

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djilali BOUNAAMA - Khemis Miliana

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de la Technologie

Mémoire du Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention de diplôme

Master En

Électrotechnique

Option : Électrotechnique industrielle

Titre :

**ETUDE DE DISPOSITIF DES PROTECTIONS ELECTRIQUE  
DANS LA CENTRALE ELECTRIQUE TG MOBILE**

Présente par :

BENTAIBA Mohammed

DJENADI Abd-el-karim

Soutenu le : 07/2019

**Devant le jury :**

**President:**

**BENALLAL**

**UDBKM**

**Examineur :**

**YOUSFI**

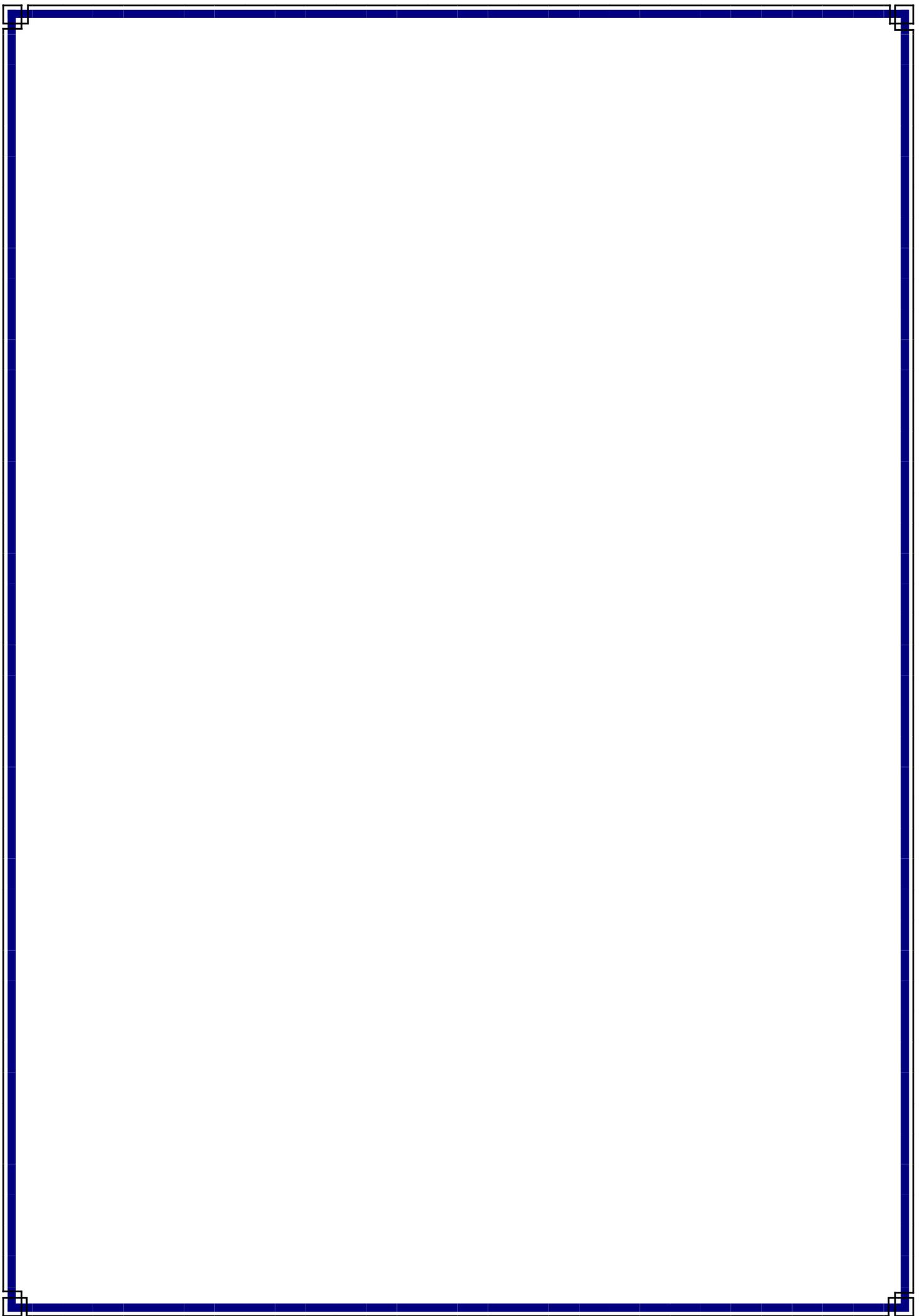
**UDBKM**

**Encadreur :**

**KACI MEZIAN**

**UDBKM**

Année Universitaire 2018/2019



## Remerciements :

Je remercie en premier lieu, Dieu tout puissant de m'avoir donné un grand courage, et une grande patience pour mener à fin ce travail. Je voudrai particulièrement exprimer ma plus grande reconnaissance et mon profond respect à Monsieur MEZIANE KACI enseignant pour son encadrement et ses conseils scientifiques tout au long de ce travail. Ses aides et recommandations des meilleures solutions m'ont donné l'appréciation et le dévouement à la recherche dans le domaine des protection électrique . Je remercie vivement le Docteur BENALLAL d'avoir accepté de présider le jury. Merci également au Docteur YOUSFI d'accepter de juger mon travail.. J'exprime ma grande gratitude envers ma famille qui m'a encouragé infiniment pour finir ce travail. Je remercie mes amis pour leur aide et leur soutient au long de ce parcours. Je remercie le responsable de TG MOBILE OULDTALEB .K

# dédicace

Je dédie ce travail

A mes chères parents

Qui n'ont jamais cessé de formuler des premières à mon égard  
De me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs

A ma petite famille (Chikr A, Mahmoud, Ikhlās et Abdelmoumen)

A mes frères et toutes ses familles

A ma sœur et sa famille

Pour ses soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes  
études

A mon binôme

A mes encadreurs qui m'ont aidée et supporté aux moments difficiles

*MOHAMED*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chères êtres qui m'ont mis au monde et les plus chères à mes yeux et qui sont la source de ma volonté depuis mon enfance,*

*« mes parents » : qui m'ont soutenue et orienter mon parcours éducatif.*

*Mes très chers frères et mes sœurs*

*A tous mes amis : Walid, Mohamed, Mahfoud, Habib, khaled*

*Riadh, et tous les étudiants de M2 électrotechnique industriel*

*A toute la famille « DJENADI ».*

*A monsieur KACI qui m'a encouragé à braver les difficultés que j'ai rencontrées pendant l'élaboration de ce mémoire.*

*A mon binôme « Mohamed » et sa famille*

*A tous les enseignants et professeurs qui ont marqué mon cursus scolaire depuis le primaire*

*jusqu'aux études supérieures. Voilà le fruit de nos efforts déployés pendant ces longues années.*

*A Tous ceux qui ont été à mes côtés jusqu'à aujourd'hui.*

**ABD EL KARIM**

## الملخص

عند حدوث أي عطل أو وضع غير طبيعي في أنظمة نقل أو توزيع القدرة يجب عزله أو فصله عن بقية أجزاء النظام بأسرع وقت ممكن ، إذ أن استمرار العطل أو الوضع غير الطبيعي قد يؤدي إلى تلف أنظمة النقل و التوزيع و خروج هذه الأنظمة عن استقراريتها و بالتالي يؤدي إلى خسائر مادية جسيمة . و الحماية علم واسع و يختلف حسب اختلاف النظام أو الجزء المراد حمايته و تتمثل الحماية الكهربائية بتحسس العطل و موقعه و إعطاء الإشارة إلى قاطع الدائرة لفصل ذلك الجزء من النظام الذي حصل فيه العطل. إن أجهزة الحماية متنوعة و متعددة و أنواعها تعتمد على الغاية من استخدامها حيث تتألف من أبسط أنواع المنصهرات إلى أعقد أنواع المرحلات ، و محولات التيار من الأجهزة الملحقة بأجهزة الحماية كعنصر رئيس مع المرحلات، و كذلك محولات الجهد، و ملفات الإفلات (trip coil) التي تغذي عادة من مصادر تيار مباشر. و ينقسم النظام المراد حمايته إلى عدة مناطق بحيث تكون كل منطقة محاطة بأداة حماية معينة حيث يكون توقيت عمل أدوات الحماية مدرجا كي تكون إحداها سائدة للأخرى

الهدف من عملنا هو إجراء دراسة لأجهزة الحماية الكهربائية في محطة الطاقة المتنقلة TG. في البداية قدمنا بعض العموميات على الشبكة الكهربائية من حيث الإنتاج , النقل و التوزيع و هذا ضروري لدراستنا. بعد ذلك قدمنا عرضًا عن محطة الطاقة المتنقلة TG في احمر العين . ثم اعطينا شرح حول معدات الحماية مثل المرحلات، قواطع الدائرة و مخفضات القياس، و بعد ذلك درسنا الحماية و اختبارات الحقيقة، و في النهاية انهينا عملنا بمحاكاة أقصى تيار على مولد التيار البديل

للمحاكاة استخدمنا برنامج رقمي تحت Matlab الذي سمح لنا بعرض نتائج المحاكاة

الكلمات المفتاحية : شبكة الكهرباء ، المرحلات ، قواطع الدائرة ، النمذجة ، المحاكاة ، ماتلاب ، الحماية الكهربائية.

## Resume

En cas de dysfonctionnement ou de condition anormale dans les systèmes de transmission ou de distribution du courant, il faut isoler ou séparer le reste des parties du système dès que possible, car la continuation des vacances ou une situation anormale peut entraîner des dommages aux systèmes de transport et de distribution et sortir de ces systèmes de la stabilité et donc Entraînant des pertes matérielles substantielles. La protection est large et varie en fonction de la différence entre le système ou la partie à

protéger, la protection électrique étant le sens du défaut et son emplacement, ainsi que la référence au disjoncteur pour séparer la partie du système dans laquelle le défaut est survenu.

Les dispositifs de protection sont variés et dépendent de l'objet de leur utilisation: types de fusibles les plus simples aux types de relais les plus complexes, transformateurs de courant des dispositifs reliés aux dispositifs de protection comme élément principal avec les relais, transformateurs de tension et bobine de déclenchement Généralement alimenté par des sources de courant continu.

Le système à protéger est divisé en plusieurs zones de sorte que chaque zone soit entourée d'un dispositif de protection spécifique dans lequel la synchronisation du fonctionnement de l'équipement de protection est répertoriée comme l'une des autres.

L'objectif de notre travail est d'effectuer une étude des dispositifs de protection électrique dans la centrale électrique TG mobile . Au début nous avons donnée quelques généralités sur le réseau électrique la production, le transport et la distribution qui est nécessaire pour notre étude. Après nous avons donnée une présentation sur la centrale électrique TG mobile à ahmeur ain. Ensuite, nous avons les équipements de protection comme les relais, les disjoncteurs et les réducteurs de mesure, par la suite nous avons étudié les protections et leurs testes réels, a la fin nous avons termine notre travail avec une simulation de maximum courant sur l'alternateur

Pour la simulation en utilisant un programme numérique sous Matlab qui nous a permis par la suite de montrer les résultats de simulation

Mots clés : réseau électrique, les relais, les disjoncteurs, modélisation, simulation, Matlab, protection électrique.

## **Abstract**

In the event of any malfunction or abnormal condition in the transmission or distribution systems of the power must be isolated or separated from the rest of the parts of the system as soon as possible, as the continuation of the holidays or abnormal situation may lead to damage to transport systems and distribution and exit these systems from stability and therefore Resulting in

substantial material losses. The protection is wide and varies according to the difference of the system or the part to be protected. The electrical protection is the sense of the fault and its location, and the reference to the circuit breaker to separate the part of the system in which the fault occurred.

The protection devices are diverse and depend on the purpose of their use. They consist of the simplest types of fuses to the most complex types of relays, the current transformers from the devices attached to the protection devices as the main element with the relays, as well as the voltage transformers and trip coil Usually fed from direct current sources.

The objective of our work is to carry out a study of electrical protection devices in the TG mobile power station. At the beginning we gave some generalities on the electric network the production, the transport and the distribution which is necessary for our study. After we gave a presentation on the TG mobile power station at ahmeur ain. Then we have the protective equipment like the relays, the circuit breakers and the measurement reducers, afterwards we studied the protections and their real tests, in the end we finished our work with a simulation of maximum current on the alternator

For the simulation using a digital program under Matlab that allowed us to show the simulation results

Key words: power grid, relays, circuit breakers, modeling, simulation, Matlab, electrical protection

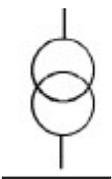
## Abréviation et Lettre

Indice	Mot clé
ODAF	Oil Dirige air force
CEI	Commission Electrothechnique Internationale
TC	Transformateur courant
TT	Transformateur tenssion
Icc .min	Courant de court circuit minimum
DGPT	Detecteur gaz ,pression et tempeateur
IHM	Interface Home Machine
ANSI	Americain National Standard Information
IF	Frequence injection
I <sub>max</sub>	Courant maximal
V <sub>cc</sub>	Tension de court circuit
TG	Turbine a gaz
TP	Transformateur principale
TAC	Turbine a combustion
P&W	Prat t et whitney
BP	Base pression
HP	Haut pression
F	Frequence
S	Puissance apparente
Ac	Courant alternatif

DS	Diesel secours
Dc	Courant direct
HT/HTB	Haut tension
BT	Base tension
MT/HTA	Moyenne tension
KV	Kilo volts
GRD	Gestionnaire du reseau de distribution



## Symboles Graphiques

Symbole	Mot Clé
	Disjoncteur
	La terre
	Transformateur de puissance
	Interrupteur fusible
	sectionneur
	Transformateur de tension
	Court-circuit

	Transformateur de courant
	Transformateur triangle/étoile

# Chapitre I

## Liste des figures

Figure I. 1 structure d'un réseau électrique.....	4
Figure I. 2 présentation d'un réseau électrique.....	8
Figure I. 3 Exemple de réseau de transport .....	9

# Chapitre II

## Liste des figures

Figure :II. 1 fonctionnement d'un turbine a gaz.....	11
Figure :II. 2 remorque principale.....	12
Figure :II. 3 remorque auxiliaire .....	13
Figure :II. 4 remorque d'alimentation gaz.....	14
Figure :II. 5 Remorque diesel secours .....	15
Figure :II. 6 Remorque d'alimentation électrique .....	16
Figure :II. 7 Remorque de transformateur principal.....	16
Figure :II. 8 transformateur principal .....	17
Figure :II. 9 plaque signalétique du transformateur principale .....	18
Figure :II. 10 les composants principale de générateur .....	22
Figure :II. 11 système d'excitation de générateur .....	26
Figure :II. 12 diagramme P Q de fonctionnement alternateur par apport température.....	26
Figure :II. 13 Transformateur complet avec accessoires de série.....	27
Figure :II. 14 les composants de groupe électrogène .....	29

# Chapitre III

## Liste des figures

Figure:III. 1 système de protection.....	30
Figure:III. 2 distribution des éléments de protection centrale .....	31
Figure:III. 3 distribution des éléments de protection entre centrale et client .....	32
Figure: III. 4 Les type des relais de protection électrique .....	34
Figure:III. 5 Relais Numérique .....	35

Figure: III. 6 relai de gérance de transformateur T60.....	37
Figure:III. 7 relai différentiel de ligne L90 .....	38
Figure:III. 8 relai de protection 350 .....	39
Figure: III. 9 relai de protection D25.....	40
Figure: III. 10 Connexions de Relai DGC-2020.....	42
Figure: III. 11 relai de protection alternateur M-3425A.....	43
Figure: III. 12 Disjoncteur 52L (sf6).....	46
Figure: III. 13 Disjoncteur 52G.....	47
Figure: III. 14 transformateur courant .....	49
Figure: III. 15 transformateur tension .....	50

## Chapitre IV

### Liste des figures

Figure: IV. 1 Présentation des protections turbo-alternateur.....	54
Figure: IV. 2 dispositif de protection turbo-alternateur TG mobile .....	55
Figure: IV. 3 La logique de protection 50/27 .....	58
Figure: IV. 4 protection a maximum de tension 59.....	59
Figure: IV. 5 La protection masse stator .....	71
Figure: IV. 6 protection de turbo-alternateur .....	73
Figure: IV. 7 Protection systeme anti-incendie .....	74
Figure: IV. 8 Protection survitesse .....	75
Figure: IV. 9 les protection transformateur .....	76
Figure: IV. 10 protection différentiel de transformateur 87T.....	77
Figure: IV. 11 Relais Buchholz.....	80
Figure: IV. 12 Fonctionnement de relais bucholz .....	81
Figure: IV. 13 soupape de surpression .....	82
Figure: IV. 14 la logique d'ouverture fermeture de disjoncteur.....	83
Figure: IV. 15 protection puissance directionnel 32 de DS.....	83
Figure: IV. 16 Protection Sous-tension de phase 27 de DS 1er seuil.....	84
Figure: IV. 17 Protection Sous-tension de phase 27 de DS 2eme seuil .....	84
Figure: IV. 18 Protection Maximum de tension inverse 47 .....	85
Figure: IV. 19 protection surtension 59 1er seuil et 2eme seuil de DS .....	85
Figure: IV. 20 protection max /min fréquence 81 de DS .....	86

Figure: IV. 21 Protection surintensité 51 de DS.....	86
Figure: IV. 22 Protection perte d'excitation 40 de DS.....	87
Figure IV.23 schéma de simulation du maximum courant sous MATLAB.....	88
Figure: IV. 24 Le relai de protection .....	89
Figure: IV. 25 les résultats de simulation signale de courant et de tension .....	91
Figure: IV. 26 le temps de réponse de cette protection.....	92

## Capitre IV

### Liste des tableaux :

Tableau: IV. 1 Résultat de 1er test de protection 46 .....	56
Tableau: IV. 2 Résultat de 2eme test de protection 46.....	57
Tableau: IV. 3 Résultat de 3eme test protection 46.....	57
Tableau: IV. 4 Résultat de test de protection .....	57
Tableau: IV. 5 Résultat de test de protection 59.....	60
Tableau: IV. 6 Résultat de test de protection 60 FL.....	62
Tableau: IV. 7 Résultat de test de protection 87.....	63
Tableau: IV. 8 Résultat de test de protection 87.....	63
Tableau: IV. 9 Résultat de test de protection 40.....	64
Tableau: IV. 10 Résultat de test de protection 40 .....	65
Tableau: IV. 11 Résultat de test de protection 32 .....	65
Tableau: IV. 12 Résultat de test de protection 27 .....	66
Tableau: IV. 13 Résultat de test de protection 81 .....	68
Tableau: IV. 14 Résultat de test de protection 81 .....	68
Tableau: IV. 15 Résultat de 1ER test de protection 24 .....	69
Tableau: IV. 16 Résultat de 2eme test de protection 24.....	69
Tableau: IV. 17 protection différentielle câble 1 <sup>er</sup> teste.....	78
Tableau: IV. 18 protection différentielle câble 2 <sup>eme</sup> teste .....	79

## Table des matières

<a href="#">Remerciement</a> .....	i
Dédicace.....	ii
Résumé.....	iv
Liste des symboles .....	vii
Liste des abréviations.....	xi
Liste des figures .....	xii
Liste des tableaux.....	xiv
<a href="#">Table des matières</a> .....	xvi
Introduction générale .....	1

### Chapitre I : Généralité sur le réseau électrique

I.1	Introduction.....	3
I.2	Structureur d'un réseau électrique .....	3
I.3	La production .....	4
I.3.1	Introduction.....	4
I.3.2	type de centrale .....	4
I.3.2.1	Les centrales hydrauliques .....	5
I.3.2.2	les centrales thermiques .....	5
I.3.2.2.1	Central a vapeur.....	5
I.3.2.2.2	Central a gaz .....	5
I.3.2.2.3	La centrale à cycle combiné.....	5
I.3.2.2.4	La centrale à charbon.....	6
I.3.2.2.5	La centrale au fioul.....	6
I.3.2.3	les centrales nucléaires.....	6
I.3.2.4	Les centrales des énergies renouvelables.....	6
I.3.2.4.1	Les Centrales Géothermie.....	6
I.3.2.4.2	Les centrales éolienne.....	7
I.3.2.5	Classement des centrales .....	7
I.4	Description d'un réseau électrique.....	8
I.4.1	Présentation.....	8
I.4.2	Le réseau de transport THT.....	9
I.4.3	Le réseau de répartition HT.....	9

I.4.4	Le réseau de distribution MT.....	9
I.4.5	Les réseaux de livraison BT.....	10
I.5	Défauts électriques :.....	10
I.6	Conclusion.....	10

## **Chapitre II: Description de la centrale de production TG mobile**

II.1	Introduction.....	11
II.2	Structure de TG mobile.....	12
II.2.1	Remorque principale.....	12
II.2.2	Remorque auxiliaire.....	13
II.2.3	Remorque d'alimentation gaz.....	13
II.2.4	Remorque diesel secours.....	15
II.2.5	Remorque d'alimentation électrique.....	15
II.2.6	Remorque de transformateur principale.....	16
II.3	Transformateur.....	16
II.3.1	Les organes du transformateur.....	18
II.3.1.1	circuit magnétique.....	18
II.3.1.2	Enroulements.....	19
II.3.1.3	Changeurs de prises.....	19
II.3.2.4	Les traversées.....	19
II.3.2.5	Cuve principale-couvercle-conservateur.....	20
II.3.2.5.1	Cuve principale.....	20
II.3.2.5.2	Couvercle.....	20
II.3.2.5.3	Conservateur.....	20
II.3.2.5.4	L'huile du transformateur.....	20
II.3.2.5.5	Système de refroidissement.....	21
II.4	Générateur.....	21
II.4.1	Composants principaux.....	23
II.4.1.1	Enroulement du stator.....	23
II.4.1.2	Noyau de stator.....	23
II.4.1.3	Rotor.....	23
II.4.1.4	Embouts du rotor.....	23
II.4.1.5	Ventilateur(s) montés sur l'arbre.....	23

II.4.1.6	Joint(s) d'huile de pression.....	24
II.4.1.7	Conduite d'air de refroidissement de l'exciteur .....	24
II.4.1.8	Roulement(s) du châssis .....	24
II.4.1.9	Stator exciteur.....	24
II.4.1.10	Diodes tournantes .....	24
II.4.1.11	Rotor exciteur .....	25
II.4.1.12	Générateur à aimant permanent (PMG).....	25
II.5	Transformateur des auxiliaires .....	27
II.5.1	Composants et accessoires en option .....	27
II.6	l'alternateur magnamaxdvr groupe électrogène.....	28
II.7	Conclusion.....	29

## **Chapitre III: Les équipements de protection**

III.1	Introduction.....	30
III.2	distribution des éléments de protection dans le central.....	31
III.3	Relais .....	32
III.3.1	Introduction.....	32
III.3.2	Définition.....	33
III.3.3	Les type des relais de protection électrique.....	34
III.3.3.1	Les relais électromécaniques.....	34
III.3.3.2	Relais Numérique.....	35
III.3.3.3	Relais statique .....	35
III.3.3.4	Les inconvénients de ces dispositifs.....	36
III.3.4	Les différents relais dans le centrale TG mobile.....	36
III.3.4.1	Relais GE T60.....	36
III.3.4.2	Relais GE L90.....	37
III.3.4.3	Relais protection GE35.....	38
III.3.4.4	Relai de protection D25 .....	39
III.3.4.5	Relai DGC-2020.....	40
III.3.5	Tests des protection.....	43
III.3.5.1	CMC 256plus .....	44
III.3.5.2	Simulateur de réseau électrique.....	44

III.3.5.3	Mise en service de poste électrique.....	44
III.3.5.4	Calibration universel .....	44
III.4	Disjoncteur.....	45
III.4.1	Introduction.....	45
III.4.2	Types de disjoncteurs.....	45
III.4.2.1	Disjoncteur 52L (sf6).....	46
III.4.2.2	Disjoncteur 52G .....	47
III.4.2.2.1	Les composants principaux.....	47
III.4.2.2.2	Fonctionnement.....	48
III.5	Les réducteurs de mesur.....	48
III.5.2	Transformateur de tension.....	48
III.5.3	Réducteurs de tension inductifs .....	50
III.6	Conclusion .....	51

## **Chapitre IV: Etude des dispositifs de protection électrique dans la centrale TG mobile**

IV.1	Introduction.....	52
IV.2	Propriétés .....	52
IV.3	Principe de base de la protection .....	53
IV.3.1	Organe de détection et de décision .....	53
IV.3.2	Organe d'intervention .....	53
IV.4	Dispositif de protection dans la central TG mobile .....	54
IV.4.1	Protection turbo-Alternateur .....	54
IV.4.1.1	Protection Déséquilibre de courant (46) .....	56
IV.4.1.2	Mise sous tension involontaire 50/27.....	57
IV.4.1.3	protection à maximum de tension 59 .....	58
IV.4.1.4	Surtension, circuit du neutre ou tension homopolaire 59N.....	60
IV.4.1.5	protection Perte de tension du fusible VT 60FL .....	61
IV.4.1.6	protection Différentiel 87 G.....	62
IV.4.1.7	Protection Perte de champ 40.....	63

IV.4.1.8	Protection Puissance directionnelle 32 (retour d'énergie)	65
IV.4.1.9	Protection Sous-tension de phase 27 (Minimum tension)	66
IV.4.1.10	Protection contre les défauts disjoncteurs (50BF)	66
V.4.1.11	Protection différentiel Fréquence 81	67
IV.4.1.12	Protection Surexcitation (24)(59/81)	68
IV.4.1.13	Protection maximum courant (51V)	69
IV.4.1.14	Protection masse rotor	70
IV.4.1.14	Système de surveillance de vibrations	72
IV.4.1.15	Système de détection gaz et anti-incendie	73
IV.4.1.16	Protection survitesse	74
IV.4.2	Dispositif de protection transformateur principal	76
IV.4.2.1	Protection de maximum courant	76
IV.4.2.2	protection différentielle (87T)	77
IV.4.2.3	protection de masse cuve (51)	77
IV.4.2.4	Protection différentiel câble	78
IV.4.2.4	Protection par DGPT (Détecteur Gaz, Pression et Température)	79
IV.4.2.5	Relais Buchholz	79
IV.4.2.6	Soupape de surpression	81
IV.4.3	Dispositif de protection group Diesel Secoure (DS)	82
IV.4.3.1	Protection Puissance directionnelle 32 de DS	83
IV.4.3.2	protection Sous-tension de phase 27 de DS	84
IV.4.3.3	Protection Maximum de tension inverse 47 de DS	84
IV.4.3.4	Protection Surtension 59 de DS	85
IV.4.3.5	Protection fréquence 81 de DS	86
IV.4.3.6	Protection surintensité 51 de DS	86
IV.4.3.7	Protection perte d'excitation 40 de DS	87
IV.5	Simulation et modélisation de protection maximum courant	87
IV.5.1	Introduction	87
IV.5.2	Procédure sur le développement du modèle de circuit	89
IV.5.3	Résultats de la simulation	90
IV.5.4	Conclusion de simulation	92
IV.6	Conclusion	93

## Conclusion générale

Conclusion générale	94
---------------------	----

## **Références bibliographiques**

Références bibliographique.....	96
---------------------------------	----

## **Annex**

Annex.....	99
------------	----

## Introduction générale

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue.

Un réseau électrique comporte trois parties la production, les lignes de transport haut tension et la distribution à moyenne et basse tension. Dans l'une ou l'autre de ces parties, chaque ouvrage peut être l'objet d'incidents, tels que le court-circuit. C'est pourquoi toute une gamme d'appareils est installée pour éviter que ces incidents ne détruisent l'ouvrage. Parmi ces appareils, on cite les relais de protection chargés de mettre hors tension la partie en défaut.

Les fonctions de protection sont réalisées par des relais. Ces relais sont des appareils qui comparent en permanence les grandeurs électriques à surveiller (courant, tension, fréquence, puissance, impédance) à des seuils prédéterminés et qui donnent automatiquement des ordres d'action pour l'ouverture d'un disjoncteur ou pour déclencher une alarme lorsque la grandeur dépasse seuil.

Les systèmes de protections permettent d'éviter les conséquences des incidents qui peuvent être dangereuses pour les personnes et pour le matériel. Pour cela, ils doivent pouvoir :

- ❖ Assurer la protection des personnes contre tout danger électrique.
- ❖ Limiter les contraintes thermiques, diélectriques et mécaniques.
- ❖ Préserver la stabilité du réseau.

Pour un bon fonctionnement du système de protection, on est amené à recorder les organes de protections avec la procédure de sélectivité. La sélectivité des protections à pour but d'assurer la continuité de service et de garantir la fonction secours entre les différents éléments de la protection, on distingue : la sélectivité ampérométrique, la sélectivité chronométrique et la sélectivité.

Notre travail se base sur l'étude des dispositifs de protection électrique dans la centrale TG mobile : La centrale de production, une analyse du principe de fonctionnement de la

# Introduction générale

---

centrale électrique et les équipements nécessaires. Enfin nous avons étudié les dispositifs de protection électrique dans la centrale TG mobile en question.

Le présent mémoire est structuré comme suit :

- Dans le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les réseaux électriques
- Le deuxième chapitre, concerne la description et fonctionnement de la centrale.
- Le troisième chapitre traite les appareils de protection (les relais, réducteurs de mesure, etc.)
- Le quatrième chapitre est une étude des dispositifs de protection des équipements nécessaires de la centrale (l'alternateur, transformateur et le groupe diesel secouru)



## I.1 Introduction

Les réseaux électriques font l'objet d'incidents de causes diverses qui risquent, s'ils ne sont pas éliminés rapidement, d'être préjudiciables aux personnes et aux matériels, le rôle des protections sera de limiter les conséquences du défaut. Il faut donc connaître l'ordre de grandeur des courants de défaut pour pouvoir définir l'environnement des protections : la protection étant un maillon de la chaîne composée de capteurs (tc, tp), protection & disjoncteur.[1]

## I.2 structure d'un réseau électrique [19]

Les réseaux électriques sont constitués par l'ensemble des appareils destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis les centrales de génération jusqu'aux maisons de campagne les plus éloignées.

