ne devraient pas être dépassées :

- 100% dans les carters de palier
- 75% pour l'huile de décharge
- 65% pour la température du mélange dans la cuve à l'huile

e) Principaux équipements

❖ Cuve à l'huile

La cuve à l'huile contient l'huile nécessaire à la lubrification, ou refroidissement et à la commande du groupe turboalternateur .elle sert non seulement au stockage de l'huile, mais aussi à son dégazage.

La capacité de la cuve est conçue de manière à assurer huit fois par heure au maximum la circulation de l'huile contenue dans la cuve.

❖ Circulation d'huile dans la cuve

L'huile provenant du circuit retourne à la cuve par l'orifice d'admission (1) implanté au dessous du niveau d'huile, puis pénètre dans un compartiment où elle subit un premier dégazage en s'élevant. Elle passe ensuite à travers la crépine (4) dans le compartiment voisin où elle est reprise sur l'autre côté de la cuve par l'injecteur ou la pompe.

❖ Aspiration de l'huile

Les corps des motopompes plongent dans l'huile se trouvant dans la cuve et l'aspiration s'effectue au point le plus bas afin de fournir aux circuits raccordés une huile aussi dégazée que possible.

Les moteurs d'entraînement des pompes sont fixes sur des plaques de base solidaires du couvercle de la cuve

❖ Indication de niveau d'huile

La cuve à l'huile est équipée d'un indicateur local de niveau ainsi que des détecteurs de niveau. Ces dispositifs permettent la signalisation des niveaux d'huile maximale et minimale.

❖ La pompe à l'huile principale

La pompe à l'huile principale implantée dans le palier avant la turbine alimente le groupe turbo-alternateur en huile. Elle est utilisée pour le graissage des paliers et le refroidissement des tourillons de l'arbre. Elle sert aussi d'huile primaire et d'huile d'essai.

La pompe principale est directement entraînée par le bout d'arbre de la turbine auquel elle est reliée par l'accouplement. Si le groupe est à l'arrêt ou si la pompe principale est défectueuse, l'huile est fournie par des pompes de premier secours. Ces pompes alimentent aussi l'aspiration de la pompe principale pour l'amorcer jusqu'à ce que la pompe principale puisse aspirer elle-même l'huile dans la cuve située au dessous.

❖ Motopompes plein débit de 1^{er} secours « motopompes auxiliaires »

Elles assurent l'alimentation en huile du circuit d'huile sous pression en période :

- Démarrage
- Mise à l'arrêt
- Virage

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

Une des deux motos-pompes est alors mise en service.

La motopompe est une pompe centrifuge à un étage doté d'une roue à aubes radiale et d'un corps en spirale. elle est monte sur le capot de la cuve d'huile et le corps de la pompe plongé dans l'huile .l'huile pénètre dans la tubulure d'aspiration à la partie inférieure est véhiculée dans la conduite de refoulement du circuit d'huile sous pression par l'intermédiaire d'un tube.

L'arbre de la pompe est supporté dans le corps de la pompe par un palier lisse d'une part et par un palier à roulement à billes d'autre part, monté dans le boitier de palier. Le palier à roulement est lubrifié par l'intermédiaire d'une tuyauterie alimentée à partir de la chambre de refoulement de la pompe .le palier lisse est lubrifié par l'intermédiaire d'un orifice débouchant également dans la chambre de refoulement.

e.1) Deux motopompes de soulèvement

La pompe de soulèvement et une pompe auto amorçant à trois vis à palier interne de la société ALLWEILER. Elle refoule l'huile nécessaire pour le soulever le rotor

e.2) Motopompe de 2^{ème} secours

la motopompe de deuxième secours est implantée sur couvercle de la cuve à l'huile, et immergée dans la capacité d'huile, celle-ci est entraîné par un moteur électrique.

Elles ont pour fonction l'alimentation en huile du circuit d'huile sous pression en cas de défaillance de la pompe à l'huile principale et des deux motopompes pleines à l'huile débit de 1^{er} secours. Une des deux motopompes de 2^{ème} secours est alors mise en service.

Même constitution que la motopompe plein débit de 1^{er} secours, mais conçue pour un débit et une pression de refoulement plus faible.

e.3) Caractéristiques

Pompe	Type	Tension	Puissance
Pompe 1 ^{er} secours	KSB ETA/50-50VL	380V	90KW
Pompe 2 ^{ème} secours C.C	KSB ETA 100-26VL	220V CC	6.90KW
Pompe 2 ^{ème} secours C.A	KSB ETA 100-26VL	380V.	7.5KW
Pompe de soulèvement	ALLWEILER SDF 4046	380V.	22KW

f) Réfrigérant d'huile

Les réfrigérants d'huile servent à refroidir l'huile de graissage avant son entrée dans les paliers du groupe lorsque le circuit d'huile sous pression est alimenté par la pompe à l'huile principale ou une motopompe plein débit de 1^{er} secours.

Pendant que l'un des réfrigérants est en service, l'autre est en réserve et isolé à l'aide d'un inverseur.

g) Organe de réglage de la température de l'huile

La soupape de réglage sert à régler la température de l'huile de graissage à une valeur de consigne de 45°C.

Selon la position de la soupape, l'huile de graissage peut emprunter les parcours suivants

- Toute l'huile passe dans le réfrigérant d'huile
- L'huile passe en partie dans le réfrigérant d'huile, et partie dans la conduite by-pass
- Toute l'huile passe dans la conduite by-pass

h) Filtre à l'huile double

Deux filtres à l'huile sont prévus pour nettoyage continu de l'huile de graissage et de refroidissement des paliers. Grâce au système d'inverseur de marche il est possible de permuter les filtres (en cas d'encrassement de celui étant en service) sans perturbation du fonctionnement du groupe turbo-alternateur.

i) Dispositif d'étranglement d'huile

Le dispositif d'étranglement d'huile place directement en amont des paliers dans le circuit sous pression sert au réglage de la quantité d'huile nécessaire pour les paliers

j) Vanne d'arrêt d'urgence à commande hydraulique

Les vannes d'arrêt d'urgence interrompent brusquement l'alimentation en huile des organes de réglage et sécurité en cas de risque d'incendie consécutif due à une fuite d'huile sur le circuit d'huile de commande.

La fermeture de la vanne peut être déclenchée par un des boutons-poussoirs qui se trouvent à des endroits appropriés, par exemple à proximité du groupe.

k) Ventilateur des buées

Les buées se formant dans les corps des paliers, les conduites d'huile de retour et de cuve à l'huile sont aspiré par les ventilateurs d'aspiration des buées .L'huile contenue dans les buées est extraite dans un séparateur d'huile puis amenée a un réservoir d'huile de fuite.

l) Diaphragme

Membrane ou plaque dont on utilise la déformation élastique pour connaitre ou pour commander le mouvement d'un fluide en contact avec l'une de ses parois. (le diaphragmes permettent de réaliser des pompes, des capteurs, des appareils de régulation, etc.).

I.6 Le vireur

I.6.1 Le vireur hydraulique

a) Rôle

Le vireur hydraulique à pour fonction de faire tourner la ligne d'arbre à une vitesse suffisante avant le démarrage et l'arrêt du groupe turbo-alternateur.

a) Fonctionnement

Pendant le virage la ligne d'arbre est entraînée par une roue à aubes à deux couronnes actionnées par de l'huile motrice fournie par la pompe de premier secours, franchit un organe d'arrêt et pénètre dans le corps porte-buses en amont des busses qui guident le jet d'huile jusqu'aux aubes.

Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

Le vireur est mis en service à une température d'huile supérieure ou égale à 30°C et à une pression d'huile de soulèvement supérieur à 100bars. Il se met hors service à une vitesse supérieur à 240t/m.

I.6.2 Le vireur manuel

En plus du vireur hydraulique, la turbine est dotée d'un vireur à a main qui permet de faire tourner la ligne d'arbre manuellement

a) Constitution du vireur manuel

Le vireur à main est compose essentiellement d'une couronne dentée taillée sur la roue à aube et d'un cliquet qui engrène dans cette couronne la tige placée sur le levier.

b) Fonctionnement

Pour faire tourner la tige d'arbre, il faut ôter le couvercle, faire basculer le dispositif de verrouillage et place la tige sur le levier le vireur est ainsi prêt à être actionner.

I.7 Pompe ATLINE

La pompe ATLINE monté sur l'arbre de la turbine, elle commence son fonctionnement à partir d'une vitesse de 2000T/min .et une fois la vitesse de la turbine atteint 2790T/min les autres pompes vont s'arrêter et c'est elle qui assure le graissage et le refroidissement des paliers.

I.8 conclusion

Dans ce chapitre est grâce au stage effectuer au sein de l'entreprise nationale de production d'électricité et de gaz naturel SONELGAZ (centrale thermique de CAP-DJINET) on à pu découvrir et apprendre le fonctionnement d'une centrale et les différentes parties la constituant, les éléments les plus essentielle dans cette chaine de production sont : (chaudière, transformateur, alternateur, poste d'eau, turbine), en a pu voir aussi les différentes phases de transformations qui se présente comme suit : énergie thermique=>énergie mécanique=>énergie électrique.

CHAPITRE II

Equipements et circuits électriques

II.1 Introduction

II.2 Les capteurs

a) Définition

C'est un élément qui transforme une grandeur physique en information exploitable par la partie commande, les capteurs peuvent être des capteurs TOR, analogique, ou numérique ils constituent entre autre les capteurs de position, de niveau, ou de vitesse...etc.

Les capteurs sont les constituants principaux de l'acquisition des données.

Ils représentent la plus grande partie de l'automatisation utilisées essentiellement dans ce système sont :

- Les détecteurs de la température (thermocouple)
- Les détecteurs de pression.
- Les capteurs de position
- Les détecteurs de débit d'air.

II.2.1 Capteurs de température

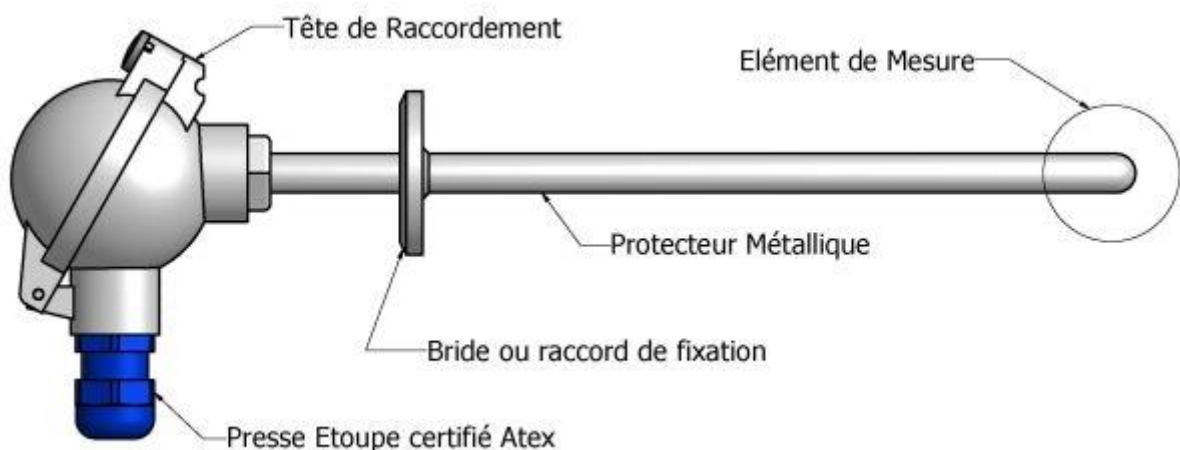


Figure II.1 : Capteur de température

II.2.2 Thermocouple

Ils mesurent principalement la température des fumées constituées principalement des deux conducteurs qui forment entre eux une jonction aux températures T_1 et T_2 , dites

Chapitre II : Equipements et circuits électriques

respectivement température de soudure froide température de soudure chaude, délivre ainsi une force électromotrice (F.E.M). Les thermocouples utilisés dans l'entrave sont de type E.

