



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l' Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued

Faculté de Technologie

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologie

Filière :Electrotechnique Spécialité :Réseaux Electrique

Thème

**Développement et évaluation de techniques de protection avancées
pour les réseaux électriques haute tension**

Présentée par :

- ✓ **Oussama Laib**
- ✓ **Fares Mida**
- ✓ **Nasr Eldeen Abd Elawy**

Encadreur :

Pr: LABBI YACINE

Année Universitaire:2022/2023

Remerciment

Nous remercions amplement tous qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail, en citant en premier lien :

L'encadreur: Professeur Mr LABBI YACINE

Et aussi :

Tous les professeurs de notre promo.

Mr MAAMRI OUSSAMA: docteur au l'université d'el oued.

Et mes amis qui m 'ont aidé réaliser cette thèse

Reusmé

Résumé Cette thèse se concentre sur l'étude des systèmes électriques, en mettant l'accent sur les relais numériques et la simulation avec MATLAB pour améliorer la qualité de service, les performances et la sécurité. Elle explore les réseaux de transport et de distribution, soulignant l'importance des mesures de protection. Les relais numériques sont examinés en détail, montrant leur rôle dans l'amélioration de la fiabilité de la protection électrique. La simulation avec MATLAB est utilisée pour évaluer et optimiser les performances des systèmes électriques. Cette thèse met en évidence l'importance des relais numériques et de la simulation pour renforcer la fiabilité, la sécurité et la qualité de service des réseaux électriques modernes.

Mots-clés: systèmes électriques, protection, relais numériques, simulation, MATLAB, qualité de service, fiabilité, sécurité.

Summary

This thesis focuses on the study of electrical systems, with an emphasis on digital relays and simulation using MATLAB to improve service quality, performance, and safety. It explores transmission and distribution networks, highlighting the importance of protective measures. Digital relays are examined in detail, demonstrating their role in enhancing the reliability of electrical protection. Simulation with MATLAB is utilized to evaluate and optimize the performance of electrical systems. This thesis highlights the significance of digital relays and simulation in strengthening the reliability, safety, and service quality of modern electrical networks.

Keywords: electrical systems, protection, digital relays, simulation, MATLAB, service quality, reliability, safety

الملخص:

ملخص هذه المذكرة تركز على دراسة أنظمة الكهرباء، مع التركيز على الريليهات الرقمية والمحاكاة باستخدام برنامج MATLAB لتحسين جودة الخدمة والأداء والسلامة. تستكشف المذكرة شبكات النقل والتوزيع، وتبرز أهمية التدابير الوقائية. يتم فحص الريليهات الرقمية بالتفصيل، مما يظهر دورها في تحسين موثوقية الحماية الكهربائية. يتم استخدام المحاكاة باستخدام MATLAB لتقييم وتحسين أداء أنظمة الكهرباء.

تسلط هذه المذكرة الضوء على أهمية الريليهات الرقمية والمحاكاة في تعزيز موثوقية وسلامة وجودة الخدمة في شبكات الكهرباء الحديثة.

الكلمات الرئيسية: أنظمة كهربائية، حماية، ري

sommaire

Remercement	I
Reusmé.....	II
sommaire	IV
LISE DES FIGURES	VI
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I :

Généralités sur les Réseaux Electriques et Protections15

I.1. Introduction :	16
I.2. Généralités sur les réseaux électriques :	16
I.2.1. Les différents types de réseaux [2]	16
I.2.2. Structure générale d'un réseau électrique [3].....	18
I.2.3. Gamme des tensions utilisées par SONELGAS en Algérie [4]	18
I.2.4. Réseaux HTA aériens	18
I.2.5. Architecture des réseaux électriques [6].....	18
I.3. Système de protection.....	19
I.3.1. Définition.....	19
I.3.2. Rôle d'un système de protection [7]	19
I.3.3. Qualité d'un système de protection [7]	19
I.3.4. Constitution d'un système de protection [8]	20
I.3.5. Les différentes possibilités de mise à la terre d'une neutre HTA (côté transformateur HTA) [10]	20
I.4. Les appareils de protection [10].	21
I.4.1. Les parafoudres.....	21
I.4.3. Différents types de défauts [10].....	22
I.4.3.1. Courts-circuits	22
I.4.3.2. Surintensités[11].....	24
I.4.3.3. Surtensions[11].....	25
I.4.3.4. Déséquilibres [11].....	25
I.5. Conclusion :	25

CHAPITRE II15

Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

II.1. Introduction :	16
II.2. Les Relais de protection :	16
II.2.1. Définition :	16
II.2.2. Désignation d'un relais de protection :	16
II.2.3. Mode d'exploitation :	16

II.2.3.1. Relais électromécanique :.....	16
II.2.3.2. Relais électromagnétique :	17
II.2.3.3. Relais à balance :.....	17
II.2.3.4. Relais thermique :.....	17
II.2.3.5. Relais statique :	17
II.2.3.6. Relais numérique :.....	18
II.3. SEPAM S80	18
II.3.1. Définition du SEPAM S80 [4]	18
II.3.3. Présentation du SEPAM série 80 [2].....	19
II.3.3.1. Interface Homme-Machine [2].....	19
II.3.3.1.1. Interface Homme-Machine avancée.....	19
II.3.3.1.2. Interface Homme-Machine synoptique	20
II.3.4. Surveillance des Transformateurs de Potentiel (TP) et Transformateurs de Courant (TC) [3]	21
II.3.4.1. Surveillance des TP	21
II.3.4.2. Surveillance des Transformateurs de Courant (TC).....	21
II.3.5. Les protections assurées par le SEPAM 80 [1]	21
II.3.6. Raccordement du SEPAM S80 à l'outil de paramétrage [1]	22
II.4. Conclusion :.....	23

Chapitre 3

Simulation de la protection à max de courant

III.1. Introduction :.....	26
III.2. Simulation d'une protection à maximum de courant :	26
III.2.1. Schémas Simulink/Matlab :	26
III.2.2. Résultats de la simulation :	28
III.2.3. Application et analyse des performances du relais de protection contre les surtensions dans le système électrique"	31
III.3.Conclusion :	34
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	25
BIBLIOGRAPHIE	25

LISE DES FIGURES

La Figure I.1 présente un schéma simplifié d'un réseau électrique.	16
Figure I.2 : Structure générale d'un réseau électrique	17
Figure I.3: Les compagnies d'électricité divisent leurs réseaux en trois grandes catégories:...	19
Figure I.4: Constitution d'un système de protection	20
Figure I.5: Exemple d'un parafoudre	21
Figure I.6: Exemple d'un éclateur.....	22
Figure I.7: Schéma d'un défaut monophasé.....	23
Figure I.9: Schéma d'un défaut biphasé-terre	24
Figure I.10: Schéma d'un défaut triphasé	24
Figure II-1: Relais électromagnétique	17
Figure II-2: Principe du relais thermique	17
Figure II.3 : IHM avancée intégrée et déportée	20
Figure IV.2: IHM synoptique intégrée	20
Figure IV.3 : SEPAM série 80 et ses modules optionnels.....	22
Figure III.1 : Schéma de simulation complet d'un système de protection.....	27
Figure III.2: Schéma unifilaire du relais à maximum d'intensité (RMI(.....	27
Figure III.3 : Courant de la charge sans défaut.....	29
Figure III.4 : Tension de la charge sans défaut.....	29
Figure III.5 : Signal de commande du relais sans défaut.....	29
Figure III.6 : Pic de courant dans le défaut.....	30
Figure III.7 : Courant de la source.....	30
Figure III.8 : Tension de la source.....	30
Figure III.9 : Signal de commande du relais	31
Figure III.10. Schéma de simulation du système de protection à maximum de courant et du modèle de défaut de ligne	32
Figure III.12. forme l'amplitude RMS des tensions 11kV et 0.4kV	33
Figure III.13 : Signal de commande du relais	33

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale :

Les systèmes électriques sont des infrastructures essentielles pour répondre à la demande croissante en énergie électrique. Traditionnellement, les réseaux sont construits verticalement, avec une transmission d'énergie de haut en bas, de la production au transport et à la distribution. Ces réseaux nécessitent d'importants investissements en ressources humaines et matérielles. Ainsi, ils doivent répondre à trois exigences fondamentales : la stabilité, l'efficacité économique et avant tout, la continuité du service.

L'objectif principal de la protection des réseaux est de réduire le nombre et la durée des perturbations, ainsi que de rétablir le service normal le plus rapidement possible. Les dispositifs de protection électrique détectent les défauts d'isolement et commandent l'élimination des sections de réseau concernées. Les surintensités et les baisses de tension sont principalement causées par ces défauts d'isolement. Les plans de protection doivent continuellement s'adapter aux besoins d'amélioration, car ils jouent un rôle crucial dans la réduction du temps nécessaire pour éliminer les défauts. Ce temps est un facteur critique dans la planification de la protection, car il affecte les contraintes thermiques des équipements électriques. En cas de court-circuit, il est essentiel de garantir un fonctionnement sûr, en particulier pour les réseaux de transport et d'interconnexion, car un dysfonctionnement peut entraîner d'importants dommages économiques.

Les relais de protection sont des dispositifs qui surveillent en permanence différentes grandeurs électriques (courant, tension, fréquence, puissance, impédance, etc.) et comparent ces valeurs à des seuils prédéterminés. Lorsque ces seuils sont dépassés, les relais déclenchent l'ouverture d'un disjoncteur ou émettent une alarme. Les protections à maximum de courant, de distance et directionnelles sont parmi les plus couramment utilisées dans les réseaux électriques. Ce mémoire se concentre principalement sur la simulation d'une protection à faible impédance directionnelle en utilisant le logiciel SIMULINK de MATLAB. Le rapport est structuré comme suit :

Chapitre 1 : Généralités sur les Réseaux Électriques et les Protections

Ce chapitre offre une vue d'ensemble des réseaux électriques, en mettant l'accent sur leur structure et leur fonctionnement. Il aborde également les principes de base de la protection des réseaux électriques.

Chapitre 2 : Systèmes de Protection avec un accent sur les Relais et le SEPAM S80

Ce chapitre se concentre sur l'étude des systèmes de protection, en mettant l'accent sur les relais de protection et plus spécifiquement sur le relais SEPAM S80. Il explore en détail le

Introduction générale

fonctionnement, les caractéristiques et les fonctionnalités de ce relais largement utilisé dans les réseaux électriques.

Chapitre 3 : Simulation du Relais de Protection pour les Réseaux Électriques et Application sur un Réseau Radial

Ce chapitre se concentre sur la simulation du relais de protection à faible impédance directionnelle à l'aide du logiciel SIMULINK de MATLAB. Il explique en détail les étapes de modélisation et de simulation du relais, en prenant en compte les différentes variables électriques et les seuils prédéterminés. De plus, une application pratique de cette protection est réalisée sur un réseau radial afin de démontrer son efficacité et son impact sur la fiabilité du réseau électrique.