Les réseaux électriques ont pour fonction d'interconnecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques... avec les centres de consommation (villes, usines...), l'énergie électrique est transportée en haute tension, voire très haute tension pour limiter les pertes Joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité) puis progressivement abaissées le niveau de la tension de l'utilisateur final.

Le réseau de transport est maillé afin que la perte d'un de ses éléments n'interrompe pas la fourniture d'énergie aux consommateurs ou aux réseaux de distribution qui y sont connectés

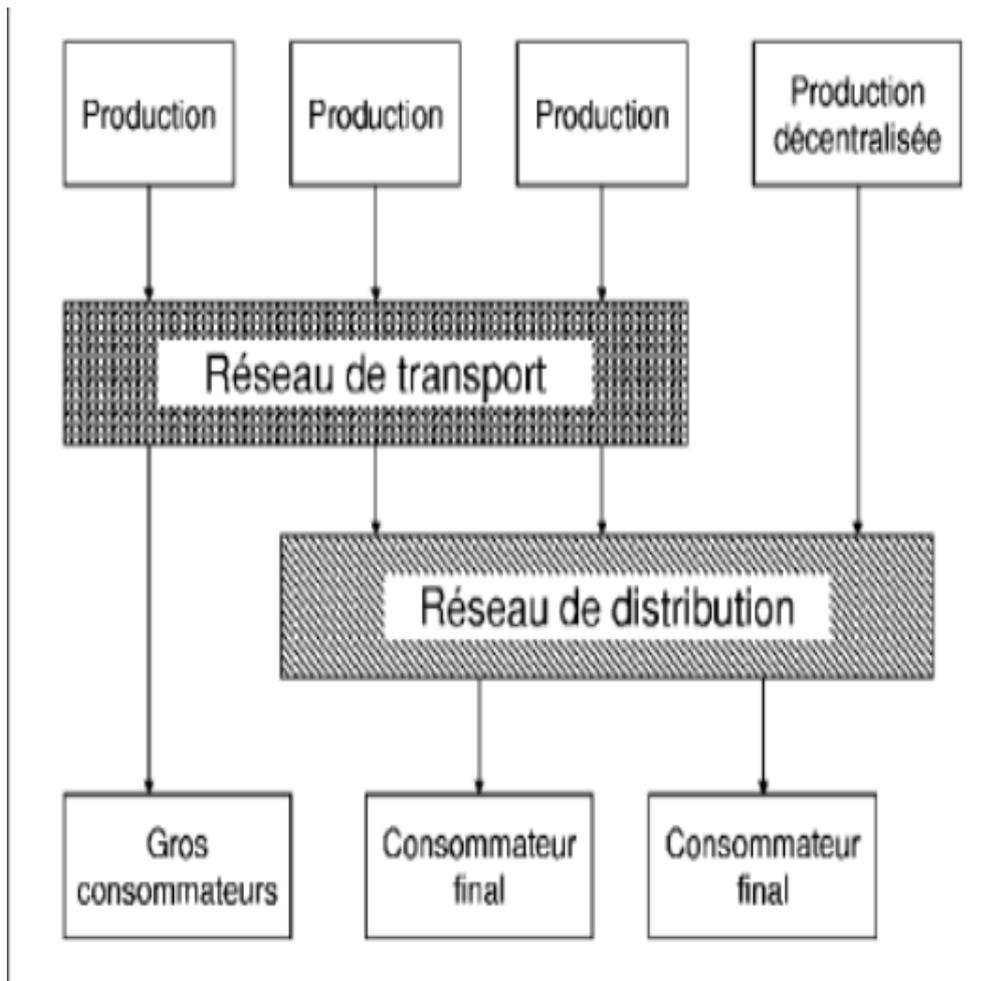


Figure I. 1 structure d'un réseau électrique

## I.3 La production :

### I.3.1 Introduction

La production de l'énergie électrique consiste en la transformation de l'ensemble des énergies convertibles (en parle d'énergie primaires) en énergies électriques, de façon prépondérantes, la production se fait à partir du pétrole, charbon, du gaz naturel, de réaction nucléaire, du vent ou de la force hydraulique. En réalité, quelques sources d'énergies supplémentaires et renouvelables, telles l'énergie solaire, la biomasse, la géothermie etc.[9]

### I. 3.2 Types de centrale

Il existe plusieurs types de centrales pour produire de l'énergie électrique :

## **I.3.2.1 les centrales hydrauliques**

Les centrales hydroélectriques fonctionnent à partir d'eaux dont le mouvement est entraîné par la gravité (chutes d'eau, cours d'eau). Ce sont les centrales hydroélectriques les plus nombreuses.

Un barrage peut être construit pour maximiser la production d'électricité en créant une importante retenue d'eau en amont de la turbine, plus le volume d'eau retenu est important et plus la hauteur de la chute est importante, et plus le barrage est susceptible de produire d'électricité.[9]

## **I.3.2.2 les centrales thermiques [12]**

### **I.3.2.2.1 Central a vapeur**

Une centrale thermique à vapeur produit de l'électricité à partir de la vapeur d'eau produite grâce à la chaleur dégagée par la combustion de gaz, de charbon ou de fioul, qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur.

### **I.3.2.2.2 Central a gaz**

La production d'électricité dans une centrale TG commence par la combustion de gaz naturel dans la chambre de combustion d'une turbine à gaz, puis les gaz de combustion chauds entraînent la turbine qui est couplée à un alternateur et qui produit de l'électricité. il y a de type de central a gaz sont

Central fixe et central mobile

### **I.3.2.2.3 La centrale à cycle combiné :**

Les centrales à cycle combiné gaz turbine (Combined Cycle Gaz Turbine CCGT) associent ainsi une turbine à gaz et une turbine à vapeur pour produire de l'électricité, la turbine à gaz et la turbine à vapeur peuvent être reliées à une seule génératrice (qui produit l'électricité) ou peuvent être reliées à deux génératrices différentes.

L'idée qui a conduit à l'innovation des centrales à cycle combiné gaz turbine était d'observer que les gaz à la sortie de la turbine à gaz étaient encore suffisamment chaud (500°C environ) pour pouvoir transmettre leur chaleur à un circuit indépendant, un échangeur de chaleur permet ainsi de récupérer la chaleur de ces gaz dans un circuit faisant

tourner une turbine à vapeur, la chaleur issue de la combustion du gaz est donc utilisée au maximum afin d'augmenter l'efficacité énergétique.

### **I.3.2.2.4 La centrale à charbon :**

Une centrale à charbon est une centrale thermique, c'est-à-dire produisant de l'électricité à partir de chaleur, en l'occurrence, la combustion du charbon produit de la chaleur qui permet de faire passer un fluide à l'état gazeux. Celui-ci entraîne alors une turbine qui permet de produire de l'électricité.

### **I.3.2.2.5 La centrale au fioul :**

La centrale au fioul (fuel en anglais) est une unité de production d'électricité à partir d'hydrocarbures, elle a ainsi une disponibilité et une rapidité de mise en route considérables néanmoins, son coût est fortement corrélé à celui des hydrocarbures, et elle génère des émissions de dioxyde de carbone importantes, elle fonctionne sur le principe suivant :

Le fioul est brûlé dans une chaudière afin de porter un fluide à l'état gazeux. Celui-ci active une turbine qui produit de l'électricité grâce à un alternateur.

### **I.3.2.3 les centrales nucléaires**

Une centrale nucléaire utilise l'énergie issue de la fission d'un atome radioactif pour produire de l'électricité. L'énergie produite par la fission nucléaire permet de chauffer un fluide qui passe à l'état gazeux et active une turbine de production d'électricité.

### **I.3.2.4 les centrales des énergies renouvelables**

#### **I.3.2.4.1 Les Centrales Géothermie**

La géothermie, source de production d'électricité renouvelable, par opposition aux centrales électriques nucléaires, au charbon, au fioul, ou au gaz, la géothermie utilise une énergie propre et largement renouvelable (la chaleur de la Terre).

### **I.3.2.4.2 Les centrales solaires :**

Le nom de centrale solaire désigne un regroupement d'une grande quantité de panneaux photovoltaïques afin de produire de l'électricité. L'énergie mise à profit est l'énergie radiative du soleil.

Une centrale solaire peut inclure ou non des concentrateurs. On retrouve sans surprise la plupart des centrales solaires dans des zones géographiques ensoleillées.[14]

### **I.3.2.4.3 Les centrales éolienne :**

Une centrale éolienne est une centrale de production d'électricité grâce à l'énergie du vent, le nom éolienne vient du nom du dieu grec des vents, Eole. Une éolienne se compose d'un mat au sommet duquel est monté une hélice composée de pales qui actionnent une turbine en tournant.

Un groupe d'éoliennes peut être appelé ferme éolienne ou centrale éolienne. L'éolien est une énergie propre comme le solaire, la géothermie, l'énergie marémotrice, l'énergie hydraulique ou la biomasse.[16]

### **I.3.2.5 Classement des centrales**

Ces fluctuations de l'appel de puissance obligent les compagnies d'électricité à prévoir trois classes de centrale de génération :

**a)** les centrales de base de grande puissance qui débitent leur pleine capacité en tout temps. Les centrales nucléaires sont particulièrement aptes à remplir ce rôle.

**b)** les centrales intermédiaires de puissance moyenne qui peuvent réagir rapidement aux fluctuations de la demande.

C'est le cas des centrales hydrauliques dont le débit est facilement contrôlable.

**c)** les centrales de pointe de puissance moyenne qui ne débitent leur pleine capacité que pendant de courtes périodes.

Les centrales de pointe doivent être mises en marche dans un délai très court, elles utilisent donc des moteurs diesel, des turbines à gaz, des moteurs à air comprimé ou des turbines hydrauliques à réserve pompée, remarquons que la période de mise en route est de quatre à huit heures pour les centrales thermiques et de quelques jours pour les centrales

nucléaires, il n'est donc pas économique d'utiliser ces centrales pour fournir la puissance de pointe.

## I.4 Description d'un réseau électrique [28]

Les réseaux électriques sont hiérarchisés : d'une façon générale, la plupart des pays mettent en œuvre :

- Un réseau de transport THT 220 ..... 800 KV
- Un réseau de répartition HT 60 ..... 170 KV
- Un réseau de distribution MT 5 ..... 36 KV (selon CEI)
- Un réseau de livraison de l'abonné BT 400/230 V

Cette hiérarchie c'est-à-dire, les niveaux de tensions utilisés varient considérablement d'un pays à l'autre en fonction des paramètres liés à l'histoire électrotechnique du pays, ses ressources énergétiques, sa surface et finalement des critères technico économiques.

### I.4.1 Présentation

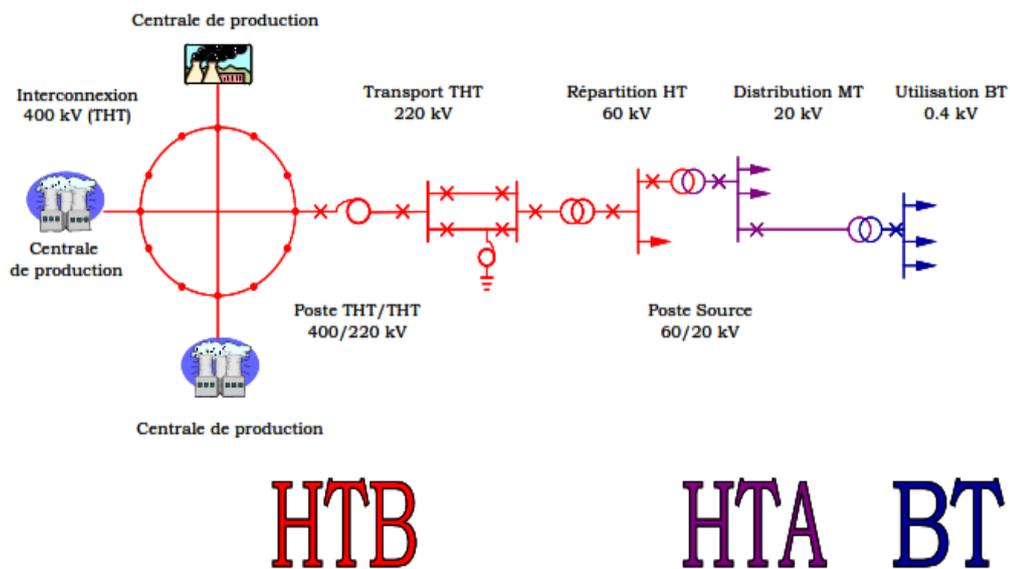


Figure I. 2 présentation d'un réseau électrique

### I.4.2 Le réseau de transport THT

C'est généralement le réseau qui permet le transport de l'énergie depuis les centres éloignés de production vers les centres de consommation, ce réseau peut être partiellement en antenne dans les pays de très grandes surfaces avec des sites de productions hydrauliques en particuliers situés dans les zones peu peuplées.

Ce réseau peut être maillé mais le maillage est le fruit en général d'un réseau arrivé à maturité ou de pays de moyenne surface tels que les pays européens.

C'est sur le réseau THT que sont en principe branchés les centrales de grandes puissances (> 300 MW)

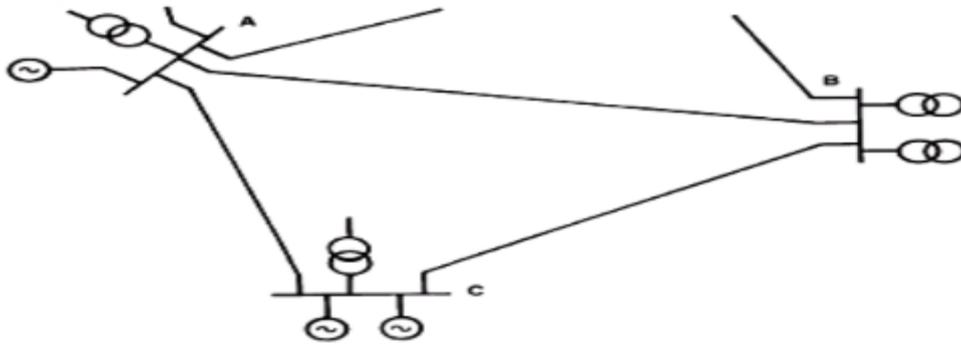


Figure I. 3 Exemple de réseau de transport

### I.4.3 Le réseau de répartition HT

Ce réseau est essentiellement maillé pour les raisons déjà citées de stabilité et qualité (forme d'onde, disponibilité...) de l'énergie.

Ces réseaux possèdent de nombreuses similitudes avec les réseaux THT (neutres directement mis à la terre ...). c'est sur ces réseaux que sont branchées en général les centrales de petites et moyennes puissances (50 → 300 MW)

### I.4.4 Le réseau de distribution MT

On appellera réseaux MT des réseaux couvrant la plage 1 à 36 KV selon la CEI, il se distinguent fortement des réseaux HT par le principe de distribution

### I.4.5 Les réseaux de livraison BT

C'est le réseau qui nous est en principe familier puisqu'il s'agit de la tension 400/230V et nous le rencontrons dans nos maisons via la chaîne :

compteur, disjoncteur, fusibles (micro disjoncteurs)

Le réseau BT permet de distribuer au consommateur ;

Le 230 V (1 phase + neutre) - 2 fils

Ou

Le 400 V (3 phases + neutre) - 4 fils

## I.5 Défauts électriques :

Comme son nom l'indique une protection électrique permet de protéger contre les défauts électriques, il convient de les identifier correctement afin de définir correctement la protection adéquate.

Les défauts possibles sont :

- ❖ court-circuit phase-phase.
- ❖ court-circuit phase-terre.
- ❖ choc de foudre.
- ❖ choc de manœuvre.
- ❖ surtension.
- ❖ défaillance d'un disjoncteur.
- ❖ défaut à la masse.
- ❖ surcharge thermique.
- ❖ Sur fluxage
- ❖ perte de synchronisme
- ❖ baisse de fréquence importante

## I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une généralité sur le réseau électrique, puis les structures du système électrique de puissance qui constitue la production, le réseau de transport, et la distribution.

Nous avons donné un aperçu sur les différentes centrales de production et les différents défauts électriques dans la centrale électrique.

Figure I. 1 structure d'un réseau électrique .....	4
Figure I. 2 présentation d'un réseau électrique.....	8
Figure I. 3 Exemple de réseau de transport .....	9





## II.1 Introduction

Le LM2500 a été en production pendant plus de 30 ans, avec un concept de base qui a maintenant plus de 35 ans.

Le moteur, bien qu'à l'origine spécifié est conçu pour l'utilisation marine, pour trouver des applications industrielles sur des plates-formes pétrolières, des stations de compression de gaz naturel, la production électrique et des usines de cogénération ainsi que des stations de pompage de pipeline.

Aujourd'hui le moteur est disponible dans plusieurs configurations différentes, comme générateur à gaz ou turbine à gaz, il est alimenté par des combustibles gazeux ou liquides, ou par les deux, et on peut augmenter sa puissance de sortie par injection de la vapeur produite par la chaleur de son propre gaz d'échappement.

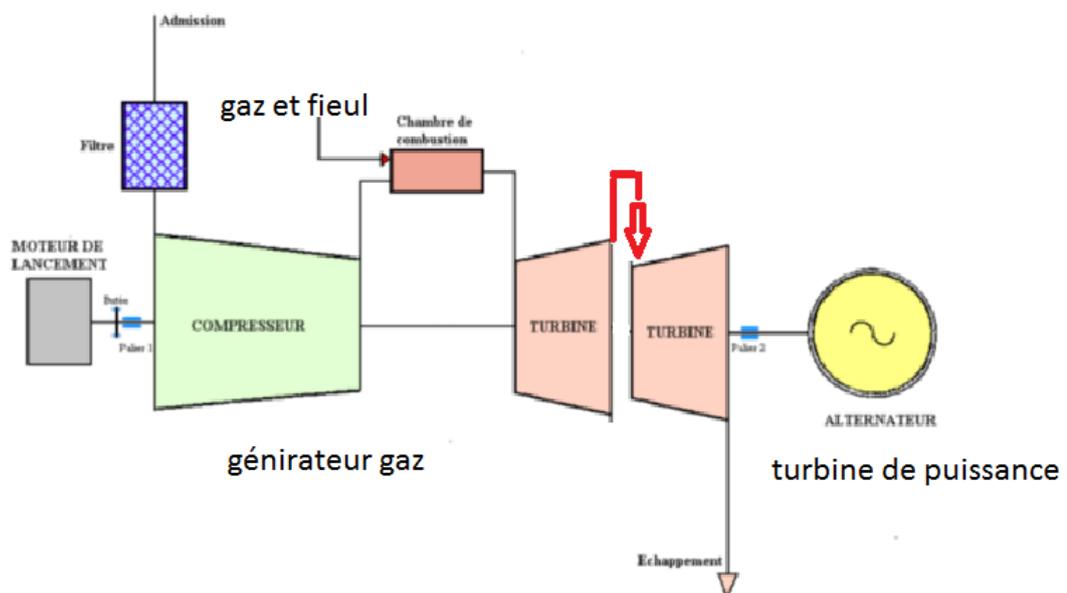


Figure : II.1 Fonctionnement d'une turbine à gaz [6].

### II.2 Structure de TG mobile

La centrale TG mobile est composée de plusieurs remorques, chaque une port des instruments. Voici les remorques ci-dessus :

#### II.2.1 Remorque principale

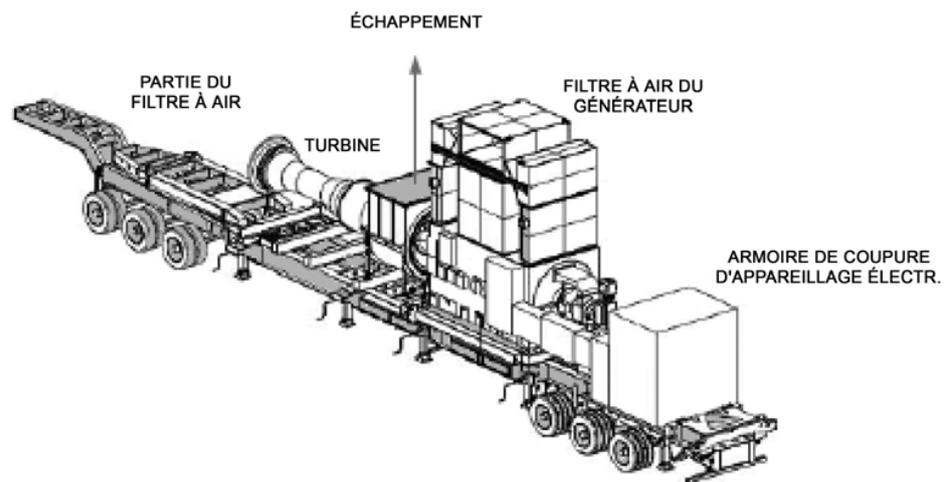


Figure : II. 2 Remorque principale

Le moteur de la turbine est installé sur une plate-forme soudée qui à son tour, est installée indépendamment sur la moitié avant de la remorque principale, couplé sec au moteur, le générateur est directement installé sur la moitié arrière du châssis de la remorque. Cette disposition permet à l'alignement de l'arbre du générateur/moteur d'être ajusté à la plate-forme du moteur alors que le générateur reste fixé.

Les groupes de l'échappement et du filtre à air sont également positionnés sur la remorque principale (installés au-dessus de l'enceinte de la turbine), Le groupe du filtre à air comprend l'équipement du filtrage à air de ventilation et de combustion, y compris les filtres à sacs à haute efficacité, les ventilateurs, les bobines de refroidissement/ réchauffement et les silencieux d'échappement.

### II.2.2 Remorque auxiliaire

La remorque auxiliaire comprend de nombreux équipements de support y compris la cabine de contrôle, les systèmes de carburant, le système de démarrage hydraulique, les dispositifs de commutation, l'huile de lubrification, l'équipement de protection contre les incendies, le lavage d'eau et le système d'injection d'eau, les interconnexions entre la remorque auxiliaire et la remorque principale sont réalisées avec les flexibles et les câbles.

La remorque auxiliaire comprend une cabine de contrôle isolée et éclairée. La cabine de contrôle est équipée d'une porte d'accès, de réchauffeur/d'air climatisé et d'un extincteur portatif. La cabine de contrôle est utilisée pour loger le matériel mentionné ci-dessous :

- Panneau de commande de la turbine
- Centre de commande de moteur
- Batteries et chargeurs de batteries
- Démarreur du moteur 125 VCC

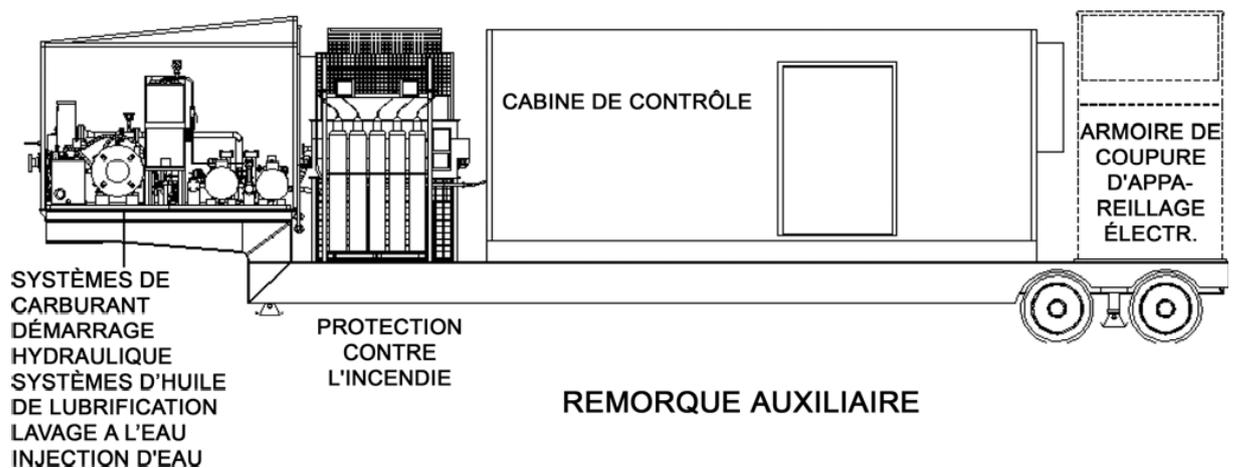


Figure : II. 3 Remorque auxiliaire

### II.2.3 Remorque d'alimentation gaz

Le système gaz naturel est conçu pour alimenter la turbine à gaz au niveau de qualité tel que demandée par la turbine à fonctionnement et aux conditions de pression et débit requises par TG même

## Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile

---

### Données opérationnelles

- Pression de service à l'entrée (min/max) (bar) : 70
- Pression de service à la sortie vers les turbines à gaz (min/max) (bar) : 33,44 à 36,2
- Température à l'entrée (min/max) (°C) : -5 à 55
- Température à la sortie (min/max) (°C) : +42 / +70
- Débit maximal pour les tuyaux de combustible des turbines à gaz, charge

100% (Nm<sup>3</sup>/h) : 8.600

- Niveau de bruit maximal (DBA) – (exigence de bruit de champ proche) : <75

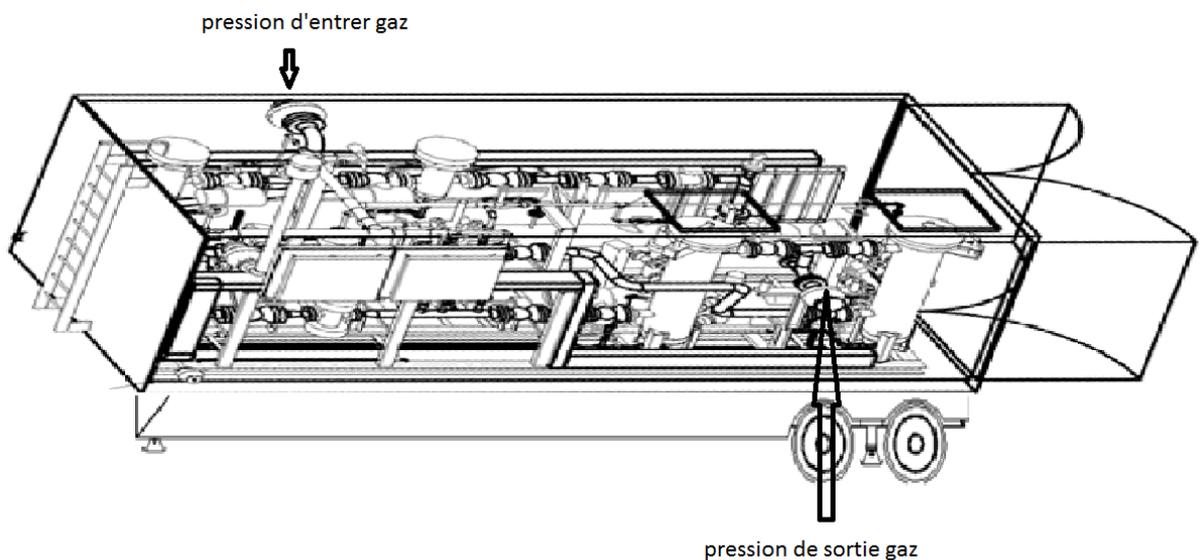


Figure : II. 4 Remorque d'alimentation gaz

### II.2.4 Remorque diesel secours



Figure : II. 5 Remorque diesel secours

### II.2.5 Remorque d'alimentation électrique



Figure : II. 6 Remorque d'alimentation électrique

**II.2.6 Remorque de transformateur principal**

(ONAN/ONAF/ODAF)

(18000/24000/30000) KVA



Figure : II. 7 Remorque de transformateur principal [8].