Il possède les caractéristiques suivantes :

- Très faible masse.
- Flexible.
- Plage de mesure est : -40°C à 900°C
- Réponse très rapide.

II.2.3 Détecteurs de pression

Le détecteur de pression ou pressostat, utilise un organe mécanique pour provoquer la commutation si la pression est soufflante.

L'entrée de la pression par l'orifice (a) pousse la lame du contact pour faire commuter le contact du détecteur lorsque la pression dépasse un certain seuil. Ce seuil mécanique est ajusté en modifiant la tension du ressort dans une vis, cette tension est donnée comme une valeur analogique, cette valeur passe par un transmetteur pour pression appelé transmetteur de mesure <<TELEPREM>>, pour avoir en sortie une valeur numérique en fixant un seuil de comparaison.

II.2.4 Capteurs de position

Ce sont des capteurs analogiques, ils servent à mesurer la position d'un corps ou d'un niveau, ils traduisent en signaux électrique des valeurs de position.

a) Définition

Les capteurs mécanique de position, appeler aussi *interrupteurs de position*, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction « détecter les positions » .on parle aussi de détecteurs de présence.ils sont réalisés à base de microcontacts placés dans un corps de protection muni d'un système de commande ou tête de commande

b) Avantages

- Sécurité de fonctionnement élevée.
- Fiabilité des contacts et manœuvre positive d'ouverture.
- Bonne fidélité sur les points d'enclenchement « jusqu'à 0.01mm ».

Chapitre II : Equipements et circuits électriques

- Bonne aptitude à commuter les courants faibles combinée à une grande endurance électrique.
- Tension d'emploi élevée.
- Mise en œuvre simple, fonctionnement visualisé et grande résistance aux ambiances industrielles.

c) Utilisation

Détecteur de position, fin de course, détection de présence d'objets solides.

II.2.5 Indicateur de niveau

L'indicateur de niveau est utilisé lorsque les tubes de verre ne conviennent pas pour des raisons de sécurité.

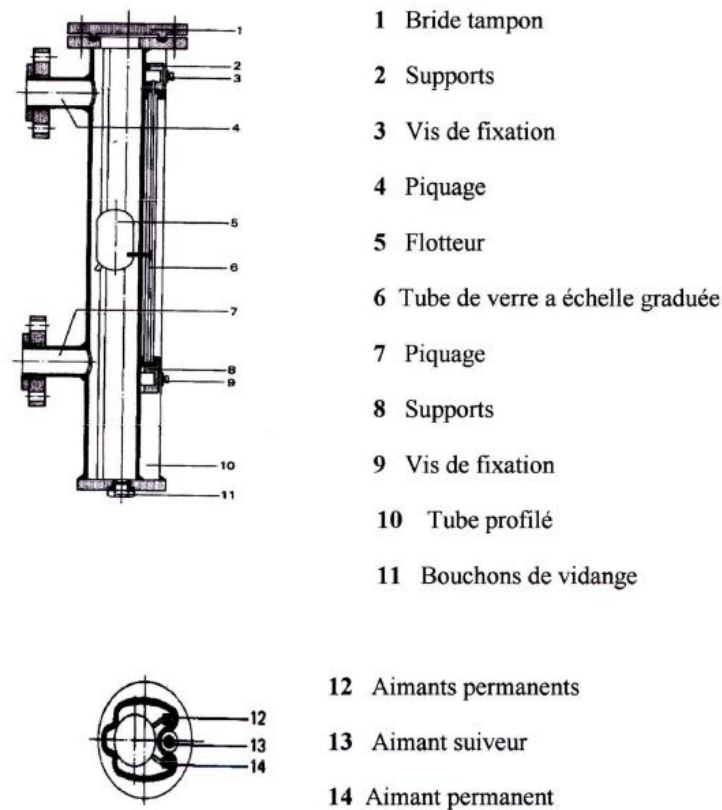


Figure II.2 : Indicateur de niveau

II.3 Les actionneurs

Dans un système automatique, un actionneur est un organe de la partie opérative qui sur ordre de la partie commande via le pré actionneur, convertit l'énergie qui lui est fournie sous une forme utile pour les tâches programmées d'un système automatisé.

II.3.1 Les moteurs asynchrones



Moteur asynchrone

Figure II.3 : Moteur asynchrone

Les moteurs électriques permettent la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation, il est l'actionneur le plus utilisé dans toutes les applications qui nécessitent des mouvements de rotation.

Les moteurs asynchrones sont les moteurs les plus utilisés dans l'ensemble des applications industrielles, du fait de leur facilité de mise en œuvre, leur faible encombrement, ainsi que leur bon rendement et de leur excellente fiabilité. Un de leur point de reproche est l'énergie réactive, toujours consommée pour magnétiser l'entrefer. Tous les moteurs utilisés dans l'usine sont de type asynchrone.

a) Les avantages du moteur asynchrone

- Robustesse
- Facile d'entretien
- Vitesse constante
- Alimentation directe par le réseau
- Couple de démarrage important

II.3.2 Servomoteur électrique



Figure II.4 : Servomoteur électrique

Les servomoteurs multi tours en exécution industrielle sont destinés aux installations de commande et ne fonctionnent généralement qu'entre deux positions « ouvert » et « fermé » ou « marche » et « arrêt ».

Pour actionner des organes de réglage, ces servomoteurs ont des temps de positionnement pour la course totale de quelques secondes à plusieurs minutes.

II.4 Les vannes

La vanne est un dispositif permettant de régler le débit d'un fluide ,ou d'un solide pulvérulent s'écoulant comme un fluide, dans une conduite fermée ou dans un ouvrage ou appareil à écoulement libre .elle peu être commandée manuellement par un volant ou à distance par un signal électrique ou pneumatique .

On peut classer les vannes selon les critères suivants :

- Par la taille : depuis le simple robinet jusqu'à la vanne de régulation du débit d'arrivée d'eau dans une centrale hydroélectrique.
- Par la fonction : vanne régulatrice de débit, vanne de purge, vanne d'arrêt ...

- Par le principe employé : vanne papillon, vanne à boisseau, vanne à trois voies ...
- Par le système de commande : manuelle, électrovanne.

II.4.1 Les vannes régulatrices



Figure II.5 : Vanne régulatrice

La vanne de contrôle de débit ou de pression est un organe qui à pour but de faire varier sous l'impulsion d'un ordre (régulateur), la section de passage d'un fluide dans une conduite .la variation peut aller de la fermeture à l'ouverture totale (0% à 100%).

La vanne régulatrice est constituée de deux éléments principaux :

- Le servomoteur : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.
- Le corps de vanne : c'est l'élément qui assure le réglage du débit.

II.5 Les composants électriques

II.5.1 Les disjoncteurs



Figure II.6 : Disjoncteurs

a) Définition

Un disjoncteur est un interrupteur très perfectionné maintenu fermé par un verrouillage, mais capable de s'ouvrir automatiquement en cas de défaut et de couper les courants de court-circuit. Il constitue l'appareil de protection par excellence, permet la protection des machines et des réseaux contre tous les défauts.

b) Fonction

Les disjoncteurs ont pour fonction de protéger les circuits contre les courts circuits.

c) Les différents types de disjoncteur

Il existe plusieurs types de disjoncteur :

- Disjoncteur magnétique : assure la protection contre les courts circuits.
- Disjoncteur thermique : assure la protection contre les surcharges.
- Disjoncteur magnétothermique : assure la protection contre les courts-circuits ainsi que les surcharges.

Disjoncteur magnétothermique différentiel : assure la protection contre les courts-circuits, les surcharges et la protection des personnes contre les contacts indirects.

II.5.2 Les contacteurs

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance au moyen de contacts, peu encombrants et sensibles, actionnés manuellement ou automatiquement.

a) Définition

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position repos, commandé autrement qu'à la main, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge en service.

Un contacteur dont les contacts principaux sont fermés dans la position de repos est appelé rupteur.

b) Le fonctionnement

Lorsque la bobine de l'électro-aimant est alimentée, le contacteur se ferme et établit par l'intermédiaire des contacts entre le circuit d'alimentation et la charge la partie mobile de l'électro-aimant qui entraîne les contacts des pôles et des contacts auxiliaires, dans certains cas le dispositif de ces derniers se déplace soit par rotation en pivotant sur un axe ou par translation en glissant parallèlement à la partie fixe, on dit que le contacteur est fermé dès que la bobine est soumise à la tension.

II.5.3 Relais thermique

Le relais thermique « de surcharge F » comprend un bilame qui s'échauffe sous l'effet du courant qui va le parcourir, son rôle est de protéger le circuit de puissance de toute surcharge en coupant l'alimentation au niveau du contacteur pour éviter que la charge ne soit soumise à un échauffement inadmissible.

Les relais thermiques sont toujours équipés d'un contact d'ouverture et d'un contact de fermeture, l'actionnement de ces contacts est effectué par l'intermédiaire d'un mécanisme dès que les éléments de déclenchement sont activés, le rôle du contact d'ouverture est de couper le circuit de commande de la bobine du contacteur, donc de déclencher celui-ci et le contact de fermeture est utilisé pour la commande d'éléments de signalisation.

II.5.4 Sectionneurs

a) Définition

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.

- le sectionneur n'a pas de pouvoir de coupure ou de fermeture.
- la coupure doit être visible soit directement par observation de la séparation des contacts, soit par un indicateur de position si les contacts ne sont pas visibles.
- les sectionneurs peuvent être verrouillés par un cadenas en position ouvert .c'est une sécurité sur un circuit des personnes qui travaillent en aval du sectionneur.

Le sectionneur est un appareil de connexion qui permet d'isoler un circuit pour effectuer des opérations de maintenance ,de dépannage ou de modification sur les circuits électriques qui se trouvent en aval .il peut être considéré comme un appareil de connexion et/ou de raccordement mais jamais comme un appareil de protection .ce dernier ne doit pas être confondu avec le « sectionneur portes fusibles » .le porte fusible assure les fonctions d'isolement par le sectionneur et de protection par les fusibles .

Le sectionneur porte fusible permet de réaliser deux fonctions :

- il supporte les cartouches fusibles destinés à protéger l'installation contre la surcharge pour les circuits ne présentant pas de points de courant important .

II.5.5 Les fusibles

a) Descriptions

C'est un élément de protection des circuits électriques .la partie active du fusible est un fil d'alliage spécial qui est placé dans un circuit électrique, il coupe le courant en fondant si l'intensité atteint une certaine limite.

Il y 'a deux familles de fusibles ; les rapides qui fondent de suite et les retardés ou temporisés qui sont un peu plus lents.

Chapitre II : Equipements et circuits électriques

b) Les différences pour les reconnaître

/	Fusibles rapides	Fusibles retardés
Fil	Simple	Simple ou spiralé
Symboles	F	T ou D

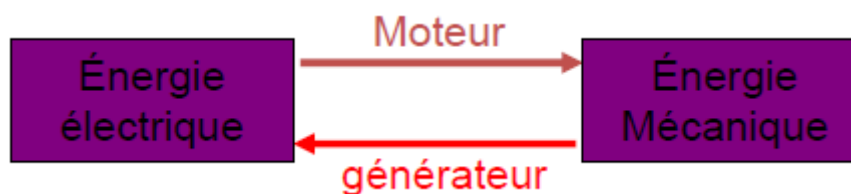
CHAPITRE III

MOTEUR A COURANT CONTINU

III.1 Introduction

Le moteur DC fonctionne comme suit : on lui envoyant un courant le rotor tourne plus ou moins vite selon celui-ci, puis s'arrête des lors qu'il n'est plus alimentée. Cependant, on ne connaît ni la distance angulaire parcourue, ni la vitesse de rotation. Aussi, si l'on veut réaliser un asservissement en vitesse ou en position, il faut transformer la consigne pour envoyer un courant pendant le temps nécessaire pour atteindre l'objectif. Il faut pouvoir mesurer ce qu'il se passe pendant que le moteur est en marche, calculer une position ou une vitesse, en déduire une erreur, puis la corriger pour atteindre la consigne de sortie. Il faut donc se servir de codeurs incrémentaux, acquérir les données, faire les calculs et commander le moteur en même temps.

