

SPECIFICATION TECHNIQUE

Protection différentielle et protection à maximum courant des transformateurs THT/HT

ST N° T14-P14

Edition Mai 2014

SOMMAIRE

1-DOMAINE D'APPLICATION	3
2-NORMES DE REFERENCE.....	3
3-DONNEES GENERALES.....	4
3.1-Réducteurs de mesure	
3.2-Fréquence	
3.3-régime normal de mise à la terre des neutres	
3.4- courant maximal de court-circuit	
3.5- courant minimal de court circuit	
4-APPLICATION FONCTIONNELLE.....	5
4.1- Protection différentielle du transformateur (87t)	
4.2- Protections a maximum de courant	
4.3- Protection masse cuve	
4.4- Protection contre des surcharges thermique (49)	
5-DONNEES TECHNIQUES.....	7
5.1- Protection différentielle du transformateur (87t)	
5.2-Enregistrement d'évenements	
5.3-Enregistreur pérturbographe	
5.4-Autosurveillance et diagnostics	
5.5-Communication homme-machine	
5.6-Ecran de visualisation local	
5.7-Communication à distance	
6-CARACTERISTIQUES DES GRANDEURS ET DES CIRCUITS.....	9
6.1-Entrées de courant	
6.2-Entrées de tension éventuelle	
6.3-Entrées numériques	
6.4-Sorties de déclenchement	
6.5-Sorties de signalisation	
6.6-Signalisations optiques	
7-EXIGENCE D'ISOLEMENT FACE A PERTURBATIONS.....	10
7.1-Essais diélectriquesSignalisations optiques	
7.2-Pérturbations électriques	
7.3-Humidité et marge de température ambiance	
8-PRÉSENTATION	11
8.1-Boitier et bornes	
8.2-Plaque caractéristique	
8.3-Face avant	
8.4- Documents techniques	
9-ESSAIS.....	12

1. DOMAINE D'APPLICATION

La présente spécification technique s'applique aux protections numériques des autotransformateurs et transformateurs de puissance à 2 ou 3 enroulements des postes THT de l'ONEE Branche Electricité.

Elle définit les conditions auxquelles doivent satisfaire ces protections, en ce qui concerne la conception, la fabrication, les caractéristiques nominales et les essais de qualification et de réception à réaliser dans le but d'établir leur conformité aux exigences demandées par l'ONEE Branche Electricité.

Ces équipements doivent assurer, de façon sélective et rapide l'élimination des défauts survenant sur les autotransformateurs et transformateurs de puissance à 2 ou 3 enroulements.

Tous les types de courts circuits doivent être détectés.

2. NORMES DE REFERENCE

Les protections doivent répondre aux dispositions de la présente Spécification Technique et à toutes les prescriptions prévues dans les normes de référence, à savoir :

CEI 60 044 -1	: Transformateurs de mesure -Partie 1 Transformateurs de courant
CEI 60 044 -2	: Transformateurs inductifs de tension
CEI 60 044-5	: Transformateurs condensateurs de tension
CEI 60 255-5	: Relais électriques - partie 5 : Coordination de l'isolement des relais de mesure et des dispositifs de protection; prescriptions et essais.
CEI 60 255-22-1	:Relais électriques - première partie : Essais à l'onde oscillatoire amortie à 1MHZ
CEI 60 255-22-2	: Relais électriques - partie 22 : Essais d'influence concernant les relais de mesure et dispositifs de protection - section 2 : Essais de décharges électrosta-
CEI 61 000-4-2	: Compatibilité électromagnétique (CEM) Partie 4-2 Techniques d'essai et de mesure; Essai d'immunité aux décharges électrostatiques
CEI 61 000-4-3	: Compatibilité électromagnétique (CEM) Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure; Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fré-
CEI 61 000-4-4	: Compatibilité électromagnétique (CEM) Partie 4-4 : Techniques d'essai et de mesure; Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves.
CEI 61 000-4-8	: Compatibilité électromagnétique (CEM) Partie 4-8 : Techniques d'essai et de mesure; Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau.

Les textes applicables sont ceux des éditions les plus récentes des normes précitées.