### II.3 Transformateur

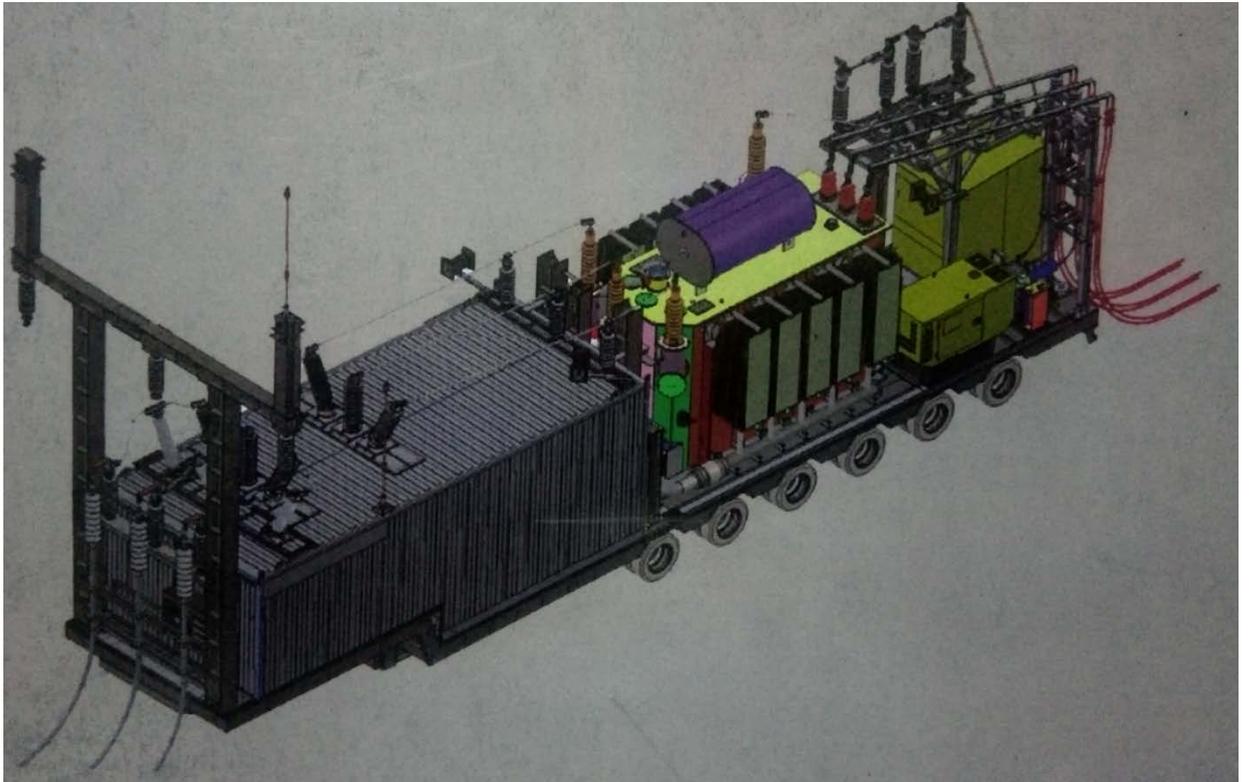


Figure : II. 8 Transformateur principal

# Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile



## SANAYİ TESİSLERİ A.Ş.

### TRANSFORMATEUR TRIPHASE IMMERGE DANS L'HUILE

Type	YT 30000 / 72,5			N ° de série	
Normes	IEC 60076			Annee de fabrication	
Frequence assignee	50	Hz	Type de refroidissement	ONAN-ONAF-ODAF	Symbole de couplage
	HT / HT-N		BT		
Niveau D'Isollement	CF:325 FI: 140 / CF:325 FI: 140			CF:75 FI: 28	Pertes à vide
Puissance assignee	18000 / 24000 / 30000			18000 / 24000 / 30000	
	%60 / %80 / %100			%60 / %80 / %100	
Tension assignee	Pos 1 (5)	66150 (33075)	V	11500	Tension de court circuit %
	Pos 5 (7)	63000 (31500)	V	11500	Pos 5 (7)
	Pos 9 (9)	59850 (29925)	V	11500	
Courant assignee	165,0/219,9/274,9			903,7/1204,9/1506,1	
	(329,9/439,9/549,9)				
Courant de court circuit					Durée court circuit S.
Temperature max./moy. journaliere	55 / 50			55	Tenue à une mise sous vide de la cuve ( Tonr)
Echauffement (Enroulement/ Huile/point le plus chaud)	55 / 50 / 65			55 / 50 / 65	Class de l'isolation solide
Type du changeur de prises	CAPT - KLD 709 - 72,5kV				NLTC N ° de série
	Courant assignee			800	NLTC Niveau D'isolement
				A	kV
					CF:325 FI:140

Pertes en charges	BT/HT	Pertes totales	BT/HT
Pos 1(5)		Pos 1(5)	
Pos 5(7)		Pos 5(7)	
Pos 9(9)		Pos 9(9)	

Températures du point le plus chaud 125°C			
Températures ambiantes	55°C	45°C	35°C
Surcharge	5%	20%	25%
Durée	Permanent	Permanent	Permanent

Températures du point le plus chaud 130°C			
Températures ambiantes	55°C	45°C	35°C
Surcharge	25%	45%	55%
Durée	Permanent	210 min	220 min

Températures du point le plus chaud 140°C			
Températures ambiantes	55°C	45°C	35°C
Surcharge	55%	80%	90%
Durée	120 min	80 min	90 min

Haute tension position 80kV 1U - 1V - 1W - 1N					
Pos.	Volt	Ampere			Chang. de prise
		ONAN	ONAF	ODAF	
1	66150,0	157,1	209,5	261,8	1
2*	66362,5	159,0	212,0	265,0	2
3	64575,0	160,9	214,6	268,2	3
4*	63787,5	162,9	217,2	271,5	4
5	63000,0	165,0	219,9	274,9	5
6*	62212,5	167,0	222,7	278,4	6
7	61425,0	169,2	225,6	282,0	7
8*	60637,5	171,4	228,5	285,6	8
9	59850,0	173,6	231,5	289,4	9

\* Positions intermediaire

Haute tension position 30kV 1U - 1V - 1W - 1N					
Pos.	Volt	Ampere			Chang. de prise
		ONAN	ONAF	ODAF	
5	33075,0	314,2	418,9	523,7	5
6	32287,5	321,9	429,2	536,4	6
7	31500,0	329,9	439,9	549,9	7
8	30712,5	338,4	451,2	564,0	8
9	29925,0	347,3	463,0	578,6	9

Basse tension 11,5 kV 2U - 2V - 2W				
	11500	903,7	1204,9	1506,1

Transformateur de courant	TORE	Couplage	Rapport de Transformation (A/A)	Puissance (VA)	Classe de precision
CE 101-CE 102-CE 103		S1 - S2 - S3	400-800 / 1	15	CL0,5FS<3
CE 105-CE 106-CE 107		S1 - S2 - S3	400-800 / 1	15	5P20
CE 117-CE 118-CE 119		S1 - S2 - S3	1000-2000 / 1	15	CL0,2FS<3
CE 121-CE 122-CE 123		S1 - S2 - S3	1000-2000 / 1	15	5P20
CE 150		S1 - S2	1600 / 2	10	3

Masse totale	50,0	t
Masse partie active	26,5	t
Masse d'huile	11,2	t
	12585	L



Type d'huile

NYNAS NYTRO TAURUS

Fabriqué en TURQUIE

Figure : II. 9 Plaquel signalétique du transformateur principale

## II.3.1 Les organes du transformateur [8].

### II.3.1.1 circuit magnétique

Le circuit magnétique est constitué de tôles magnétiques (en acier) à grains orientés laminés a froid ayant une perméabilité magnétique élevée et une très faible perte à vide, chaque laminage est isolé à chaque côté avec un revêtement en silicate de magnésium-phosphate pour réduire la perte par courants de foucault.

## Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile

---

La tôle d'acier au silicium orienté est coupée par des machines à commande numérique, ce qui réduit l'entrefer dans le joint lors de l'assemblage.

Les tôles d'acier au silicium sont généralement coupées à 45° d'angle ; aussi le découpage en V et/ou empilage en « step-lab » sont adoptées, cela permet de minimiser les pertes fer et le niveau sonore pendant le fonctionnement.

### II.3.1.2 Enroulements

Les enroulements sont constitués de conducteurs en cuivre et des matériaux d'isolation solides tels que le papier d'isolation, cales de papier presse etc.

Nous choisissons habituellement des conducteurs en cuivre selon la puissance des transformateurs, l'intensité de courant admissible, les limites d'échauffement et la résistance mécanique pour la tenue sans dommage aux forces électromagnétiques produites par un courant de court-circuit, et pour la fabrication des transformateurs, la méthode la plus appropriée doit être employée pour les enroulements selon la gamme de puissance, la tension et plage de réglage de chaque transformateur.

### II.3.1.3 Changeurs de prises

Les changeurs de prises sont utilisés pour modifier le rapport de tensions d'un transformateur, cela peut être fait en ajoutant ou en soustrayant les spires du changeur de prise à celles de l'enroulement principale.

Un changeur de prises en charge peut changer la position de prise lorsque le transformateur est sous tension et délivrant le courant de charge. Un changeur de prises hors tension ne doit fonctionner que lorsque l'appareil est isolé du réseau

### II.3.2.4 Les traversées

Les bornes des enroulements sont ramenés hors de la cuve du transformateur par des traversés qui sont fixées sur le couvercle, les traversées sont constituées de conducteurs en cuivre et d'isolateurs en porcelaine.

Généralement des isolateurs de type DIN à goujon de cuivre fixe, sont utilisés pour les tensions de 45 kV et moins, et pour des tensions au-dessus de 45 kV, des traversées de type condensateur sont utilisés, les conducteurs sont sous forme de tubes métalliques couverts de papier d'isolement l'homogénéité en tension est ainsi obtenue entre le

## Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile

---

conducteur et l'isolant, les traversées de types de condensateur varient selon le type de ligne de transmission et peuvent être du type huile/air, huile / huile, ou huile/SF6.

Les traversées peuvent être protégées par des boîtes à câble à huile ou à air si cela est exigé par le client ou par la pollution de l'environnement où le transformateur est utilisé.

### **II.3.2.5 Cuve principale-couvercle-conservateur**

#### **II.3.2.5.1 Cuve principale**

La protection du circuit magnétique et du bobinage du transformateur est très important, surtout en cas de haute tension et de forte intensité de courant.

En optimisant la taille du transformateur pour l'adapter aux conditions du site d'installation, le rôle principal de la cuve est de protéger le circuit magnétique et le bobinage. La cuve est conçue pour avoir une résistance suffisante pour supporter les défauts internes et externes qui peuvent survenir pendant le fonctionnement.

Des dispositifs divers tels que anneau de levage, appui de vérins, crochets de halage et galets de roulement sont prévus sur la cuve de telle sorte que l'unité-transformateur complètement assemblée peut être déplacée dans toutes les directions sans dommages à l'aide de rouleaux, de plaques ou de rails.

#### **II.3.2.5.2 Couvercle**

L'ensemble de la partie active (circuit magnétique + bobinage) est mécaniquement fixé au couvercle avec toutes les connexions effectuées, et est traitée avant la mise dans la cuve.

#### **II.3.2.5.3 Conservateur**

Le conservateur est un vase d'expansion qui constitue un réservoir d'huile pour le transformateur et ses accessoires, et absorbe le changement dans le volume d'huile comme sa température fluctue, la fluctuation du volume de l'huile peut être due soit à une variation de la température ambiante ou à une variation de la charge du transformateur.

#### **II.3.2.5.4 L'huile du transformateur**

L'huile du transformateur remplit au moins quatre fonctions pour le transformateur.  
- L'huile fournit isolation, assure le refroidissement, et permet d'éteindre les arcs.

## Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile

---

- L'huile dissout également les gaz générés par sa dégradation, par l'humidité, les gaz produits par la dégradation du papier isolant, les gaz et l'humidité de toute atmosphère à laquelle l'huile est exposée.
- L'observation des gaz dissous dans l'huile et d'autres propriétés de l'huile, fournir les informations les plus précieuses sur l'état de santé du transformateur.

### II.3.2.5.5 Système de refroidissement

#### ❖ Explication des désignations

1. Première lettre: désigne le fluide de refroidissement interne en contact avec les enroulements ;
  - **O**: L'huile minérale ou de liquide d'isolation synthétique avec point de de feu  $>300^{\circ}$  C
  - **K**: liquide isolant avec point de de feu  $> 300^{\circ}$  C
  - **L**: liquide isolant sans point de de feu mesurable
2. Deuxième lettre: désigne le mode de circulation du fluide interne
  - **N**: flux de convection naturelle à travers les enroulements
  - **F**: circulation forcée à travers les enroulements
  - **D**: circulation forcée et dirigé à travers les enroulements
3. Troisième lettre: désigne le fluide de refroidissement externe
  - **A** : pour l'Air,
  - **W** :pour l'Eau
4. Quatrième lettre: désigne le mode de circulation du fluide de refroidissement Externe
  - **N**: convection naturelle
  - **F** : circulation forcée (par ventilateurs)

## II.4 Générateur

Le générateur transforme la puissance sur l'arbre de rotation en énergie électrique lorsqu'il est entraîné par une machine motrice à turbine à gaz LM2500, le générateur est généralement installé sans enceinte et différentes méthodes sont utilisées pour refroidir l'air.

## Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile

L'unité est boulonné au patin principal de l'ensemble turbine à gaz-générateur, en alignant axialement le rotor avec la turbine de puissance. Un accouplement flexible à l'échappement du moteur relie le rotor du générateur à l'arbre de la turbine de puissance.

Le générateur est caractérisé en triphasé, de type exciteur sans balais à deux pôles, équipé d'un système de refroidissement de l'air à circuit ouvert. Pour éviter une dégradation des performances sous haute tension des charges ou à des températures ambiantes, le refroidissement est un facteur essentiel dans la conception du générateur.

Les roulements aux extrémités d'entraînement et de non-entraînement supportent le rotor, le poids brut du générateur assemblé est d'environ 61 tonnes.[14]

GENERATOR DATA:  
MANUFACTURER **BRUSH**  
SYSTEM FREQUENCY, Hz **50**  
KVA RATING, KVA **29111**  
VOLTAGE RATING, VOLT **11500**  
POWER FACTOR **0.90**  
UNSAT. SYNCHRONOUS REACTANCE,  $X_d$ , PU **2.790**  
UNSAT. TRANSIENT REACTANCE,  $X'_d$ , PU **0.311**  
SAT. SUBTRANSIENT REACTANCE,  $X''_d$ , PU **0.186**  
I<sup>2</sup>T CAPABILITY **30**  
NEG SEQ CURRENT CAPABILITY, I<sub>2</sub>, PU **0.150**  
MOTORING POWER, KW **582**  
APPLICATION **GENERATOR**

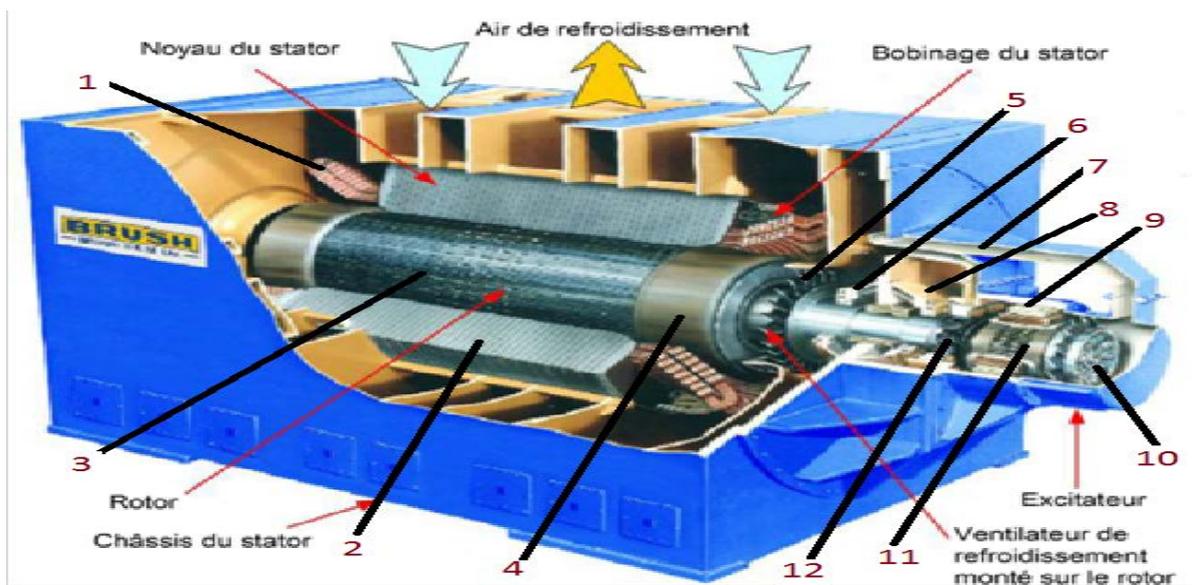


Figure : II. 9 Les composants principale de générateur

- |   |  |
|---|--|
| 1. Enroulement du stator                  | 7. Conduite d'air de refroidissement de l'exciteur |
| 2. Nona du stator                         |  |
| 3. Rotor                                  | 8. Roulements sur le châssis                       |
| 4. Embout Rotor                           | 9. Stator exciteur                                 |
| 5. Ventilateur monté sur arbre            | 10. Diodes tournantes                              |
| 6. Joint étanche à l'huile des roulements | 11. Rotor exciteur                                 |
|   | 12. PMG  |

### **II.4.1 Composants principaux**

#### **II.4.1.1 Enroulement du stator**

Bobines à haute tension sont montées dans le châssis du générateur, les lignes de force du rotor coupent ces bobines et créent la tension de sortie du générateur.

#### **II.4.1.2 Noyau de stator**

Des feuilles de tôle minces d'acier à faible perte électrique sont empilées ensemble pour former le noyau du générateur, le noyau concentre le flux magnétique du rotor dans les bobines du stator et complète le chemin des boucles magnétiques du rotor.

#### **II.4.1.3. Rotor**

Le rotor est un forgeage solide d'alliage d'acier au nickel-chrome-molybdène, il supporte les enroulements de champ de barres de cuivre massif. Le courant dans les enroulements du rotor crée un flux magnétique autour du rotor. Ce flux coupe les bobines du stator lors d'une haute tension de sortie du générateur.

#### **II.4.1.4. Embouts du rotor**

Les embouts du rotor sont en acier amagnétique, ils couvrent et protègent les extrémités des enroulements du rotor.

#### **II.4.1.5 Ventilateur(s) montés sur l'arbre**

Deux ventilateurs (un sur chaque extrémité du rotor) aspirent l'air de refroidissement dans le générateur à travers des entrées en haut à chaque extrémité du

## Chapitre II: Description de centrale de protection TG mobile

---

châssis du générateur, les ventilateurs forcent l'air sur le rotor et le noyau et par la sortie d'échappement centrale supérieure.

### **II.4.1.6 Joints d'huile de pression**

Des joints jumeaux d'huile de graissage sont montés au niveau du bord interne et externe de chaque cavité de roulement, la pression d'air des ventilateurs de l'arbre est insérée entre les joints pour contenir l'huile de graissage des roulements.

### **II.4.1.7 Conduite d'air de refroidissement de l'exciteur**

Un ventilateur sur l'arbre de l'exciteur aspire l'air de refroidissement à travers ce conduit et force l'air sur les composants de l'exciteur.

### **II.4.1.8 Roulement(s) du châssis**

Des roulements en métal blanc garni, hydrodynamiques, cylindriques soutiennent l'arbre du rotor à chaque extrémité. Ces roulements doivent être lubrifiés en continu pendant que le rotor tourne.

### **II.4.1.9 Stator exciteur**

le courant continu d'excitation passe à travers ces bobines de stator fixes, produisant un champ magnétique autour des bobines. Les bobines du rotor de l'exciteur coupent ce champ magnétique, et une tension se produit dans les bobines en rotation.

**Remarque:** L'énergie est transférée à l'arbre tournant, sans balais, collecteurs ou contact physique.

### **II.4.1.10 Diodes tournantes**

Ces diodes redressent la tension CA dans les bobines du rotor de l'exciteur et produisent du courant continu pour alimenter les enroulements principaux du rotor.

### **II.4.1.11 Rotor exciteur**

Une tension se produit dans les bobines du rotor de l'exciteur lorsque le flux magnétique coupe les bobines du stator de l'exciteur, cette tension est redressée par des diodes, délivrant un courant continu pour alimenter les enroulements du rotor principal.

### **II.4.1.12 Générateur à aimant permanent (PMG)**

Le flux de seize aimants permanents montés sur l'arbre coupe les bobines du stator du PMG et crée la tension CA du secteur nécessaire pour l'excitation.

Ensemble exciteur et diode l'ensemble exciteur consiste d'un générateur d'aimant permanent (PMG), un stator et un rotor d'exciteur, et un redresseur à diodes tournant, ces composants sont installés à l'extrémité de non entraînement de l'arbre du générateur, le stator PMG est constitué par un enroulement monophasé dans un noyau feuilleté.

Douze aimants permanents tournent sur le rotor dans le stator, la sortie PMG de tension CA est redressée et régulée par le régulateur automatique de tension modulaire (MAVR), le stator exciteur, qui reçoit la tension continue (CC) de la sortie du MAVR, est monté autour du rotor d'exciteur, il est constitué d'une bague fixe qui supporte les pôles de stator et porte le flux magnétique entre des pôles adjacents, les enroulements du stator sont en série enroulé autour des pôles laminés, le rotor d'exciteur est construit à partir de tôles perforées et contient de la résine imprégnée, de façon enroulée avec trois enroulements de phase, un ensemble de diodes tournant redresse la tension CA induite dans le rotor d'exciteur.

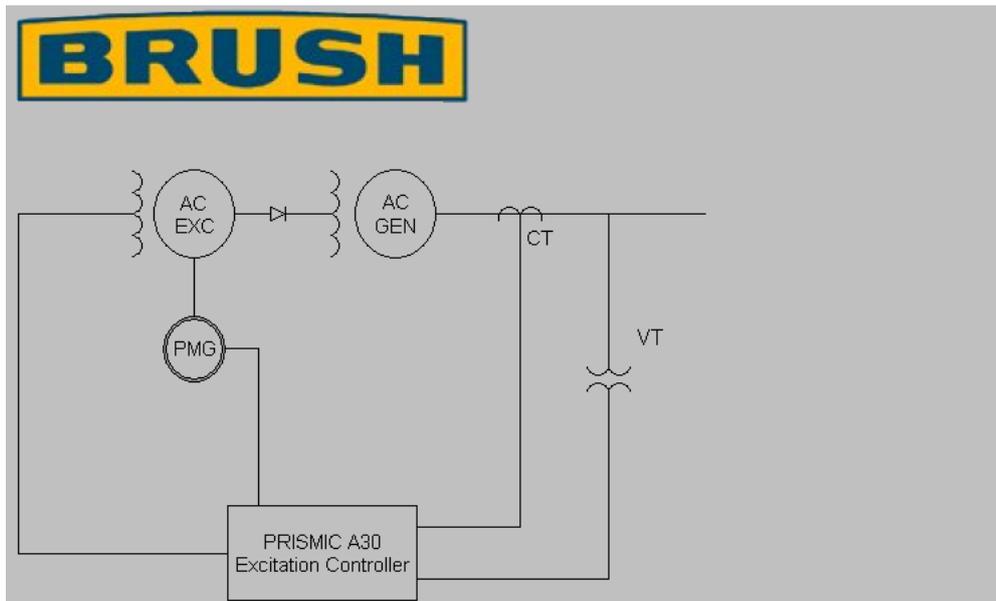


Figure : II. 10 Système d'excitation de générateur

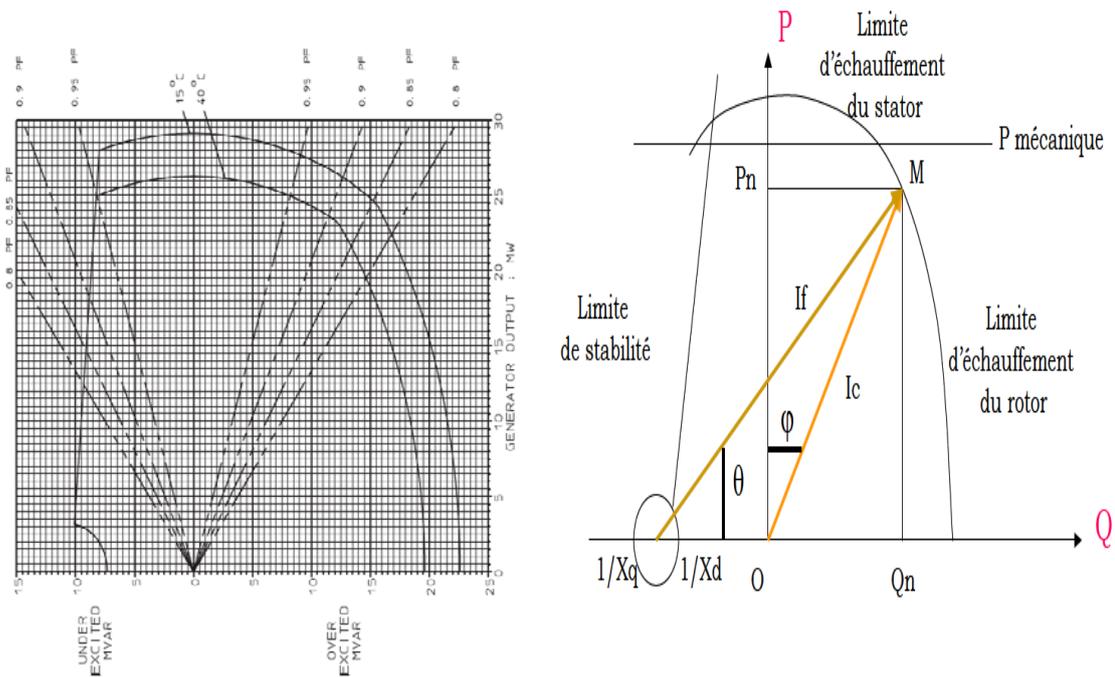


Figure : II. 11 Diagramme P Q de fonctionnement alternateur par apport température

$\phi$  = déphasage entre courant de charge  $I_c$  et tension  $U$

$\theta$  = angle interne du rotor

$M$  = point de fonctionnement nominal pour  $P_n$  ( $I_c=I_n$ ),  $Q_n$  et  $I$

## II.5 Transformateur des auxiliaires

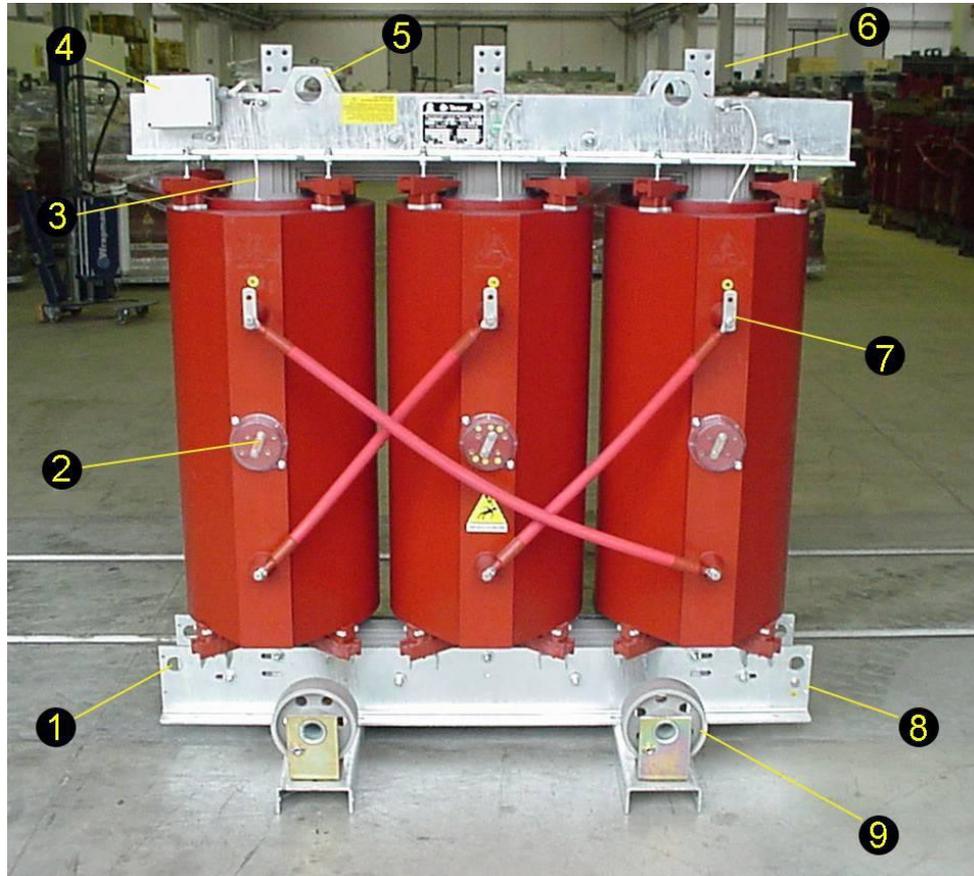


Figure : II. 12 Transformateur complet avec accessoires de série

### II.5.1 Composants et accessoires en option

1. Points d'ancrages pour traction
2. Plaque pour réglage tension
3. Sondes Pt100 dans les enroulements
4. Boîtier connexion sondes
5. Anneaux de levage
6. Bornes de raccordement BT
7. Bornes de raccordement HT
8. Borne de terre
9. Chariot avec roues pivotantes pour déplacement frontal ou latéral

### II.6 l'alternateur magnamaxdvr groupe électrogène

- ❖ Le procédé de fabrication du type moulage en coquille du rotor en alliage d'aluminium lui donne une grande résistance mécanique et permet d'avoir de faibles vibrations en régime normal.

Les enroulements amortisseurs et les supports des bobines sont moulés en même temps et sont une partie intégrante du rotor.

- ❖ Les 4 pôles sont en tôles laminées et tourment une pièce qui est dilatée puis qui est fixée sur l'axe.
- ❖ L'assemblage des pièces sur l'arbre n'utilise ni queue d'aronde ni boulons en croix ou fixations de ce type.
- ❖ Le ventilateur en alliage d'aluminium est unidirectionnel et permet une ventilation régulière pour optimiser le refroidissement et donc le rendement de l'alternateur. est équipé d'un PMG (aimant permanent). Il ne nécessite pas de rémanent
- ❖ Le moteur d'entraînement fournit la vitesse et le couple qui sont nécessaires pour garder la machine en opération synchronisée.
- ❖ L'armoire de contrôle va directement contrôler les Watts ou les kW de charge et la fréquence.
- ❖ La vitesse du moteur d'entraînement est contrôlée par un régulateur.
- ❖ Le régulateur doit être équipé d'une option pour permettre le couplage avec d'autres machines.

#### Régulateur de tension

- ❖ Le régulateur de tension contrôle la tension de sortie de l'alternateur et la puissance Réactive fournie par l'alternateur.
- ❖ Quand deux ou plusieurs alternateurs AC sont couplés, le régulateur de tension doit avoir des options de couplage (internes ou externes au régulateur) pour lui permettre de contrôler la charge réactive ou AVR tout en fonctionnant en parallèle.