III.2 Description d'un moteur à courant continu



Un moteur à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique, d'où l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

Un moteur électrique à courant continu est constitué :

D'un stator qui est à l'origine de la circulation d'un flux magnétique longitudinal fixe créé soit par des enroulements statoriques (bobinage) soit par des aimants permanents à l'arrière du stator, se trouve la partie porte balais, les balais assurant les contacts électriques avec le rotor, il est aussi appelé inducteur.

Un rotor bobiné relié à un collecteur rotatif inversant la polarité dans chaque enroulement rotorique au moins une fois par tour de façon à faire circuler un flux magnétique transversal en quadrature avec le flux statorique. Les enroulements rotoriques sont aussi appelés enroulements d'induits, ou communément induit.

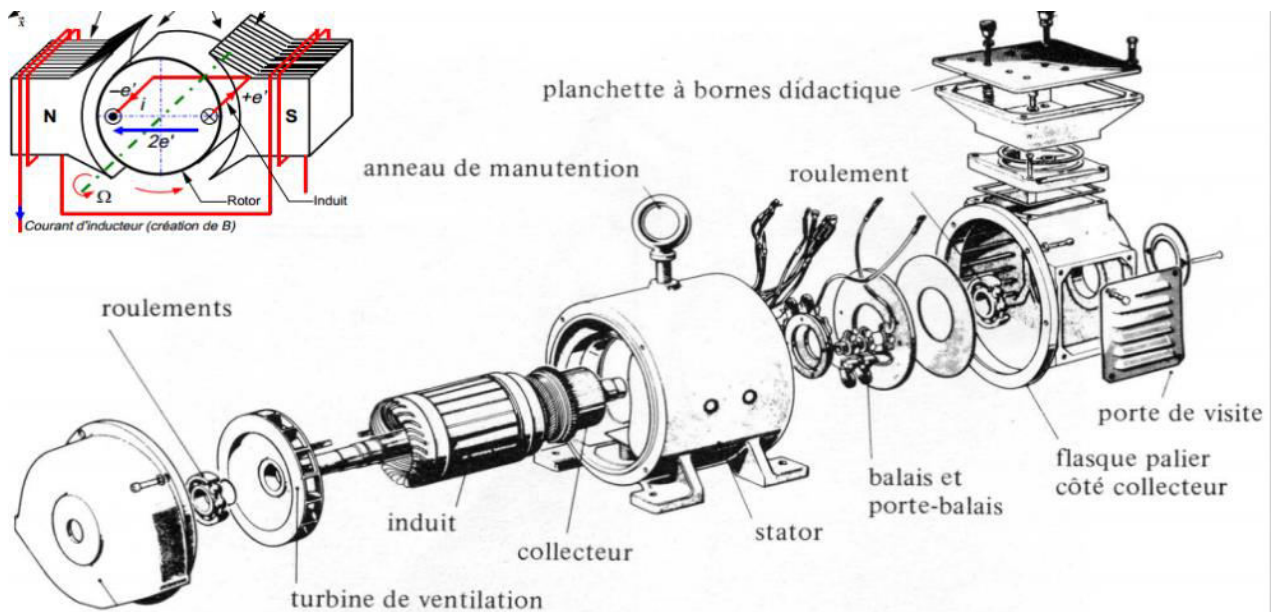


Figure III.1 : Schéma d'un moteur à courant continu

III.3 Constitution du moteur à courant continu

III.3.1 L'induit (rotor)

L'induit est la partie tournante de la machine, le noyau de l'induit est en fer pour canaliser les lignes de champs, les conducteurs sont logés dans des encoches sur le rotor, deux conducteurs forment une spire.

III.3.2 Inducteur (stator)

C'est la partie fixe, Il est formé soit d'aimants permanents en ferrite soit de bobines placées autour des noyaux polaires. Lorsque les bobines sont parcourues par un courant continu, elles créent un champ magnétique dans le circuit magnétique de la machine notamment dans l'entrefer, espace séparant la partie fixe et la partie mobile.

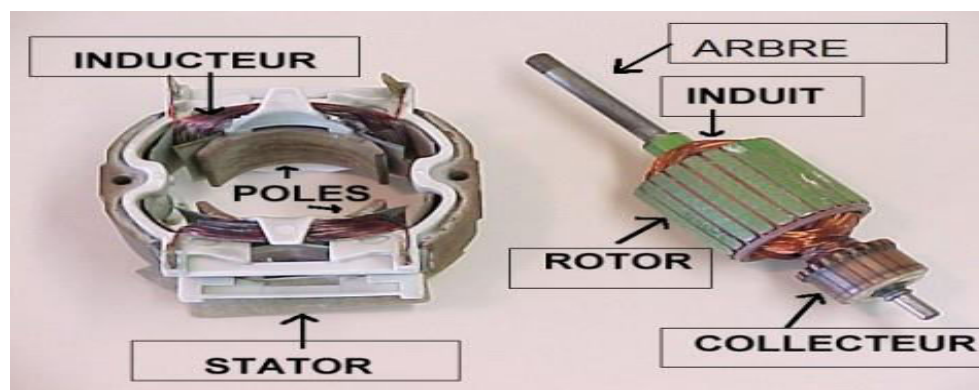


Figure III.2 : Les deux corps rotor et stator

III.3.3 Collecteur et balais

Le dispositif collecteur / balais permet de faire circuler un courant dans l'induit, le collecteur est un ensemble de lames de cuivre, isolées latéralement les unes des autres par des feuilles de mica, et disposées suivant un cylindre, en bout de rotor. Ces lames sont réunies aux conducteurs de l'induit et transforment le courant alternatif dans le bobinage en courant continu.

Les balais, portés par le rotor, frottent sur les lames du collecteur, ces contacts glissants entre lames et balais permettent d'établir une liaison électrique entre l'induit, qui tourne et l'extérieur de la machine.

Le collecteur est un commutateur mécanique qui inverse le sens du courant dans les conducteurs qui franchissent la ligne neutre. Les balais solidaires de la carcasse qui frottent sur le collecteur, lorsque l'induit est soumis à une tension, appliquée entre balais, le système balais -collecteur répartit le courant dans les conducteurs comme indiqué sur le schéma de la figure (3) le sens conventionnel est le même dans tous les conducteur situés sous un pôle, et le sens contraire dans tous les situés sous l'autre pôle.

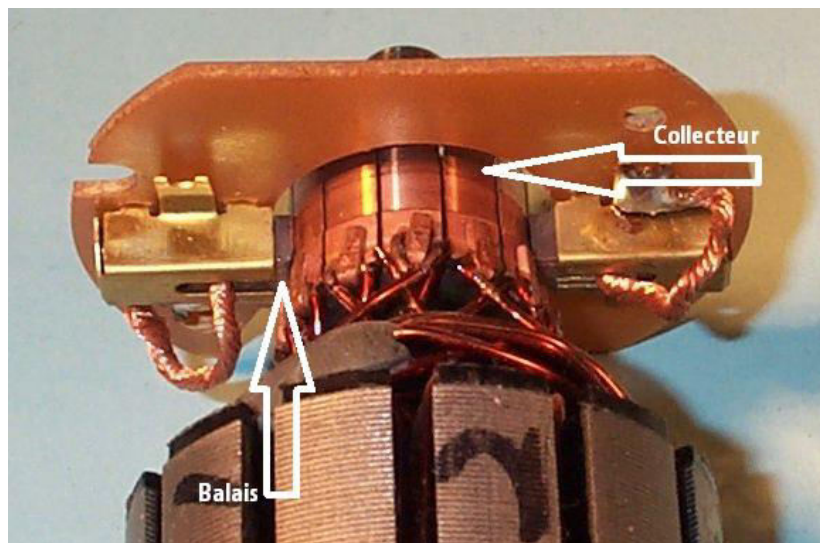


Figure III.3 : Collecteur et balais

III.4 Modélisation d'un moteur à courant continu

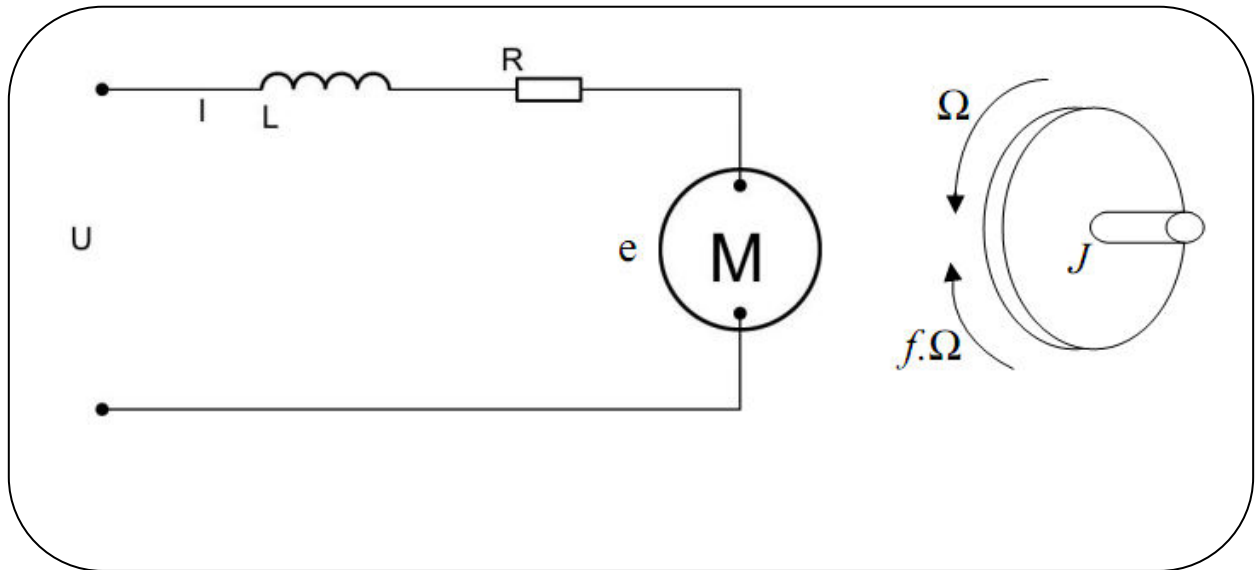


Figure III.4 : Schéma équivalent d'un moteur à courant continu

Selon le schéma de la (figure.2), un moteur électrique à courant continu est régi par les équations physiques découlant de ses caractéristiques électriques, mécaniques et magnétiques.

D'après la loi de Newton, combiné à des lois de Kirchhoff, On peut écrire les équations différentielles de premiers ordres suivantes :

$$u(t) = Ri(t) + Li \frac{di(t)}{dt} + e(t) \quad \dots\dots(1)$$

$$e(t) = Ke\Omega(t) \quad \dots\dots(2)$$

D'après le principe fondamental de la dynamique on a :

$$Ti - Tr - f\Omega(p) = Jp\Omega(p) \quad \dots\dots (3)$$

$$Ti = Kci(t) - Tp$$

$$Tr = f(t)$$

U(t) : Tension appliquée au moteur

E(t) : Force contre électromotrice

i(t) : Intensité traversant le moteur

Ω(t) : Vitesse de rotation du rotor

Ti : Couple moteur généré

Tr : Couple résistant

Chapitre III : Moteur a courant continu

f : Coefficient de frottement visqueux J : Moment d'inertie de l'axe du rotor

Kc : Constante de couple Tp : Couple de pertes

III.5 Fonction de transfert du moteur

On passe en Laplace :

$$U(p) = R.I(p) + L.p.I(p) + E(p) \quad (4)$$

$$E(p) = Ke.\Omega(p) \quad (5)$$

$$Ti - Tr = J.p.\Omega(p) \quad (6)$$

En combinant (4) et (5) on obtient :

$$U(p) = R.I(p) + L.p.I(p) + K.\Omega(p)$$

En modifiant (6) on a :

$$K.I(p) - Tp - f.\Omega(p) = J.p.\Omega(p)$$

On en déduit l'expression de $\Omega(p)$:

$$\Omega(p) = \frac{K.I(p) - Tp}{f + J.p}$$

On l'injecte a présent dans (4) :

$$U(p) = \Omega(p)\left(\frac{(R + L.p).(f + J.p)}{K} + Ke\right) + \frac{R + L.p}{f + J.p}Tp$$

On suppose que le moment du couple de pertes (qui est vu comme une perturbation) est négligeable devant le moment du couple électromagnétique ($Kci(t)$) on peut alors prend Cp nul pour simplifier le système.