La conclusion résume les principaux résultats et conclusions de l'étude. Elle souligne l'importance de la protection des réseaux électriques pour assurer la continuité du service, réduire les perturbations et améliorer la fiabilité globale du système. De plus, elle met en évidence les avantages de l'utilisation d'une protection à faible impédance directionnelle, telle que simulée dans ce travail, pour renforcer la sécurité et les performances des réseaux électriques.

CHAPITRE I :

Généralités sur les

Réseaux Electriques

et Protections

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

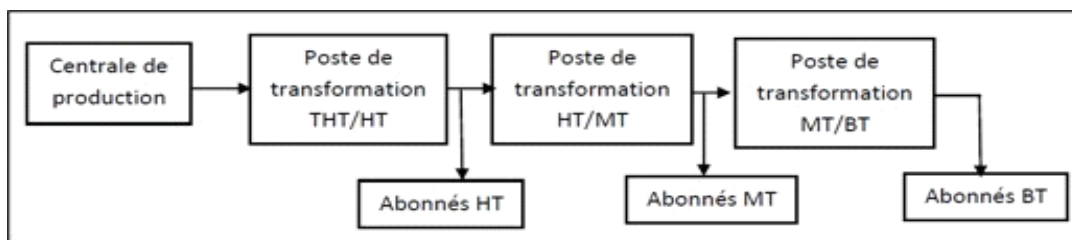
I.1. Introduction :

Le réseau électrique est défini comme l'ensemble des infrastructures permettant de transporter l'énergie des centres de production vers les consommateurs. Les différentes composantes des réseaux électriques peuvent être confrontées à divers incidents, généralement causés par l'apparition de défauts, qui nécessitent une protection adéquate.

Dans ce chapitre introductif, nous abordons les généralités sur les réseaux électriques et les protections. Nous commençons par définir le réseau électrique comme l'ensemble des infrastructures assurant le transport de l'énergie des centres de production vers les consommateurs. Ensuite, nous mettons en évidence les incidents qui peuvent survenir dans les différentes parties du réseau en raison de la présence de défauts. Enfin, nous soulignons l'importance de la mise en place de systèmes de protection pour faire face à ces situations.

I.2. Généralités sur les réseaux électriques :

Les réseaux électriques englobent tous les dispositifs impliqués dans la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'électricité, depuis les centrales de génération jusqu'aux clients les plus éloignés [1]. Leur principal objectif est de connecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques, etc., aux centres de consommation tels que les villes et les usines. L'énergie électrique est transportée à des niveaux de tension élevés, voire très élevés, afin de réduire les pertes Joule (qui sont proportionnelles au carré de l'intensité). Ensuite, elle est progressivement abaissée jusqu'à la tension utilisée par les utilisateurs finaux [1].



La Figure I.1 présente un schéma simplifié d'un réseau électrique [1].

I.2.1. Les différents types de réseaux [2]

Pour assurer la liaison entre les centrales de production d'électricité et les centrales de consommation, il est nécessaire de mettre en place des lignes aériennes et des canalisations souterraines. Ces lignes sont connectées à des nœuds appelés postes, qui sont des points cruciaux du réseau. Les postes sont généralement équipés de transformateurs avec des dispositifs de contrôle, de réglage et de protection. Les lignes qui relient les nœuds constituent les branches du réseau, pouvant être équipées d'antennes ou de mailles selon les cas. Les compagnies d'électricité classifient leurs réseaux en trois grandes catégories :

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

- Le réseau de transport et d'interconnexion.
- Le réseau de répartition.
- Le réseau de distribution.

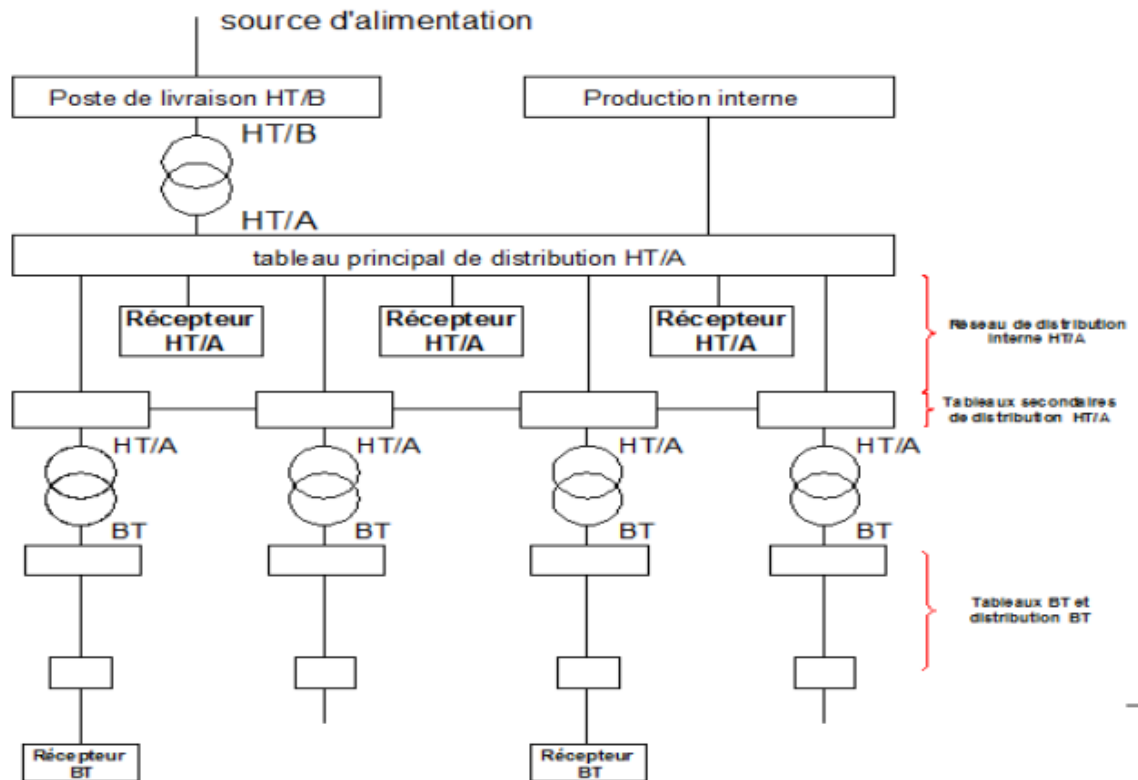


Figure I.2 : Structure générale d'un réseau électrique [3]

- **Réseau de transport et d'interconnexion**

Ce réseau est constitué de lignes à très haute tension et a une double mission :

La première mission est de collecter l'énergie fournie par les centres de production et de l'acheminer vers les zones de consommation (fonction transport).

La deuxième mission est d'assurer les échanges d'énergie entre différentes régions et même avec les pays voisins (fonction d'interconnexion).

- **Réseau de répartition**

Ce réseau, qui comprend des lignes à haute tension, joue le rôle d'intermédiaire entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Il doit être capable de transporter plusieurs dizaines de MW sur quelques dizaines de kilomètres.

- **Réseau de distribution**

Ce réseau comprend des lignes et des postes de transformations qui alimentent les clients. Il est composé de deux parties :

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

Les lignes moyenne tension alimentées par des postes HTB/HTA fournissent de l'énergie électrique soit directement aux gros consommateurs, soit aux différents postes HTA/BT.

Les lignes basse tension alimentent les usages en monophasé ou en triphasé.

I.2.2. Structure générale d'un réseau électrique [3]

La figure I.2 présente la structure générale d'un réseau électrique.

I.2.3. Gamme des tensions utilisées par SONEGAS en Algérie [4]

La nouvelle norme en vigueur en Algérie, établie par SONEGAS, définit les niveaux de tensions comme suit :

Tableau I.1 : Tableau des différentes tensions utilisées par SONEGAS

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale (en Volts)	
		Tension Alternative	Tension Continue
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension	BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension	HTA	$1000 < U_n \leq 50000$	$1500 < U_n \leq 75000$
	HTB	$U_n > 50000$	$U_n > 75000$

I.2.4. Réseaux HTA aériens

Les réseaux HTA aériens se caractérisent par une structure arborescente à deux niveaux de lignes : les lignes dorsales et les lignes de dérivation. Les lignes de dérivation peuvent être utilisées pour alimenter des charges isolées ou regrouper plusieurs postes HTA/BT sous un même interrupteur à commande manuelle. Des interrupteurs automatiques sont installés au niveau des dérivationes pour permettre l'isolation temporaire en cas de défaut. L'installation de ces interrupteurs dépend de l'importance et de la probabilité d'incidents sur les dérivationes. Les sous-dérivationes doivent être équipées d'interrupteurs manuels au point de raccordement à la dérivation.

I.2.5. Architecture des réseaux électriques [6]

L'architecture d'un réseau électrique est définie en fonction du niveau de tension, de la puissance demandée et de la sécurité requise. À partir de ces trois paramètres, on distingue trois types de structures pour un réseau électrique.

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

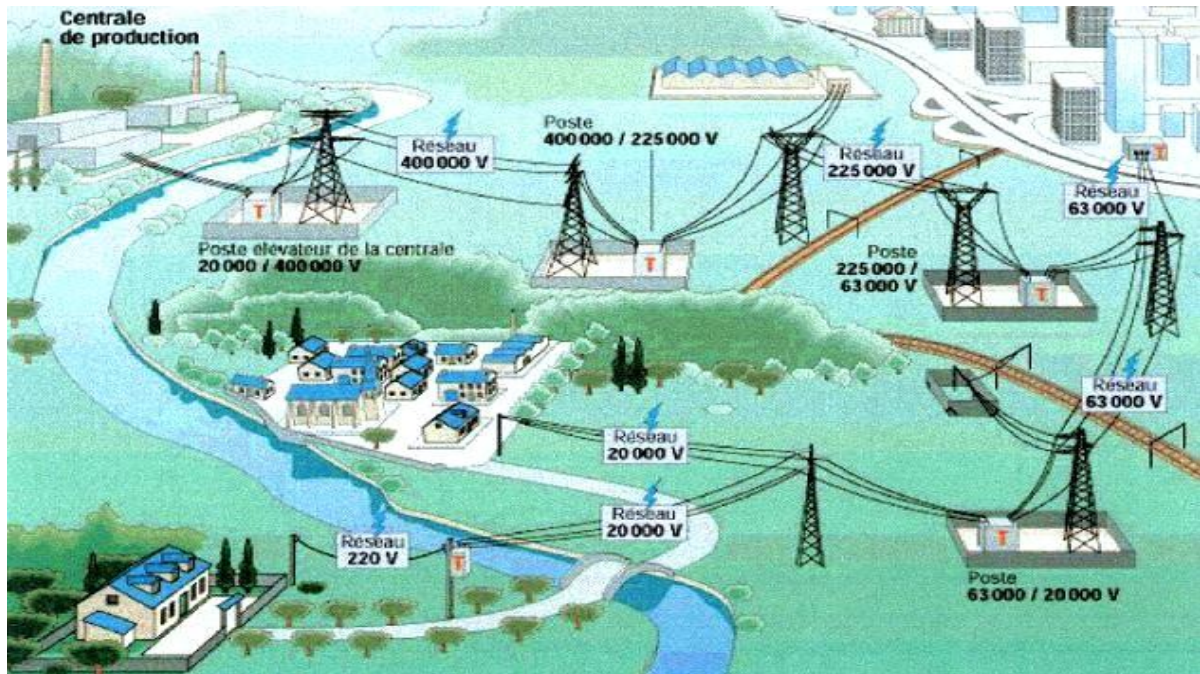


Figure I.3: Les compagnies d'électricité divisent leurs réseaux en trois grandes catégories:

I.3. Système de protection

I.3.1. Définition

Le système de protection est un dispositif de surveillance continue de l'état électrique du réseau. Son rôle est de donner des ordres de mise hors tension du circuit du réseau en cas de fonctionnement anormal ou de défaut lorsque les grandeurs électriques dépassent un seuil prédéterminé.