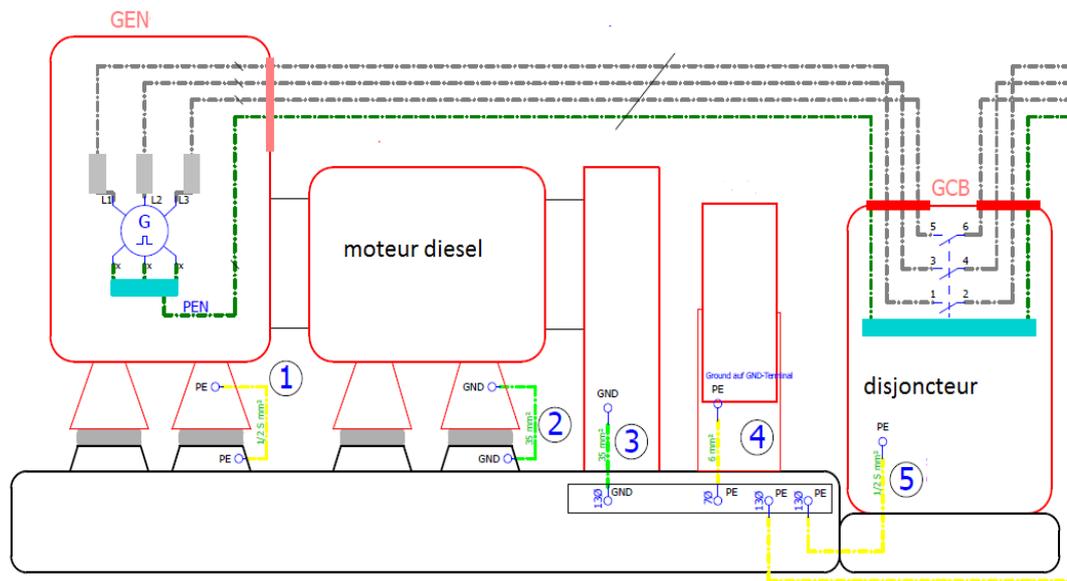


Figure : II. 13 les composants de groupe électrogène

Moteur d'entraînement (diesel)

- 1- radiateur
- 2- réservoir fuel
- 3- disjoncteur

### II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait la description de fonctionnement des différents composants constituant la centrale, nous avons détaillé sur la turbine, l'alternateur, le transformateur et le groupe électrogène utilisés, les caractéristiques techniques et électriques de chaque composant.





### III.1 Introduction

La protection des centrales électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité de la centrale électrique

Les protections électriques mettent en œuvre différents éléments : des capteurs, des relais, et des disjoncteurs...etc. elles fonctionnent typiquement en l'espace de quelques centaines de millisecondes. Chaque composant de la centrale (transformateur, alternateur) nécessite des types de protection spécifiques.[20]

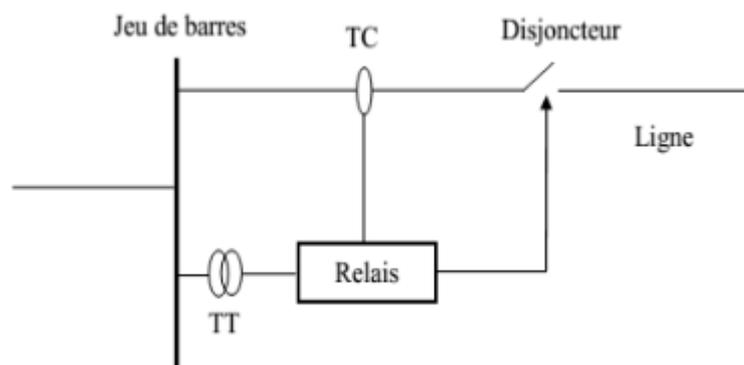


Figure: III. 1 système de protection

III.2 distribution des éléments de protection dans le central

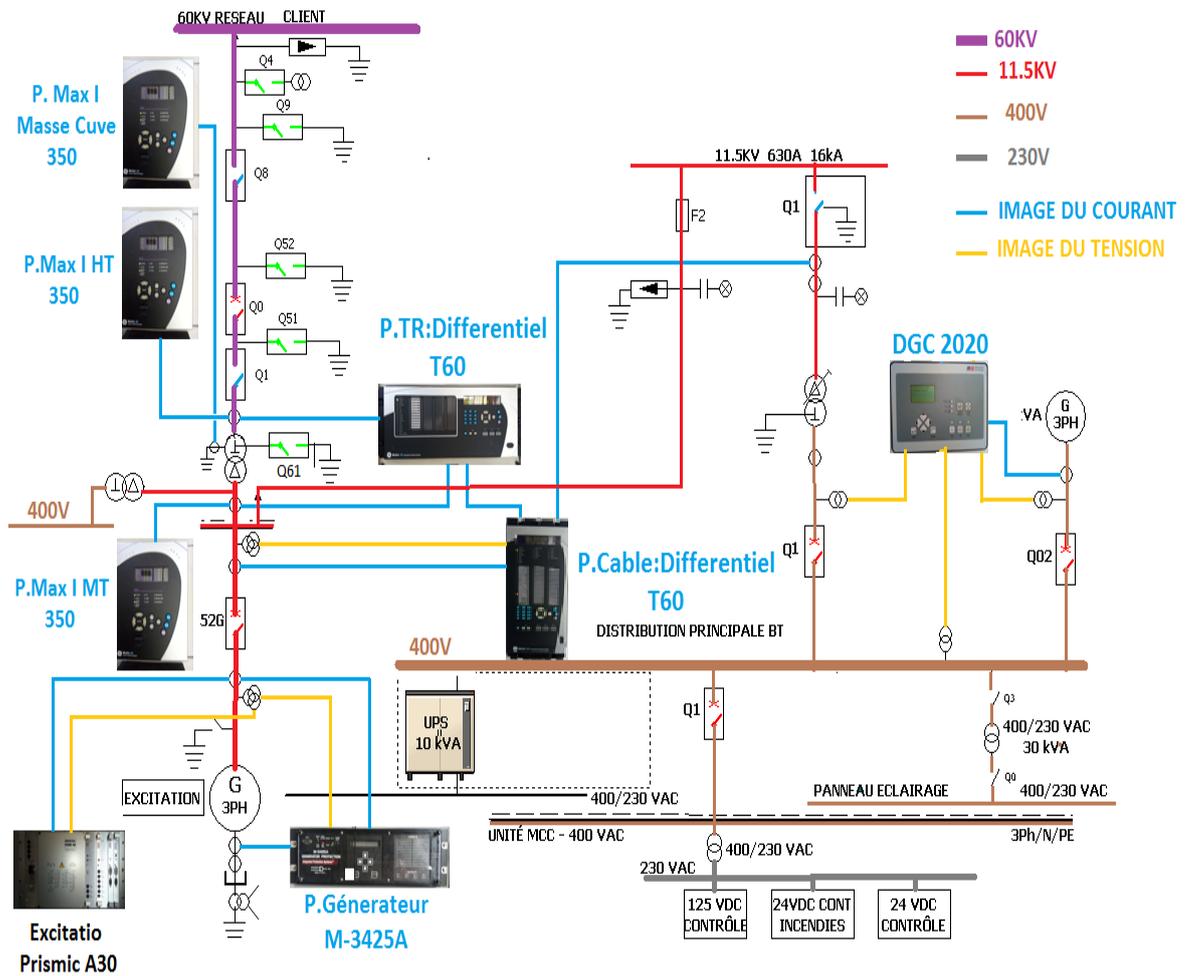


Figure: III. 2 Distribution des éléments de protection centrale

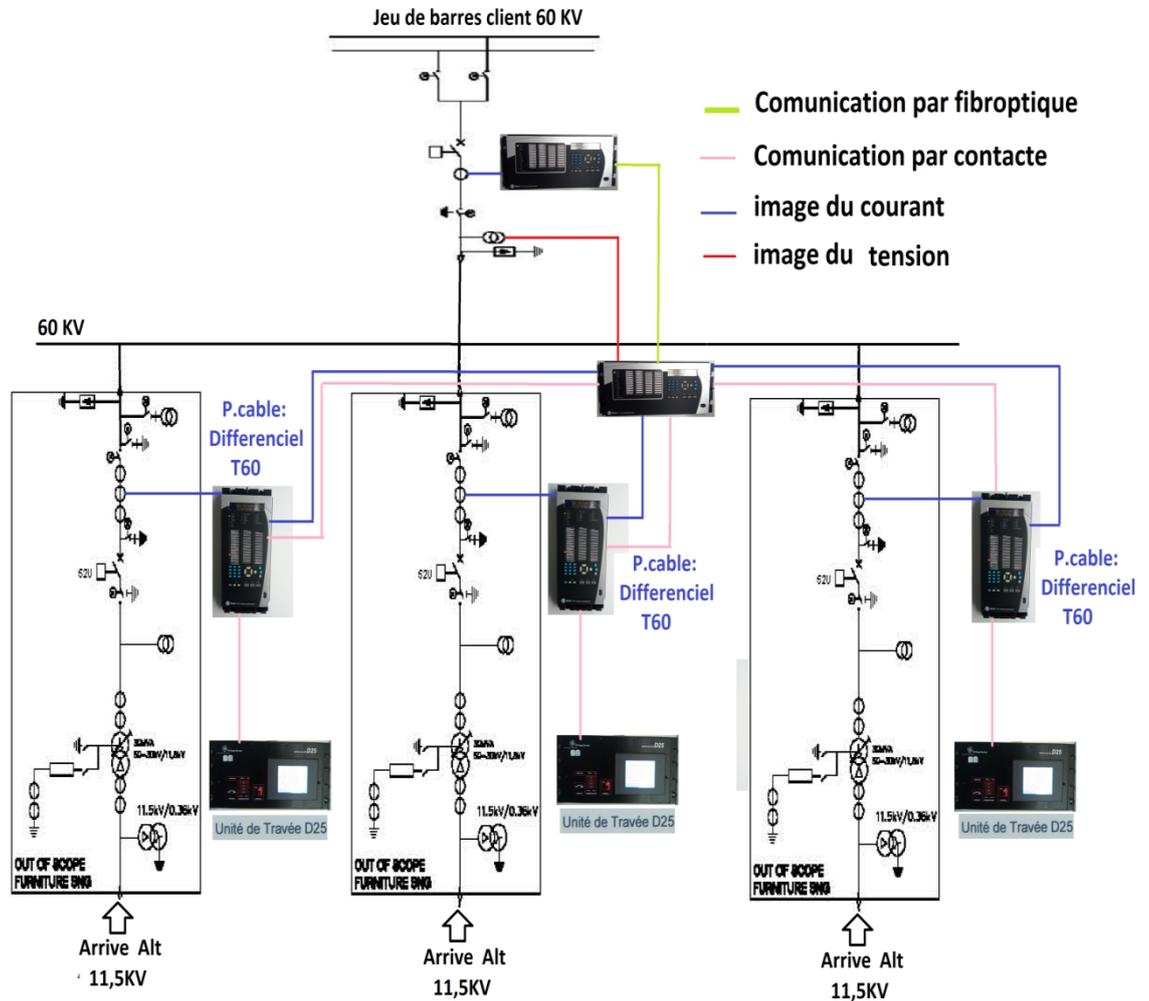


Figure: III.3 Distribution des éléments de protection entre centrale et client

### III.3 Relais

#### III.3.1 Introduction

Les relais sont des appareils qui contrôlent les conditions de fonctionnement d'un circuit et donnent des instructions d'ouverture de celui-ci dans des conditions d'actionnement. Les paramètres de base d'un système électrique triphasé sont la tension, le courant, la fréquence et la puissance. Ils ont tous des valeurs et des séquences prédéterminées dans des conditions de fonctionnement normales. Tout décalage par rapport au comportement normal pourrait être le résultat d'une condition de défaillance,

soit au niveau de la source, soit au niveau de la charge, les relais sont des appareils qui contrôlent divers paramètres de diverses manières.

Ce chapitre donne un aperçu rapide de leurs principes de fonctionnement. Ici relais peuvent être classés en deux catégories :

➤ **Les relais électromécaniques**

Les relais électromécaniques ont dominé le domaine de la protection électrique jusqu'à l'apparition de relais à base de semi-conducteurs dont l'utilisation s'est progressivement répandue.

➤ **Les relais statiques (analogiques et numériques) à semi-conducteurs.**

L'utilisation de relais statiques dans les premiers temps était due à leurs avantages, poids plus faible, aucune partie mécanique, pas d'usure, etc. Cependant, les relais statiques n'ont pas été acceptés à l'origine de manière éclatante au sein de la construction électrique en raison de leur nature tique.

De plus, la fiabilité des composants électroniques dans les premiers temps était insatisfaisante pour des questions de qualité de fabrication et en raison de leur capacité (ou incapacité) à résister aux conditions de fluctuations des sources d'alimentation et aux conditions de température ambiante. Toutefois, l'habilité des composants électroniques augmenta par la suite et l'apparition des technologies électroniques numériques de même que les développements sur les coprocesseurs offrirent un tableau complètement différent de l'utilisation des relais statiques. Les premiers relais analogiques ont été lentement remplacés par des relais numériques et, de nos jours, la technologie de la protection est davantage favorable à l'utilisation de relais numériques, bien que les relais électromécaniques continuent à être préférés dans certaines applications où le coût est un facteur déterminant dans la prise de décision. L'utilisation de relais statiques analogiques n'est pas très répandue [9].

### III.3.2 Définition

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température, ...etc.) et le transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande) lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance, Donc le rôle des relais de

protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que le court-circuit, variation de tension. ...etc. Un relais de protection détecte l'existence de conditions anormales par la surveillance continue, détermine quels disjoncteurs ouvrir et Alimente les circuits de déclenchement.[13]

### III.3.3 Les type des relais de protection électrique

On a partagé en trois types :

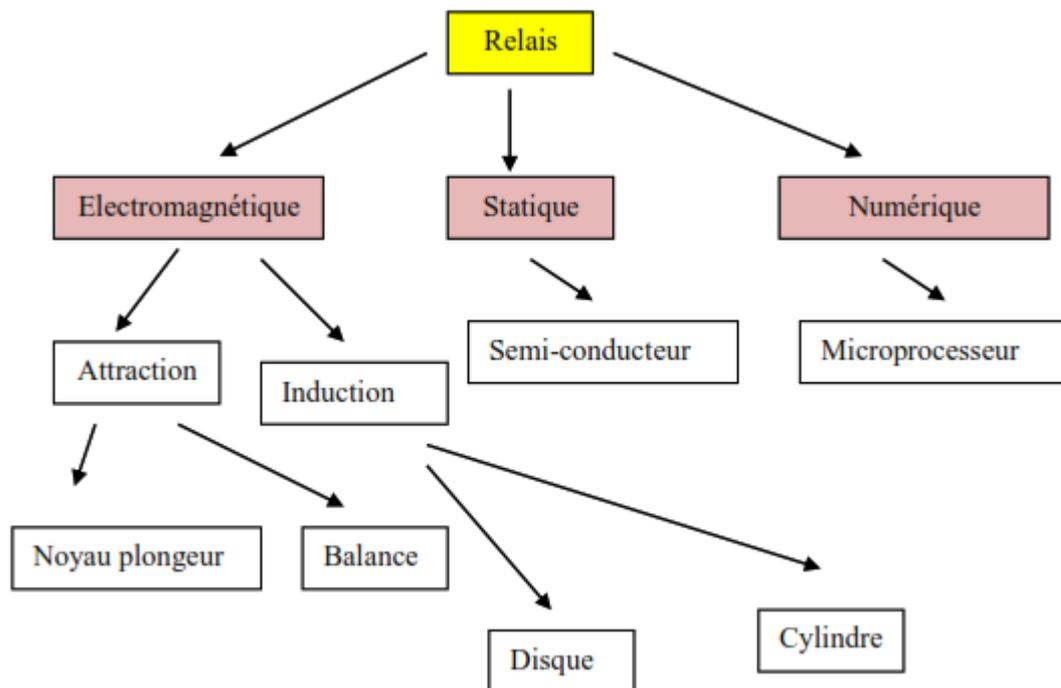


Figure: III.4 Les type des relais de protection électrique

#### III.3.3.1 Les relais électromécaniques :

Ce relais est basé sur le principe d'un disque d'induction actionné par des bobines alimentées par des variables électriques du réseau via des transformateurs de courant et de tension. Un ressort de rappel réglable détermine la limite de l'action du disque sur un déclencheur (points de réglage), la détection de seuils et temporisation. Ils avaient l'avantage d'être robustes, de fonctionner sans source d'énergie auxiliaire et d'être peu sensibles aux perturbations électromagnétiques.

Ces relais se démarquent par leur solidité et leur grande fiabilité, pour cette raison, leur entretien est minime. Ils sont réputés pour leur fiabilité dans les environnements de travail les plus délicats. Il est néanmoins souhaitable de les contrôler régulièrement, et la périodicité d'inspection dépend des conditions d'exploitation

### III.3.3.2 Relais Numérique

Un relais de distance est destiné à surveiller l'état de certains éléments d'un réseau électrique, en particulier les lignes ou câbles haute tension, mais également les transformateurs de puissance et les générateurs.



Figure: III.5 Relais Numérique

### III.3.3.3 Relais statique :

Les relais statiques sont constitués de composants électroniques dont la fonction est de se comporter comme un relais normal. Ils sont donc constitués d'une partie commande et d'une partie de puissance qui permet de piloter la partie opérative.

### III .3.3.4 Les inconvénients de ces dispositifs

Le risque d'être hors d'état de fonctionner entre deux périodes de maintenance, le manque de précision, le dispositif étant sensible à son environnement et aux phénomènes d'usure, il est aussi difficile d'obtenir des réglages adaptés aux faibles courants de court circuit son coût de fabrication est élevé, des performances insuffisantes et n'autorisent

l'emploi que de fonctions élémentaires simples, en nombre limité et sans redondance, a cause de ces inconvénients, ce type de protection tend à disparaître à l'heure actuelle

### **III.3.4 Les différents relais dans le centrale TG mobile**

#### **III.3.4.1 Relais GE T60 :**

Le Relais de gérance de transformateur T60 est un relais à base de microprocesseur pour la protection de transformateurs de puissance de petit, moyen et large calibre.

Le relais peut être configuré avec quatre entrées de courant triphasées et quatre entrées de courant de terre, et peut satisfaire les applications avec les enroulements de transformateur raccordés entre deux disjoncteurs, tel qu'une barre omnibus en boucle ou une configuration de disjoncteur et demie.

Le T60 effectue une compensation interne de magnitude et de déviation de phase éliminant les exigences pour des raccordements de TC s externes et de TC s auxiliaires.

L'élément de pourcentage de différentiel est le dispositif de protection principal dans le T60.

La protection instantanée différentielle, le volts-par-hertz, le défaut de terre restreint et plusieurs éléments de protection basés sur le courant, la tension et la fréquence sont aussi incorporés.

Le T60 inclut 16 comparateurs universels complètement programmables, ou Flex-éléments MC, qui fournissent une flexibilité additionnelle en permettant aux l'utilisateur de personnaliser leurs propres fonctions de protection qui répondent à tous les signaux mesurés ou calculés par le relais.

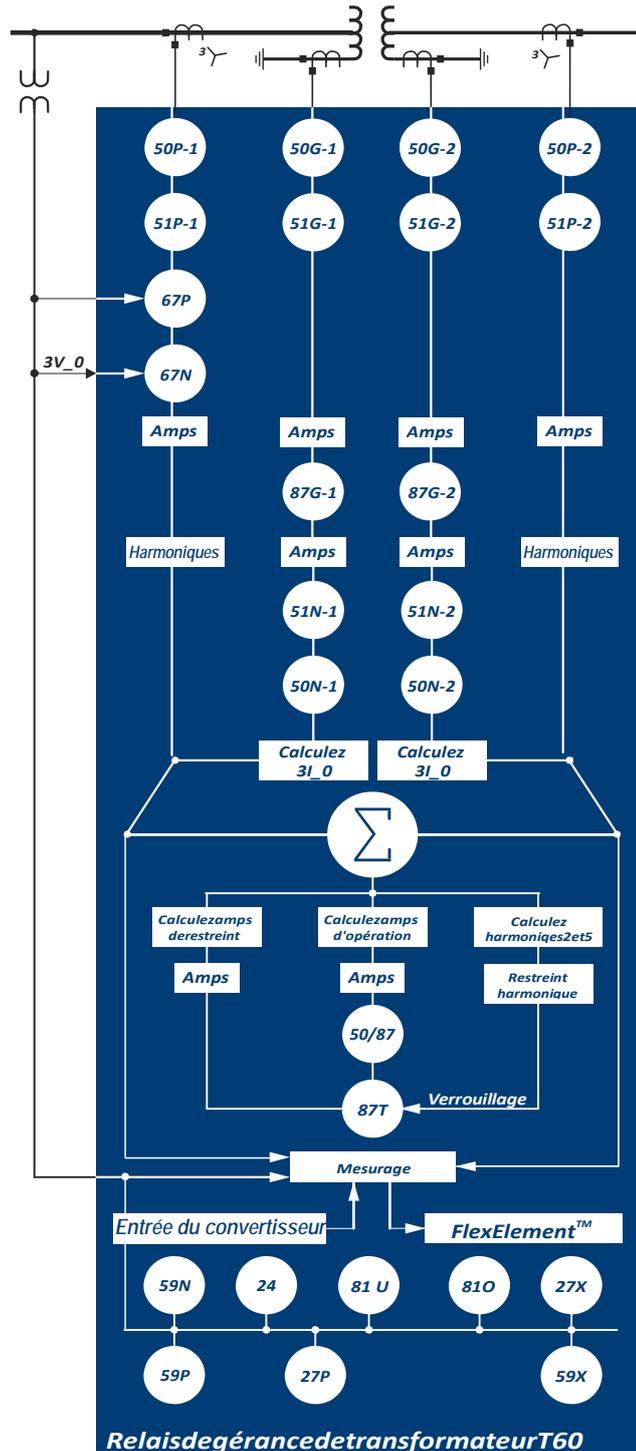


Figure: III.6 Relai de gérance de transformateur T60

**III.3.4.2 Relais GE L90 :**

Le Relais de courant différentiel de ligne L90 est un système de relais numérique différentiel de courant avec une interface intégrale de canal de communications, il est

conçu avec l'objectif de fournir une protection complète pour les lignes de transmission de n'importe quel niveau de tension.

Des plans pour les déclenchements monophasé et triphasé sont disponibles, les modèles L90 sont disponibles pour application sur les lignes de deux et trois postes.

Le L90 utilise le différentiel de phase transmettant deux phaselets par cycle à 64 kbps, le plan de courant différentiel est basé sur des techniques innovatrices brevetées développées par GE, les algorithmes du L90 sont basés sur la transformation Fourier – l'approche de phaselet et une retenue statistique adaptative.

La retenue est semblable au plan différentiel de pourcentage traditionnel, mais est basée sur l'adaptation aux mesures du relais. Quand utilisé avec un canal de 64kbps, l'approche innovatrice des «phaselets» fait place à un temps d'opération de 1.0 à 1.5 cycles (typiquement).

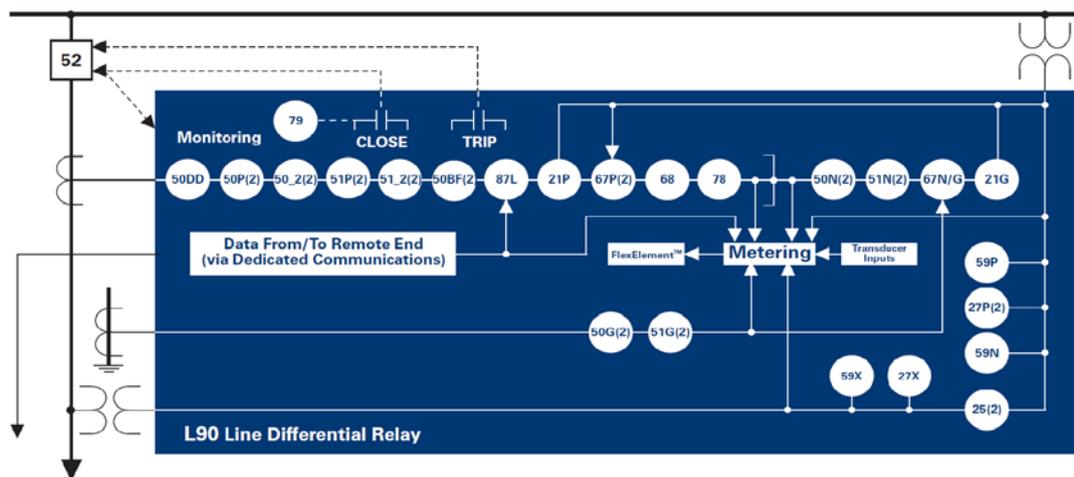


Figure: III.7 Relai différentiel de ligne L90

### III.3.4.3 Relais protection GE350 :

Le système de protection départ 350 est un relais à microprocesseurs assurant la protection à maximum de courant principale et de secours des départs de distribution de basse et moyenne tension, le relais peut aussi assurer la protection contre les surintensités des moteurs, transformateurs, générateurs et jeux de barres de distribution de petite et moyenne tailles, il présente un encombrement réduit et peut être démonté, ce qui facilite son montage sur panneau pour des installations neuves ou des substitutions, en associant

un matériel éprouvé, différentes fonctionnalités de protection et de contrôle, et des communications, le relais assure un contrôle total et une protection intégrale du départ.

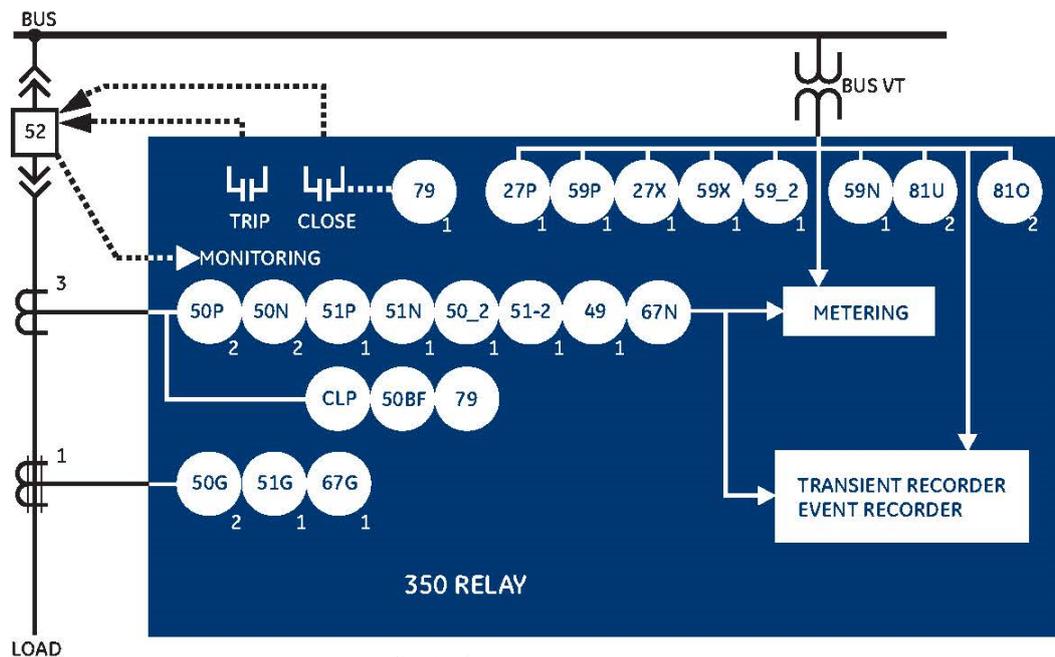


Figure: III.8 Relai de protection 350

### III.3.4.4 Relai de protection D25

Le D25 est un dispositif électronique intelligent qui intègre une large gamme de fonctions de mesure, de statut, de contrôle et de communication de postes. Ce dispositif fonctionne en tant que:

- Automate programmable
- Nœud de réseau local de poste
- Passerelle IED
- Contrôleur au niveau de la baie
- Compteur de puissance
- Dispositif de surveillance de qualité d'énergie
- Enregistreur de défauts/événements (forme d'onde)
- Unité de protection de secours.

L'architecture souple et modulable du D25 en fait un choix excellent pour des applications de postes avancées. Le système prend en charge une variété d'entrées/sorties discrètes comme par exemple le statut, les séquences d'événements, les accumulateurs, les entrées analogiques CA ou CC, ainsi que les sorties de régulation.

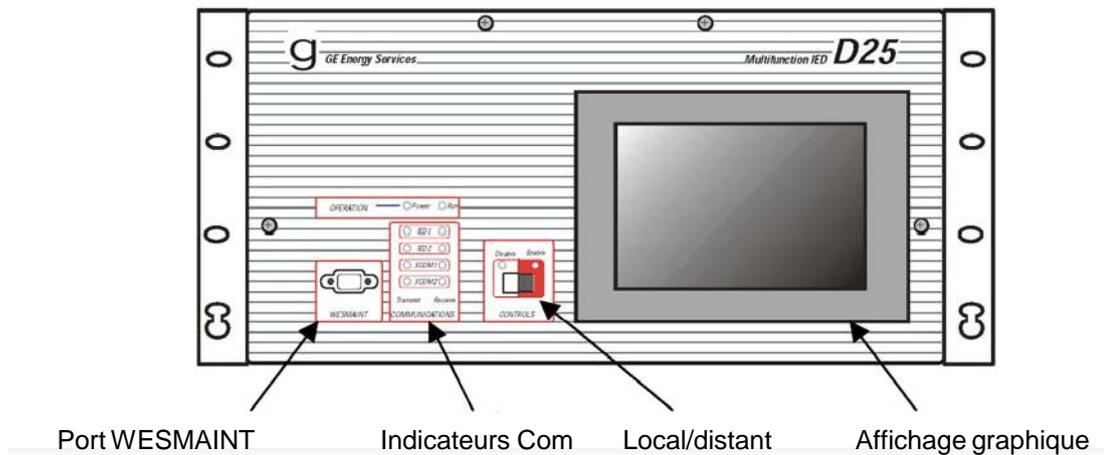


Figure: III.9 Relai de protection D25

#### III.3.4.5 Relai DGC-2020 :

Le contrôleur de groupe électrogène numérique DGC-2020 fournit un contrôle, une protection et un dosage dans un seul paquet, la technologie à base de microprocesseur permet une mesure exacte, point de consigne fonctions de réglage et de synchronisation.