On a donc :

$$U(p) = \Omega(p)\left(\frac{(R + L.p).(f + J.p)}{K} + K\right)$$

La fonction de transfert cherchée $H(p)$ est entre la tension entrant dans le moteur $U(p)$ et la vitesse de sortie $\Omega(p)$:

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K}{(R + L.p)(f + J.p)Kc^2} \quad (7)$$

III.6 Les différents modes d'excitations

Les moteurs à courant continu se différencient par la manière dont on fournit le courant d'excitation. Les différents cas possibles sont :

III.6.1 Moteur à excitation séparée

Ce mode d'excitation nécessite deux sources d'alimentations distinctes. L'alimentation de l'enroulement inducteur est prise sur une source indépendante de la source principale. On change le sens de rotation en permutant les bornes de l'induit ou de l'inducteur. Le circuit électrique est représenté par la suivante :

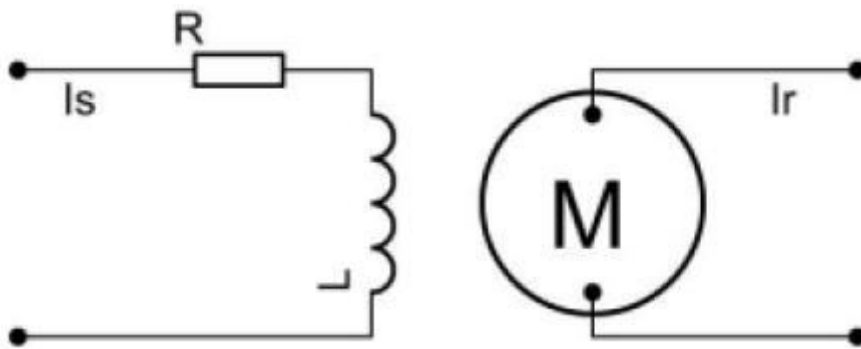


Figure III.5 : Modélisation électrique d'un Moteur à excitation séparée

❖ Domaine d'application

Particularités	Emplois
Moteur autorégulateur de vitesse. La vitesse est relativement constante quelque soit la charge	Entrainement de machines-outils (Remplacé par le moteur asynchrone triphasé)

III.6.2 Moteur à excitation shunt (Dérivée)

L'enroulement d'excitation est connecté en parallèle sur l'alimentation du moteur, il possède les mêmes propriétés que le moteur à excitation séparée du fait que, dans les deux cas, l'inducteur constitue un circuit extérieur à celui de l'induit. Le circuit électrique est représenté par la suivante :

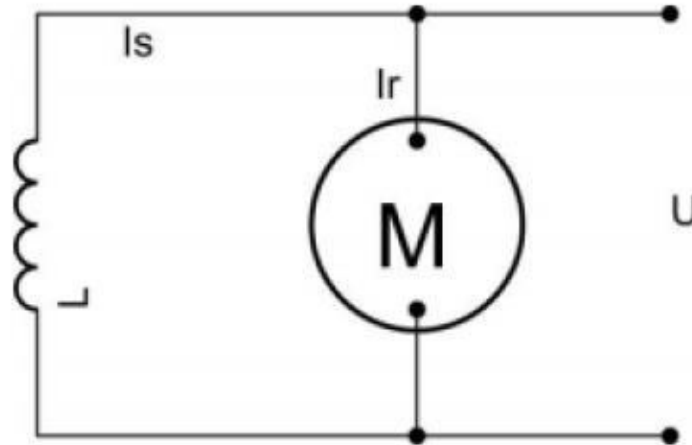


Figure III.6: Modélisation électrique d'un Moteur à excitation shunt

❖ **Domaine d'application**

Particularités	Emplois
Ne s'emballe pas meilleur couple de démarrage qu'en excitation dérivation.	appareils de levage et de manutention Utilisé aussi en excitation indépendante

III.6.3 Moteur à excitation série

Le circuit d'excitation est placé avec l'induit du moteur. Sa particularité est d'avoir un inducteur qui est traversé par le même courant, l'inducteur possède donc une résistance plus faible que celle d'autres types de machines. L'inducteur est en série avec l'induit : une seule source d'alimentation suffit. On change le sens de rotation en permutant les connexions de l'induit et de l'inducteur. Le circuit électrique est représenté par la figure suivante :

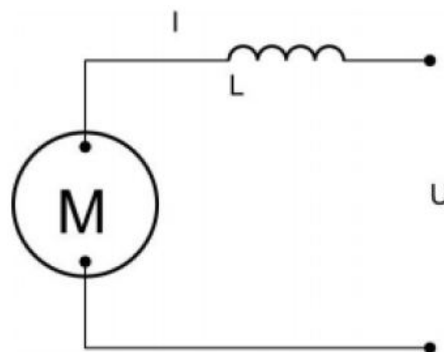


Figure III.7 : Modélisation électrique d'un Moteur à excitation série

❖ Domaine d'application

Particularités	Emplois
Moteur autorégulateur de puissance. Possède un très grand couple de démarrage mais risque l'emballement à vide. La vitesse décroît quand la charge augmente.	le moteur qui convie le mieux en traction électrique.

III.6.4 Moteur à excitation compound (Composée)

C'est une combinaison des excitations Shunt et Série, on peut réaliser un compound-âge additif (Si les flux des deux enroulements s'additionnent) ou soustractif (dans le cas contraire).

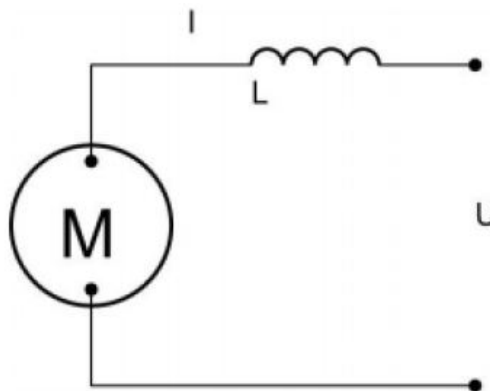


Figure III.8 : Modélisation électrique d'un Moteur à excitation compound

❖ Domaine d'application

Particularités	Emplois
Risque d'emballement du fait de l'annulation du flux résultant des enroulements	Pratiquement ce moteur n'est plus utilisé.

III.7 Asservissement de position d'un moteur à courant continu

Pourquoi l'asservissement en position d'un moteur à courant continu quand on dispose d'un servomoteur ?

Mais parce que le moteur DC ne connaît pas de limite d'angle ! Cela peut être par exemple utile pour imposer précisément une position à un bras mobile, une roue, un robot...

Et pour déduire la position exacte des moteurs on fait références à différents capteurs de position.

III.7.1 Les capteurs de position

a) Les codeurs optiques

Il est possible d'obtenir un capteur de position à partir d'un codeur incrémental. A chaque incrément du codeur correspond un déplacement élémentaire, il est alors possible de compter ou décompter ces incréments selon le sens de rotation afin d'obtenir une information de position.

L'initialisation du compteur (chargement à une valeur correspondant au nombre de point du codeur lors du décomptage) sera réalisée en utilisant le « top zéro » du codeur. Nous obtenons alors un montage dont le schéma synoptique est le suivant :

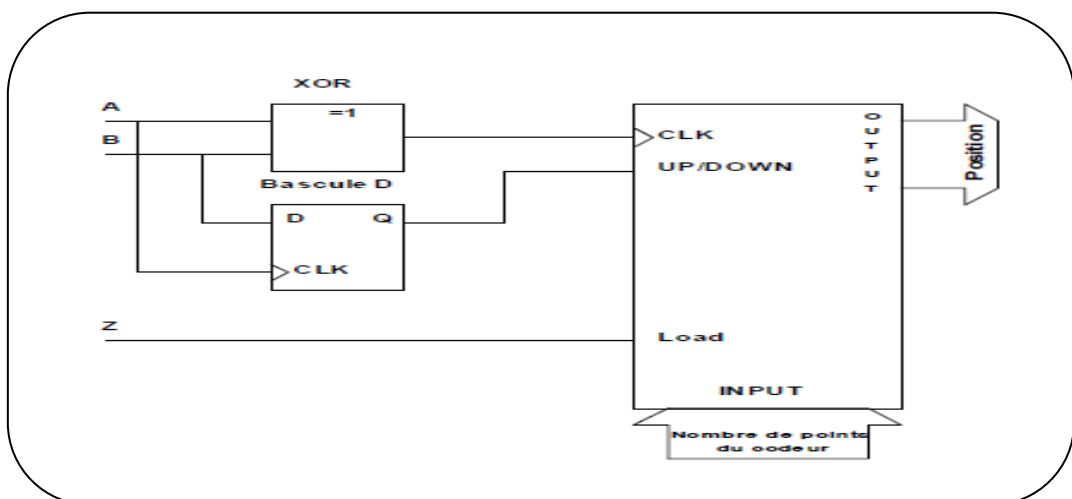


Figure III.9 :Compteur/décompteur à chargement parallèle

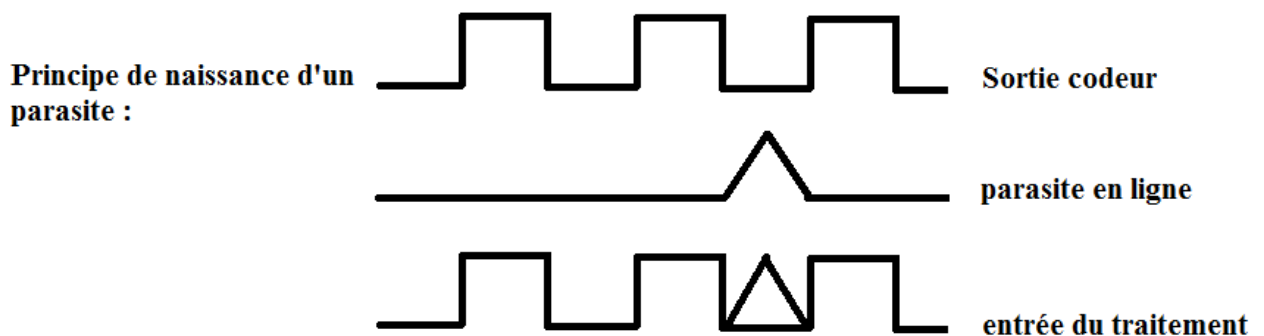


Figure III.10 : Codeur incrémental

b) Les codeurs absolus

Ce concept a été développé pour pallier aux contraintes suivantes générées par le codeur incrémental lorsqu'il n'est pas associé à une commande numérique.

- Sensibilité aux coupures du réseau : tous les segments étant d'égale longueur, chaque coupure du courant peut faire perdre la position réelle du mobile. Il faut alors procéder à la réinitialisation. Ce temps de réinitialisation peut être pénalisant pour certaines applications.
- Sensibilité aux parasites en ligne. Un parasite reçu sur la ligne peut être comptabilisé par le système de traitement comme un signal d'incrément, sauf en cas de traitement du signal complémentaire.