3. DONNEES GENERALES

3.1. - RÉDUCTEURS DE MESURE

Les protections des autotransformateurs et transformateurs de puissance ne doivent imposer aucune exigence spéciale aux transformateurs de courant et de tension. Elles doivent être prévues pour un fonctionnement correct sur ces transformateurs dont les caractéristiques sont les suivantes:

TC protection		
Courant nominal secondaire .	1 ou 5A	A
Puissance de précision	10	A
Classe de précision	5 P20	VA-

3.2. FRÉQUENCE

La fréquence du réseau est de 50 Hz. Elle peut, en exploitation perturbée du réseau, varier dans le domaine 47-52 Hz, très exceptionnellement dans les domaines 45-47 Hz et 52-55 Hz.

3.3. - RÉGIME NORMAL DE MISE À LA TERRE DES NEUTRES

Les neutres du réseau THT sont mis directement à la terre de façon à respecter pour l'ensemble des nœuds du réseau la relation: $1 < Z_o/Z_d < 3$

Dans cette inégalité, Z_d et Z_o sont les impédances directe et homopolaire en tout point du réseau. Pour certains nœuds le rapport Z_o/Z_d peut être < 1 .

3.4. - COURANT MAXIMAL DE COURT-CIRCUIT

La valeur maximale de courant de défaut pour les années à venir peut atteindre les 40 KA.

3.5. - COURANT MINIMAL DE COURT CIRCUIT

La limite inférieure des courants de courts-circuits est fonction des schémas de réseau, des longueurs de lignes, des résistances de défaut ainsi que des dispositions éventuellement prises pour limiter les courants de défaut.

Pour un défaut triphasé au poste, le courant minimal de court-circuit est pris égal à 100 A (impédance directe maximale de la source $Z_d = 1300$ ohms THT).

On ne peut donner la valeur minimale du courant pour les défauts à la terre : en cas de défaut très résistant, c'est la limite de sensibilité en résistance du défaut admissible du fait des reports de charge à tolérer qui constitue la limite de la protection.

4. APPLICATION FONCTIONNELLE

Les protections suivantes devront détecter différents types de défaut survenant sur les autotransformateurs et transformateurs de puissance à 2 ou 3 enroulements. Il s'agit de :

- Protection différentielle du transformateur à deux et trois enroulements (87T).
- Protection à maximum de courant, instantanées et temporisées, entre phases et phases neutre
- Protection à maximum de courant pour les défauts cuve
- Protection de surcharge

4.1. PROTECTION DIFFERENTIELLE DU TRANSFORMATEUR (87T)

Cette protection devra détecter différents types de défaut :

- tous les défauts entre phases,
- les défauts à la terre
- Les défauts entre spires.

La protection devra pouvoir s'adapter aux rapports de transformation des TC numériquement, ainsi qu'au déphasage dérivé du couplage de chaque enroulement.

Elle devra être insensible aux harmoniques de 2^{ème} et 5^{ème} rang afin d'empêcher respectivement les déclenchements par courant magnétisant et courant de surexcitation.

La saturation des transformateurs de courant ne doit pas faire déclencher la protection différentielle.

Dans le cas d'un défaut extérieur à la zone protégée (pour lequel la protection ne doit activer aucun ordre de déclenchement) un ou plusieurs TC de départ peuvent se saturer par le courant de défaut. Il en résulte que le courant différentiel, qui n'est plus alors égal à zéro, pourra provoquer le fonctionnement du relais différentiel.

Pour éviter tout risque de déclenchement, la protection doit être insensible au phénomène de saturation d'un ou plusieurs TC provoqué par un défaut extérieur, mais par contre le déclenchement doit être ordonné très rapidement en cas de défaut intérieur ou évoluant de l'extérieur vers l'intérieur.

Courant nominal (Valeur Efficace)	1 A ; 5A
Transfo et autotransformateur à 2 ou 3 enroulements	oui
Adaptation au rapport TC et rattrapage du couplage	oui
Stabilité en présence de défauts extérieurs	oui
Stabilité en présence de saturation des TCs	oui
2ème h : Stabilisation à l'enclenchement	oui
Temps de déclenchement maximum	$\Delta I > 2 \cdot I_n$ 30 ms
	$\Delta I < 2 \cdot I_n$ 50 ms
Précision du seuil du mise au travail	$\pm 5 \% I_n$
Seuil de courant différentielle réglable	20 à 50 % I_n
Pente réglable	10 à 80%

4.2. PROTECTIONS A MAXIMUM DE COURANT

Ces unités de protections agiront comme protections de secours de la fonction principale (87T) et comme protection de réserve du réseau externe et se compose de :

Défaut entre phases

- Trois relais à maximum de courant de phase à deux seuils (seuil bas et seuil haut), temporisés, pour la protection contre les défauts entre phases.