Les commandes et indicateurs de la face avant permettent une utilisation simple et rapide de la DGC-2020 opération, le logiciel de communication Basler Electric (BESTCOMSPlus®) permet aux unités d'être facilement personnalisé pour chaque application.

Les contrôleurs présentent les caractéristiques suivantes:

- Contrôle du générateur local et distant
- Protection du moteur, du générateur et de la perte de tension secteur
- Contrôle automatique du commutateur de transfert (panne de secteur)
- Détection automatique de la configuration du générateur
- Séquençage du générateur
- Chargement / déchargement en douceur du générateur
- Synchronisation automatique
- Expéditeurs de moteurs analogiques programmables
- 16 entrées de contact programmables
- Logique programmable

- Minuteur d'exercice
- Communications en écu via SAE J1939
- Marathon DVR2000E + Contrôle du régulateur de tension via SAE J1939
- RS485 intégré (optionnel)
- Modules supplémentaires disponibles pour étendre les capacités de la DGC-2020

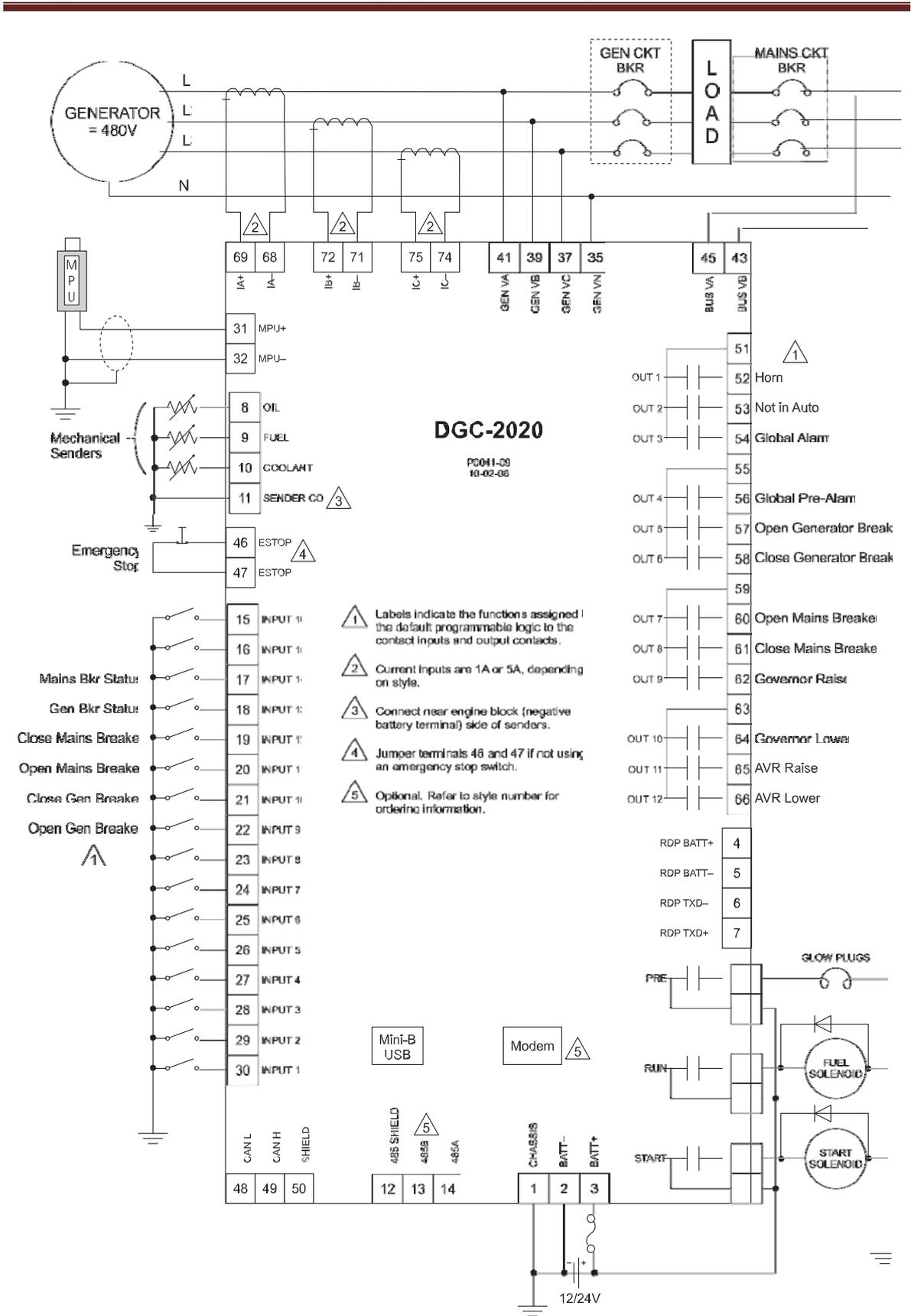


Figure: III. 10 Connections de Relai DGC-200

### III.3.4.6 relais de protection M-3425A

Le relais de protection de générateur M-3425 est un appareil à microprocesseur utilisant une technologie numérique de traitement de signal qui fournit jusqu'à trente-quatre fonctions de relais de protection de générateur, il protège le générateur des défauts de bobinage internes, des erreurs de système et des autres conditions anormales.

Les entrées de commande état peuvent être programmées afin de bloquer n'importe quelle fonction du relais et/ou déclencher l'enregistreur de l'oscillographe. Toute les fonctions ou entrées de commande état peuvent être programmées individuellement afin d'activer une ou plusieurs sorties programmables, chacune avec un contact. [9]



Figure: III.11 Relai de protection alternateur M-3425A

### III.3.5 Tests des protections :

Les systèmes de protection jouent un rôle fondamental dans la fiabilité et la sécurité de l'exploitation des réseaux électriques modernes, le bon état de fonctionnement des équipements de protection permet de maintenir la sécurité du réseau et de protéger les installations contre tout dommage éventuel, afin de garantir la fiabilité de l'exploitation, les relais de protection et les contrôleurs de disjoncteur à réenclenchement doivent être testés tout au long de leur cycle de vie, depuis le stade initial de développement, en passant par la production, la mise en service et jusqu'à la maintenance périodique.

Le CMC 256plus est le choix de prédilection pour les applications exigeant une très grande précision, cette unité n'est pas seulement un excellent appareil de test pour les équipements de protection de toute sorte, mais c'est aussi un calibrateur universel, sa grande précision permet d'étalonner une grande diversité d'appareils de mesure.

### **III.3.5.1 CMC 256plus**

Ensemble de test à 6 courants de phase + 4 tensions de phase et calibrateur universel :

Équipement de test de relais de protection

- Relais numériques
- Relais statiques
- IED de type CEI 61850 (GOOSE et Sampled Values)
- Relais électromécaniques (relais à forte charge / monophasés)
- Tableaux de relais
- Tests par injections synchronisées à distance avec GPS ou IRIG-B
- Protection de jeu de barres (jusqu'à 22 générateurs de signaux)
- Protection d'une zone étendue

### **III.3.5.2 Simulateur de réseau électrique**

- Simulation de défaut transitoire
- Pompage
- Simulation de saturation TC
- Simulation de disjoncteur
- Simulation de bobine de Rogowski
- Réseau compensé
- Lecture de transitoires (COMTRADE, PL4 (EMTP), ...)

### **III.3.5.3 Mise en service de poste électrique**

- Contrôle des annonces SCADA
- Mesure de la charge
- Contrôle de polarité TC/TT
- Vérification du câblage
- Enregistrement d'événements

### **III.3.5.4 Calibration universel**

- Compteurs d'énergie, 4 quadrants, classe 0.2
- Convertisseurs
- Compteurs de qualité de l'alimentation électrique selon la norme CEI 61000

- Appareils de mesure de synchro phaseur (PMU)
- Equipements de mesure SCADA
- Relais de protection
- Enregistreurs de transitoires (avec précision d'horodatage)
- Tous les équipements de mesure de U, I, f, S, P, Q

### III.4 Disjoncteur

#### III.4.1 Introduction

Là où les fusibles sont mal adaptés ou inappropriés, les relais de protection et les disjoncteurs sont utilisés en combinaison pour détecter et isoler les pannes. Les disjoncteurs sont les principaux appareils d'établissement et de coupure du courant d'un circuit électrique. Ils autorisent ou inter disjoncteur le passage du courant en provenance d'une source vers le circuit de charge. Ils transportent le courant de charge continuellement et sont censés être ouverts par les charges (capacité de faire). Ils doivent aussi être capables de couper un circuit actif dans les conditions normales de fermeture de même que, dans les conditions de défaillance, de transporter le courant de défaut attendu jusqu'à isolement complet de la partie défaillante (capacité de coupure/interruption), dans les conditions de panne, les disjoncteurs devraient être capables d'intervenir selon des instructions d'appareils de contrôle, tels que les relais, les contacts de relais sont utilisés dans l'établissement et la coupure des circuits de contrôle d'un disjoncteur et pour empêcher les disjoncteurs de se fermer ou de se déclencher dans des conditions de panne ou empêcher d'autres verrouillages. [7]

#### III.4.2 Types de disjoncteurs

Les types de disjoncteurs se réfèrent en principe au support dans lequel le rupteur ouvre et se ferme, ce support peut être de l'huile, de l'air, du vide ou du SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre).

La classification suivante intègre les coupures simples ou doubles, dans un type de disjoncteur à simple coupure, seule l'extrémité de la barre omnibus est isolée, par contre, dans un type de disjoncteur à double coupure, les extrémités de la barre omnibus (source) et du câble (charge) sont toutes deux coupées. Cependant, dans les installations modernes, la double coupure est le type le plus fréquemment accepté.

### III.4.2.1 Disjoncteur 52L (sf6)

Le disjoncteur du PASS est un disjoncteur isolé dans le gaz, dont le fonctionnement se base sur le principe de « self-blast » (ou auto-expansion).

L'énergie pour la coupure du courant est partiellement fournie par l'arc lui-même ; on arrive ainsi à réduire l'énergie nécessaire pour le fonctionnement du mécanisme d'environ 50% par rapport à un disjoncteur conventionnel du type « puffer », en particulier l'énergie requise pour la fermeture est emmagasinée dans le ressort de la commande, les ressorts d'ouverture sont situés à l'intérieur de chaque pôle ; ils sont toujours prêts à fournir l'énergie nécessaire pour l'ouverture du disjoncteur.

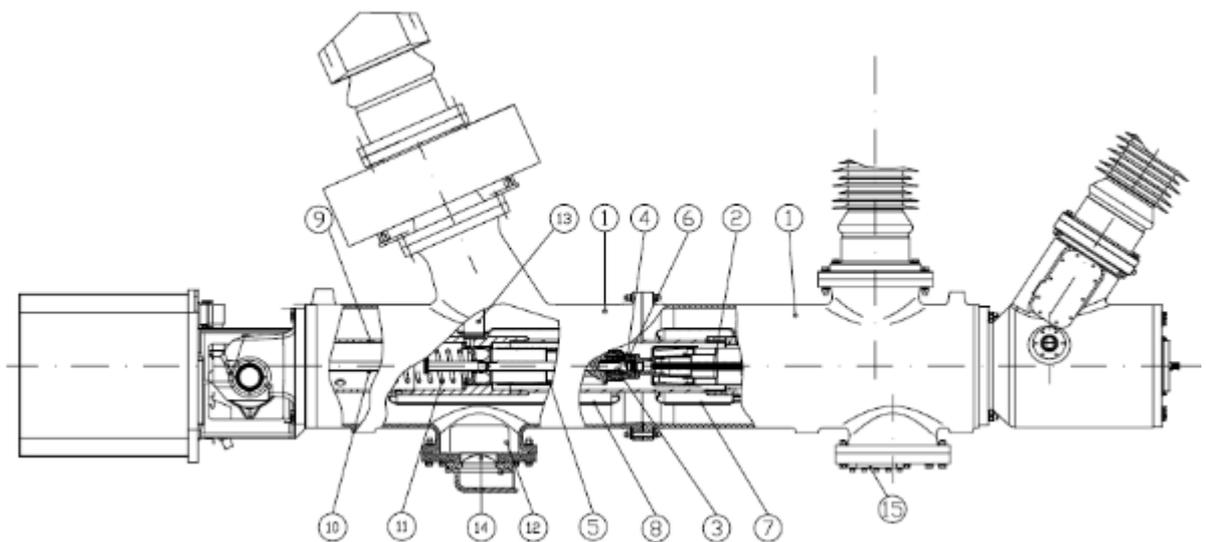


Figure : II. 1 Les composants principale de générateur

- |  |  |
|--|--|
| 1. conteneur   | 2. Contact fixe relié au contact mobile du sectionneur |
| 3. contact mobile  | 4. Injecteur   |
| 5. ressort de contact  | 6. Doigt de contact                                    |
| 7. écran supérieur   | 8. Écran inférieur                                     |
| 9. cylindre isolant de support                                       | 10. Tige moteur  |
| 11. ressort d'ouverture  | 12. Déshydratants                                      |
| 13. cosses de couplage du passant (de la cosse du câble s'il y en a) |  |
| 14. disque de rupture  | 15. Hublot d'inspection                                |

### III.4.2.2 Disjoncteur 52G

Le disjoncteur 52G est un disjoncteur à vide, dont le but est pour protéger un générateur brush contre les dommages causés par surintensité ou une surcharge ou un court-circuit, sa fonction essentielle est d'interrompre la circulation du courant après des relais de protection détectent un défaut, à la différence d'un fusible, qui fonctionne une fois et doit ensuite être remplacé, un disjoncteur peut être remis à zéro (manuellement ou automatiquement) afin de reprendre le fonctionnement normal.

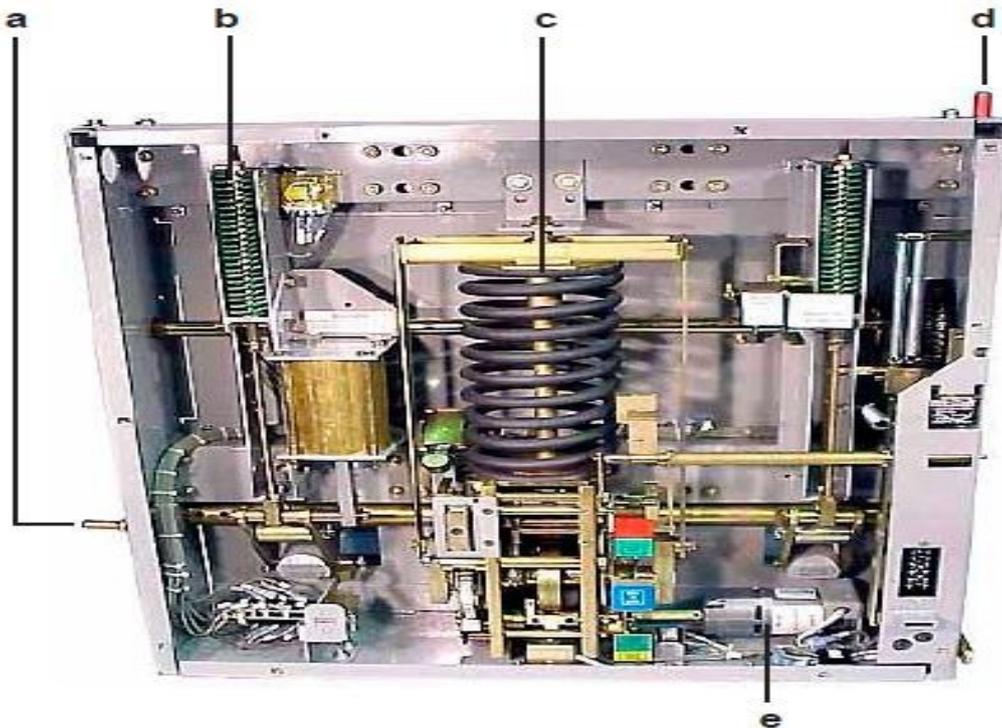


Figure: III. 12 Disjoncteur 52G

#### III.4.2.2.1 Les composants principaux

Le disjoncteur est composé de :

- a) MOC commutateur Arm exploitation
- b) Ouverture du printemps
- c) Ressort principal de clôture
- d) TOC Pin fonctionnement

e) moteur de charge

### III.4.2.2.2 Fonctionnement

Le disjoncteur est actionné par un mécanisme d'un ressort stocké d'énergie. Un moteur de charge est utilisé pour compresser le ressort de fermeture principale, lors de la fermeture exploitation de l'énergie stockée dans l'ensemble de ressort de fermeture est libéré.

Cela permet à fermer l'interrupteur à vide de contact et compriment la charge de contact de ressort, charger les ressorts d'ouverture, et surmonter les forces de friction. Lorsque le circuit le disjoncteur est ouvert, l'énergie stockée dans l'ouverture et de contact des ressorts de chargement est libérés, et l'interrupteur à vide de contacts est ouvert.

## III.5 Les réducteurs de mesure [8]

### III.5.1 Transformateurs de courant alimentant les protections

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

- L'indice de classe indique la limite supérieure de l'erreur composée pour le courant limite de précision assigné et la charge de précision.
- La forme fréquente d'expression est, par exemple, 50 VA classe 5 P 20, ce qui signifie que l'erreur composée de 5 % (50 VA classe 5 P 20) sera pour le courant limite de 20 In (50 VA classe 5 P 20) et pour une charge de précision de 50 VA (50 VA classe 5 P 20).
- Les valeurs normales des classes de précision sont 5 P & 10 P.
- Les valeurs normales des facteurs limites de précision sont 5, 10, 15, 20, 30 & 40.
- La norme définit une tension limite de précision équivalente "Ual", qui est la valeur efficace de la tension sinusoïdale, à la fréquence assignée, qui si elle était appliquée à l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant produirait un courant d'excitation correspondant au courant d'erreur maximal admissible relatif à la classe de précision du transformateur courant.

En pratique les Constructeurs de Transformateurs de Courant, pour une définition en classe "5 P", calculent cette tension "Ual" pour une induction maximale du circuit magnétique de l'ordre de 1.8 Tesla.[29]

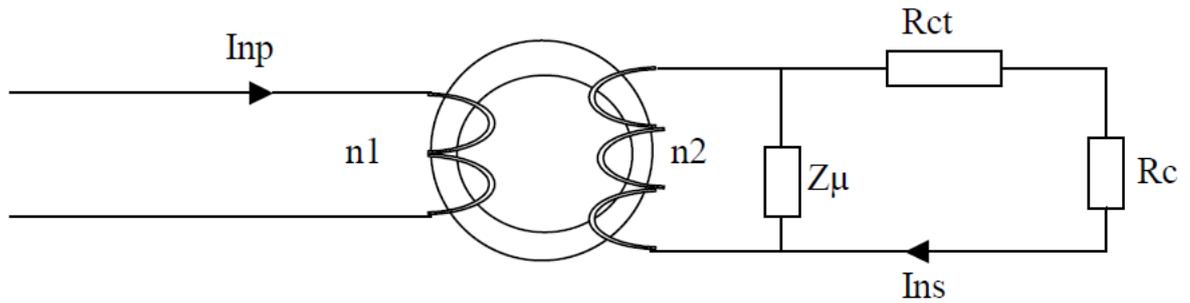


Figure: III. 13 Transformateur courant

$I_{np}$  = courant nominal primaire

$n_1$  = nombre de tours primaire

$I_{ns}$  = courant nominal secondaire

$n_2$  = nombre de tours secondaire

$R_{ct}$  = résistance du secondaire du TC

$Z_{\mu}$  = impédance magnétisante du TC

$R_c$  = résistance équivalente de la charge (filerie + relais)

### III.5.2 Transformateur de tension

Le réducteur de tension TT est un véritable transformateur, dont le primaire reçoit la tension du réseau, et le secondaire restitue une tension image, puisque les niveaux de tension dans le réseau sont de l'ordre de kilovolts, les transformateurs de tension sont utilisés pour abaisser les tensions à des niveaux acceptables par les relais. Ils sont fournis sous forme standard dont la tension du secondaire est 100V ou 10V (tension entre phase), [30].

Les difficultés rencontrées pour la réalisation de cet appareil sont :

- Fourniture d'une tension secondaire avec la précision requise lorsque la tension primaire est faible. En effet, dans ce cas, les phénomènes d'hystérésis sont partiellement sensibles.
- Lors des cycles de déclenchement et réenclenchement après ouverture des disjoncteurs d'une phase saine, la phase reste chargée.

### III.5.3 Réducteurs de tension inductifs

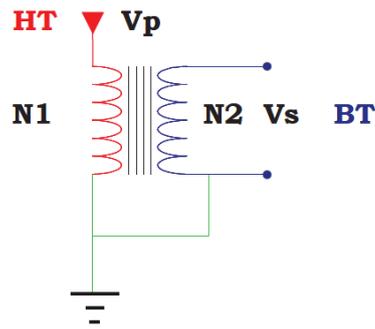


Figure: III.14 Transformateur tension

$$U_p/U_s = n_1/n_2$$

Dans laquelle :

$U_p$  = tension primaire

$U_s$  = tension secondaire

$n_1$  = nombre de tours du primaire du bobinage

$n_2$  = nombre de tours du secondaire du bobinage

➤ **Avantage :**

Erreur transitoire faible

➤ **Inconvénient:**

Ne permet pas le couplage de réseaux de télécommunication (transmission des signaux haute fréquence PLC : téléphonie et téléaction)

Coût pour les réducteurs  $U_n > 150$  kV

➤ **Classe de précision :**

La classe prévue pour les protections est la classe 3P

erreur de tension de 3 %

erreur de déphasage de 120 minutes

Les erreurs sont garanties entre 2 % de la tension nominale et la valeur correspondant au facteur de tension nominale et ceci pour une charge comprise entre 25 et 100 % de la puissance nominale.

### III .6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons résumé le fonctionnement des équipements de protection et de mesure, nous permis de déterminer les protections essentiels utiliser à protéger la central contre de toute types des défauts et les organes de coupures qui fait sectionner le circuit électrique avant de causer des dégâts dans la centrale par ces défauts



## IV.1 Introduction

La protection d'un réseau électrique est indispensable afin d'assurer une bonne stabilité de celui-ci. En effet un système de protection complet doit être mis en œuvre avec une sélectivité qui a pour objectif d'assurer la continuité de service et garantir une fonction de secours entre les différents éléments constitutifs de la chaîne de protection.

Nous avons rappelé les différents types de protection et les différents éléments qui composent un système de protection.[20]

## IV.2 Propriétés

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

➤ Fiabilité :

- Déclenchement suite à un défaut réel (décision sûre);

- qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect (éviter les déclenchements intempestifs).

➤ Rapidité d'action :

- Pour limiter les effets néfastes du défaut;

- Les courts-circuits sont donc des incidents qu'il faut éliminer le plus vite possible, c'est le rôle des protections dont la rapidité de fonctionnement et des performances prioritaires.

➤ Sensibilité

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de courts-circuits entre :

- Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations et est donc parfaitement connu, un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles.

- La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus faible pour lequel la protection est capable de fonctionner

➤ **Sélectivité :**

Déclenchement seulement des appareils encadrasse le défaut, de manière à maintenir sous tension les parties saines

➤ **Disponibilité :**

C'est la capacité de fonctionner lors de l'apparition d'un défaut, ce qui impose diverses procédures ou dispositifs pour s'assurer que la protection est en état de marche.

### **IV.3 Principe de base de la protection [3]**

Un système de protection est constitué :

#### **IV.3.1 Organe de détection et de décision**

- ❖ Organe de mesure ou chaîne de mesure
- ❖ Organe de comparaison
- ❖ Organe de décision

#### **IV.3.2 Organe d'intervention**

- ❖ Organe de signalisation et de déclenchement

## IV.4 Dispositif de protection dans la central TG mobile

### IV.4.1 Protection turbo-Alternateur

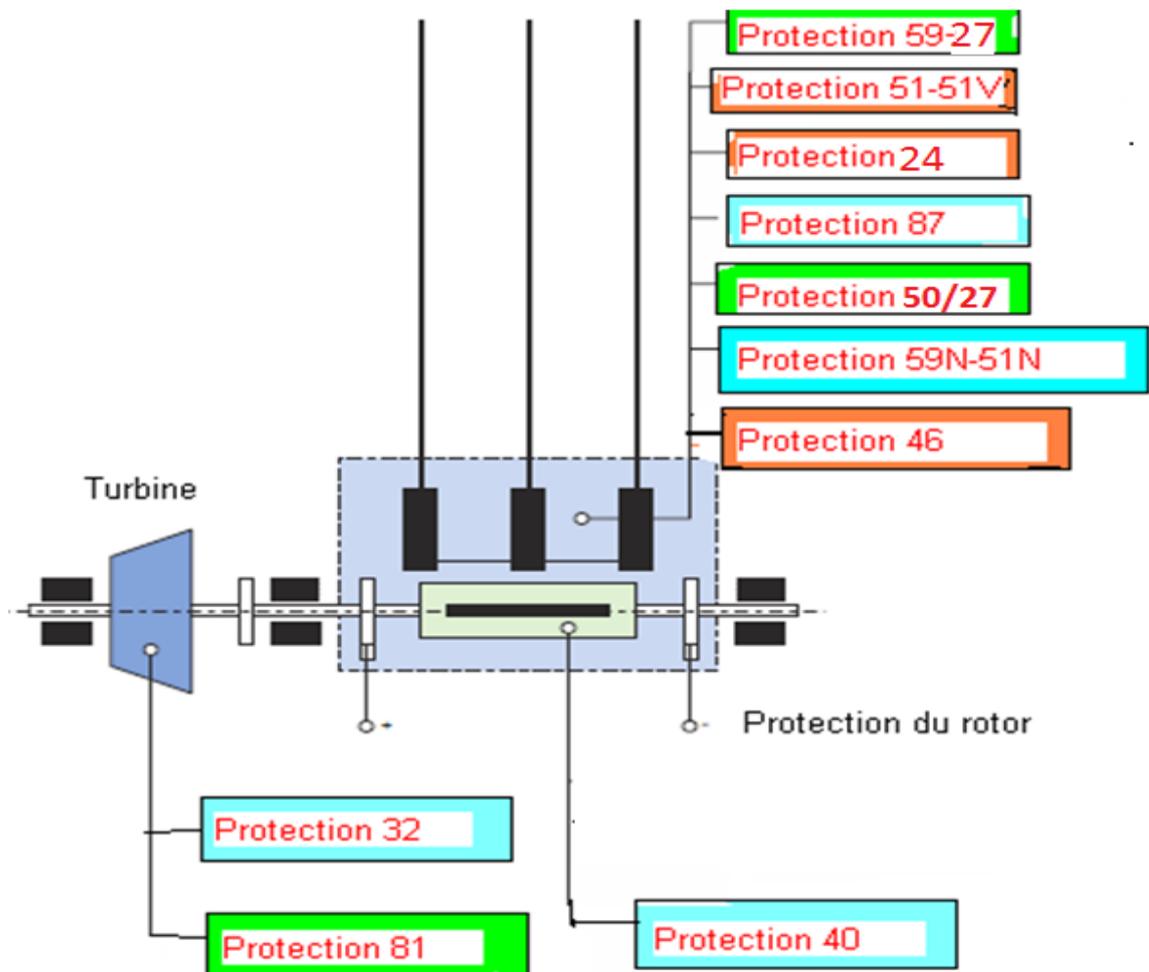


Figure: IV. 1 Présentation des protections turbo-alternateur

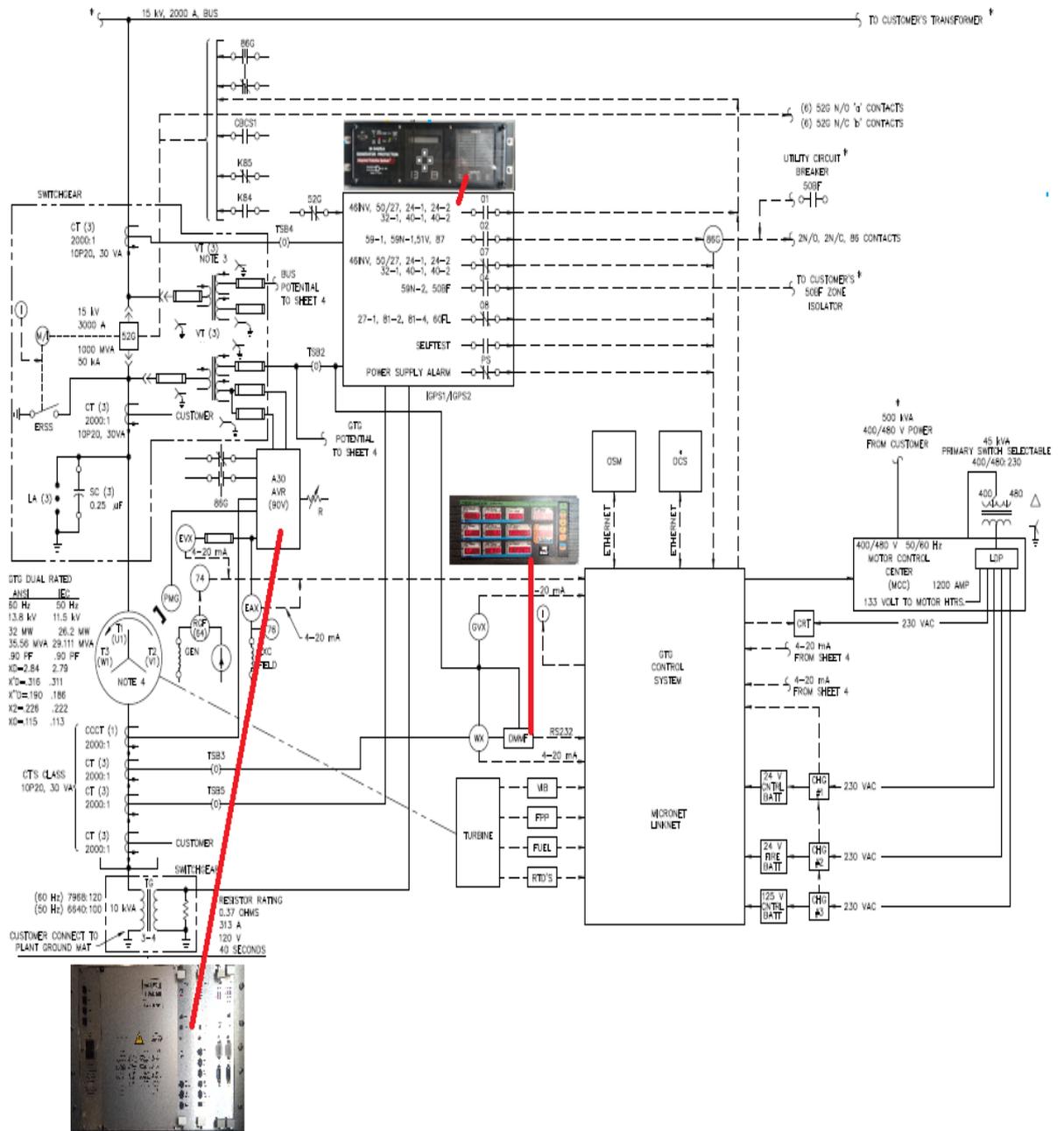


Figure: IV. 2 Dispositif de protection turbo-alternateur TG mobile[6]