I.3.2. Rôle d'un système de protection [7]

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

- Assurer la protection des personnes contre tout danger électrique,
- Limiter les contraintes thermiques, diélectriques et mécaniques auxquelles le matériel est soumis,
- Préserver la stabilité du réseau.

I.3.3. Qualité d'un système de protection [7]

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

- **Fiabilité** : Le dispositif de protection doit être précis dans ses décisions et efficace.
- **Sélectivité** : Isoler seulement l'élément en défaut.
- **Rapidité d'action** : Pour éviter l'extension de la zone perturbée.
- **Sensibilité** : Doit détecter la moindre variation des paramètres de l'élément surveillé.

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

- **Consommation** : Doit avoir une consommation réduite.

I.3.4. Constitution d'un système de protection [8]

Un système de protection est constitué de :

- Un organe de mesure ou d'une chaîne de mesure.
- Un organe de comparaison.
- Un organe d'élaboration d'ordre de manœuvre.
- Un organe de signalisation et d'exécution d'ordre de manœuvre.

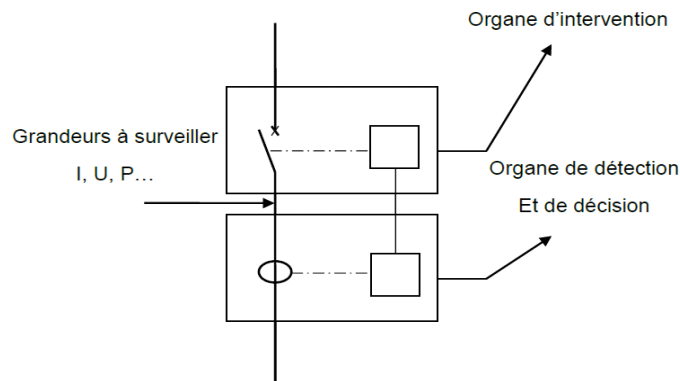


Figure I.4: Constitution d'un système de protection

I.3.5. Les différentes possibilités de mise à la terre d'une neutre HTA (côté transformateur HTA) [10]

Sur les réseaux de distribution, la mise à la terre d'une neutre HTA détermine essentiellement les caractéristiques des défauts à la terre lorsqu'ils se produisent. L'attention particulière accordée à ce problème est justifiée par le fait que sur les réseaux de distribution HTA, 70 à 80 % des défauts sont monophasés.

a) Neutre mis directement à la terre

Une liaison électrique d'impédance négligeable est intentionnellement réalisée entre le point neutre et la terre. Le neutre étant mis à la terre sans impédance de limitation, le courant de défaut entre phase et terre est pratiquement un court-circuit phase-neutre, donc de valeur élevée. La coupure se fait au premier défaut d'isolement.

b) Neutre mis à la terre par une résistance

Une résistance est volontairement connectée entre le point neutre et la terre.

c) Neutre mis à la terre par une réactance faible

Dans cette configuration, une réactance est intentionnellement placée entre le point neutre et la terre. Pour les réseaux de tension supérieure à 40 kV, il est préférable d'utiliser une réactance plutôt qu'une résistance, en raison de difficultés techniques. Cette réactance faible permet de limiter le courant de défaut à la terre en cas de court-circuit ou de surtension. Elle

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

contribue à la stabilité du réseau en fournissant une impédance à la mise à la terre, ce qui aide à minimiser les effets néfastes des perturbations électriques.

L'utilisation d'une réactance faible présente plusieurs avantages. Elle permet d'améliorer la protection des équipements contre les surintensités et les surtensions, en limitant la magnitude des courants de défaut. De plus, elle aide à réduire les courants de fuite et les déséquilibres dans le système électrique, ce qui contribue à maintenir la qualité de l'énergie électrique fournie.

Il convient de noter que le choix entre une résistance et une réactance pour la mise à la terre du neutre dépend des spécifications et des exigences du réseau électrique, ainsi que des contraintes techniques et économiques.

d) Neutre mis à la terre par une réactance de compensation

Une réactance est raccordée à la capacité phase-terre totale du réseau et intercalée entre le point neutre et la terre de manière à ce que, en présence d'un défaut à la terre, le courant dans le défaut soit proche de zéro. [9]

I.4. Les appareils de protection [10].

Les principaux appareils de protection sont :

I.4.1. Les parafoudres

Un parafoudre est un dispositif de protection des appareillages électriques ou électroniques contre les surtensions électriques transitoires générées par la foudre ou certains équipements industriels.

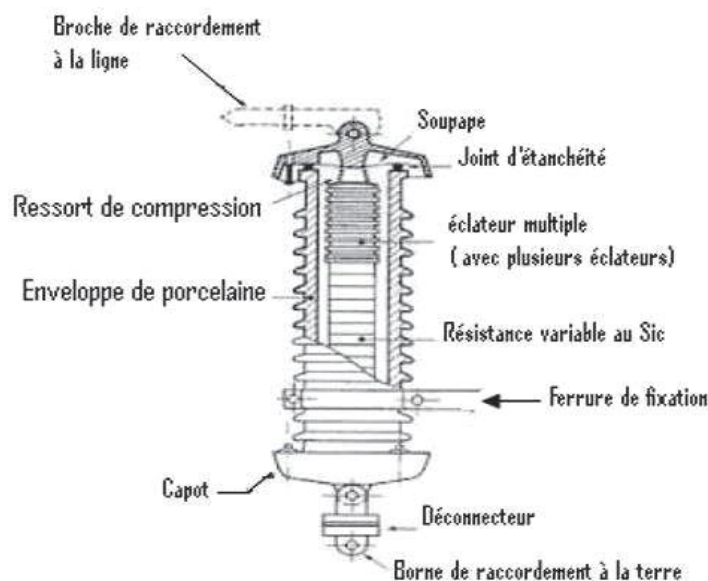


Figure I.5: Exemple d'un parafoudre

Pour une tension élevée (surtension), sa résistance est faible, le courant de défaut est directement dévié vers la terre (équivalent d'un interrupteur fermé). Lorsque la tension est

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

proche de la tension de service, sa résistance est élevée, le courant de fuite est coupé (équivalent d'un interrupteur ouvert) sans déclencher la protection.

I.4.2. Les éclateurs

Les éclateurs sont composés de deux électrodes situées l'une face à l'autre dans un milieu qui peut être l'air ambiant (éclateur à air) ou du gaz (éclateurs à gaz). Au-delà d'une certaine tension entre les électrodes, un amorçage se produit et le courant passe en formant un arc électrique. Les éclateurs permettent de dévier des courants de foudre importants. Ils sont utilisés en haute tension (HT) et en moyenne tension (MT), et sont placés sur les points des réseaux particulièrement exposés à l'entrée des postes MT/BT.

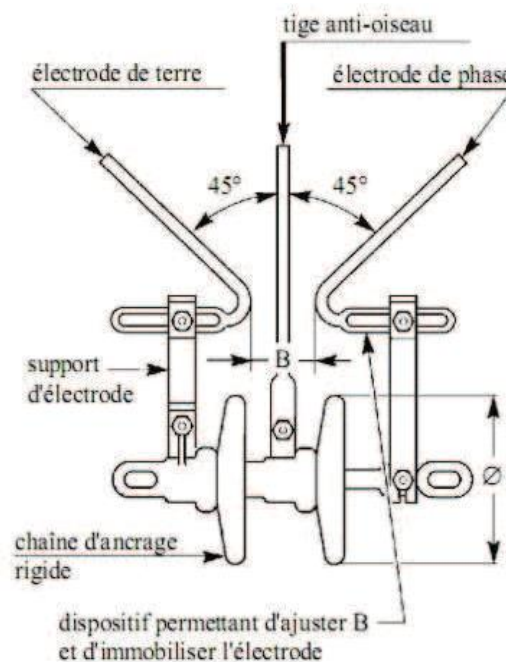


Figure I.6: Exemple d'un éclateur

I.4.3. Différents types de défauts [10].

Il existe plusieurs types de défauts qui peuvent apparaître dans les réseaux de moyenne tension, par exemple : les courts-circuits, les surintensités, les surtensions et les déséquilibres.

I.4.3.1. Courts-circuits

Un court-circuit est la mise en connexion volontaire ou accidentelle de deux points ou plus d'un circuit électrique entre lesquels existe une différence de potentiel. Ils sont dus soit à un contact accidentel entre les phases ou entre les phases et la terre, soit à un défaut d'isolement, soit encore à une fausse manœuvre. Ces courts-circuits peuvent être d'origine interne ou externe.

a) Origine externe

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

- Origine mécanique : Il s'agit de la rupture d'un support, d'un conducteur ou d'un isolateur sur une ligne aérienne, amorçage dû au contact de branches, de brindilles ou même d'oiseaux avec les conducteurs.
- Origine atmosphérique : C'est le cas de la foudre qui frappe les conducteurs d'une ligne d'un poste ou tombe dans leur voisinage immédiat. On peut aussi inclure les amorçages qui résultent des dépôts conducteurs accumulés sur les isolateurs.

b) Origine interne

Il s'agit des différentes avaries liées aux matériels du réseau, telles que la dégradation de l'isolement due à la chaleur, à l'humidité ou à une ambiance corrosive, ainsi que les fausses manœuvres dans le réseau.

c) Les différents types de courts-circuits

Selon l'ordre de fréquence, on distingue quatre types de courts-circuits :

c-1. Courts-circuits monophasés

Les défauts monophasés sont les plus fréquents. Ils résultent de la mise en contact d'un conducteur avec la terre (Figure I.7).

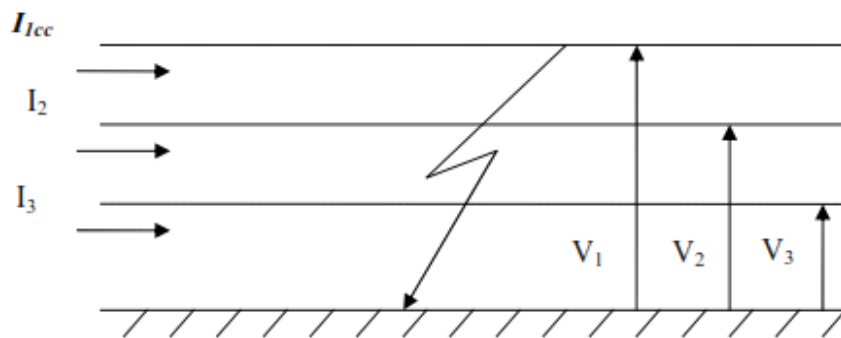


Figure I.7: Schéma d'un défaut monophasé

c-2. Courts-circuits biphasés

Il s'agit de la mise en contact de deux conducteurs se trouvant à des potentiels différents (Figure I.8).