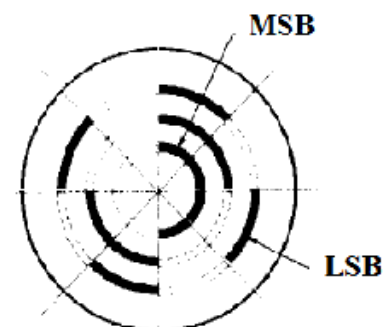


- Les fréquences des signaux A et B étant généralement élevées, le non-comptage d'une période induit une erreur de positionnement qui ne peut être corrigée que par la lecture du "top zéro".
- Impossibilité de recalage par le "top zéro" dans le cas de mouvement de type oscillant, ne décrivant jamais un tour complet.

b.1) Principe théorique de fonctionnement

Dans ce concept le disque comporte un nombre "n" de pistes. Chaque piste a son propre système de lecture, (diode émettrice et diode réceptrice).

La piste intérieure est composée d'une moitié opaque et d'une moitié transparente. La lecture de cette piste, ("bit de poids le plus fort"), MSB = Most Significant



Chapitre III : Moteur a courant continu

Bit, permet de déterminer dans quel demi tour on se situe. La piste suivante est divisée en quatre quarts alternativement opaques et transparents. La lecture de cette piste combinée avec la lecture de la piste précédente permet alors de déterminer dans quel quart de tour on se situe. Les pistes suivantes permettent successivement de déterminer dans quel huitième de tour, seizième de tour,... etc... on se situe. La piste extérieure donne la précision finale et est appelée, LSB = Least Significant Bit (bit de poids le plus faible).

Cette piste comporte $2n$ points correspondant à la résolution du codeur.

Le nombre de sorties parallèles est le même que le nombre de bits ou de pistes sur le disque.

c) Les résolveurs

Le synchro-résolveur est un capteur de position angulaire inductif, utilisant les variations de mutuelle inductance entre un rotor et un stator, mutuelle inductance dont la valeur dépend de la

Position :

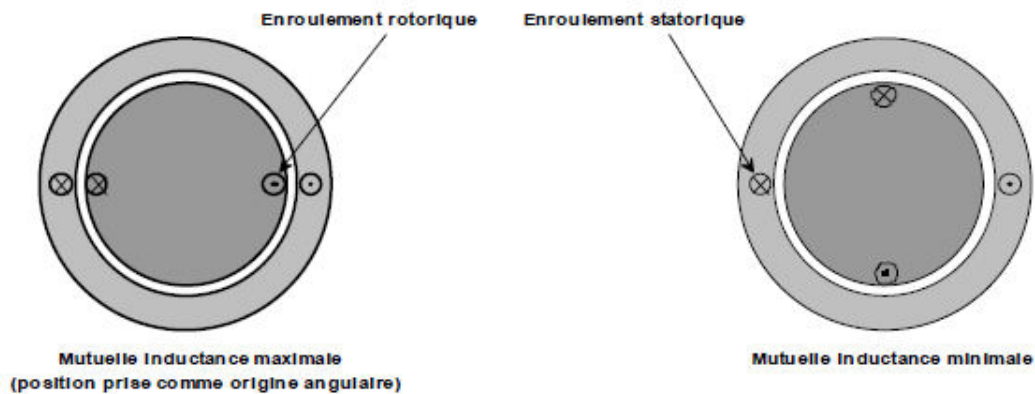


Figure III.11: Schema d'un resolveur

On peut admettre que l'expression de la mutuelle inductance en fonction de la position angulaire du rotor a pour expression : $M(q) = M \cdot \cos(q)$

Le rotor est alimenté par un courant sinusoïdal haute fréquence (de quelques kilo-hertz), et il est alors possible de calculer le flux induit dans le stator (ϕ_s) par le courant rotorique ($I_r = I \cdot \sin(\omega \cdot t)$) : $\phi_s = M \cdot \cos(\theta) \cdot I \cdot \sin(\omega \cdot t)$. Il en découle l'expression de la tension induite dans le stator :

$$e_s = \frac{d\phi_s}{dt} = \frac{d}{dt}(M \cdot \cos(\theta) \cdot I \cdot \sin(\omega t)) = M \cdot \sin(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot I \cdot \sin(\omega t) - M \cdot \cos(\theta) \cdot I \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$$

La valeur de ω étant très supérieure $d\theta/dt$ l'expression de e_s peut être approché par $M \cdot \cos(\theta) \cdot I \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$. Si l'on dispose d'un deuxième enroulement statorique en quadrature avec le premier, on dispose alors d'un système de deux tensions telles que :

$$\begin{cases} e_{s1} = K \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\omega t) \\ e_{s2} = K \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\omega t) \end{cases}$$

Il est possible en utilisant des techniques de démodulation d'amplitude (détection synchrone par exemple),

de faire disparaître les termes en $\cos(\omega t)$. On obtient alors deux tensions :

$$\begin{cases} e_{s1} = K \cdot \cos(\theta) \\ e_{s2} = K \cdot \sin(\theta) \end{cases}$$

Connaissant le sinus et le cosinus de l'angle, il est alors possible de déduire la valeur de θ (il existe des circuits intégrés réalisant cette fonction).

III.8 Régulation/asservissement

Lorsqu'il y a un retour d'information de la grandeur observée sur le régulateur, on parle d'un asservissement du système ou d'une régulation du système.

III.8.1 L'asservissement

La consigne, traduisant l'objectif désiré du procédé, n'est pas constante et les grandeurs perturbatrices n'existent pas ou sont très peu influentes sur la grandeur à maîtriser.

Exemples :

- Asservissement de température : obtention d'un profil de température en fonction du temps dans un four de traitement thermique.
- Asservissement d'un débit d'air par rapport à un débit de gaz afin d'obtenir une combustion idéale.

III.8.2 La régulation

La consigne, traduisant l'objectif désiré du procédé, est constante et les grandeurs perturbatrices influencent fortement sur la grandeur à maîtriser.

Exemples :

- Régulation de température dans un local subissant les variations climatiques.
- Régulation de niveau dans un réservoir dépendant de plusieurs débits d'alimentation et de soutirage.
- Régulation de pH de rejets d'eau destinés à être déversés dans une rivière.

III.8.2.1 Principe général de la régulation

Dans la plupart des appareils dans des installations industrielles et domestiques, il est nécessaire de maintenir des grandeurs physiques à des valeurs déterminées, en dépit des variations externes ou internes influant sur ces grandeurs. Par exemple, le niveau d'eau dans un réservoir, la température d'une étuve, la vitesse et la position des moteurs, étant par nature variables, doivent donc être réglés par des actions convenables sur le processus considéré. Si les perturbations influant sur la grandeur à contrôler sont lentes ou négligeables, un simple réglage dit en boucle ouverte, permet d'obtenir et de maintenir la valeur demandée (par exemple : action sur un robinet d'eau). Dans la majorité des cas, cependant, ce type de réglage n'est pas suffisant, parce que trop grossier ou instable. Il faut alors comparer, en permanence, la valeur mesurée de la grandeur réglée à celle que l'on souhaite obtenir et agir en conséquence sur la grandeur d'action, dite grandeur régnante.

On a, dans ce cas, constitué une boucle de régulation et plus généralement une boucle d'asservissement.

Cette boucle nécessite la mise en œuvre d'un ensemble de moyens de mesure, de traitement de signal ou de calcul, d'amplification et de commande d'actionneur, constituant une chaîne de régulation ou d'asservissement. La consigne est maintenue constante se produit sur le procédé une modification d'une des entrées perturbatrices. L'aspect régulation est considéré comme le plus important dans le milieu industriel, car les valeurs des consignes sont souvent fixes.

Néanmoins, pour tester les performances et la qualité d'une boucle de régulation, on s'intéresse à l'aspect asservissement.

a) Système en boucle ouverte

Un système est dit en boucle ouverte lorsque la commande est élaborée sans l'aide de la connaissance des grandeurs de sortie. Au niveau des inconvénients, il n'y a aucun moyen de contrôler, à plus forte raison de compenser les erreurs, les dérives, les accidents qui

Chapitre III : Moteur a courant continu

peuvent intervenir à l'intérieur de la boucle, autrement dit, il n'y a pas de précision ni surtout de fidélité qui dépendent de la qualité intrinsèque des composants. Enfin, le système en boucle ouverte ne compense pas les signaux de perturbation, le schéma bloc de système en boucle ouverte est donné par la figure ci-après.

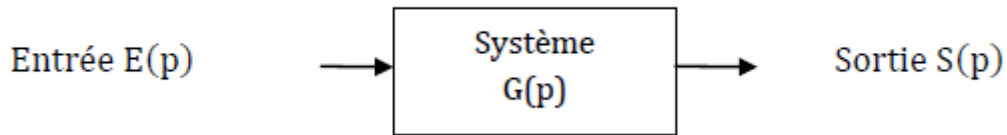


Figure III.12 : Schéma bloc d'un système en boucle ouverte

S : grandeur réglée (sortie)

E : grandeur réglante (entrée)

G(p) : fonction de transfert

b) Système en boucle fermée

La boucle fermée (contre réaction) est capable de stabiliser un système instable en boucle ouverte. Dans une régulation en boucle fermée, une bonne partie des facteurs perturbateurs externes sont automatiquement compensés par la contre-réaction à travers le procédé.

L'utilisation du retour d'information est le principe fondamental en automatique.

La commande appliquée au système est élaborée en fonction de la consigne et de la sortie.

La (Figure.2) représente le principe de retour unitaire.

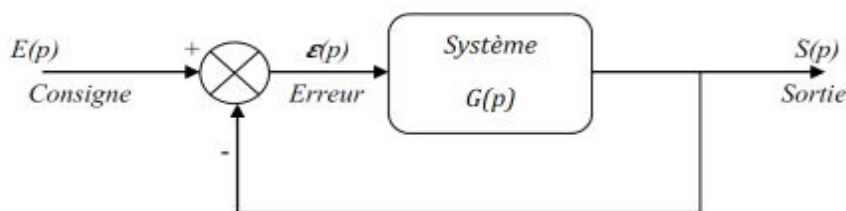


Figure III.13 : Schéma bloc d'un système en boucle fermée avec un retour unitaire

III.9 Régulateur PID du moteur à courant continu

III.9.1 Régulateur PID

Le régulateur PID, appelé aussi correcteur *PID* (proportionnel, intégrateur, dérivateur ou proportionnel, intégral, dérivé) est un système de contrôle, permettant d'effectuer un asservissement en boucle fermée d'un système industriel ou « procédé ». C'est le

Chapitre III : Moteur a courant continu

régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de régler un grand nombre de grandeurs physiques.

a) Principe général

Un correcteur est un algorithme de calcul qui délivre un signal de commande à partir de la différence entre la consigne et la mesure.

Le correcteur PID agit de trois manières :

- action *proportionnelle* : l'erreur est multipliée par un gain G ;
- action *intégrale* : l'erreur est intégrée et divisée par un gain T_i ;
- action *dérivée* : l'erreur est dérivée et multipliée par un gain T_d .