#### IV.4.1.1 Protection Déséquilibre de courant (46)

Plusieurs causes peuvent entraîner un déséquilibre dans l'alternateur. Certaines des conditions sont :

Charges non équilibrées, défauts des équilibres du réseau et/ou circuits ouverts, la composante inverse (I2) du courant statorique est directement liée à ce déséquilibre et crée dans la machine un champ de flux contrarotatif qui produit à son tour un échauffement local du noyau du rotor.[25]

#### Réglage de protection

46 NEGATIVE SEQUENCE OVERCURRENT INVERSE TIME PICKUP **15 %**

46 NEGATIVE SEQUENCE OVERCURRENT INVERSE TIME MAX DELAY **65500**  
CYCLES

Pickup= 15 %

$I=(15/100)0.73=0.109$  A

T= temps inverse

Tmax=1310Sec

#### Résultat de test

1 Temps de réponse de la protection: T = 179.958 Seconde

Paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
I1	0.73 A	0.73 A	1 A	0°	50 HZ
I2	0.73 A	0.73 A	0.73 A	-120°	50HZ
I3	0.73 A	0.4 A	0	+120°	50HZ

Tableau: IV. 1 Résultat de 1er test de protection 46

2 Temps de réponse de la protection: T = 75.051 Seconde

Paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
I1	0.73 A	0.73 A	1.6 A	0°	50 HZ
I2	0.73 A	0.73 A	0.73 A	-120°	50HZ
I3	0.73 A	0.4 A	0	+120°	50HZ

Tableau: IV. 2 Résultat de 2eme test de protection 46

3 Temps de réponse de la protection: T = 19,466 Seconde

Paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
I1	0.73 A	0.73 A	3 A	0°	50 HZ
I2	0.73 A	0.73 A	0.73 A	-120°	50HZ
I3	0.73 A	0.4 A	0	+120°	50HZ

Tableau: IV. 3 Résultat de 3eme test protection 46

### **Analyse de résultats des tests**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.2 Mise sous tension involontaire 50/27**

La fonction de mise sous tension involontaire (50/27) du relais est une fonction de surintensité supervisée par la tension du bus aux bornes du générateur, la mise sous tension involontaire ou accidentelle des générateurs hors ligne se produit assez fréquemment pour garantir l'utilisation de la logique de protection dédiée pour détecter cette condition, les erreurs de fonctionnement, les inflammations du coupe circuit, les fonctionnements anormaux du circuit de commande ou une association de ces causes ont entraîné une mise sous tension accidentelle des générateurs étant hors ligne, ce problème prévaut en particulier avec des grands générateurs connectés à partir d'un sectionneur de haute tension à un bus à anneau ou une configuration de bus, lorsqu'un générateur est accidentellement mis sous tension à partir du système d'alimentation, il accélère comme un moteur à induction, Pendant que la machine accélère, les courants élevés induis au rotor peuvent provoquer d'important dégâts en une fraction de secondes, la logique de surintensité

supervisée de tension est alors désignée pour fournir une protection. (Voir figure, Schéma logique de la fonction de mise sous tension involontaire) [25].

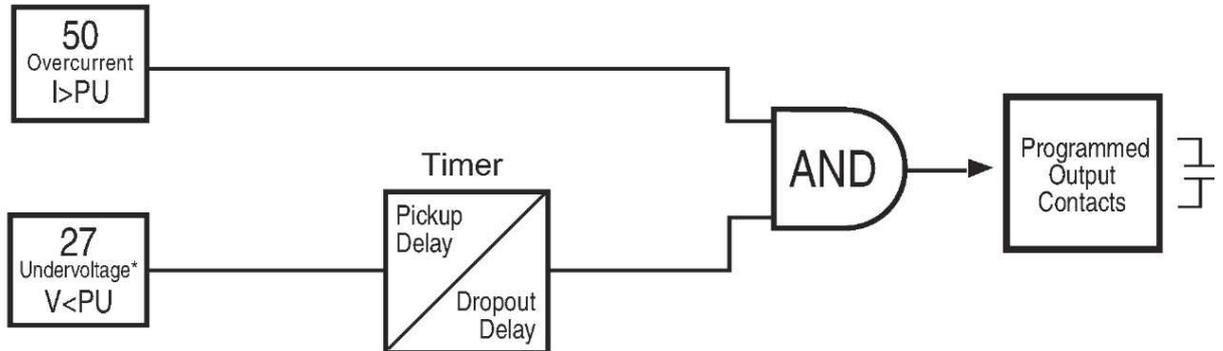


Figure: IV. 3 La logique de protection 50/27 [25]

**Réglage de protection**

50/27 INADVERTENT ENERGIZING PICKUP **0.37** Amps

50/27 INADVERTENT ENERGIZING VOLTAGE CONTROL **81** Volts

50/27 INADVERTENT ENERGIZING PICKUP DELAY **200** Cycles

50/27 INADVERTENT ENERGIZING DROPOUT DELAY **300** Cycles

U=81 V    V=46 v    I= 0.37A    T= 4Seconde     $T_{reset} = 6$  Seconde

**Résultat de test**

Temps de réponse de la protection: T = 4,281 Seconde

Paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66.5 V	46.8 V	45 V	0	50 HZ
V2	66.5 V	46.8 V	45 V	-120	50 HZ
V3	66 .5 V	46.8 V	45 V	+120	50 HZ
I1	0.73 A	0.37 A	0.38 A	0	50 HZ
I2	0.73 A	0.37 A	0.38 A	-120	50 HZ
I3	0.73 A	0.37 A	0.38 A	+120	50 HZ

Tableau: IV. 4 Résultat de test de protection

### Analyse de résultats de test

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.3 protection à maximum de tension 59**

La protection à maximum de tension protège les enroulements statoriques des alternateurs contre toutes les surtensions dangereuses. En même temps, le noyau magnétique de l'alternateur est protégé contre les surchauffes dues à l'accroissement des pertes dans le fer. Il faut s'attendre essentiellement à des surtensions de longue durée en cas de défaillance de régulateur de tension. Un certain retard empêche tout déclenchement intempestif en présence de phénomènes transitoires. [25]

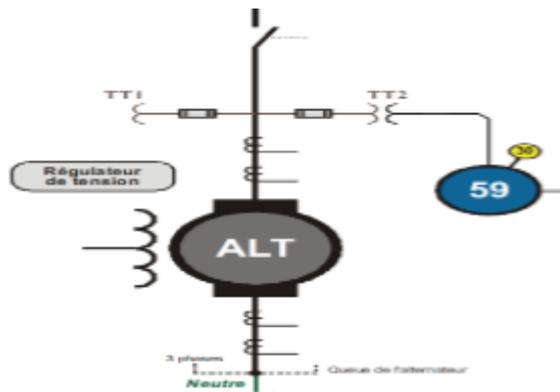


Figure: IV. 4 Protection à maximum de tension 59 [25]

### Réglage de protection

59 PHASE OVERVOLTAGE #1 PICKUP **138** Volts (13.8kv)

59 PHASE OVERVOLTAGE #1 DELAY **50** Cycles

$U = 138 \text{ V}$        $V = 79.67 \text{ V}$

$T = 1 \text{ Seconde}$

### Résultat de protection

Temps de réponse de la protection: T = 1.22 Seconde

paramètre	normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66,5 V	79,6 V	81 V	0	50Hz
V2	66,5 V	79,6 V	81 V	-120°	50Hz
V3	66,5 V	79,6 V	81 V	+120°	50Hz

Tableau: IV. 5 Résultat de test de protection 59

### Analyse de résultats de test

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.4 Surtension, circuit du neutre ou tension homopolaire 59N**

La fonction de surtension du neutre (59N) offre une protection contre le défaut de masse du stator pour des générateurs de mise à la terre à haute impédance.

La fonction 59N peut également fournir une protection contre la défaillance de mise à terre de 90 à 95% de l'enroulement du stator (mesuré à partir de l'extrémité des bornes) [25].

### Réglage de protection

59N NEUTRAL OVERVOLTAGE #1 PICKUP 8.0 Volts (0.8 kV)

59N NEUTRAL OVERVOLTAGE #1 DELAY **250** Cycles

59N NEUTRAL OVERVOLTAGE #2 PICKUP 8.0 Volts (0.8 kV)

59N NEUTRAL OVERVOLTAGE #2 DELAY **500** Cycles

V=8 V

T<sub>1</sub> 5 Sec

T<sub>2</sub> = 10 Seconde

### **Résultat de test :**

Seuil  $V = 8,1 \text{ v}$

Défaut  $V = 9 \text{ v}$

Temps de réponse de la protection:  $T1 = 5,014 \text{ Seconde}$

Temps de réponse de la protection:  $T2 = 10,011 \text{ Seconde}$

### **Analyse de résultats de test**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.5 protection Perte de tension du fusible VT 60FL**

Certaines fonctions peuvent opérer par accident lorsque le fusible VT est grillé, ou lorsqu'un événement provoque la perte d'un fusible, ou tous les trois potentiels sont reliés au relais. Les prédispositions sont mises en place pour la détection et le blocage de la perte de potentiel interne et externe des fonctions définies par l'utilisateur. [25]

### **Réglage de la protection**

60 FL V.T. FUSE LOSS INPUT INITIATE FL i6 i5 i4 i3 i2 i1 NOTE 2

60 FL V.T. FUSE LOSS DELAY **20** Cycles

$V = 0 \text{ V}$

$T = 0.4 \text{ Seconde}$

### **Résultat de test**

$V1 = 0$  Temps de réponse de la protection:  $T = 0.522 \text{ Seconde}$

$V2 = 0$  Temps de réponse de la protection:  $T = 0.669 \text{ Seconde}$

$V3 = 0$  Temps de réponse de la protection:  $T = 0.599 \text{ Seconde}$

$T = 10.777 \text{ Seconde}$

T=3.417 Seconde

T=1.111 Seconde

Paramètre	normal	Seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66.5 V	0 V	0 V	0°	50 HZ
V2	66.5 V	66.5 V	66.5 V	-120°	50 HZ
V3	66.5 V	66.5 V	66.5 V	+120°	50 HZ

Tableau: IV. 6 Résultat de test de protection 60 FL

### **Analyse de résultats de test**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.6 protection Différentiel 87 G**

La protection différentiel pour l'alternateur est installée afin de détecter le court circuit dans la zone du stator même cette protection sert à protéger la machine de toutes les défaillances d'enroulement interne, défaillances de monophasé à la terre des machines à forte impédance, la mise à la masse peut présenter une intensité inférieure à la sensibilité du relais de différentiel. [25]

### **Réglage de protection**

87 PHASE DIFFERENTIAL OVERCURRENT PICKUP 0.04 Amps

87 PHASE DIFFERENTIAL OVERCURRENT SLOPE 10 %

87 PHASE DIFFERENTIAL OVERCURRENT DELAY 1 Cycles

### Résultat de test

T = instant

Paramètre	Normal	Seuil	Default	Déphasage	Fréquence
I1	0.73 A	0 A	0 A	0	50 HZ
I2	0.73 A	0.73 A	0.73 A	-120	50 HZ
I3	0.73 A	0.73 A	0.73 A	+120	50 HZ
I4	0.73 A	0.73 A	0.73 A	0	50 HZ
I5	0.73 A	0.73 A	0.73 A	-120	50 HZ
I6	0.73 A	0.73 A	0.73 A	+120	50 HZ

Tableau: IV. 7 Résultat de test de protection 87

I1 dif = 0.1 A

I2 dif = 0.02 A

I3 dif = 0 A

Temps de réponse de la protection: T = 0.008 seconde

Paramètre	Normal	Sequel	Default	Déphasage	Fréquence
I1	0.73 A	1.1 A	1.1 A	0	50 HZ
I2	0.73 A	1.23 A	1.23 A	-120	50 HZ
I3	0.73 A	1.1 A	1.1 A	+120	50 HZ
I4	0.73 A	1.1 A	1.1 A	0	50 HZ
I5	0.73 A	1.1 A	1.1 A	-120	50 HZ
I6	0.73 A	1.1 A	1.1 A	+120	50 HZ

Tableau: IV. 8 Résultat de test de protection 87

### Analyse de résultats des tests

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### IV.4.1.7 Protection Perte de champ 40

La perte d'excitation peut être due à un déclenchement intempestif du disjoncteur de l'inducteur, une ouverture de circuit ou un court-circuit sur l'enroulement inducteur, une défaillance du régulateur ou la perte de la source d'alimentation à l'enroulement inducteur. La perte d'excitation peut endommager la machine et/ou nuire au fonctionnement du réseau. Un alternateur synchrone qui perd son excitation aura tendance à se comporter comme un alternateur asynchrone; il fonctionnera au-dessus de sa vitesse normale et à une puissance réduite, et recevra son excitation (puissance réactive) du réseau. L'impédance vue par un relais regardant l'alternateur dépendra des caractéristiques de la machine, du débit de puissance avant la perte d'excitation et du type de défaut d'excitation.

Des études indiquent que la fonction de conductance première zone (40-1) peut être réglée de façon à détecter les cas graves de défaut d'excitation avec une temporisation plus courte, tandis que la seconde zone (40-2) peut être réglée de façon à détecter **tous** les cas de défaut d'excitation. Pour garantir la sécurité durant des oscillations stables du réseau, la fonction 40-2 requiert une plus longue temporisation. [25]

#### Réglage de protection

40 LOSS OF FIELD #1 DIAMETER **90.9** Ohms

40 LOSS OF FIELD #1 OFFSET **-14.1** Ohms

40 LOSS OF FIELD #1 DELAY **4** Cycles

: Impédance = -14.1  $\Omega$

$\phi = 90.9$       T = 0.08 Seconde

$\phi = 253$       T = 0.5 Seconde

#### Résultat de test

Temps de réponse de la protection: T = 0,508 Seconde

Paramètre	normal	seuil	Default	Déphasage	Fréquence
V1=V2=V3	66.5 A	66.5 A	66.5 A	40°	50 HZ
I1=I2=I3	0.73 A	0.73 A	0.73 A		50 HZ

Tableau: IV. 9 Résultat de test de protection 40

Test« 2 »

Temps de réponse de la protection: T = 0,084 Sec

paramètre	normal	seuil	default	Déphasage	Fréquence
V1=V2=V3	66,5 V	66,5 V	66,5 V	-75°	50Hz
I1=I2=I3	0.73A	0.73A	0.73A		

Tableau: IV. 10 Résultat de test de protection 40

### Analyse de résultats des tests

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.8 Protection Puissance directionnelle 32 (retour d'énergie)**

La fonction de puissance pour la surveillance de retour d'énergie a la fin d'empêche au générateur de travailler comme moteur synchrone. [25]

### Réglage de la protection

32 DIRECTIONAL POWER #1 PICKUP **-0.020** PU

32 DIRECTIONAL POWER #1 DELAY **500** Cycles

Pickup = -0.02 A

T = 10 Seconde

### Résultat de test

Temps de réponse de la protection: T = 10,209 Seconde

paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66,5 V	66,5 V	66,5 V	0	50Hz
V2	66,5 V	66,5 V	66,5 V	-120°	50Hz
V3	66,5 V	66,5 V	66,5 V	+120°	50Hz
I1	0,73A	0,015A	0,02 A	180°	50Hz
I2	0,73A	0,015 A	0,02A	60°	50Hz
I3	0,73A	0,015 A	0,02 A	-120°	50Hz

Tableau: IV. 11 Résultat de test de protection 32

### Analyse de résultat de test

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.9 Protection Sous-tension de phase 27 (Minimum tension)**

La fonction de sous-tension de phase (27) peut être utilisée pour détecter une condition de phase causant une sous tension à long ou à court terme. il s'agit d'une véritable fonction triphasée puisque chaque phase a un élément de temporisation indépendant. [25]

### Réglage de protection

27 PHASE UNDERVOLTAGE #1 PICKUP 109 Volts (10.9kv)

27 PHASE UNDERVOLTAGE #1 DELAY 150 Cycles

: U = 109V    V = 62.93 V

T = 3 Seconde

### **Résultat de test**

Temps de réponse de la protection: T = 3,279 Sec

paramètre	Normal	seuil	Default	Déphasage	fréquence
V1	66.5 V	63.1 V	62 V	0	50 HZ
V2	66.5 V	63.1 V	62 V	-120°	50 HZ
V3	66.5 V	63.1 V	62 V	+120°	50 HZ

Tableau: IV. 12 Résultat de test de protection 27

### **Analyse de résultat de test**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.10 Protection contre les défauts disjoncteurs (50BF)**

Protection de secours délivrant un ordre de déclenchement aux disjoncteurs amont ou adjacents en cas de non-ouverture du disjoncteur après un ordre de déclenchement, détectée par le non extinction du courant de défaut, [25]

### **Réglage de protection**

50BF BREAKER FAILURE PICKUP PHASE **0.07** Amps

50BF BREAKER FAILURE DELAY **9** Cycles

I=0.07 A T = 0.18 Seconde

### **Résultat de test**

Temps de réponse de la protection: T = 0,172 Sec

### **Analyse de résultat de test**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### IV.4.1.11 Protection différentiel Fréquence 81

La fonction Fréquence (81) offre une protection du générateur contre la sur fréquence ou la sous-fréquence, elle dispose de quatre paramètres indépendants d'excitation et de temporisation.

Le mode sur fréquence est sélectionné automatiquement lorsque le seul de fréquence est programmé pour être supérieur à la fréquence de base (50 ou 60 Hz) et le mode sous-fréquence est choisi automatiquement si programmé en-deçà de la fréquence de base. [25]

#### Réglage de protection

81 FREQUENCY #2 PICKUP **49.00** Hz

81 FREQUENCY #2 DELAY **250** Cycles

81 FREQUENCY #4 PICKUP **51.00** Hz

81 FREQUENCY #4 DELAY **250** Cycles

F = 49 Hz

T= 5 Seconde

F = 51 Hz

T= 5 Seconde

#### Résultat de test

Temps de réponse de la protection: T = 5,025 Seconde

Paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66.5 V			0°	50 HZ
V2	66.5 V	49.01 HZ	48 HZ	-120°	50 HZ
V3	66.5 V			+120°	50 HZ

Tableau: IV. 13 Résultat de test de protection 81

Temps de réponse de la protection: T = 5,018 Seconde

Paramètre	Normal	seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66.5 V			0°	50 HZ
V2	66.5 V	51 HZ	52 HZ	-120°	50 HZ
V3	66.5 V			+120°	50 HZ

Tableau: IV. 14 Résultat de test de protection 81

### **Analyse de résultats des tests**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.12 Protection Surexcitation (24)(59/81)**

La surexcitation peut résulter d'une défaillance du régulateur, d'un délestage de charge ou d'une excitation excessive lorsque l'alternateur est hors ligne, elle peut également être due à une réduction de vitesse pendant que le régulateur ou un opérateur tente de maintenir la tension nominale du stator.

Le rapport tension/fréquence est proportionnel au flux magnétique dans l'alternateur, et utilisé par le IGPS pour détecter la surexcitation. [25]

### **Reglage de protection**

24 VOLTS/Hz DEFINITE TIME #1 PICKUP **118** %

24 VOLTS/Hz DEFINITE TIME #1 DELAY **300** Cycles

24 VOLTS/Hz DEFINITE TIME #2 PICKUP 110 %

24 VOLTS/Hz DEFINITE TIME #2 DELAY **3000** Cycles

V/F=110%

T= 60 Sec

V/F = 118%

T = 6 Seconde

### **Résultat de test**

Temps de réponse de la protection : T = 60.208 Seconde

Paramètre	Normal	Seuil F	Default F	Déphasage	V/F%
V1	66.5V	47.5 HZ	44.5 HZ	0	110
V2	66.5V	47.5 HZ	44.5 HZ	-120	110
V3	66.5V	47.5 HZ	44.5 HZ	+120	110

Tableau: IV. 15 Résultat de 1ER test de protection 24

Temps de réponse de la protection : T = 6.231 Seconde

Paramètre	Normal	Seuil F	Default F	Déphasage	V/F%
V1	66.5V	42.4HZ	42 HZ	0	118
V2	66.5V	42.4 HZ	42 HZ	-120	118
V3	66.5V	42.4 HZ	42 HZ	+120	118

Tableau: IV. 16 Résultat de 2eme test de protection 24

### **Analyse de résultats des tests**

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV .4.1.13 Protection maximum courant (51V)**

La fonction instantanée a maximum de courant triphasée a une erreur transitoire faible et dispose d'un temps de déclenchement court pour pouvoir être utilisée comme fonction de protection contre les courts-circuits a courant élevé, avec une portée limitée a moins de quatre-vingt pour cents avec impédance de source minimale,[25]

## Réglage de protection

51V INVERSE TIME OVERCURRENT PICKUP **1.10** Amps  
51V INVERSE TIME OVERCURRENT CURVE INV N/A  
51V INVERSE TIME OVERCURRENT TIME DIAL 0.7 N/A

I= 1.1 A

T= temps inverse

## Resulta de test

Temps de réponse de la protection

1<sup>er</sup> test

T= 10.777 Seconde

Paramètre	Normal	Seuil	Défaut	Déphasage	Fréquence
V1	66.5 V	66.5 V	66.5 V	0°	50 HZ
V2	66.5 V	66.5 V	66.5 V	-120°	50 HZ
V3	66.5 V	66.5 V	66.5 V	+120°	50 HZ
I1	0.73 A	1.1 A	1.12 A	0°	50 HZ
I2	0.73 A	1.1 A	1.12 A	-120°	50 HZ
I3	0.73 A	1.1 A	1.12 A	+120°	50 HZ

2<sup>eme</sup> test

I1= I2 = I3 = 1.6 A    V1 = V2 = V3 = 66.5 V    T= 3.417 Seconde

3<sup>eme</sup> test

I1= I2 = I3 = 2.5 A    V1 = V2 = V3 = 66.5 V    T= 1.111 Seconde

## Analyse de resulta des tests

Temps de réactions de relais acceptables (sont déterminés selon les recommandations des constructeurs).

#### **IV.4.1.13 Protection masse rotor**

En général, dans les générateurs sans balai, l'isolation complète du circuit de champ rotorique est telle qu'un seul défaut à la terre ne provoque pas de conditions de fonctionnement défavorables. Cependant, un deuxième défaut de terre nécessite l'arrêt immédiat de l'ensemble.

Pour éviter cela, il était de pratique de détecter un seul défaut à la terre du rotor en utilisant des brosses et des relais de courant de terre sensibles, et de sortir la machine de service d'enquête et de réparation du défaut dans les meilleurs délais.

Le moniteur de défauts de terre du rotor PRUSMIC R10 de BRUSH élimine le besoin de brosses en utilisant des techniques totalement statiques pour détecter un seul défaut à la terre du rotor sur l'arbre et transmettre le message.

L'information à un récepteur fixe, ce qui améliore la fiabilité et réduit les risques de perte coûts de maintenance.

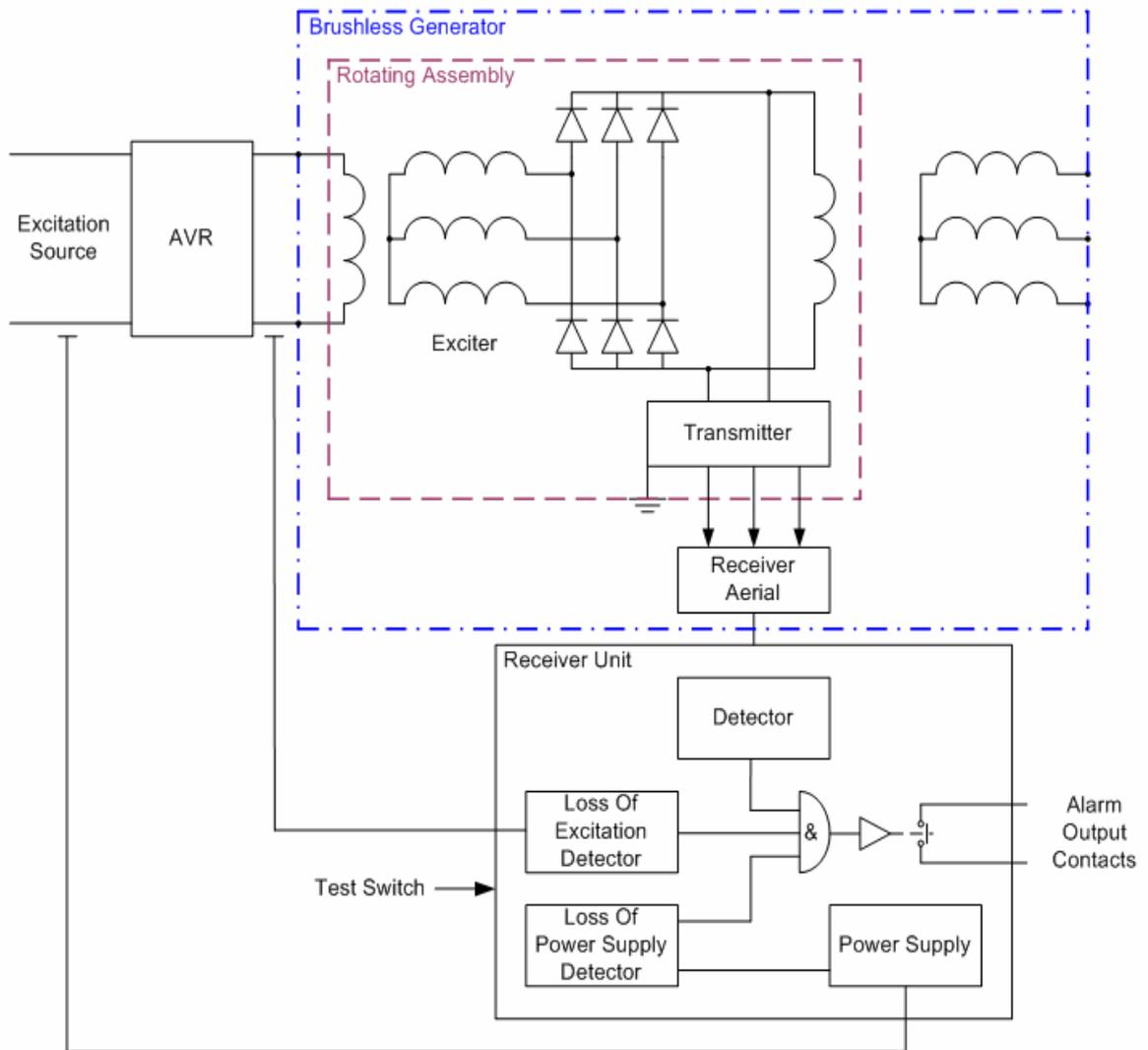


Figure: IV. 5 La protection masse stator [6]

Le diagramme ci-dessus montre le système de base. L'émetteur dispose de 3 connexions électriques au le rotor, c'est-à-dire à la masse, le rotor positif (F1) et le rotor négatif (F2), la tension du rotor fournit la l'alimentation de l'unité à partir de laquelle elle génère son propre courant continu isolé , source utilisée comme alimentation de détection de défaut de terre, le négatif de cette source isolée est lié à la terre (terre), le positif au rotor négatif (F2), dans des conditions saines, le courant provenant du courant isolé D.C. la source est négligeable et l'émetteur produit un signal haut fréquence qui est détecté par l'antenne du récepteur et le récepteur n'indique aucun défaut. Tout défaut à la terre sur l'ensemble en rotation, que ce soit sur l'induit ou sur l'enroulement du rotor, entraînera un courant de la D.C. la source, ce courant est détecté et est utilisé pour supprimer le signal

haute fréquence transmis. En supprimant le signal, le système de détection devient «défaillant», sûr 'en ce sens qu'une perte de signal transmis est détectée comme condition de défaut à la terre.