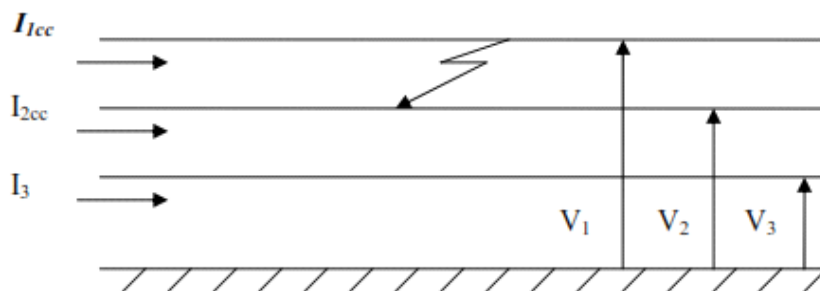


Figure I.8: Schéma d'un défaut biphasé

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

c-3. Courts-circuits biphasés-terre

C'est la mise en contact de deux conducteurs se trouvant à des potentiels différents par rapport à la terre (Figure I.9).

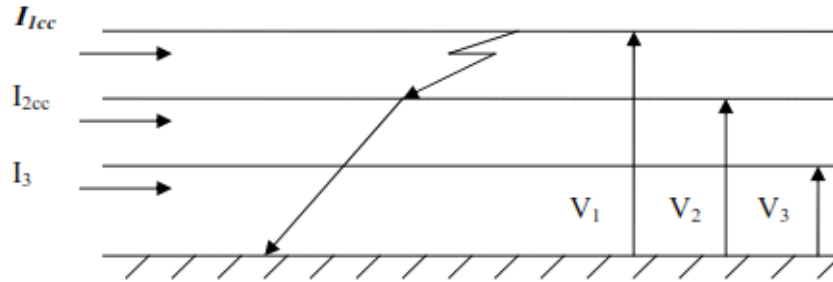


Figure I.9: Schéma d'un défaut biphasé-terre

c-4. Courts-circuits triphasés

Il s'agit de la mise en contact des trois phases se trouvant à des potentiels différents (Figure I.10).

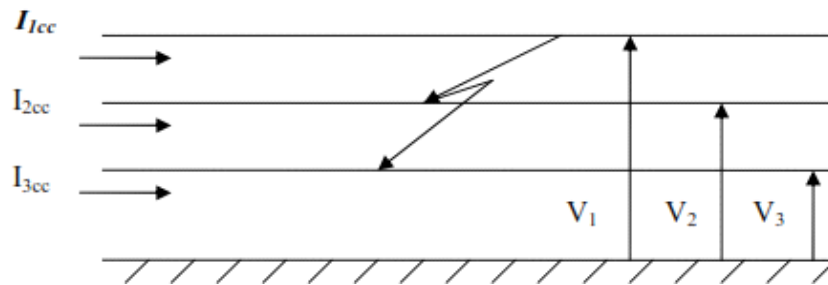


Figure I.10: Schéma d'un défaut triphasé

Ces différents types de courts-circuits peuvent causer des dommages importants aux équipements électriques et peuvent présenter des risques pour la sécurité des personnes. C'est pourquoi il est essentiel d'avoir des dispositifs de protection adéquats tels que les systèmes de protection, les parafoudres et les éclateurs pour prévenir et limiter les conséquences de ces défauts.

I.4.3.2. Surintensités[11].

Les surintensités, les surtensions et les déséquilibres sont des phénomènes importants à prendre en compte dans la protection des réseaux électriques.

Les surintensités font référence à des courants anormalement élevés qui peuvent se produire en raison de diverses situations telles que les courts-circuits, les surcharges ou les défauts d'isolement. Les dispositifs de protection sont conçus pour détecter ces surintensités et prendre les mesures appropriées, telles que la mise hors tension du circuit concerné.

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

I.4.3.3. Surtensions[11].

Les surtensions sont des élévations temporaires de tension au-delà des valeurs nominales du réseau. Elles peuvent être causées par la foudre, les commutations de charges ou d'autres perturbations. Les dispositifs de protection tels que les parafoudres sont utilisés pour détourner les surtensions et protéger les appareils électriques sensibles contre les dommages.

I.4.3.4. Déséquilibres [11].

Les déséquilibres font référence à des écarts de tension ou de courant entre les phases d'un système triphasé. Cela peut entraîner des déséquilibres de puissance et des problèmes de fonctionnement des appareils. Les dispositifs de protection peuvent surveiller ces déséquilibres et prendre des mesures pour rétablir l'équilibre ou protéger les équipements contre les conséquences néfastes.

En résumé, la protection contre les surintensités, les surtensions et les déséquilibres joue un rôle crucial dans la sécurité et le bon fonctionnement des réseaux électriques, en évitant les dommages aux équipements et en préservant la stabilité du système.

I.5. Conclusion :

En conclusion de ce premier chapitre, nous avons abordé diverses notions générales relatives aux catégories de tensions, aux différentes structures des réseaux électriques, ainsi qu'aux postes et à leur composition. Nous avons également examiné la composition de la cellule de départ HTA, qui comprend les relais et les organes impliqués dans le calcul et l'affichage des protections. Tout au long de ce chapitre, il nous a semblé essentiel de fournir des informations générales sur les protections des réseaux électriques.

CHAPITRE II

Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

II.1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de nous familiariser avec les différents types de relais électriques, ainsi que d'obtenir une vue d'ensemble du SEPAM 80, en comprenant ses avantages et son fonctionnement.

Dans le domaine de l'électricité, les relais jouent un rôle crucial dans la protection des systèmes électriques contre les défaillances et les situations anormales. Ils détectent les conditions indésirables, telles que les courts-circuits, les surintensités, les surtensions, et prennent des mesures pour prévenir les dommages éventuels et garantir la sécurité des installations et des personnes.

Le SEPAM 80 est un exemple de relais de protection numérique utilisé dans les réseaux électriques. Il offre une grande précision de mesure, une grande flexibilité de configuration et une vaste gamme de fonctionnalités de protection. Grâce à son interface conviviale, il permet une configuration facile des paramètres de protection et une surveillance en temps réel des grandeurs électriques.

Les avantages du SEPAM 80 résident dans sa capacité à détecter rapidement les défauts, à isoler les parties défectueuses du réseau et à minimiser les perturbations. Il assure également une coordination optimale avec les autres dispositifs de protection du système électrique. De plus, sa capacité de communication permet une intégration efficace dans les systèmes de supervision et de contrôle.

Au cours de ce chapitre, nous explorerons en détail les caractéristiques du SEPAM 80, ses principes leur contribution à la fiabilité et à la sécurité des installations électriques.

II.2. Les Relais de protection :

II.2.1. Définition :

Les relais de protection sont des dispositifs de surveillance des grandeurs électriques d'un réseau. Leur rôle principal est de déclencher des ordres de coupure ou de mise hors tension du circuit lorsque les grandeurs électriques dépassent un seuil prédéterminé.

II.2.2. Désignation d'un relais de protection :

La désignation d'un relais dépend de la grandeur qu'il surveille, telle que la tension, le courant, la puissance, l'impédance, etc. Voici quelques exemples de désignation de relais de protection :

- Relais à maximum de courant (RMA)
- Relais à maximum ou minimum de tension (RMV)
- Relais directionnel de puissance (RDW)
- Relais à minimum de réactance (RMX)

II.2.3. Mode d'exploitation :

Les relais de protection sont exploités en fonction de leur constitution. Il existe différents types de relais, parmi lesquels :

II.2.3.1. Relais électromécanique :

Ce type de relais est basé sur le principe d'un disque d'induction, actionné par des bobines alimentées par les variables électriques du réseau via des transformateurs de tension. Un ressort de rappel réglable définit la limite d'action du disque sur un déclencheur (point de de

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

fonctionnement et ses applications spécifiques dans la protection des réseaux électriques. Cela nous permettra de mieux comprendre l'importance des relais de protection et réglage). Les relais électromécaniques sont robustes, fonctionnent sans source d'énergie auxiliaire et sont peu sensibles aux perturbations électromagnétiques.

II.2.3.2. Relais électromagnétique :

Ce type de relais est constitué d'une armature mobile sur laquelle agissent des bobines, des aimants ou des conducteurs. Lorsque la bobine est parcourue par un courant, le circuit magnétique est aimanté et la partie mobile se déplace. La force d'attraction sur la partie mobile est d'autant plus grande que l'intensité du courant est élevée et que l'entrefer est faible.

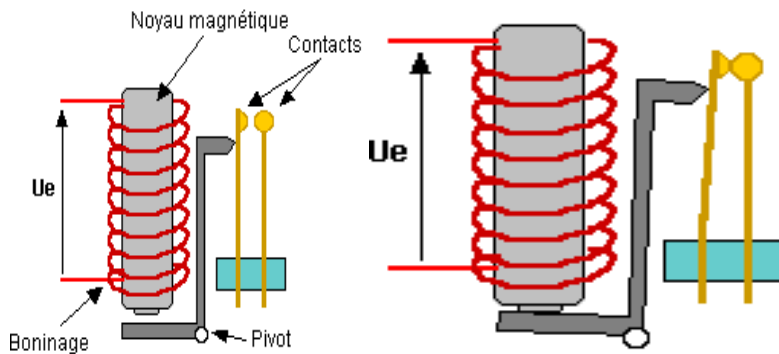


Figure II-1: Relais électromagnétique

II.2.3.3. Relais à balance :

Ce type de relais est constitué d'un équipement mobile composé d'un fléau de balance soumis à l'action de deux forces antagonistes.

II.2.3.4. Relais thermique :

Ce relais comprend un élément actif chauffé par le passage du courant absorbé par l'appareil à protéger. Cet élément est une lame bimétallique qui se déforme sous l'effet de l'augmentation de la température causée par la surintensité.

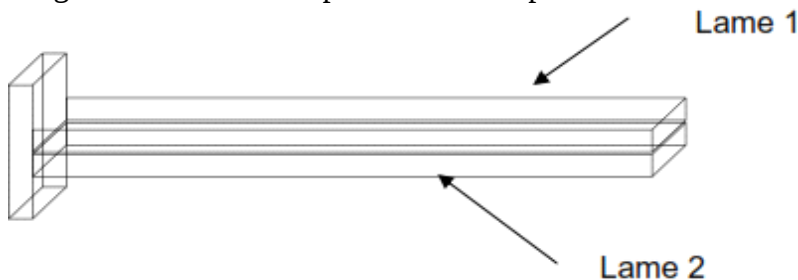


Figure II-2: Principe du relais thermique

II.2.3.5. Relais statique :

Les relais statiques sont des dispositifs électroniques sans pièces mobiles. Ils utilisent des composants électroniques tels que des semi-conducteurs pour effectuer la détection et la commande de protection. Les relais statiques offrent des performances rapides et une grande fiabilité.