Il existe plusieurs architectures possibles pour combiner les trois effets (série, parallèle ou mixte), on présente ici une architecture parallèle :

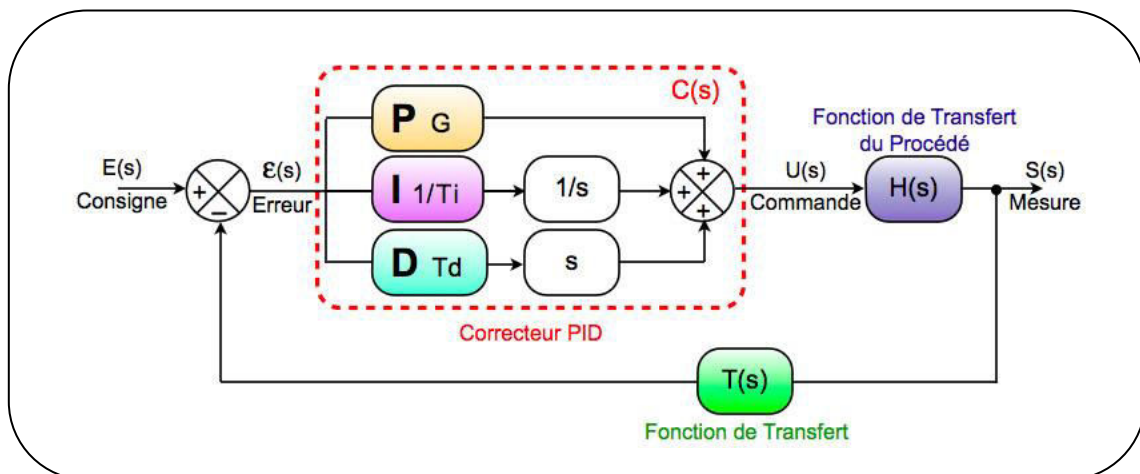
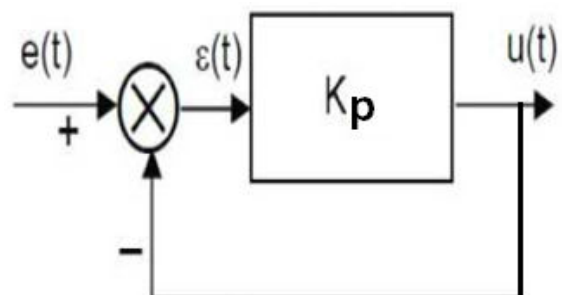


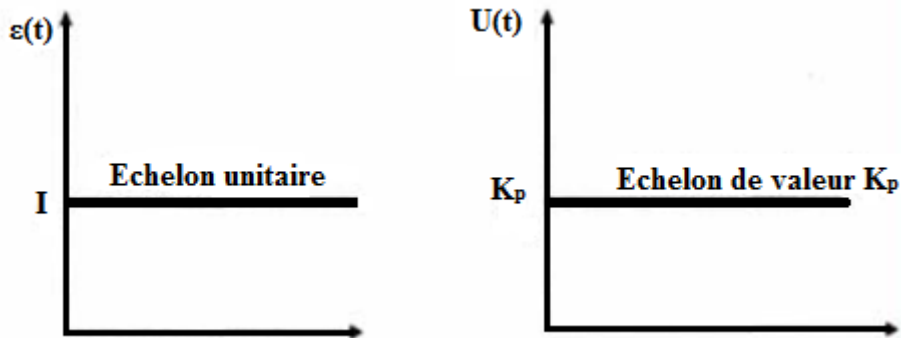
Figure III.14: Correcteur PID

III.9.1.1 Action Proportionnelle(P)

Cette action est la plus classique. Elle consiste à appliquer une correction en rapport avec la différence instantanée entre la mesure et la consigne courante. Le rapport erreur/commande s'appelle le gain ou (Bande proportionnelle). La limite de cette commande arrive à partir du moment où l'erreur devient petite ou si la consigne n'est pas constante ; en effet l'annulation de l'écart



considère que la consigne à l'instant T+1 sera le même qu'à l'instant T.



L'action proportionnelle corrige de manière instantanée, donc rapide, tout écart de la grandeur à régler, elle permet de vaincre les grandes inerties du système. Afin de diminuer l'écart de réglage et rendre le système plus rapide, on augmente le gain (on diminue la bande proportionnelle) mais est limité par la stabilité du système. Le régulateur P est utilisé lorsqu'on désire régler un paramètre dont la précision n'est pas importante.

a) Principe de fonctionnement

La relation entre la sortie $u(t)$ et le signal d'erreur $\varepsilon(t)$ est :

$$U(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) \dots\dots(1)$$

Donc :

$$K_p = \frac{U(t)}{\varepsilon(t)} \dots\dots\dots(2)$$

K_p : gain proportionnel

b) Effet :

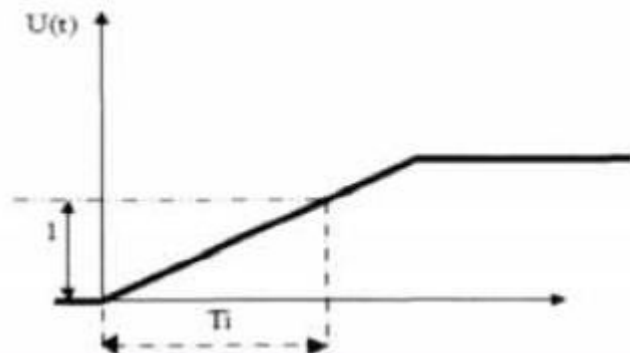
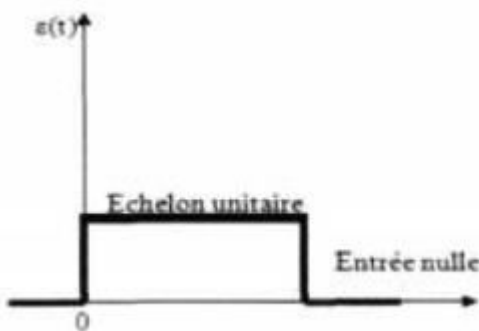
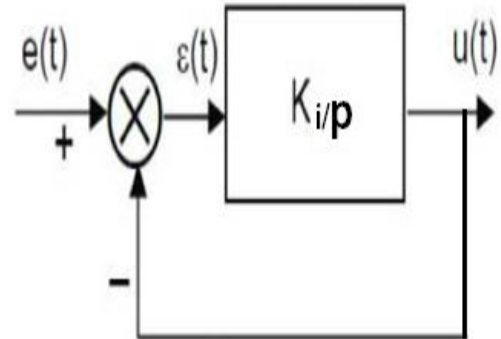
L'action proportionnelle P crée un signal de commande $u(t)$ proportionnel au signal d'erreur $e(t)$. Elle agit donc principalement sur le gain du système asservi et permet :

- D'améliorer notablement la précision.
- Entraîne une augmentation du gain, d'où une diminution de l'erreur statique
- Augmente la bande passante du système.
- Améliore la rapidité du système et augmente l'instabilité du système.

Le correcteur proportionnel P n'est généralement pas utilisé seul. On verra que tout correcteur possède au moins l'action proportionnelle.

III.9.1.2 Action intégrale (I)

Cette action calcule sa contribution à la commande en n'utilisant pas l'écart instantané mais une mémoire des écarts intervenus lors des précédents échantillonnages. Ceci permet d'éliminer à la fois les erreurs statiques trop petites pour que l'action proportionnelle et les erreurs de suivi de consignes en pente. La limite de cette commande intervient à partir du moment où le système ne réagit plus à la commande passée (blocage d'organe, limitation de sécurité, etc.). Dans ce cas précis, le régulateur va amplifier à l'infini sa contribution intégrale. On parle de saturation d'intégrale. La résolution de problèmes passe de l'utilisation d'un PID à intégrale externe. La contribution intégrale se calcule en ajoutant tous les T_i secondes la valeur de l'entrée de l'intégrateur à l'ancienne valeur.



Le réglage de la contribution intégrale peut se faire de deux façons : soit réglage du T_i , soit réglage de « n » qui est le nombre de fois où l'on somme l'entrée durant l'unité de temps (1 minute ou 1 seconde). Nous avons la relation $T_i = 1/n$. Elle permet d'éliminer l'erreur résiduelle en régime permanent. Afin de rendre le système plus dynamique (diminuer le temps de réponse), on diminue l'action intégrale mais, ceci provoque l'augmentation du déphasage ce qui provoque l'instabilité du système en boucle fermée. Et elle est aussi utilisée lorsqu'on désire avoir en régime permanent, une précision parfaite, en outre, elle permet de filtrer la variable à régler d'où l'utilité pour le réglage des variables bruitées.

a) Principe

La relation entre la sortie $u(t)$ est le signal d'erreur $\varepsilon(t)$ est:

Avec :

$$\frac{dU(t)}{dt} = K_i \varepsilon(t) \dots\dots\dots 3$$

Donc

$$\frac{U(t)}{\varepsilon(t)} = \frac{K_i}{P} = \frac{1}{T_{ip}} \dots\dots\dots (5)$$

K_i : gain intégral

T_i : constante de temps d'intégration

b) Effet

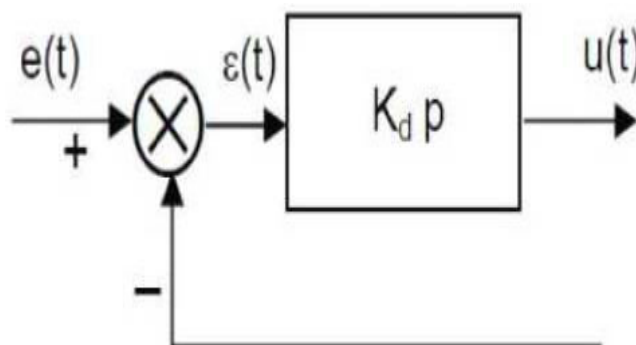
L'intérêt principal de ce régulateur est d'ajouter dans la chaîne de commande une intégration.

Nous savons que la présence d'une intégration augmente la classe du système et réduit ou annule, selon le type d'entrée, l'erreur statique du système. L'action intégrale pure :

- améliore la précision en réduisant ou annulant l'erreur statique.
- introduit un déphasage de -90° qui risque de déstabiliser le système (diminution de la marge déphasé).

Le régulateur à action exclusivement intégrale n'est pratiquement jamais utilisé, en raison de sa lenteur et de son effet déstabilisant. Il est, en général, associé au régulateur Proportionnel.

III.9.1.3 Action dérivée (D)



a) Principe

La relation entre la sortie $u(t)$ et le signal d'erreur $\varepsilon(t)$ est :

$$U(t) = \frac{K.d(t)}{d} \dots\dots\dots(6)$$

C'est-à-dire

$$\frac{U(p)}{\varepsilon(p)} = K * P = K * T \dots\dots\dots(7)$$

Avec **Kd** appelé " *gain dérivé* ".

Td appelée " *constante de temps de dérivation* "

b) Effet

La réponse indicielle montre qu'un correcteur à action exclusivement dérivée ne permet pas la transmission d'un signal. L'action dérivée ne peut donc être utilisée seule. On fait appel à elle lorsque le signal de commande U doit être particulièrement efficace. En effet, ce correcteur permet de faire intervenir la dérivée du signal d'erreur ; il sera d'autant plus actif que la variation de $\varepsilon(t)$ est rapide.

L'action dérivée pure :

- améliore la stabilité du système par l'introduction d'un déphasage supplémentaire de + 90° (augmentation de la marge de phase).
- mais fait diminuer la précision du système.
- et amplifie les bruits de hautes fréquences.

Le correcteur à action exclusivement dérivée n'est pratiquement jamais utilisé. Il est en général associé au correcteur Proportionnel.

III.10 Les correcteurs P/PI/PD/PID

III.10.1 Correcteur proportionnel (P)

Le correcteur proportionnel est le plus simple des correcteurs. Il ne permet pas toujours d'obtenir des performances très élevées mais il peut suffire dans certains cas si le cahier des charges n'est pas trop contraignant ou si le système a un comportement assez simple. Expérimentalement, son réglage peut se faire directement en partant d'un gain faible

Chapitre III : Moteur a courant continu

et en augmentant petit à petit jusqu'à atteindre un comportement satisfaisant. Pour un gain trop élevé, le système deviendra instable ce qui se manifestera d'abord par des oscillations de plus en plus importantes.