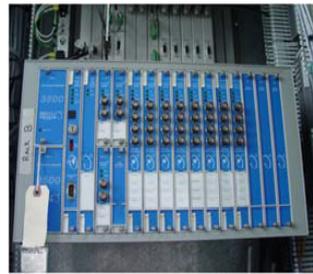
#### **IV.4.1.14 Système de surveillance de vibrations :**

Le cabinet de raccordement du TCP est équipé d'une chaîne de surveillance des vibrations moteur Bentley Nevada, modèle 3500, afin d'informer l'opérateur de la présence d'une quantité trop importante de vibrations dans le moteur à turbine et le turbogénérateur.

Ce système est composé de six éléments de surveillance de vibrations, un rack d'instruments à une alimentation électrique intégrée, des relais et quatre instruments de surveillance de vibrations.

Se reporter à *Schéma d'instruments, Systèmes auxiliaires*. Accéléromètres XE-8005 et moniteur de vibration XE-8006 des composants dans le moteur à turbines, les quatre Proximitors XE-8007X, XE-8007Y et XE-8009X, XE-8009Y servent à surveiller les vibrations au niveau des deux ensembles de roulements de l'arbre du rotor du générateur.

Chaque dispositif de surveillance dispose d'une alarme et de réglages d'arrêt. Pour une description plus détaillée, se reporter aux instructions d'utilisation et d'entretien des systèmes Bentley Nevada.



RAPPORT DES ELEMENTS  
SURVEILLES AU MONITEUR  
DE VIBRATIONS  
BENTLY NEVADA

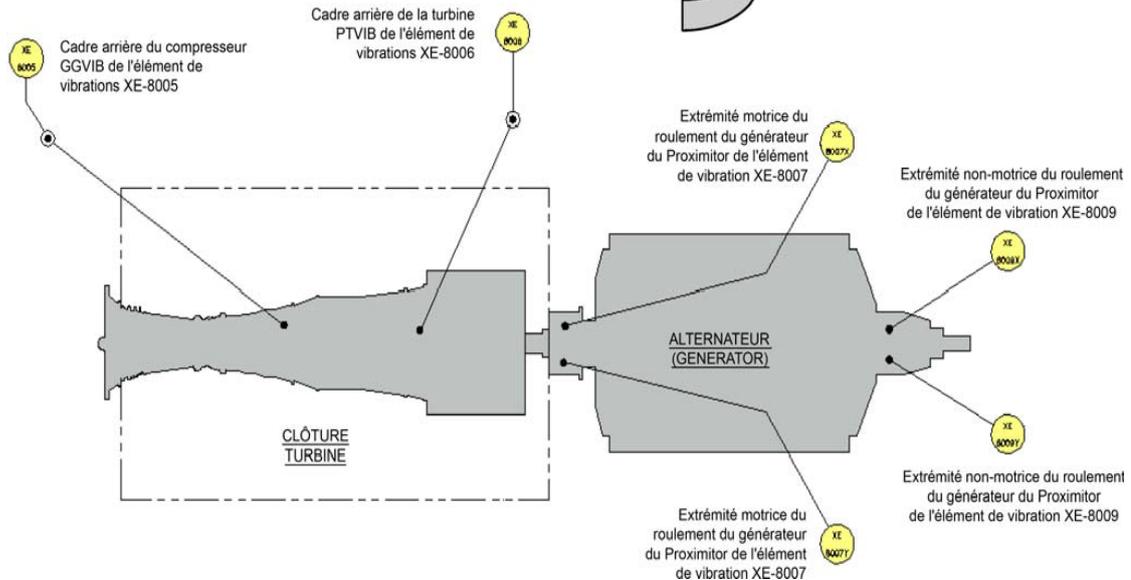


Figure: IV. 6 Protection de turbo-alternateur contre les vibrations [6]

#### IV.4.1.15 Système de détection gaz et anti-incendie

Le système anti-incendie et de détection de gaz de l'ensemble MGTG (générateur de turbines à gaz mobile) est un système de surveillance de l'habitacle du moteur à turbines permettant de détecter la présence d'un incendie ou l'accumulation de gaz combustible. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sert d'agent d'extinction pour la nacelle principale.

Le système anti-incendie et de détection de gaz est doté d'un panneau commandé par microprocesseur programmable qui reçoit des entrées des détecteurs de points thermiques, des détecteurs de gaz et des stations de dégagement manuelles.

Le panneau est situé dans la cabine de raccordement du TCP (panneau de commande de la turbine).

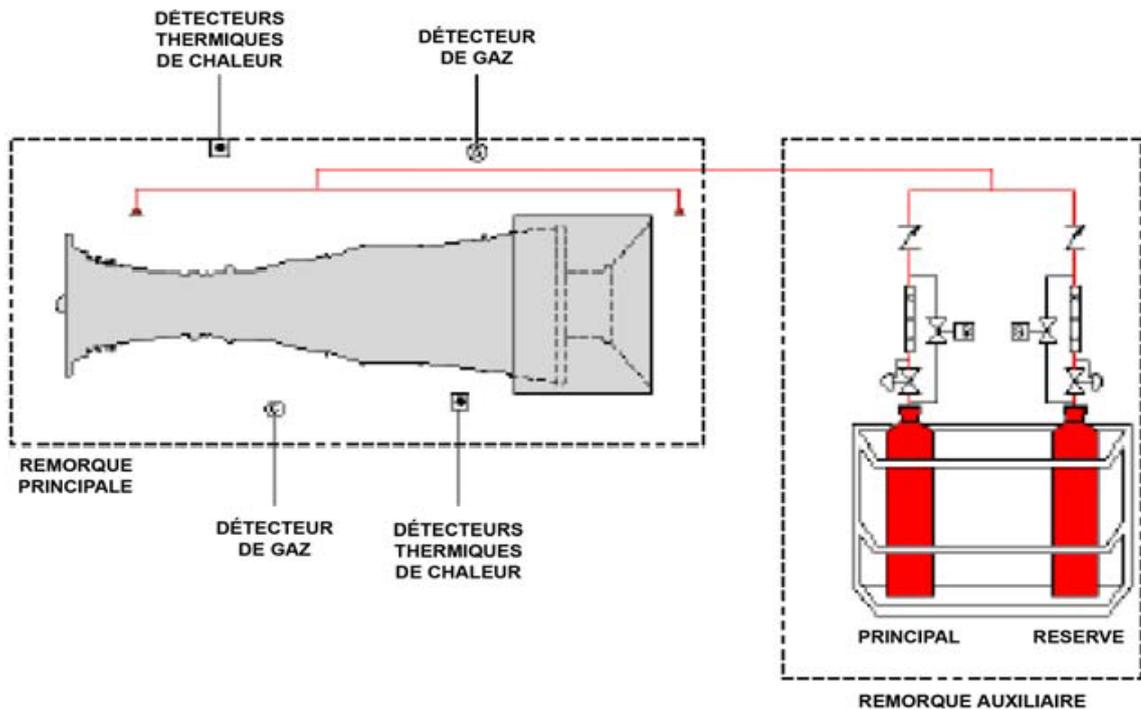


Figure: IV. 7 Protection système anti-incendie [6]

#### IV.4.1.16 Protection survitesse

Le Jaquet Dualtach T501 est un commutateur de vitesse de tachymètre à double canal pour des applications complexes de mesure, de contrôle et de protection. Il possède 2 entrées de fréquence et 2 entrées binaires et dispose de 2 sorties courant, 4 sorties relais et 2 sorties collecteur ouvert.

Le système offre des fonctions logiques, de diagnostic et de mesure programmables ainsi que de nombreuses possibilités de réglage des paramètres et des limites. Avec les 4 jeux de paramètres, chacun avec 6 limites de système, le système convient à des applications presque illimitées, le T501 peut être configuré via le logiciel Windows® fourni à l'aide de l'interface Ethernet.

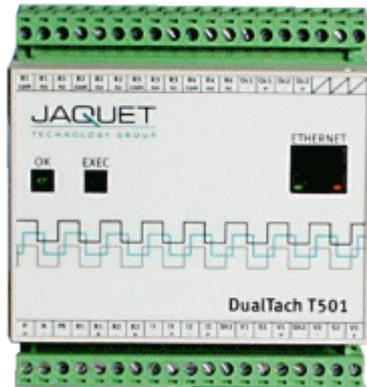


Figure: IV. 8 Protection survitesse

#### **Valeur de réglage turbine de puissance**

- ❖ Seuil déclenchement 4320 tr/min
- ❖ Seuil de reset relie 4120 tr/min

#### **Seuil déclenchement générateur gaz**

- ❖ Seuil déclenchement 10260 tr/min
- ❖ Seuil de reset relie 10060 tr/min

#### IV.4.2 Dispositif de protection transformateur principal :

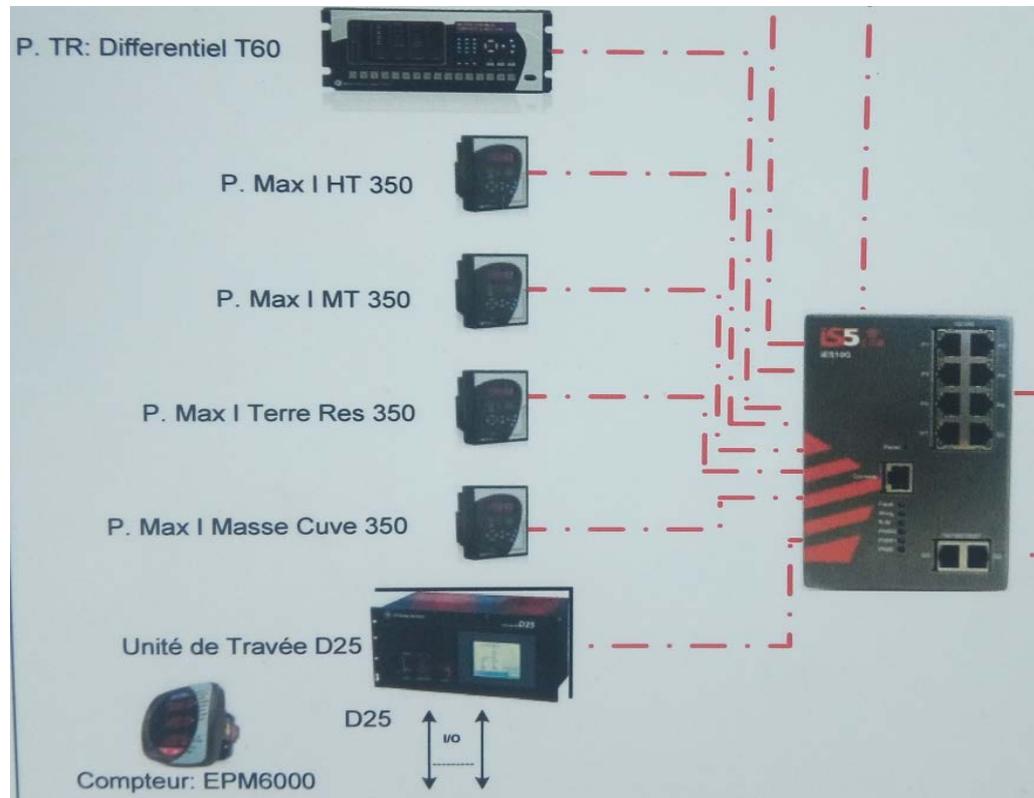


Figure: IV. 9 Les protections de transformateur [8]

##### IV.4.2 .1 Protection de maximum courant

Cette protection protège Le transformateur contre les surcharges inadmissibles son réglage tient compte du courant de surcharge maximal (défini par des courant de surcharge maximal des transformateurs). Et voila le Réglages des protections externes du transfo :

1. Protection MAXI HT 60KV :

RTC : 400-800 /1A couplé sur 800 /1A

1<sup>er</sup> seuil :  $I_{max}=0.36*CT$

T=2sec

2éme seuil :  $I_{max}=1.37*CT$

T=0sec

2. Protection MAXI MT 11.5KV :

RTC : 1000-2000 /1A couple sur 2000/1A

$$I_{max} = 0.78 \cdot CT$$

$$T = 2 \text{ Seconde}$$

3. Protection terre résistant non utilisé (désactiver).

#### IV.4.2 .2 protection différentielle (87T)

La protection différentielle se compose de trois parties qui peuvent être incorporées dans le même appareil ou être séparées :

- la détection, constituée d'un tore qui entoure tous les conducteurs actifs du circuit à protéger, lorsque la somme vectorielle des courants dans les conducteurs est nulle, aucun courant ne parcourt le circuit secondaire du tore, si une différence se produit, par exemple en cas d'un défaut à la terre en aval, un courant va être induit dans le circuit secondaire.
- la mesure du courant détecté par le tore, lorsque ce courant atteint une valeur prédéterminée, il envoie un signal. Ce dispositif peut comporter un amplificateur et nécessiter une source d'alimentation auxiliaire, indépendante ou prise sur le réseau d'alimentation. il peut être électronique ;
- le dispositif qui, recevant le signal provenant de la mesure, provoque la coupure de l'alimentation, la coupure est généralement électromécanique (disjoncteur 52L). [24]

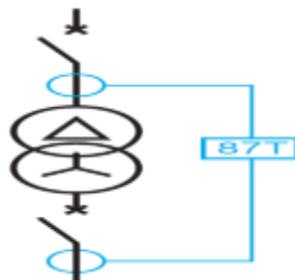


Figure: IV. 10 Protection différentiel de transformateur 87T

#### IV.4.2 .3 protection de masse cuve (51)

Cette protection à maximum de courant faiblement temporisée (51) installée sur la connexion de mise à la terre de la masse du transformateur (si son réglage est compatible avec le régime de neutre) constitue une solution simple et efficace contre les défauts

internes entre un enroulement et la masse ; elle nécessite d'isoler le transformateur par rapport à la terre. Cette protection est sélective : elle n'est sensible qu'aux défauts à la masse du transformateur des côtés primaire et secondaire, [35].

Protection masse cuve TSA

RTC : 100-200/1A couplé sur 200 /1A

$I_{max} = 0.3 \cdot CT$

T=0 Seconde

#### IV.4.2.4 Protection différentiel câble

La protection câble est assuré par le relai T60 qui protège les câbles entre l'alternateur, le transformateur principale et le transformateur auxiliaire contre les défauts d'isolement et court-circuit.

TC1 (alternateur) : 2000/1 V= 11500 V

TC2 (transformateur principale) : 600/1 V=60000 V

TC3 (transformateur auxiliaire) : 100/1 V= 11500 V

**Transformateur principale dy11 : le courant de transformateur décale 30° par à pour le courant de alternateur et transformateur auxiliaire.**

#### Reglage de protection

**Seuil :0.30 pu T= 0 Seconde**

Temps de réponse de la protection : T = 28.2 milliseconde

TC	PHASE	Valeur (pu)	déphasage	Tension(volt)
TC2	I1	0.92	150°	60000
TC2	I2	0.92	30°	60000
TC2	I3	0.92	270°	60000
TC1	I1	1.5	14°	11500
TC1	I2	1.5	-106°	11500
TC1	I3	1.5	134°	11500

Tableau: IV. 17 protection différentielle câble 1<sup>er</sup> teste

Temps de réponse de la protection : T = 28 milliseconde

TC	PHASE	Valeur (pu)	déphasage	Tension(volt)
TC2	I1	0.5	150°	60000
TC2	I2	0.5	30°	60000
TC2	I3	0.5	270°	60000
TC3	I1	0.502	0°	11500
TC3	I2	0.502	-120°	11500
TC3	I3	0.502	120°	11500

Tableau: IV. 18 protection différentielle câble 2<sup>ème</sup> teste

#### IV.4.2 .5 Protection par DGPT (Détecteur Gaz, Pression et Température)

Est un dispositif de protection utilisé pour les transformateurs isolements liquides, ce dispositif détecte les anomalies au sein du diélectrique liquide telles qu'émission de gaz, élévation de pression ou de température, et provoque la mise hors tension du transformateur.

Il est principalement destiné à la protection des transformateurs immergés étanches à remplissage total. Pour un défaut grave, le dégagement gazeux est recueilli en un point haut au relais, une accumulation trop importante provoque une alarme

#### IV.4.2 .6 Relais Buchholz : [24]

C'est un dispositif destiné à protéger les transformateurs de puissance à huile contre les défauts internes, son principe n'est pas basé sur une mesure électrique, mais sur un critère mécanique: lors d'un amorçage interne, ou d'un échauffement anormal, il se produit un dégagement de gaz.

Si ce dégagement est faible, un flotteur s'abaisse progressivement et fait fonctionner un relais d'alarme.

Si le dégagement est plus violent, il provoque un mouvement d'huile qui fait basculer une palette et provoque le déclenchement du disjoncteur, cette protection sera à deux niveaux pour le transformateur, le premier donnera un signal d'alarme, le second un signal de déclenchement, les arcs qui prennent naissance à l'intérieur de la cuve d'un

transformateur décomposent une certaine quantité d'huile et provoque un dégagement gazeux dont le volume est supérieur à celui de l'huile décomposée.

Le relais Buchholz est utilisé pour détecter

- L'accumulation de gaz en cas de défaut interne
- Un niveau d'huile bas
- Un mouvement brusque de l'huile due à un défaut grave dans le transformateur

Le relais Buchholz est composé d'un sous ensemble boîtier, d'un boîtier de raccordement, de deux flotteurs, d'une chicane, de deux aimants permanents et des tubes commutateurs magnétiques.

Le relais Buchholz est installé dans la tuyauterie entre la cuve du transformateur et le conservateur.



Figure: IV. 11 Relais Buchholz [8]

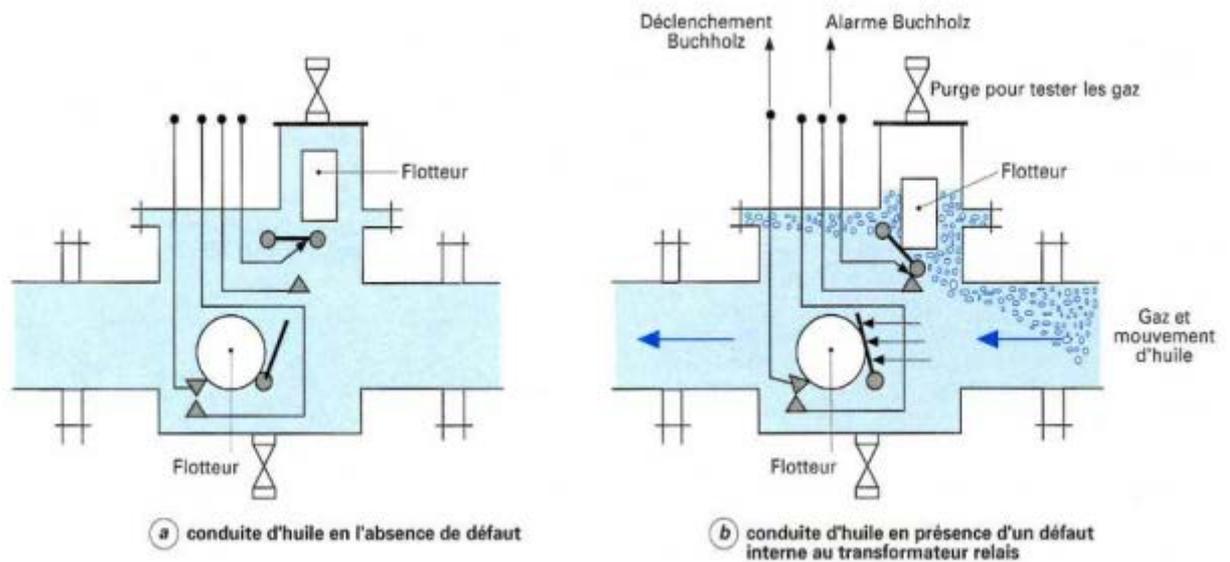


Figure: IV. 12 Fonctionnement de relais Buchholz [8]

#### IV.4.2 .7 Soupape de surpression

S'il se produit un défaut grave à l'intérieur du transformateur, l'énergie de l'arc est de Proportions colossales et atteint son pic quasi instantanément.

La dissipation de cette grande énergie génère des gaz donnant lieu à des pressions élevées à l'intérieur de la cuve du transformateur puisque l'huile à l'intérieur est incompressible.

Omettre de relâcher cette pression pourrait provoquer la rupture de la cuve, le déversement et de pulvérisation d'huile chaude et brûlante sur une grande surface, y compris sur du personnel et / ou sur des équipements au voisinage du transformateur.

Une pression rapidement générée nécessite un dispositif à action rapide pour faire baisser la pression et après le relâchement, qui se referme automatiquement afin de minimiser les pertes d'huile.



Figure: IV. 13 Soupape de surpression [8]

#### IV.4.3 Dispositif de protection group Diesel Secoure (DS)

**Transformateurs de mesure**

**Données nominales**

**Transformateurs de mesure**

**TP côté générateur**

Tension primaire du TP générateur (V)  
480

Tension secondaire du TP Générateur (V)  
480

**TP côté réseau**

Tension primaire du TP réseau (V)  
480

Tension secondaire du TP réseau (V)  
480

**TC côté générateur**

Type d'entrée de la mesure du courant  
5A CTs

Courant primaire du TC générateur (A)  
500

Facteur d'échelle de la ligne CT basse du générateur  
1,000

Figure IV.12 les rapports de mesure des TT et TS sur DS

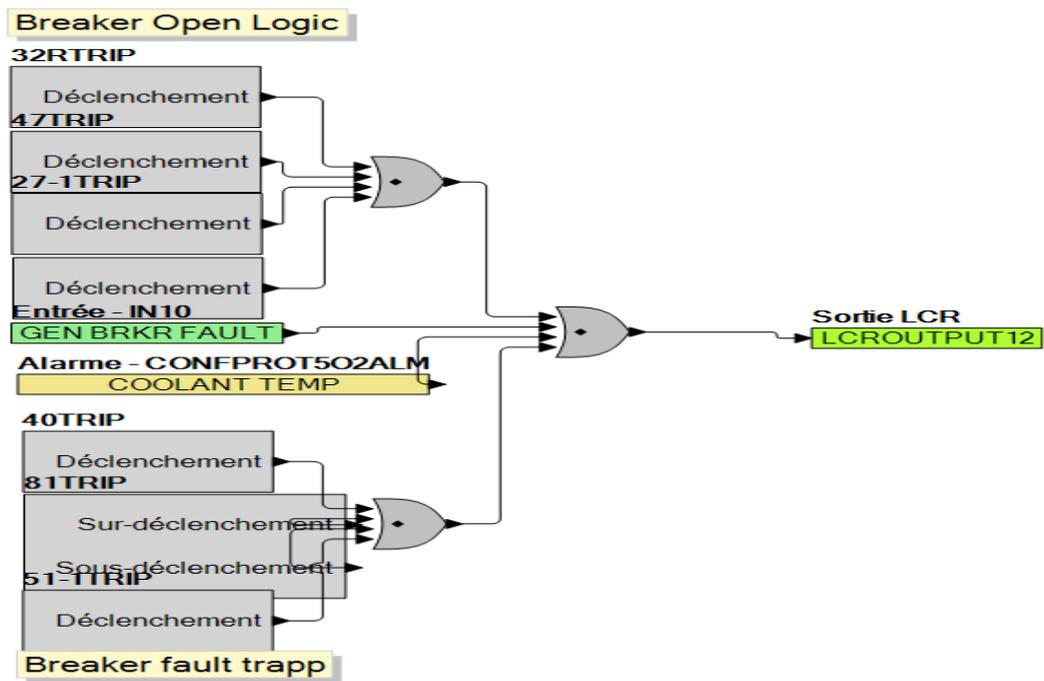


Figure: IV. 14 la logique d'ouverture de disjoncteur

#### IV.4.3.1 Protection Puissance directionnelle 32 de DS

La fonction de puissance pour la surveillance de retour d'énergies à la fin d'empêche au générateur de travailler comme moteur synchrone.

Retour de puissance	
32R Element	
<b>Triphasé</b>	<b>monophasé</b>
Détection (%)	Détection (%)
<input type="text" value="-5,0"/>	<input type="text" value="-5,0"/>
Hystérésis (%)	Hystérésis (%)
<input type="text" value="1,0"/>	<input type="text" value="1,0"/>
Délai d'activation (s)	Délai d'activation (s)
<input type="text" value="1,0"/>	<input type="text" value="1,0"/>
Configuration d'alarme	Configuration d'alarme
<input type="text" value="Pré-alarme"/>	<input type="text" value="Aucun"/>

Figure: IV. 15 Protection puissance directionnel 32 de DS

#### IV.4.3.2 protection Sous-tension de phase 27 de DS

La fonction de sous-tension de phase (27) peut être utilisée pour détecter une condition de phase causant une sous tension à long ou à court terme, il s'agit d'une véritable fonction triphasée puisque chaque phase a un élément de temporisation indépendant.

**Sous-tension**  
27-1 Element  
Facteur d'échelle de la ligne basse: 1,000

Triphasé	monophasé
Détection (V L-L): 360 V	Détection (V L-L): 360 V
0,900 Per Unit	0,900 Per Unit
Hystérésis (V): 2	Hystérésis (V): 2
Délai d'activation (s): 3,0	Délai d'activation (s): 3,0
Fréquence d'inhibition: 50 Hz	Fréquence d'inhibition: 50 Hz
1,0000 Per Unit	1,0000 Per Unit
Configuration d'alarme: Pré-alarme	Configuration d'alarme: Aucun

Figure: IV. 16 Protection Sous-tension de phase 27 de DS 1er seuil

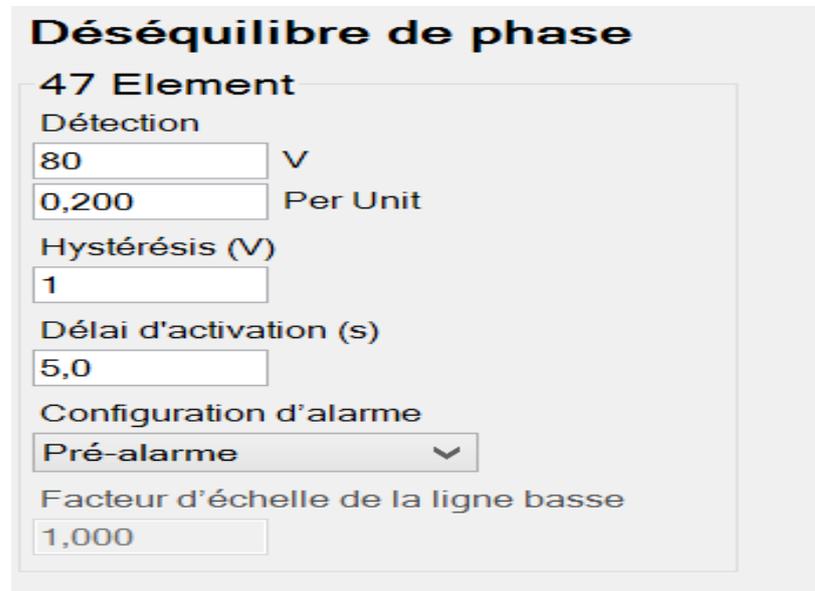
**Sous-tension**  
27-2 Element  
Facteur d'échelle de la ligne basse: 1,000

Triphasé	monophasé
Détection (V L-L): 320 V	Détection (V L-L): 320 V
0,800 Per Unit	0,800 Per Unit
Hystérésis (V): 2	Hystérésis (V): 2
Délai d'activation (s): 3,0	Délai d'activation (s): 3,0
Fréquence d'inhibition: 50 Hz	Fréquence d'inhibition: 50 Hz
1,0000 Per Unit	1,0000 Per Unit
Configuration d'alarme: Alarme	Configuration d'alarme: Aucun

Figure: IV. 17 Protection Sous-tension de phase 27 de DS 2eme seuil

#### IV.4.3.3 Protection Maximum de tension inverse 47 de DS

Protection de tension inverse et détection du sens de rotation inverse de machine tournante



**Déséquilibre de phase**

**47 Element**

Détection

80 V

0,200 Per Unit

Hystérésis (V)

1

Délai d'activation (s)

5,0

Configuration d'alarme

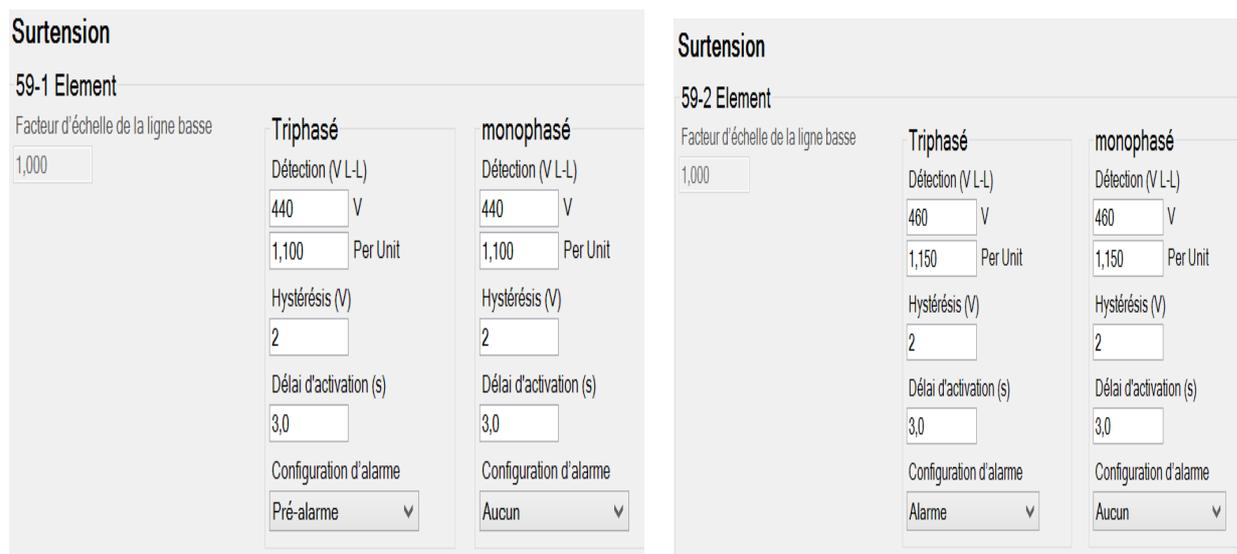
Pré-alarme

Facteur d'échelle de la ligne basse

1,000

Figure: IV. 18 Protection Maximum de tension inverse 47

#### IV.4.3.4 Protection Surtension 59 de DS



**Surtension**

**59-1 Element**

Facteur d'échelle de la ligne basse

1,000

Triphasé	monophasé
Détection (V L-L)	Détection (V L-L)
440 V	440 V
1,100 Per Unit	1,100 Per Unit
Hystérésis (V)	Hystérésis (V)
2	2
Délai d'activation (s)	Délai d'activation (s)
3,0	3,0
Configuration d'alarme	Configuration d'alarme
Pré-alarme	Aucun