Les relais statiques sont équipés de circuits intégrés linéaires en silicium, comprenant des portes et des circuits logiques. Plus récemment, ils intègrent également des mémoires et des microprocesseurs. Ils remplacent de plus en plus les relais électromagnétiques en raison de

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

leurs nombreux avantages : précision accrue, sensibilité élevée, rapidité, sélectivité, dépannage rapide, longue durée de vie, faible consommation et encombrement réduit.

II.2.3.6. Relais numérique :

L'avènement de la technologie numérique a commencé au début des années 1980. Grâce au développement des microprocesseurs et des mémoires, les puces électroniques ont été intégrées aux équipements de protection. Les relais numériques se basent sur la transformation des variables électriques du réseau, fournies par des transformateurs de mesure, en signaux numériques de faible tension. L'utilisation de techniques numériques de traitement du signal permet de décomposer le signal en vecteurs, ce qui permet un traitement des données via des algorithmes de protection en fonction du type de protection souhaité. De plus, ils sont équipés d'un écran d'affichage à cristaux liquides à l'avant pour un fonctionnement local.

Ces dispositifs, nécessitant une source d'alimentation auxiliaire, offrent un excellent niveau de précision et une sensibilité élevée. Ils offrent de nouvelles fonctionnalités telles que l'intégration de plusieurs fonctions pour réaliser une protection complète dans une seule unité, le traitement et le stockage des données, l'enregistrement des perturbations du réseau (oscillographe) et le diagnostic des dispositifs connectés tels que les disjoncteurs, etc.

II.3. SEPAM S80

II.3.1. Définition du SEPAM S80 [4]

La gamme SEPAM est constituée d'un ensemble d'unités de protection et de contrôle-commande adaptées à tous les types d'applications (postes de transformation, jeux de barres, transformateurs, moteurs, condensateurs, générateurs). Chaque modèle de SEPAM offre une réponse optimale en termes de fonctionnalités, de performances et de prix en fonction de son utilisation. Il assure les fonctions suivantes :

- Protection
- Commande et surveillance
- Mesure et diagnostic du réseau électrique HTA
- Communication
- Autosurveillance

Le SEPAM S80 propose une gamme complète de fonctions de protection avec un affichage numérique, répondant aux besoins suivants :

- Large plage de réglage dynamique
- Protection des réglages par mot de passe
- Facilité d'utilisation avec les courants de déclenchement sur chaque phase et l'affichage des valeurs réelles des mesures
- Fiabilité de fonctionnement avec des contrôles permanents et une grande immunité aux perturbations électromagnétiques.

II.3.2. Les différents types de SEPAM [4]

Le SEPAM est disponible en plusieurs modèles en fonction de leurs capacités et des fonctions requises : SEPAM série (1000, 2000, 20, 40, 80, ...). Notre focus se concentre sur le SEPAM série 80.

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

II.3.3. Présentation du SEPAM série 80 [2]

La gamme SEPAM série 80 est un relais numérique de protection haute performance conçu pour répondre aux exigences des clients des grands sites industriels. Le SEPAM série 80 propose des solutions éprouvées pour la distribution électrique et la protection des machines.

II.3.3.1. Interface Homme-Machine [2]

Le SEPAM série 80 est proposé avec deux types d'interfaces homme-machine (IHM) au choix :

II.3.3.1.1. Interface Homme-Machine avancée

Toutes les informations nécessaires à l'exploitation locale de l'équipement peuvent être affichées à la demande :

- Affichage de toutes les mesures et informations de diagnostic sous forme numérique avec unités et/ou sous forme de paragraphes.
- Affichage des messages d'exploitation et des messages d'alarme, avec acquittement des alarmes et réarmement du SEPAM.
- Affichage de la liste des protections activées et des réglages principaux des protections majeures.
- Adaptation des seuils et des temporisations d'une protection activée pour répondre à une nouvelle contrainte d'exploitation.
- Affichage de la version du SEPAM et de ses modules déportés, test des sorties et affichage de l'état des entrées logiques.
- Affichage d'informations Logipam : état des variables, des temporisations, saisie des 2 mots de passe de protection, des opérations de réglage et de paramétrage.
- L'interface homme-machine avancée peut être intégrée ou déportée (voir figure IV.1).

La figure II.3 illustre les options avancées de l'Interface Homme-Machine (IHM) disponibles pour le relais SEPAM série 80. La figure montre deux configurations possibles : intégrée et déportée.

Dans la configuration intégrée, l'IHM avancée est intégrée à l'unité du relais lui-même. Cela signifie que toutes les informations nécessaires pour l'exploitation locale et la surveillance de l'équipement peuvent être affichées directement sur le relais. L'affichage fournit des lectures numériques de différentes mesures et informations de diagnostic, y compris les unités et les paragraphes. Il affiche également les messages d'exploitation et les alarmes, permettant l'acquiescement et la réinitialisation des alarmes. L'IHM intégrée permet également d'accéder à une liste des protections activées et aux réglages principaux des protections majeures. Elle permet d'ajuster les seuils et les temporisations d'une protection activée pour répondre à de nouvelles exigences opérationnelles. De plus, l'affichage indique la version du SEPAM et de ses modules distants, permet le test des sorties et affiche l'état des entrées logiques.

Dans la configuration déportée, l'IHM avancée est située séparément de l'unité du relais. Cela signifie que l'affichage et les commandes de l'IHM sont physiquement séparés du relais lui-même. L'IHM déportée offre les mêmes fonctionnalités que l'IHM intégrée, offrant ainsi un accès à toutes les informations nécessaires et permettant une exploitation et une surveillance locales. La configuration déportée offre une flexibilité en termes d'emplacement de l'affichage de l'IHM, permettant de le positionner à un endroit plus pratique pour l'opérateur.



Figure II.3 : IHM avancée intégrée et déportée

II.3.3.1.2. Interface Homme-Machine synoptique

L'IHM synoptique offre toutes les fonctionnalités de l'IHM avancée et permet la commande locale de l'équipement. Elle permet la sélection du mode de commande du SEPAM et offre une visualisation de l'état de l'appareillage sur un synoptique animé. De plus, elle permet la commande locale de l'ouverture et de la fermeture de tous les appareils pilotés par le SEPAM.



Figure IV.2: IHM synoptique intégrée

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

II.3.4. Surveillance des Transformateurs de Potentiel (TP) et Transformateurs de Courant (TC) [3]

II.3.4.1. Surveillance des TP

La fonction de surveillance des Transformateurs de Potentiel (TP) permet de surveiller l'ensemble de la chaîne de mesure des tensions phase et résiduelle, y compris les transformateurs de potentiel, la connexion des TP au SEPAM et les entrées analogiques de tension du SEPAM. Cette fonction est présente en deux exemplaires : le premier surveille les TP des voies de tension principales, tandis que le second surveille les TP des voies de tension supplémentaires.

Cette fonction traite les défaillances suivantes :

- Perte partielle de tensions phase, détectée par la présence ou l'absence de tension inverse.
- Perte totale de toutes les tensions phase, détectée par la présence de courant sur l'une des trois phases et l'absence de toutes les tensions mesurées.
- Déclenchement de la protection des TP phase (et/ou TP résiduel), détecté par l'acquisition sur une entrée logique du contact de fusion du fusible ou du contact auxiliaire du disjoncteur assurant la protection des TP.

D'autres cas de défaillance peuvent être traités grâce à l'éditeur d'équations logiques. Les informations "Défaut tension phase" et "Défaut tension résiduelle" disparaissent automatiquement lors du retour à la normale, c'est-à-dire lorsque la cause du défaut a disparu et que toutes les tensions mesurées sont présentes.

II.3.4.2. Surveillance des Transformateurs de Courant (TC)

La fonction de surveillance des Transformateurs de Courant (TC) permet de surveiller l'ensemble de la chaîne de mesure des courants de phase. Cette fonction est inactive si seulement deux capteurs de courants de phase sont connectés.

II.3.5. Les protections assurées par le SEPAM 80 [1]

Le SEPAM S80 assure plusieurs protections :

- La protection des sous-stations, à l'arrivée ou au départ, entre les phases ou entre phase et terre, ainsi que la détection de déséquilibre.
- La protection des transformateurs contre les défauts internes, les surcharges et les surcharges thermiques.
- La protection des moteurs et la surveillance de leur condition de démarrage.
- Des fonctions de mesure et de protection de tension pour les jeux de barres.
- La protection contre les surcharges et les courts-circuits entre phases, les défauts à la terre, les déséquilibres de phases et les dommages thermiques dus à une surcharge.
- La visualisation de l'état de l'appareillage sur un synoptique animé.
- La commande locale de l'ouverture et de la fermeture de tous les appareils pilotés par le SEPAM.

II.3.6. Raccordement du SEPAM S80 à l'outil de paramétrage [1]

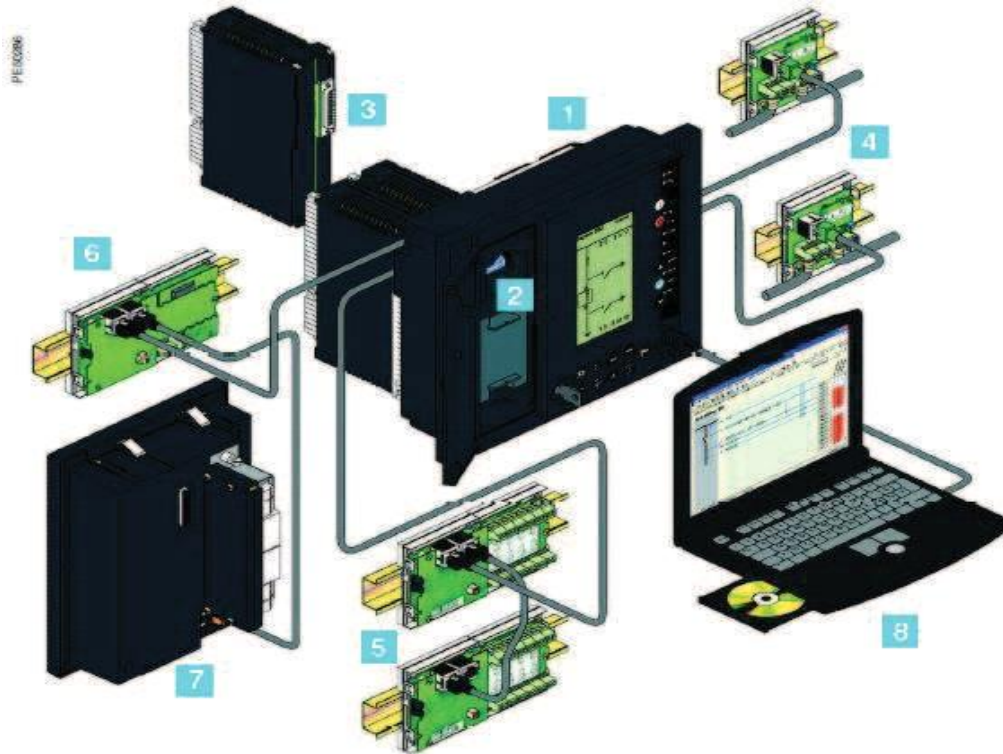


Figure IV.3 : SEPAM série 80 et ses modules optionnels

1. Unité de base avec différents types d'Interface Homme-Machine (IHM) :
 - IHM avancée intégrée ou déportée
 - IHM synoptique intégrée
2. Paramètres et réglages sauvegardés sur une cartouche mémoire amovible.
3. 42 entrées logiques et 23 sorties à relais avec 3 modules optionnels de 14 entrées et 6 sorties.
4. 2 ports de communication indépendants :
 - Raccordement direct sur réseau RS485 2 fils, RS485 4 fils ou fibre optique
 - Raccordement sur réseau Ethernet TCP/IP via serveur Ethernet PowerLogic (TransparentReady™).
5. Traitement de 16 sondes de températures : Pt100, Ni100 ou Ni120.
6. 1 sortie analogique bas niveau : 0-10mA, 4-20mA ou 0-20mA.
7. Module de contrôle de synchronisme.
8. Outils logiciels :
 - Paramétrage du SEPAM, réglage des protections et adaptation des fonctions prédéfinies.
 - Exploitation locale ou à distance de l'installation.
 - Programmation de fonctions spécifiques (Logipam).
 - Récupération et visualisation des enregistrements d'oscillographie.