III.10.2 Correcteur proportionnel intégral (PI)

L'intérêt de la correction de type intégrale est de permettre une erreur statique nulle. En effet, si le système comporte un intégrateur et se stabilise à un point d'équilibre, tous les signaux sont constants. Or, pour que la sortie d'un intégrateur soit constante, il est nécessaire que son entrée soit nulle. Si l'entrée de l'intégrateur est reliée à l'erreur de régulation, l'effet du terme intégral sera bien d'annuler cette erreur. Notons que l'erreur est annulée même en présence d'une perturbation. Annuler l'erreur en régime permanent est une chose, mais le faire rapidement en est une autre. Il convient donc d'être capable de régler le correcteur de manière adéquate.

III.10.3 Correcteur proportionnel dérivé (PD)

L'instabilité d'un système asservi est lié au fait que la phase de la fonction de transfert en boucle ouverte soit inférieure à -180° ; lorsque le gain passe par 0 dB. Une des possibilités pour augmenter la phase de la boucle ouverte est d'utiliser un effet dérivé (ou aussi une avance de phase).

Résumé

Correcteurs	Avantages	Inconvénients
P	Simplicité Meilleure précision	Risque d'instabilité si $K_c \gg 1$
PI	Simplicité Erreur statique nulle	Système parfois lent en BF
PD	Améliore stabilité et rapidité	Sensibilité du système aux bruits
PID	Très utilisé en industrie Action PI + PD	Réglage des paramètres plus difficile

III.11 Conclusion

Les machines a courant continu ne sont plus guère utilisées a l'heure actuelle comme génératrices de puissance, leurs larges possibilités de réglage de vitesse et de position ont favorisé leur utilisation en moteur (à excitation séparée) dans les applications ou cette caractéristiques est importante, surtout depuis le développement des semi conducteurs de puissance(transistors et thyristors).

La supériorité des ces moteurs réside dans le fait qu'ils se prêtent facilement a un contrôle souple, continu et presque instantané de leur vitesse.

CHAPITRE IV

Asservissement de position du système réel

IV.1 Introduction :

Dans la plupart des processus industriels, il est indispensable de maîtriser certains paramètres physiques. En automatique lorsque l'on souhaite atteindre une certaine vitesse, température, position, angle..., il est donc très souvent nécessaire d'avoir recours à un asservissement, c'est à dire un système capable d'atteindre et de maintenir une consigne en utilisant une mesure. Il s'agit donc d'un système bouclé, dont il reste à déterminer la fonction permettant de corriger la commande en fonction de la consigne initiale et de l'erreur mesurée. Le PID est une méthode qui a fait ses preuves et qui donne de bons résultats. On peut citer, parmi tant d'autres, quelques exemples concrets d'utilisation : asservissement d'angle pour des bras robotiques (ABB, Kuka, Straübli, ...) et plus généralement dans les servomoteurs, régulation de réaction chimique en chimie pharmaceutique, convoyeurs industriels à navettes indexées.

Chapitre IV : Asservissement de position du system réel



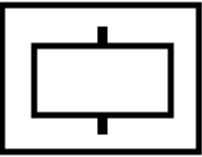

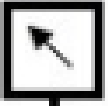



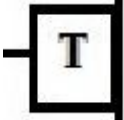

	Entrainement électrique		Transducteur température en courant
	JF01L1 : Inverseur a contacteur		BK087 : Indicateur de la valeur réelle
	BJ087 : Indicateur d'écart de réglage		EC015 : Régulateur pas a pas avec commande
	EC009 : Indexeur de valeur fixe monte S.L.MOD		EC009 : Lieu de soustraction
	SC17T011 : Capteur de température		Echangeur de chaleur

Figure IV-2 : Composants du circuit du régulateur

Notre système est un system de régulation de température d'huile de refroidissement et de lubrification du groupe turbo alternateur, La température demandé a la sortie du régulateur est de 45°C afin d'assurer le bon fonctionnement du groupe.

L'huile est stocké dans deux réservoirs principaux a une température qui est aux alentours de 60°C, puis pompé via deux pompes auxiliaires placé au dessus de ce dernier pour que l'opération de refroidissement de cette huile soit effectuée.

En trouve deux passages différents que cette huile de refroidissement et de lubrification peut emprunter :

- Premier passage (passage direct) ou l'huile passe par un échangeur de chaleur qui utilise l'eau de mer pour l'opération de refroidissement, a cette étape la température d'huile va diminuer de 15°C (la température de l'eau varie d'une saison a une autre en générale elle est entre 21°C et 22°C a l'entrée et 28°C a 30° C a la sortie de l'échangeur.
- Le deuxième passage appelé by pass, la température du fluide est la même que celle de la cuve.

Les extrémités des deux passages sont reliées aux deux entrées de la vanne régulatrice SC17T011.

Chapitre IV : Asservissement de position du system réel

IV.3 Régulation de la température du système

Cette régulation a pour fonction de maintenir la température d'huile à un niveau constant. Le circuit de réglage est équipé d'une soupape de réglage a trois voies la température est comparé a la valeur de référence règle au préalable au bloc fonctionnel EC009 K1.

La déviation est indiqué au pupitre LA05/BJ087 est convertie par le régulateur en impulsion de commande « ouverture ou fermeture ».

Ces impulsions provenant du régulateur sont convertie dans l'armoire du régulateur de puissance en impulsions de réglages pour le moteur d'entraînement de la soupape SC17S026.

L'indication de la position de la soupape a lieu sur le pupitre de commande sur la cordonnée LA05/BK087.

Le déplacement de la soupape a trois voie provoque une modification de la température en direction de la valeur de référence règle au préalable (voie de refroidisseur ou voie by-pass (a double flux) sont ouvertes/fermées).

La dynamique de la section de réglages est réglé a l'aide des régulateurs de paramètres (A, T_N, K_p).

IV.4 Asservissement de position du system réel

IV.4.1 Interrupteur de position

Pour compter le nombre de tour pendant que le moteur tourne, on utilise une interruption qui va se déclencher a chaque transition de l'encodeur et viendra simplement incrémenter un compteur.

L'encodeur est intégré et constitue de deux capteurs hall (équivalents magnétique des capteurs optique) qui permettent de lire ces interruptions sous forme de front montants et descendants. Deux capteurs, deux fonctions d'interruptions.

IV.4.2 En utilisant ARDUINO :

Les roues codeuses sont essentielles à l'asservissement du moteur. Elles permettent à terme de connaitre le sens ainsi que la vitesse de rotation du moteur. Un disque magnétique passe devant deux capteurs qui le détectent tour a tour. A chaque passage de l'aimant, une impulsion est envoyée à la carte ARDUINO. Il y a un front montant et un front descendant pour chaque capteur, soit quatre positions différentes possible (HH, BB, HB, BH). Sur une période, il est donc possible de passer par quatre positions équidistantes de 90° chacune, 360° équivalent a une période. C'est pour cela que

Chapitre IV : Asservissement de position du system réel

l'on parle de décalage en quadrature du signal. De plus, selon l'enchaînement des fronts, il est facile de déterminer le sens de rotation. Par exemple si on avait enregistré HH et qu'ensuite HB provient, on sait que le moteur tourne dans le sens horaire. Si au contraire BH provient, c'est l'inverse.

Le codeur magnétique est moins précis qu'un codeur optique. En effet, il utilise des aimants a la place des traditionnels traits noirs, et ceux-ci doivent éviter d'être trop proches pour ne pas créer d'interférences. Cependant, fixe a l'arbre moteur, le nombre d'impulsions par tour de l'arbre de sortie est multiplié par le réducteur et peut donc être largement suffisant. L'image ci-dessous montre le fonctionnement d'un codeur optique, mais il suffit de remplacer virtuellement les points blancs par des aimants pour obtenir un codeur magnétique.

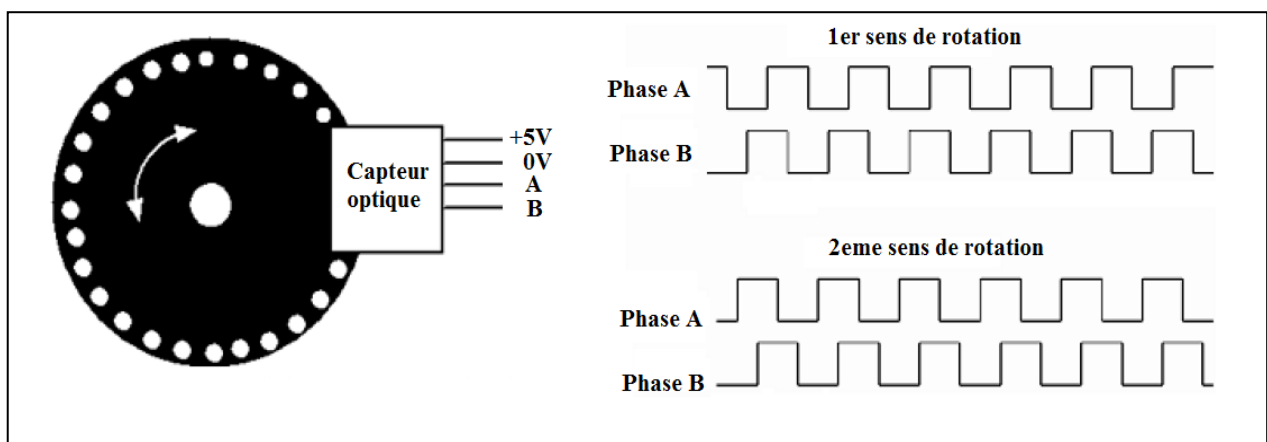


Figure IV.3 : Représentation de la roue codeuse

Tirer des informations du codeur incrémental revient à créer une fonction compteur. On enregistre une valeur que l'on vient incrémenter ou décrémenter selon l'ordre des impulsions de la quadrature.

Remarque : il est possible de connaître la vitesse de rotation à l'aide d'un seul capteur. Mais le fait d'utiliser deux capteurs permet de plus d'en déterminer le sens.

IV.5 Partie pratique

IV.5.1 Modélisation du system

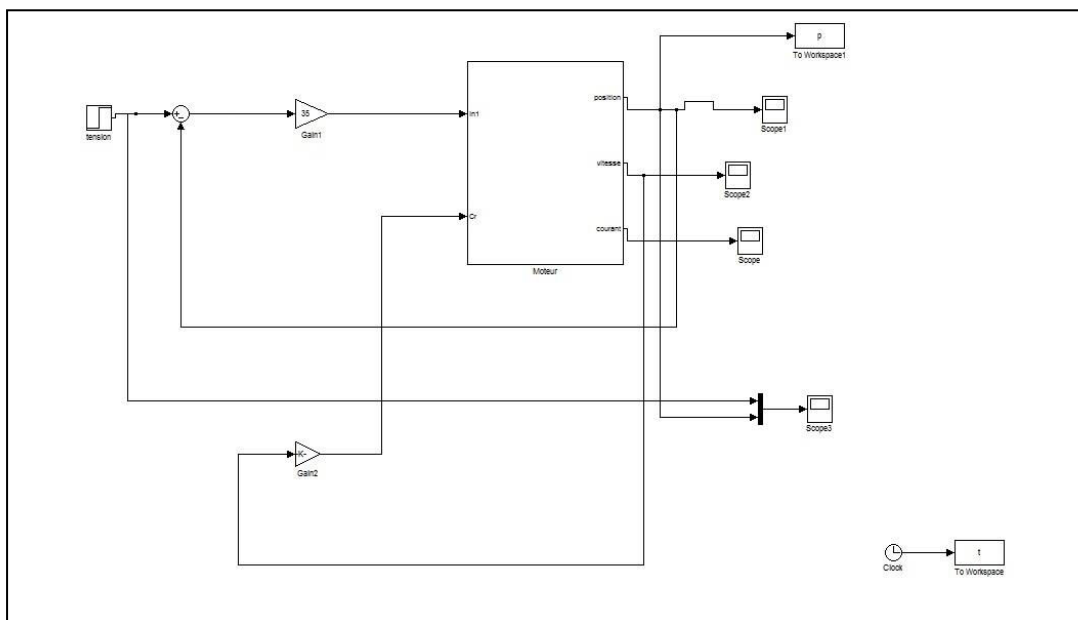
Le système sous SIMULINK voir les cas suivants :

Cas 1 : Le processus en boucle ouverte.