**Surtension**

**59-2 Element**

Facteur d'échelle de la ligne basse

1,000

Triphasé	monophasé
Détection (V L-L)	Détection (V L-L)
460 V	460 V
1,150 Per Unit	1,150 Per Unit
Hystérésis (V)	Hystérésis (V)
2	2
Délai d'activation (s)	Délai d'activation (s)
3,0	3,0
Configuration d'alarme	Configuration d'alarme
Alarme	Aucun

Figure: IV. 19 Protection surtension 59 1er seuil et 2eme seuil de DS

#### IV.4.3.5 Protection fréquence 81 de DS

**Fréquence**

81 Element

Facteur d'échelle de la fréquence alterné  
1,000

81U	81O
Détection 48,0 Hz 0,9600 Per Unit	Détection 52,0 Hz 1,0400 Per Unit
Hystérésis (Hz) 0,5	Hystérésis (Hz) 0,5
Délai d'activation (s) 3,0	Délai d'activation (s) 3,0
Tension d'inhibition 70 V 0,175 Per Unit	Configuration d'alarme Pré-alarme
Configuration d'alarme Pré-alarme	

Figure: IV. 20 protection max /min fréquence 81 de DS

#### IV.4.3.6 Protection surintensité 51 de DS

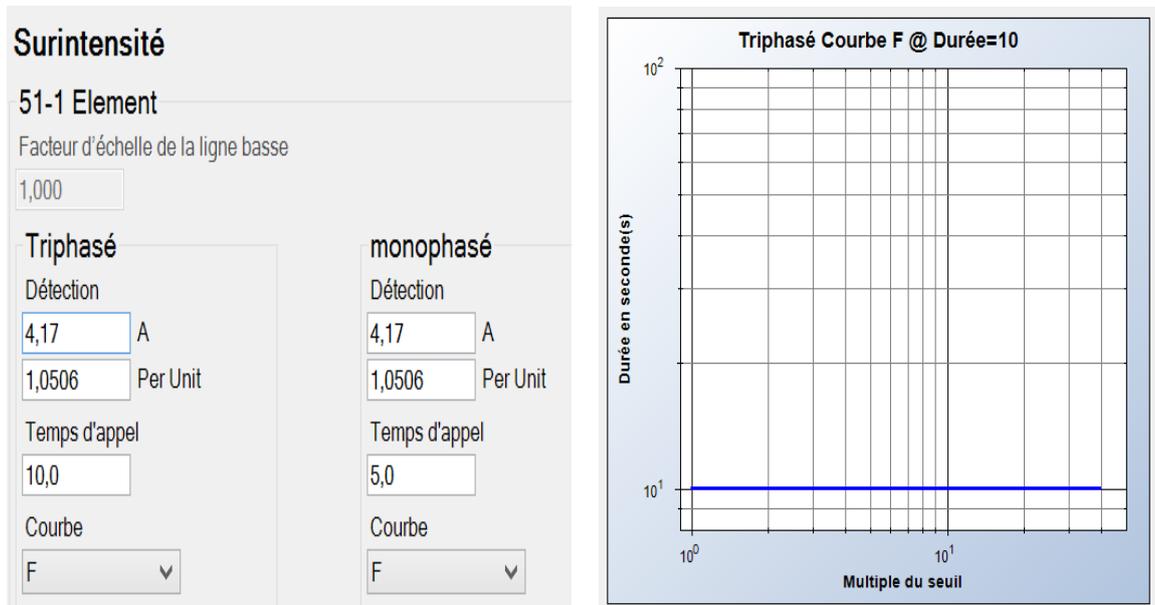


Figure: IV. 21 Protection surintensité 51 de DS

### I. IV.4.3.7 Protection perte d'excitation 40 de DS

Perte d'excitation	
40Q Element	
<b>Triphasé</b>	<b>monophasé</b>
Détection (%)	Détection (%)
<input type="text" value="-25,0"/>	<input type="text" value="-15,0"/>
Hystérésis (%)	Hystérésis (%)
<input type="text" value="1,0"/>	<input type="text" value="1,0"/>
Délai d'activation (s)	Délai d'activation (s)
<input type="text" value="5,0"/>	<input type="text" value="5,0"/>
Configuration d'alarme	Configuration d'alarme
<input type="text" value="Pré-alarme"/>	<input type="text" value="Aucun"/>

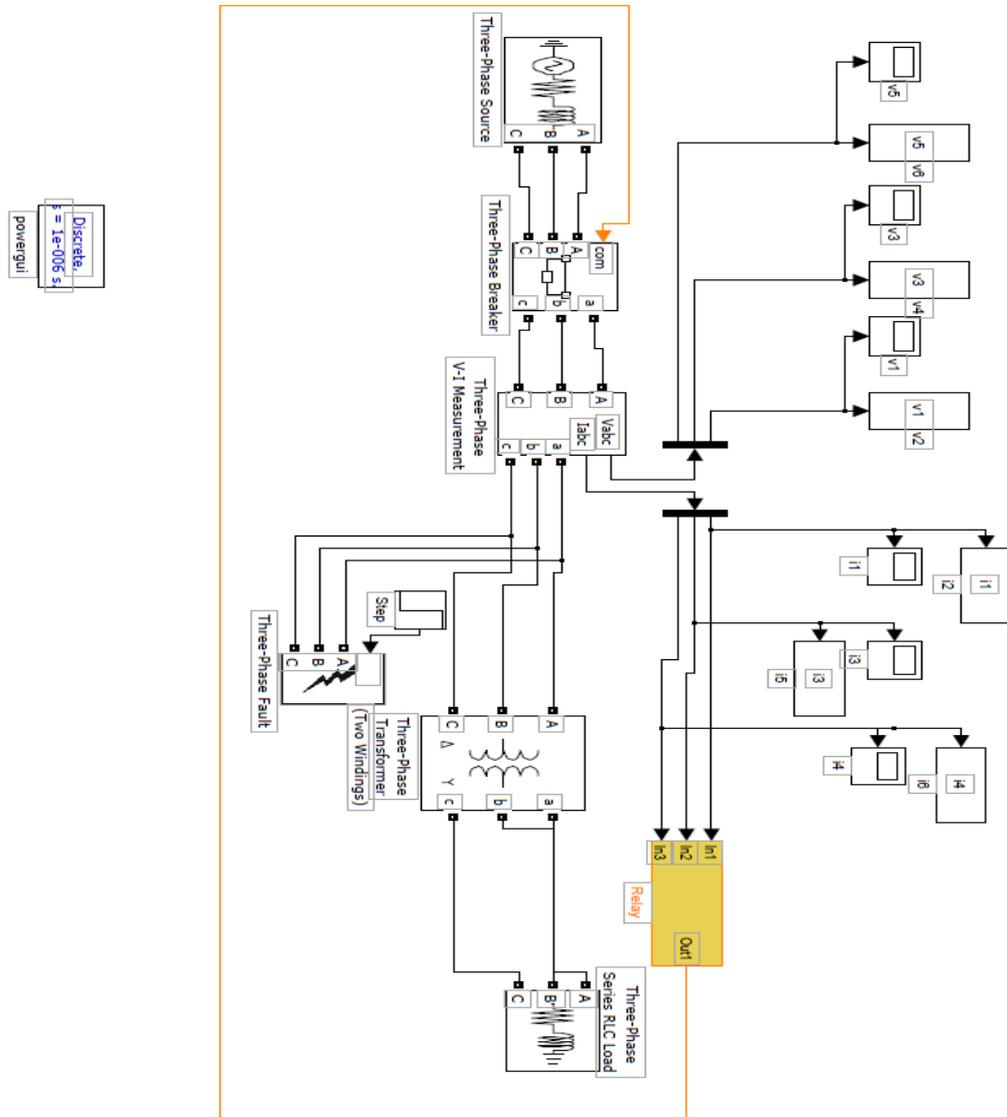
Figure: IV. 22 Protection perte d'excitation 40 de DS

## IV . 5 Simulation et modélisation de protection maximum courant

### IV.5.1 Introduction

L'implémentation traite du modèle créé dans MATLAB à l'aide de Sim Power Systems® Tool, l'interface graphique. À travers cette avancée, le modèle de simulation de données permet d'analyser facilement les défaillances de tout réseau d'alimentation.

le système est simulé constituée de :



Discrete  
 $s = 1e-006$  s  
 powergui

Figure IV.23 schéma de simulation du maximum courant sous MATLAB source triphasé ( alternateur ) - Transformateur - disjoncteur - une charge - relai de protection - simulateur défaut

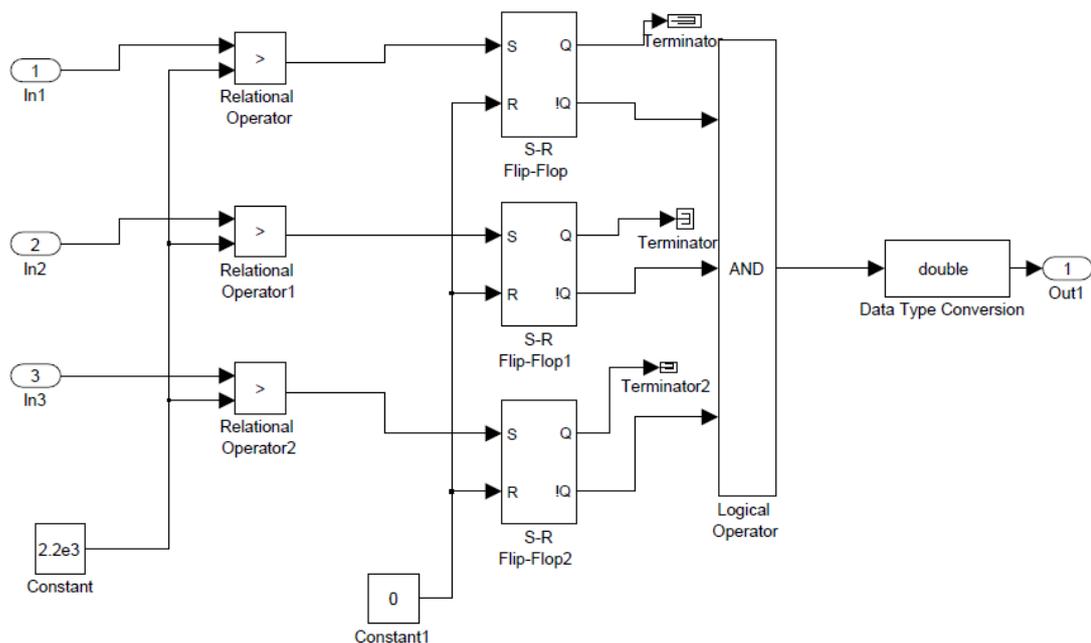


Figure IV. 24 Le relai de protection

#### IV.5.2 Procédure sur le développement du modèle de circuit

- 1) Exécuter le fichier de modèle
- 2) Définir le rapport TC 2000 A/1 A et TT 11.5 KV/ 115 V
- 3) Définir non. d'échantillons, phases, temps d'échantillonnage (fréquence)
- 4) Définir les durées de fonctionnement des pannes et des disjoncteurs
- 5) Définir la tension du système
- 6) L'enregistrement les données de courant et de tension des trois phases
- 7) Vérifier les valeurs maximum et minimum du courant et de la tension dans chaque phase et si  $\text{abs}(\text{min}) > \text{max}$ ,  $\text{abs}(\text{min}) = \text{max}$
- 8) Normaliser la valeur maximum de courant et de tension
- 9) Séparez les données de courant et de tension relatives à la phase en différentes commandes
- 10) Initialiser le tampon pour calculer le temps de parcours
- 11) Exécuter le test et obtenir l'état et la durée du trajet du relais

12) Sauvegarder les parcelles générées

13) fin

### **IV.5.3 Résultats de la simulation**

Dans ce cas particulier, le modèle de système de production est exécuté pour une défaillance triphasée à la terre. La simulation est faite pendant 1 seconde, donc que les formes d'onde peuvent être vues plus clairement. La fréquence d'échantillonnage est supposée être de 10 kHz. La tension du système est prise à 11.5 kV

et la charge 60 KV / 22 MW/2 MVAR qui alimente par le transformateur principale (11.5/60) kv ,30 MVA .et alternateur 11.5 KV 30MVA 50HZ La défaillance commence à 0,1 seconde , comme indiqué dans

Figure . Ces paramètres ont également été maintenus constants pour d'autres cas de test avec différentes valeurs de charge (variation de courant de consommation )

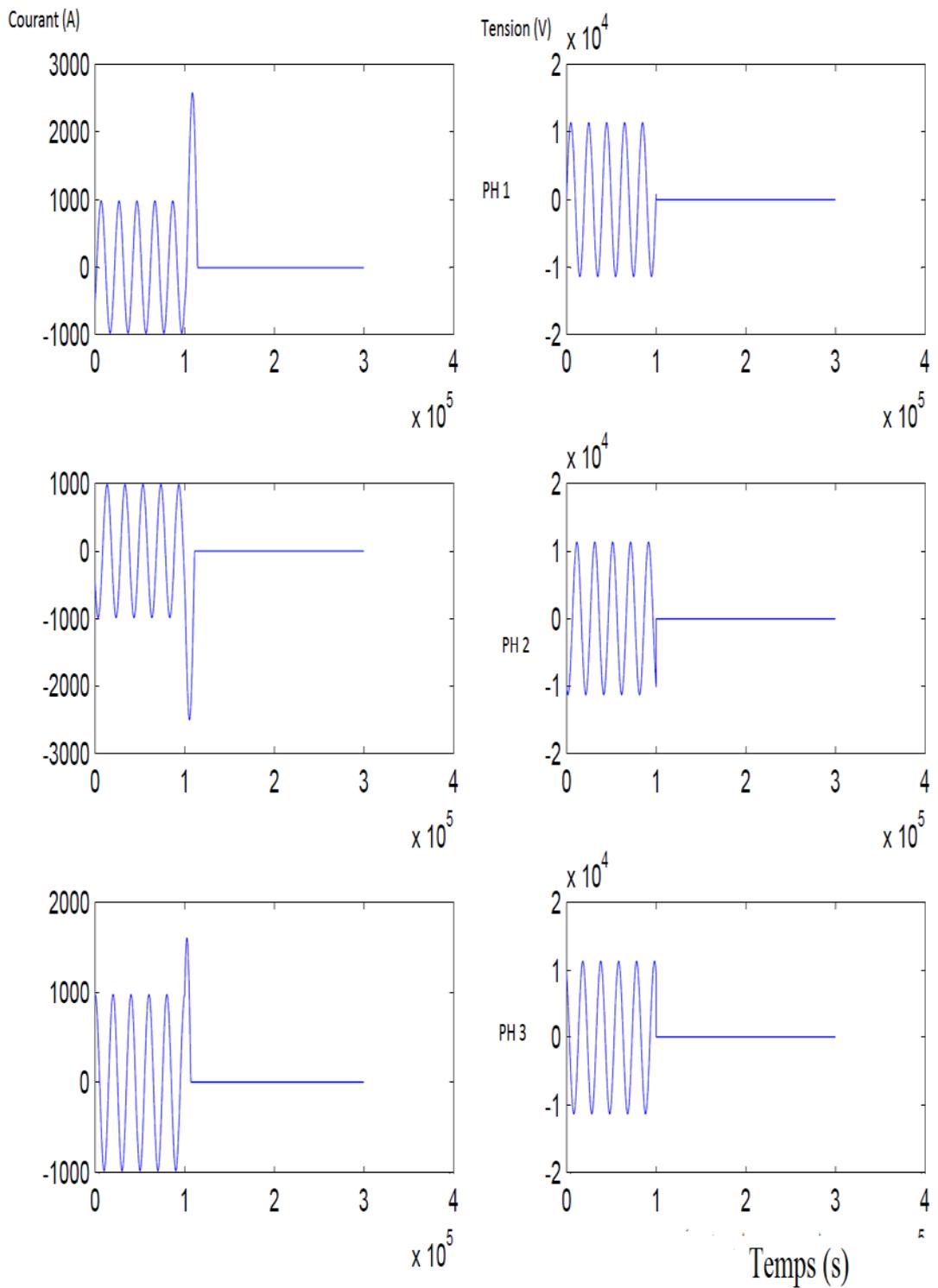


Figure IV.25 les résultats de simulation signale de courant et de tension

La figure , indique le courant formes d'onde pour les spécifications données. Lors de l'injection de ces signaux au relais, il a été constaté que le relais se déclenche après 20,81 ms.

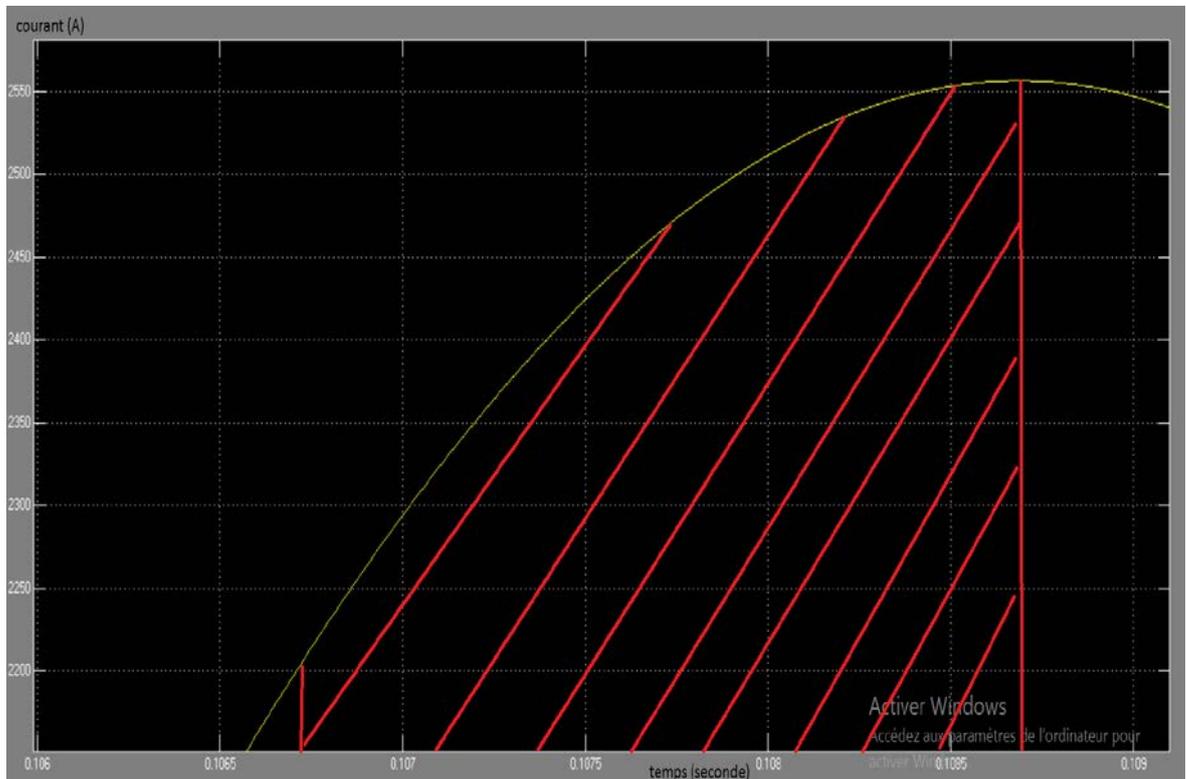


Figure IV.26 le temps de réponse de cette protection

#### IV.5.4 Conclusion de simulation

La simulation et l'analyse du défaut triphasé pour obtenir les résultats du paramètre de maximum courant de l'alternateur est pratique en utilisant logiciel MATLAB. Dans cet article, une simulation du système d'analyse de défauts des câbles de transmission triphasé est proposée.

Cette simulation a confirmé que l'Alternateur a été protégé contre les défauts de court-circuit et surintensité instantanément à toutes les cas par le relais de protection (maximum courant) si le disjoncteur 52G ferme

## **IV .6 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné des généralités sur les propriétés des protections électriques et le principe de fonctionnement de ces protections. Nous avons réalisé les tests fonctionnels des appareils de mesure qui sont nécessaires sur le lieu d'exploitation de la centrale électrique TG mobile avec la valise d'injection. Nous avons donné le réglage de chaque protection relatif à la valeur nominale et au seuil de déclenchement, avec le temps de réponse de fonctionnement de cette protection. et nous avons terminé ce chapitre par une simulation de la protection maximum courant sur logiciel MATLAB

## Conclusion Générale

---

# Conclusion Générale

---

## Conclusion générale

Notre travail est une étude par laquelle non seulement nous voulons montrer le fonctionnement des éléments constituant une centrale de production électrique (TG mobile) et leurs dispositifs de protection. En effet sur le plan de

l'organisation de notre recherche, on a subdivisé cette dernière en quatre chapitres principaux

pour traiter ses variables voire les généralités sur le réseau électrique, la

description et fonctionnement de la centrale TG mobile Ahmeur El ain , les équipements de mesure et de protection et l'étude des dispositifs de protection

dans la centrale de production

Dans le premier chapitre nous avons commencé par un aperçu sur les généralités du réseau électrique de , ce qui nous a conduits vers la notion du système électrique et de multiples composantes où on a détaillé sur les différents moyens de production

d'électricité ( les types centrales) comme on a traité aussi les structures et la topologie des

réseaux électriques e

Dans le second chapitre on a collecté assez d'informations sur le fonctionnement du groupe (moteur) turbine LM 2500, le générateur brushless et le transformateur de puissance utilisés

dans la centrale, et leurs caractéristiques techniques et électriques de chacun, et nous avons donné une vue sur la description et l'architecture de centrale de production électrique (TG mobile ) a ahmeur ain

Concernant le troisième chapitre,. Nous avons vu les différents types de dispositifs de protections (des relais, des disjoncteurs, ... etc.) qui interviennent pour assurer une protection efficace contre tous types de défauts qui peuvent causer des dégâts importants dans la centrale.

## **Conclusion Générale**

---

Dans le quatrième chapitre, nous avons présenté une étude des dispositifs de protections contre les défauts dans la turbine, l'alternateur, le transformateur, les câbles HT et le groupe électrogène (diesel secours). Le principe de fonctionnement de chaque protection et la méthode de réglage des paramètres sont expliqués. Nous avons aussi montré des exemples de réglages des valeurs de courant, tensions, fréquences, temporisations ainsi que des logiques de déclenchement et des sorties de chaque fonction et les résultats de tests de ces protections.

# Bibliographie

---

## Bibliographie

---

### Bibliographie

- [1] : [http://fr.scribd.com/doc/211034424/4597291-Generalites-Sur-Les-Reseaux Electriques](http://fr.scribd.com/doc/211034424/4597291-Generalites-Sur-Les-Reseaux-Electriques) »
- [2] : Christophe Privé, « Protection des réseaux électriques », Hermes, Paris, Juin 1998.
- [3] : Document technique de Schneider «Protection des réseaux électrique ».
- [4] : J.C.Sabonnadière, N.Hadjsaid, « Lignes et réseaux électriques 2 », J.C.Sabonnadière, Hermes science, Paris, 2007.
- [5] : cahiers technique 2 de Schneider, Pierre Bertrand, « les protections directionnelles »,
- [6] : <http://www.directindustry.fr/produit-fabricant/relais-protection-ge-75121-439.html>
- [7] :L.G.Hewitson, Mark Brown, Ramesh Balakrishnan GUIDE DE LA PROTECTION DES Equipements électriques Dunod, paris ,2007.
- [8]: fournisseur best <https://www.europages.fr/BEST-AS/00000003983569-251348001.html>
- [9] Luc. Lasne, « électrotechnique et énergie électrique », Duond, paris, 2008,2013
- [10] Mr Bensalem Ahmed, « Analyse et Gestion de la production des centrales électriques liées aux réseau électrique de grand taille ».Thèse de doctorat d'état, Université de El-Hadj Lakhdar, Batna, 28 juin 2007.
- [11] <http://www.climamaison.com/energie-thermique.php>
- [12] Electrotechnique, Théodor Wildi, 3me édition, 2000.
- [13] Bendali Salhi « identification du désaccordage et des couplages aéroélastiques dans les roues de turbines » thèse de doctorat, université de Franche-Comté, 28 mars 2008.
- [14] M. Angel Cid Pastor « Conception et Réalisation de Module Photovoltaïques Electroniques». Thèse de doctorat en Conception des Circuits Microélectroniques et Microsystèmes, Institut National des Sciences Appliquées, Toulouse, 29 septembre 2006.
- [15] Nichiporuk Oleksiy « Simulation, fabrication et analyse de cellules photovoltaïques à contacts arrières interdigtés » Thèse de doctorat en génie électrique, L'institut national des sciences appliquées, Lyon, 03 mai 2005.

## Bibliographie

---

- [16] Anne Labouret. Michel Villos, « Energie Solaire Photovoltaïque », 2ème édition, DUNOD
- [17] Haritza Camblong « Minimisation De L'impact Des Perturbation D'origine Eolienne Dans La Génération D'électricité Par Des Aérogénérateurs A Vitesse Variable », Ecole Nationale Supérieur d'Art et Métier, Centre de Bordeaux, 2003
- [18] Mohamed E. El-Hawary, « Electrical Energy Systems », Dalhousie University, 2000
- [19] Guillaume RAMI « contrôle de tension auto adaptatif pour des productions décentralisées d'énergies connectées au réseau électrique de distribution» Thèse de doctorat INPG, 2006
- [20] M. LAMI, « Protection et Surveillance des Réseaux de Transport d'Énergie Électrique », Volume 2, Electricité de France (EDF), février 2003.
- [21] Malden Kezunovic, « Fundamentals of power system protection », Academic Press, 2005.
- [22] S.G. Aquiles Perez, « Modeling of Relays for power Systems Protection Studies », PHD Thesis, department of Electrical Engineering, University of Saskatchewan, Canada, 2006.
- [23] Schneider Electric SA - 01/1996, « guide de la protection »
- [24] technique d'ingénieur D4805 «Électricité de France Production Transport Système Électrique et Production Régionale » 2011.
- [25] M. Mehddeb, « Philosophie de Réglage des Protections », Document technique de Gestionnaire Régionale de Transport Electricité GRTE de Sétif, Département Essais et Contrôle, Groupe SONELGAZ, mais 2006.
- [26] GRP Relais et configuration détails de Kadana HEP Unité NO. 04/03 Détail de relais.
- [27] ABB Italy S.p.A, Division High Voltage Product
- [28] Powell electrical manufacturing company 8550 Mosley drive. Houston, Texas 77075 USA.
- [29] « Network Protection et Automation Guide », Areva T et D Ltd, 2002.

## Bibliographie

---

[30] Vincent Courtecuisse, Supervision d'une centrale multi sources à base d'éoliennes et destockage d'énergie connectée au réseau électrique, Sciences de l'ingénieur [physics], Arts Métiers Paris Tech, 2008. Français. <NNT : 2008ENAM0027>. <pastel-00004513>



## Annex

Code	fonction de protection
<b>27</b>	Sous-tension de phase
<b>27TN</b>	Sous-tension de troisième harmonique, neutre
<b>32</b>	Puissance directionnelle
<b>40</b>	Perte de champ (décalage de double zone- caractéristique mho)
<b>46</b>	Surintensité de séquence négative
<b>49</b>	Protection de surcharge du stator (surintensité de séquence positive)
<b>50</b>	Surintensité de phase instantanée
<b>50BF</b>	Défaillance du disjoncteur
<b>50DT</b>	Surintensité du temps défini
<b>50N</b>	Surintensité neutre instantanée
<b>50/27</b>	Mise sous tension intempestive
<b>51N</b>	Surintensité neutre de temps inverse
<b>51V</b>	Surtension de phase de temps inverse avec contrôle ou limitation de tension
<b>59</b>	Surtension de phase
<b>59D</b>	Différentiel de tension du troisième harmonique
<b>59N</b>	Surtension neutre
<b>59X</b>	Surtension polyvalente
<b>60FL</b>	Détection de perte de fusible VT
<b>67N</b>	Surintensité directionnelle résiduelle
<b>78</b>	Décalage (caractéristiques mho)

<b>81A</b>	Accumulation de fréquence
<b>81R</b>	Taux de changement de fréquence
<b>87</b>	Courant différentiel de phase
<b>87GD</b>	Différentiel (séquence zéro) de mise à terre
<b>IPS</b>	IPSlogic
<b>BM</b>	Surveillance du disjoncteur
<b>TC</b>	Surveillance du circuit de déclenchement
<b>64F/64B</b>	Protection en masse de terrain/détection de soulèvement de brosse
<b>64S</b>	Protection de mise à terre du stator par injection