CHAPITRE II : Identification des dispositifs de protection du réseau électrique

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré en détail les différents types de relais électriques utilisés dans la protection des réseaux électriques. Ces relais jouent un rôle crucial dans la détection et la gestion des défauts électriques, contribuant ainsi à assurer la sécurité et la stabilité du réseau.

Parmi les types de relais étudiés, nous avons accordé une attention particulière au SEPAM 80. Le SEPAM 80 est un relais numérique de protection hautement performant, conçu pour répondre aux exigences des grands sites industriels. Il offre une gamme complète de fonctionnalités de protection, de commande et de surveillance.

Nous avons examiné les différentes fonctionnalités offertes par le SEPAM 80, notamment sa capacité à assurer la protection des sous-stations, des transformateurs, des moteurs et des jeux de barres. Le relais est équipé d'une interface homme-machine (IHM) avancée et d'une IHM synoptique, permettant une visualisation claire des informations et une commande locale de l'appareillage.

Le SEPAM 80 dispose également de modules optionnels, tels que le module de contrôle de synchronisme, qui étendent ses capacités et lui permettent de s'adapter à diverses configurations du réseau électrique. De plus, il offre des options de communication flexibles, avec des ports RS485 et Ethernet permettant la connexion à d'autres équipements et systèmes de supervision.

Nous avons également abordé l'aspect du paramétrage et de la configuration du SEPAM 80. Des outils logiciels sont disponibles pour faciliter le paramétrage des protections, l'adaptation des fonctions prédéfinies et la programmation de fonctions spécifiques. De plus, le relais dispose d'une mémoire amovible permettant de sauvegarder les paramètres et les réglages.

En conclusion, le SEPAM 80 représente une solution avancée et polyvalente pour la protection et la gestion des réseaux électriques. Sa conception robuste, ses fonctionnalités étendues et sa connectivité flexible en font un choix idéal pour les applications industrielles exigeantes.

Chapitre 3

Simulation de la protection à max de courant

III.1. Introduction :

Simulink est une plate-forme de simulation et de modélisation multi-domaine pour les systèmes dynamiques. Il offre un environnement graphique et une bibliothèque de blocs de modélisation permettant de concevoir, simuler, implémenter et contrôler des systèmes avec précision. Intégré à MATLAB, Simulink offre un accès immédiat à de nombreux outils de développement algorithmique, de visualisation et d'analyse de données. Dans ce chapitre, nous exploiterons cet environnement pour simuler une protection électrique basée sur le principe du maximum de courant.

III.2. Simulation d'une protection à maximum de courant :

Dans ce travail, nous avons réalisé une étude approfondie et une simulation détaillée d'un court-circuit triphasé, qui est l'un des types de défauts les plus fréquents dans les réseaux électriques. Notre objectif principal était de mettre en place une protection efficace à maximum de courant pour prévenir et réagir rapidement à de tels défauts.

La protection à maximum de courant vise à détecter les courants de court-circuit anormalement élevés et à prendre des mesures appropriées pour garantir la sécurité du système électrique. Cette protection repose généralement sur l'utilisation d'un relais à maximum de courant, qui est un dispositif électronique de surveillance et de contrôle, et d'un disjoncteur, qui est chargé de couper l'alimentation électrique en cas de détection d'un court-circuit.

III.2.1. Schémas Simulink/Matlab :

Pour mener à bien cette étude, nous avons utilisé l'environnement Simulink/Matlab, une plate-forme puissante de simulation et de modélisation de systèmes dynamiques. L'avantage de Simulink est qu'il offre un environnement graphique convivial et une bibliothèque complète de blocs de modélisation prédéfinis, ce qui facilite la conception précise du système de protection, sa simulation, son implémentation et son contrôle. De plus, étant intégré à MATLAB, Simulink permet également l'accès à une multitude d'outils de développement algorithmique, de visualisation et d'analyse de données, ce qui en fait un choix idéal pour notre étude.

Nous avons réalisé une simulation complète du système de protection à maximum de courant en utilisant les fonctionnalités de Simulink/Matlab. Nous avons créé un schéma de simulation qui comprend tous les éléments nécessaires pour modéliser le comportement du relais à maximum de courant et du disjoncteur dans différentes situations de court-circuit. Ce schéma de simulation, représenté dans la Figure III.1, nous permet d'observer et d'analyser le fonctionnement du système de protection dans des conditions réalistes.

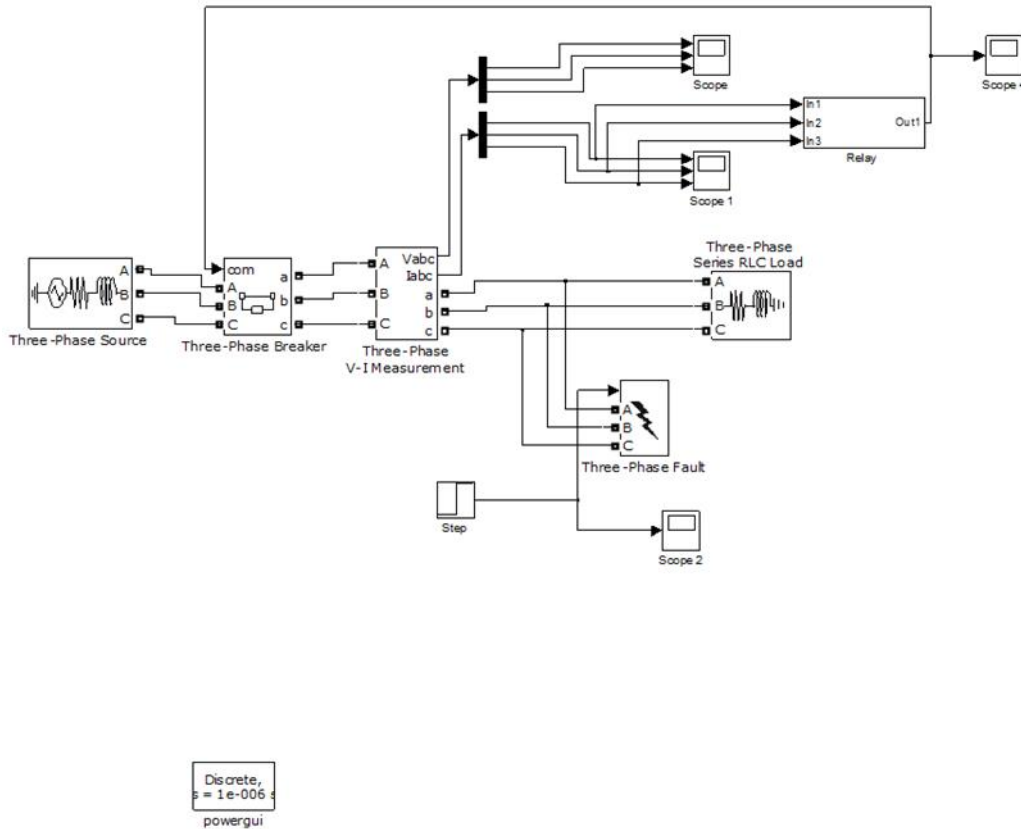


Figure III.1 : Schéma de simulation complet d'un système de protection.

En résumé, notre étude s'est concentrée sur la simulation d'une protection à maximum de courant à l'aide de l'environnement Simulink/Matlab. Nous avons élaboré un schéma de simulation complet qui nous permet de comprendre et d'évaluer le fonctionnement du système de protection dans des situations de court-circuit. Cette simulation nous fournit des informations précieuses pour l'amélioration et l'optimisation de la protection à maximum de courant dans les réseaux électriques.

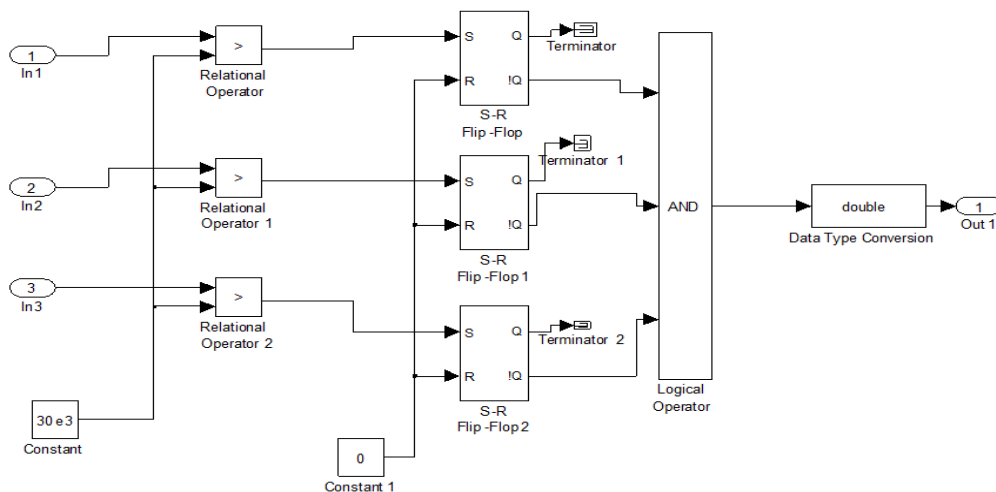


Figure III.2: Schéma unifilaire du relais à maximum d'intensité (RMI)

La Figure III.2 illustre les schémas de simulation d'une protection à maximum d'intensité. Les principaux éléments de ce schéma sont les suivants:

- Bloc 1 : Le relais à maximum d'intensité. Il comprend un élément de comparaison qui compare le courant mesuré avec le seuil configuré. Il est également équipé d'un déclencheur qui envoie un ordre de commande si la valeur du courant dépasse le seuil spécifié.
- Bloc 2 : Un interrupteur idéal qui est commandé par un élément (step) pour créer un court-circuit simulé.
- Bloc 3 : Le disjoncteur, chargé de couper l'alimentation en cas de défaut.