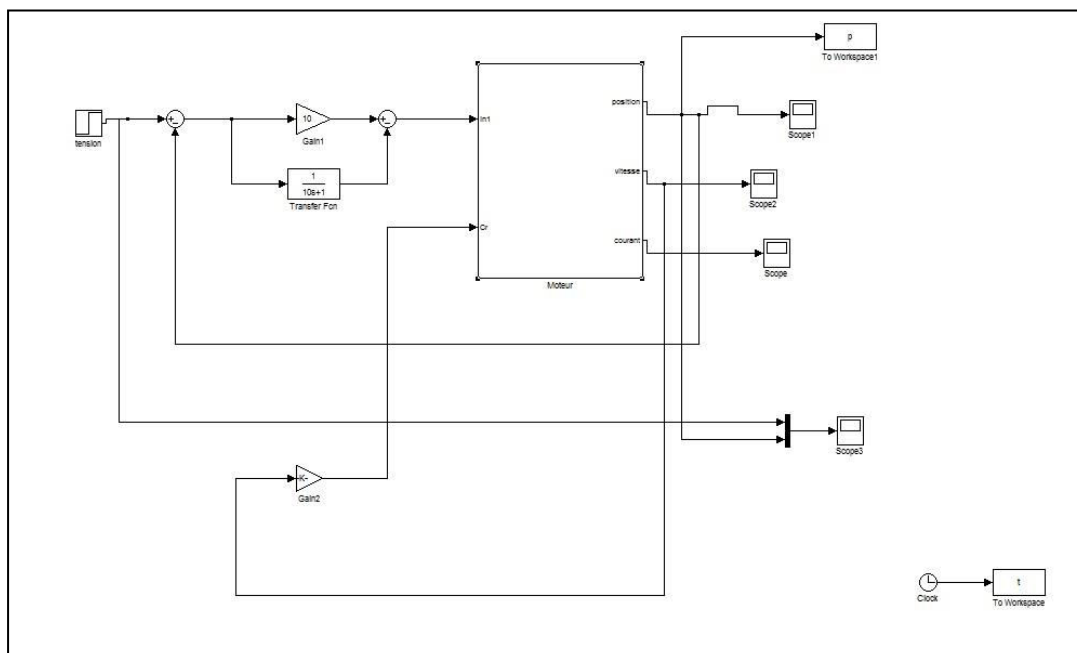
Cas 2 : Le processus en boucle fermée avec un correcteur PI ($k_1=10$, $k_2=1$) sans bruit

Cas 3 : Le processus en boucle fermée en injectant un bruit qui se traduit en un signal porte d'amplitude 0.0001 qui se trouve dans l'axe suivant [250 300].

Cas 1 :



Cas 2 :



➤ Gain $K1=35$

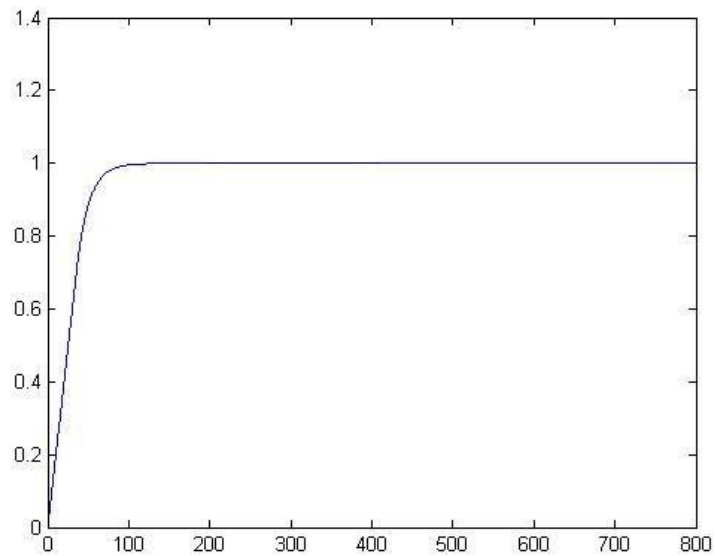


Figure IV.5 : Représentation du correcteur sans bruit

b) Avec bruits

Après avoir injecté un bruit dans le système entre l'intervalle suivant [250,300] on a visualisé les résultats suivants voir figures

➤ Gain $K1=35$

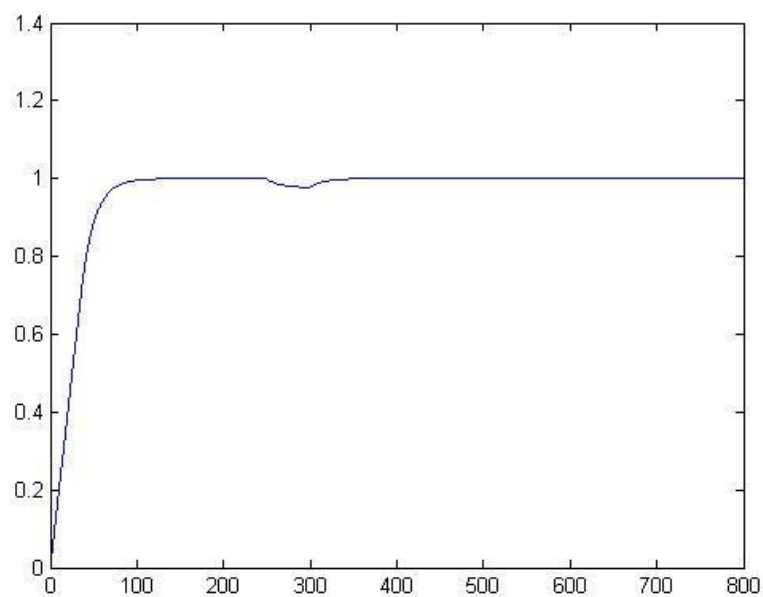


Figure IV.6 Représentation du correcteur avec bruit

➤ $K1=10$

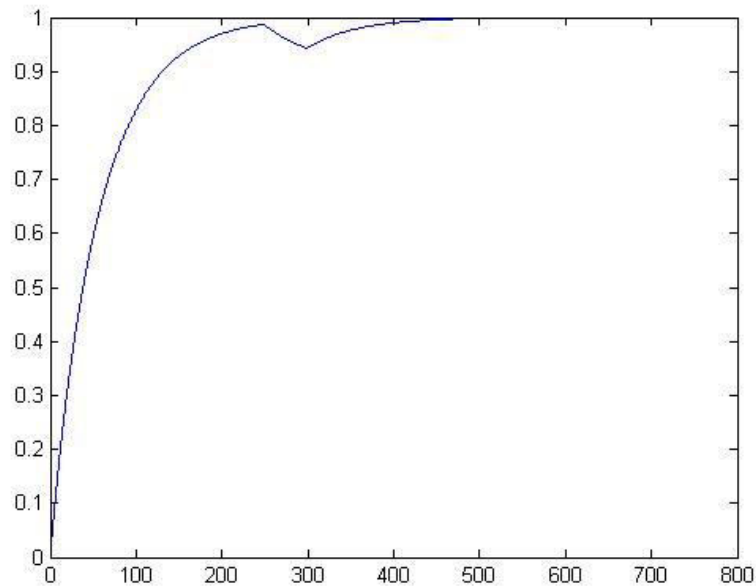


Figure IV.7 Représentation du correcteur avec bruit

IV.6 Conclusion

Après avoir varier et ajouter des éléments au système on a pu conclure que le correcteur PI a un rôle important et bien définie sur l'ensemble du processus étudié, En premier lieu le correcteur ajouté a rectifié l'erreur de position, Ensuite on a vu l'impact de la variation du gain sur le système sans ajouté une perturbation qui se traduit en un signal porte.

Enfin le correcteur ajouté a pu corriger la perturbation qui ne dépasse pas les 6% (L'erreur toléré)

Conclusion générale

L'évaluation remarquable de la technologie, et des méthodes de résolution des problèmes séquentiels ont permis d'améliorer la production et d'augmenter la sécurité.

L'application de la régulation de vitesse des moteurs électriques est très répandue dans les systèmes industriels et automatiques, l'un des critères d'efficacité d'une telle régulation est sa robustesse face aux changements. Elle permet d'effectuer une régulation des paramètres physiques (vitesse, position, température) des systèmes en boucle fermée, c'est à dire un système capable d'atteindre et de maintenir une certaine consigne en utilisant une mesure, dont il reste à déterminer la fonction permettant de corriger la commande en fonction de la consigne initiale et de l'erreur mesurée.

Dans le cadre de notre projet où il nous a été demandé de réaliser un correcteur PI (proportionnel intégral) pour la régulation de la température d'huile turbine au niveau de la centrale thermique de CAP-DJINET en a réussi à réaliser un programme sous MATLAB SIMULINK qui peut réguler la vitesse et la position d'un moteur à courant continu grâce à des paramètres réels pris sur le terrain .

Références et bibliographie

- Documentation interne de la centrale thermique de CAP-DJINET
 - Fascicule 2.1 (Formation en milieu de travail étape II chef de bloc centrale TV) de Mr GHERSALLAH.A et SAADA.D année 2007
 - Fascicule 2.2 (Formation en milieu de travail module IV exploitation turbine) de Mr GHERSALLAH.A et SAADA.D année 2007

- www.electricité-mcc.com

- Les moteurs à courant continu (Cours Electrotechnique de Mr AMARI. Mansour) Année 2011-2012

- PFE de Mr Mohamed ARHOUIDAM (Mise en œuvre d'une régulation de vitesse d'un moteur a courant continu) Année universitaire 2012/2013. Université Mohammed V-Soussi

- PFE de Mr TIFOUN Mourad et Mr DRIF Malik (Commande par automate programmable du programme huile turbine de la centrale de CAP-DJINET) Promotion Juin 2009

- Ancien PFE (Bibliothèque du département)
 - Etude d'une régulation de la machine à courant continu cote (DEUA.ETH.21-07)

Liste des figures :

Figure I.1 : Schéma synoptique d'une tranche thermique

Figure I.2: Alternateur

Figure I.3 : Constitution générale d'un condenseur par surface

Figure I.4: bête alimentaire

Figure I.5: Corps HP

Figure I.6 : Corps MP

Figure I.7 : Corps BP

Figure II.1 : Capteur de température

Figure II.2 : Indicateur de niveau

Figure II.3 : Moteur asynchrone

Figure II.4 : Servomoteur électrique

Figure II.5 : Vanne régulatrice

Figure II.6 : Disjoncteurs

Figure III.1 : Schéma d'un moteur à courant continu

Figure III.2 : Les deux corps rotor et stator

Figure III.3 : Collecteur et balais

Figure III.4 : Schéma équivalent d'un moteur à courant continu

Figure III.5 : Modélisation électrique d'un Moteur à excitation séparée

Figure III.6: Modélisation électrique d'un Moteur à excitation shunt

Figure III.7 : Modélisation électrique d'un Moteur à excitation série

Figure III.8 : Modélisation électrique d'un Moteur à excitation compound

Figure III.9 : Compteur/decompteur a chargement parallele

Figure III.10 : Codeur incrémental

Figure III.11: Schéma d'un résolveur

Figure III.12 : Schéma bloc d'un système en boucle ouverte

Figure III.13 : Schéma bloc d'un système en boucle fermée avec un retour unitaire

Figure III.14: Correcteur PID

Figure IV-1 : Schéma de régulation de la température huile turbine

Figure IV-2 : Composants du circuit du régulateur

Figure IV.3 : Représentation de la roue codeuse

Figure IV.4 : Représentation du correcteur sans bruit

Figure IV.5 : Représentation du correcteur sans bruit

Figure IV.6 Représentation du correcteur avec bruit

Figure IV.7 Représentation du correcteur avec bruit