Lorsque le courant de la ligne dépasse le seuil de déclenchement, le relais envoie immédiatement un signal de commande au disjoncteur. Ce dernier interrompt alors la continuité du courant et ouvre la ligne pour protéger le système.

Les caractéristiques du système choisies pour la simulation sont les suivantes:

- Tension de la source : 30 kV.
- Longueur de la ligne : 30 km.
- Puissance de la charge : 6 MW.
- Impédance de la ligne : $3+2.6j$.
- Instant d'apparition du court-circuit : $t_{cc} = 0.1$ s.

Ces paramètres permettent de simuler des conditions réalistes pour évaluer l'efficacité de la protection à maximum d'intensité dans le système. La simulation nous permet d'analyser le comportement du relais, du disjoncteur et des autres éléments du schéma dans différentes situations de court-circuit, afin d'améliorer la fiabilité et la performance de la protection.

III.2.2. Résultats de la simulation :

Les résultats de cette simulation sont présentés dans les figures suivantes : le courant de la charge sans défaut (Figure III.3), la tension de la charge sans défaut (Figure III.4) et le signal de commande du relais sans défaut (Figure III.5). Les résultats avec un défaut de court-circuit sont représentés dans les figures suivantes : le pic de courant dans le défaut (Figure III.6), le courant de la source (Figure III.7), la tension de la source (Figure III.8) et le signal de commande du relais (Figure III.9).

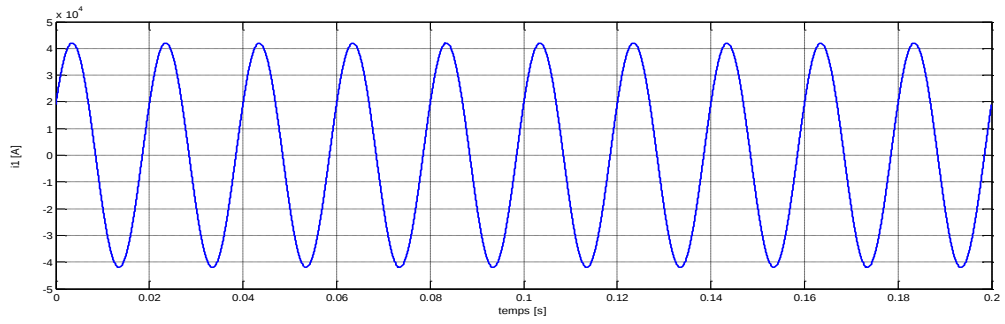


Figure III.3 : Courant de la charge sans défaut

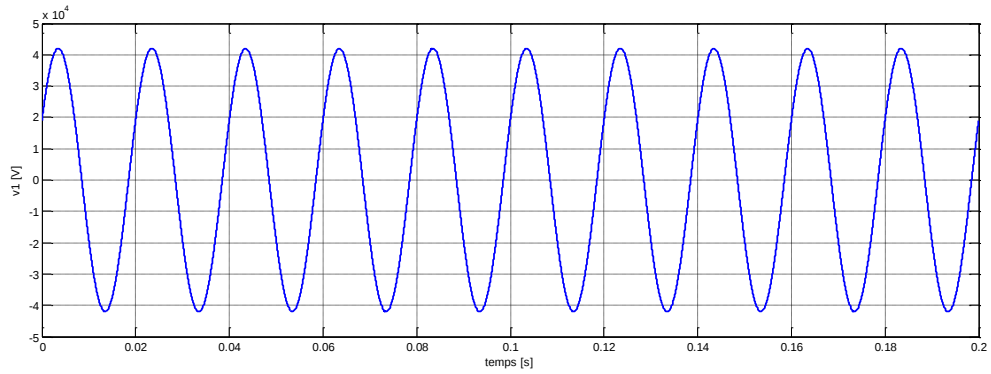


Figure III.4 : Tension de la charge sans défaut

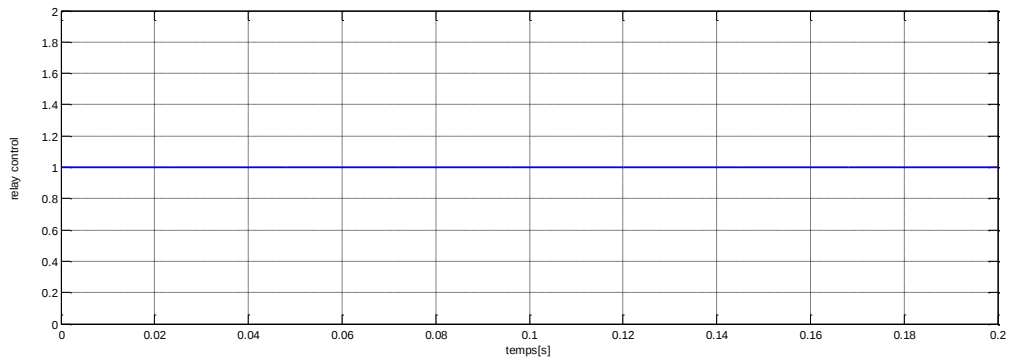


Figure III.5 : Signal de commande du relais sans défaut

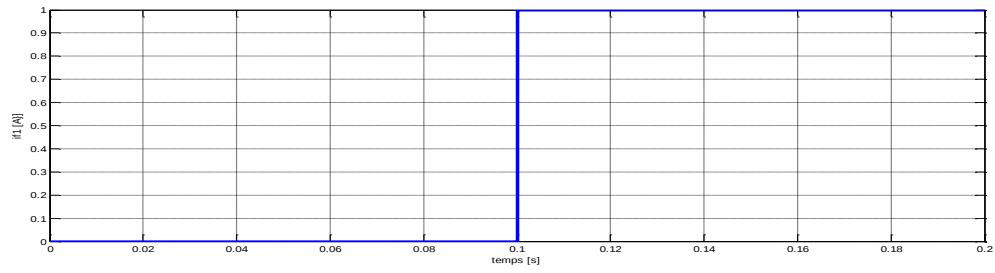


Figure III.6 : Pic de courant dans le défaut

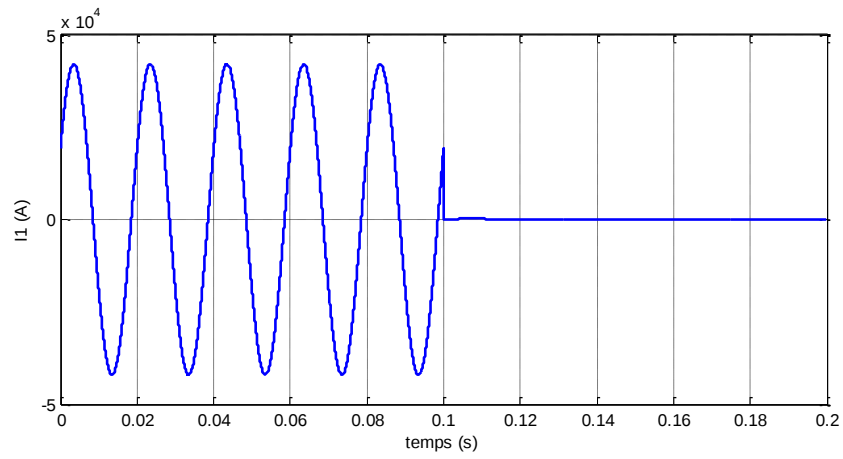


Figure III.7 : Courant de la source

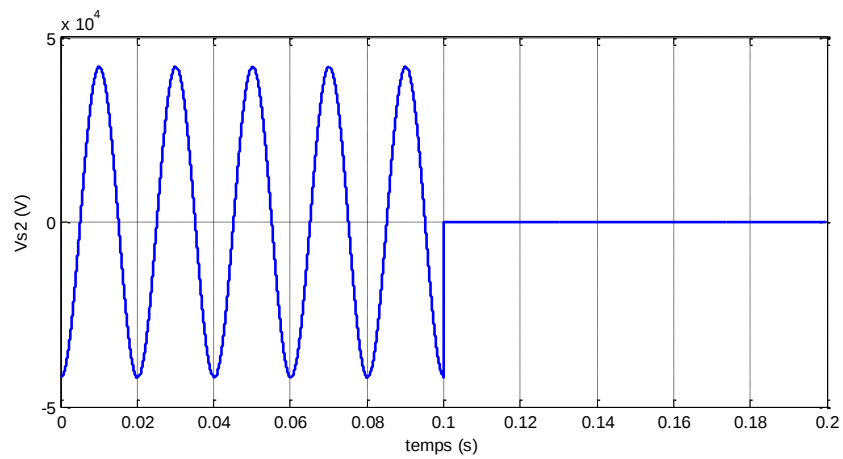


Figure III.8 : Tension de la source

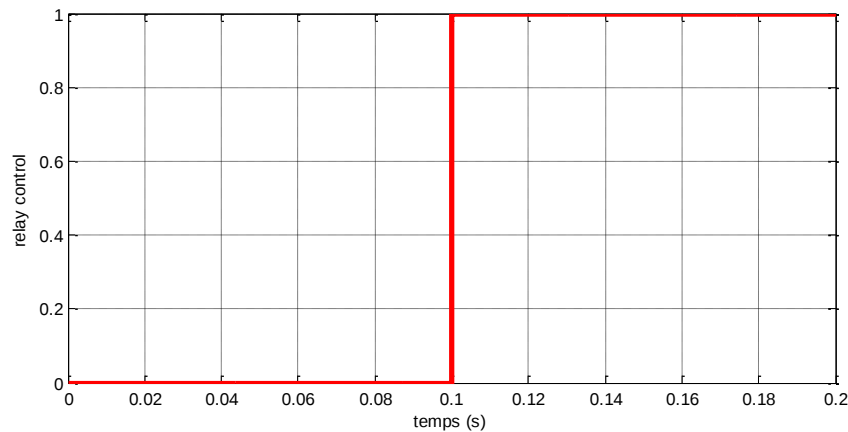


Figure III.9 : Signal de commande du relais

À partir des résultats obtenus, nous pouvons conclure ce qui suit :

Sans défaut :

Les résultats montrent des valeurs normales pour la tension et le courant de la charge (Figure III.3 et III.4), ainsi qu'une absence de signal du relais pour donner l'ordre d'ouvrir le disjoncteur (Figure III.5).

Avec défaut :

D'après les résultats, on observe que la tension et le courant de la source sont éliminés après l'instant de court-circuit $t=0.1$ s, comme le montrent les figures III.6. Le courant de court-circuit ayant dépassé le seuil configuré, le relais a détecté ce défaut et isolé la source de manière efficace et rapide (Figure III.9). Cela nous a permis d'isoler la section en défaut afin d'assurer la continuité du service, la sécurité du réseau électrique et la protection des personnes.

III.2.3. Application et analyse des performances des relais de protection contre les surtensions dans le système électrique"

Dans cette partie appliquée de la mémoire, nous allons étudier et analyser les performances du relais de protection contre les surtensions en utilisant le logiciel MATLAB. Nous utiliserons [1] développée par Rodney Tan. Ce relais de surtension (numéro de dispositif ANSI/IEEE C37.2 59) fonctionne lorsque la tension dépasse une valeur prédéfinie.

Nous réglerons les paramètres de la surtension, où nous pourrions spécifier la valeur de surtension souhaitée, comprise entre 1% et 25%. Nous réglerons également le temps de retard de la surtension, où nous pourrions spécifier une plage de retard allant de 0,1 s à 30 s pour assurer une continuité du courant pendant les dépassements de tension autorisés.

Nous spécifierons également la tension nominale entre phase et terre et la fréquence fondamentale de mesure du courant RMS, exprimée en hertz, du signal d'entrée.

Nous avons réalisé une simulation complète du système de protection à maximum de courant en utilisant les fonctionnalités de Simulink/Matlab. Nous avons créé un schéma de simulation, représenté dans la Figure III.10, qui comprend tous les éléments nécessaires pour modéliser le comportement du relais à maximum de courant et du disjoncteur dans différentes situations de court-circuit. Ce modèle de défaut de ligne est capable de simuler les baisses de tension et les élévations de tension causées par divers défauts de ligne, y compris la mise à la terre simple, la mise à la terre double, la ligne à ligne, le défaut triphasé et le défaut à plusieurs étages. Ces expérimentations et analyses seront effectuées à l'aide de la bibliothèque "Overvoltage Relay

Block", et les résultats obtenus contribueront à comprendre les performances des relais de protection contre les surtensions et à évaluer leur efficacité dans la protection du réseau électrique. Cette approche de simulation nous permet d'observer et d'analyser le fonctionnement du système de protection dans des conditions réalistes, fournissant ainsi des informations précieuses pour optimiser la conception et les réglages des relais de protection.

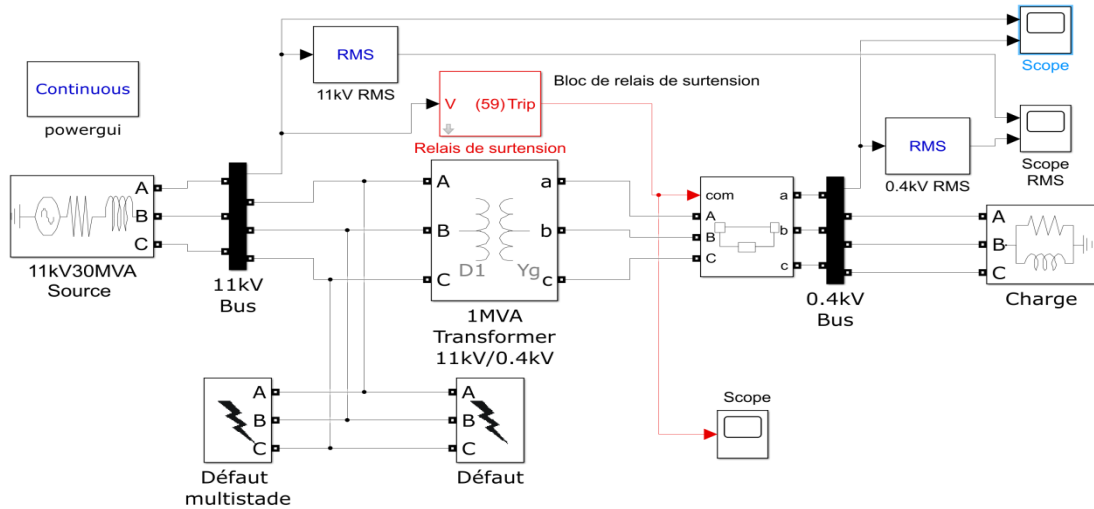


Figure III.10. Schéma de simulation du système de protection à maximum de courant et du modèle de défaut de ligne

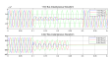


Figure III.11. formes d'onde instantanées des tensions aux barres 11kV et 0.4kV

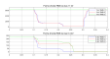


Figure III.12. forme l'amplitude RMS des tensions 11kV et 0.4kV



Figure III.13 : Signal de commande du relais

La Figure III.10 présente le schéma de simulation du système de protection à maximum de courant et du modèle de défaut de ligne. Ce schéma est conçu pour représenter de manière réaliste le comportement du relais à maximum de courant et du disjoncteur dans différentes situations de court-circuit. Il permet d'observer et d'analyser le fonctionnement du système de protection dans des conditions simulées.

La Figure III.11 affiche les formes d'onde instantanées des tensions aux barres 11kV et 0.4kV. Ces graphiques permettent de visualiser en temps réel les variations de tension sur les deux barres et de comprendre les effets des différents événements électriques sur le réseau.

Dans la Figure III.12, on peut observer les amplitudes RMS des tensions aux barres 11kV et 0.4kV. Ces graphiques fournissent des informations sur les niveaux de tension mesurés et permettent d'évaluer la stabilité du système électrique.

Enfin, la Figure III.13 présente le signal de commande du relais. Ce graphique montre comment le relais réagit en détectant les conditions anormales du réseau électrique et en envoyant un ordre de commande pour protéger le système contre les surtensions.

III.3.Conclusion :

Dans cette section, nous avons abordé une étude de cas visant à évaluer l'efficacité d'un schéma de protection utilisant un relais de courant maximal. Nous avons réalisé une simulation complète du système en utilisant les fonctionnalités de Simulink/Matlab, ce qui nous a permis d'analyser son fonctionnement dans différentes situations.

Les résultats obtenus grâce à cette simulation ont confirmé le bon fonctionnement du système de protection proposé. En effet, la protection contre les courants maximaux s'est avérée fiable et a assuré la continuité du service au niveau de la charge. Elle a joué un rôle crucial en évitant les risques de court-circuit et en garantissant le bon fonctionnement des réseaux de distribution.

En utilisant le schéma de simulation présenté dans la Figure III.10, nous avons pu observer et analyser les réponses du système de protection dans des conditions réalistes. Les formes d'onde instantanées des tensions aux barres 11kV et 0.4kV, illustrées dans la Figure III.11, nous ont permis de visualiser les variations de tension pendant les événements de court-circuit. De plus, la Figure III.12 nous a montré les amplitudes RMS des tensions 11kV et 0.4kV, fournissant des informations supplémentaires sur l'état du réseau électrique.

En conclusion, notre étude de cas a confirmé que le schéma de protection à maximum de courant, utilisant le relais approprié, est une solution fiable pour garantir la sécurité et la stabilité du réseau électrique. Les résultats obtenus à partir de la simulation ont contribué à une meilleure compréhension des performances du relais de protection contre les surtensions et ont permis d'évaluer son efficacité dans la protection du réseau électrique. Ces résultats sont précieux pour les professionnels du domaine de l'électricité afin de prendre des décisions éclairées et d'optimiser la conception et l'exploitation des réseaux électriques.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le cadre de ce travail, nous avons examiné en détail les différentes architectures des réseaux de distribution à moyenne tension et des postes HTA. Ces architectures revêtent une importance capitale et nécessitent une protection adéquate contre une variété de anomalies, telles que les courts-circuits, les surtensions, les surintensités, et bien d'autres.

Il était essentiel pour nous de fournir une compréhension approfondie des éléments constitutifs d'un système de protection à moyenne tension. Ces éléments jouent un rôle crucial dans la protection du réseau électrique et doivent être soigneusement sélectionnés et configurés pour garantir une efficacité maximale dans la détection et la résolution des défauts électriques.

En utilisant les outils de simulation tels que Simulink/Matlab, nous avons pu modéliser et analyser le comportement des différents dispositifs de protection, tels que les relais de courant maximal et les relais de surtension. Les résultats obtenus à partir de ces simulations ont confirmé l'efficacité de ces dispositifs dans la protection du réseau électrique et ont permis d'évaluer leur performance dans différentes conditions de fonctionnement.

De plus, nous avons présenté des exemples concrets illustrant l'application pratique des concepts théoriques abordés dans ce travail. Nous avons réalisé des simulations d'un système de protection à maximum de courant et analysé les formes d'onde des tensions aux barres 11kV et 0.4kV. Ces exemples ont permis d'observer les réponses du système de protection dans des situations réalistes et ont fourni des informations précieuses sur la performance et l'efficacité des dispositifs de protection utilisés.

En conclusion, il est impératif de mettre en place des systèmes de protection robustes et fiables pour garantir la sécurité et la stabilité des réseaux de distribution à moyenne tension et des postes HTA. Les connaissances et les analyses présentées dans ce travail fournissent des bases solides pour les professionnels de l'électricité afin de concevoir, mettre en œuvre et maintenir des systèmes de protection adaptés aux exigences spécifiques de chaque réseau. La compréhension des performances des dispositifs de protection et leur évaluation continue sont essentielles pour assurer un fonctionnement optimal du réseau électrique et garantir la continuité de service.

BIBLIOGRAPHIE

Référenc du chapitre I

- [1]. H.Benchikh El Hocine, "Les étages Moyenne Tension", Institut de Formation en Electricité et Gaz (IFEG), Centre Ain M'lila, Groupe SONELGAZ, Avril 2004.
- [2]. J.M.DELBARRE, "Postes à HT et THT - Rôle et Structure", Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique, 2004.
- [3]. Schneider Electric, "Les architectures des réseaux".
- [4]. ZELLAGUI Mohamed, "Étude des protections des réseaux MT 30 et 10 kV", mémoire de magistère, université Constantine, juillet 2010.
- [5]. Guide Technique "Plan de protection des réseaux HTA" EDF B61-21, B61-22, B61-24, B61-25 ultérieure, Février 1994.
- [6]. VALENTIN CRASTAN, "Les réseaux d'énergie électrique I", Edition LAVOISIER 2006.
- [7]. Christian PURET, "Les réseaux de distribution publique moyenne tension dans le monde", année 2002.
- [8]. D. MELLAL, "Protection des réseaux", SONELGAZ, non édité.
- [9]. H. BELMAHDI et N. ABDELLI, "Études d'un réseau de distribution moyenne tension".
- [10]. Reda AIT ADDA, "Étude et présentation du relais de protection numérique SEPAM S80 du départ aérien 30 kV Maatkas", Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL, UNIVERSITE MOULOUD MAAMERI DE TIZI-OUZOU, le 30/09/2015.
- [11].NABIL GHANINE,"etude des protections dun réseau MT application poste de BOKHALFA 60/30kv ", mémoire de fin dEtudes de master ACADEMIQYE

Référenc du chapitre II

- [1] Notice d'exploitation Installation, utilisation, mise en service et maintenance de SEPAM, Schneider électrique, Mai 2007.
- [2] Notice fonction Mesures, protections, commande et surveillance de SEPAM, Schneider électrique, Mai 2007.
- [3] Reda AITADDA, "Étude et présentation du relais de protection numérique SEPAM S80 du départ aérien 30 kV Maatkas", Mémoire de Fin d'Études de MASTER PROFESSIONNEL, UNIVERSITÉ MOULOUD MAAMERI DE TIZI-OUZOU, le 30/09/2015

Référencec du chapitre III

[1] Rodney Tan (2023). Overvoltage Relay Block (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/64255-overvoltage-relay-block>), MATLAB Central File Exchange. 27 Aug 2017.