Courant nominal	1 ; 5A	
Domaine d'ajustement Intensité	Seuil bas	0,5 à 1,5In
	Seuil haut:	1 à 3,5 In
Domaine d'ajustement en temporisation	Seuil bas	> 10 sec ±5%
	Seuil haut	>2,5 sec ±5%
Rapport de dégagement en % Ir	90%	

Ces deux seuils pourront être relayés par une temporisation de 20 mn.

Défaut entre phases et terre

- Un Relais à maximum de courant homopolaire à deux seuils (seuil bas et seuil haut), temporisés, désensibilisé à l'harmonique trois (3) pour la protection contre les défauts terre.

:

Courant nominal	1 ; 5A	
Domaine d'ajustement Intensité	Seuil bas	0,25 à 1In
	Seuil haut:	2,5 à 6In
Domaine d'ajustement en temporisation	Seuil bas	10 sec ou plus ±5%
	Seuil haut	3sec ±5%
Rapport de dégagement en % Ir	90%	

Ces deux seuils pourront être relayés par une temporisation de 20 mn.

4.3. PROTECTION MASSE CUVE

- Un relais à maximum de courant instantané:

Calibre	In 1A
Domaine d'ajustement Intensité	0,1 à 1 In
Rapport dégagement valeur d'ajustage	90%
Consommation circuit mesure	< 1VA

4.4. PROTECTION CONTRE DES SURCHARGES THERMIQUE (49)

Cette fonction protège les enroulements contre des surcharges thermiques. La fonction thermique contre les surcharges devra protéger l'isolement contre les contraintes thermiques.

La fonction devra avoir deux constantes thermiques différentes et deux niveaux indépendants pour des alarmes et des déclenchements.

La protection en service devra mesurer le courant, l'état thermique, le temps de déclenchement et le temps de blocage.

5. DONNEES TECHNIQUES

Chaque équipement de protection devra comporter :

5.1. CONTROLE DE PLAUSIBILITE

Le contrôle de plausibilité des courants permettra la détection de dissymétries, dans les circuits secondaires des courants. Le contrôle de plausibilité devra avoir les caractéristiques suivantes :

- Evaluation de la somme et la succession des phases des trois courants de phase.
- Possibilité de comparer la somme obtenue à la valeur fournie sur l'entrée de somme des courants.
- Blocage en présence de courants différentielles sans défaut, seuil réglable 0.1 à 2·In.

5.2. ENREGISTREMENT D'EVENEMENTS

L'enregistreur d'événements devra pouvoir enregistrer au moins 100 événements avec une résolution de 1ms. Lorsque la mémoire se sature, l'enregistreur effacera les événements plus anciens pour permettre l'enregistrement des plus nouveaux.

Chaque événement enregistrera la date, l'événement et les courants phase et neutre ainsi que : la date, l'heure, la minute, la seconde et les centièmes de seconde.

La protection devra admettre, au minimum, la synchronisation à travers un port de communications.

5.3. ENREGISTREUR PERTURBOGRAPHE

Il doit enregistrer et restituer sur le même tracé graphique les 4 courants alternatifs ainsi que des signaux logiques et éventuellement les taux d'harmoniques.

La capacité de mémoire des données permet un enregistrement d'au moins 3 secondes dont les 100 premières ms sont affectées pour l'avant défaut.

La mémoire est active soit au déclenchement, soit au démarrage, soit par entrée binaire.

L'archivage vers une mémoire de masse via un réseau de communication doit être possible.

Tous les enregistrements nécessaires à une analyse doivent être prévus, et en particulier :

- Les 3 courants de phases R, S, T et le courant homopolaire
- Les différents tops de déclenchement
- L'ouvrage concerné, la date et l'heure.

5.4. AUTOSURVEILLANCE ET DIAGNOSTICS

L'autosurveillance et les diagnostics internes accroissent la disponibilité du dispositif de protection et, partant celle du réseau électrique.

Pour garantir la disponibilité, la fiabilité et la sûreté d'un système de protection, il faut surveiller en permanence chacun de ses composants matériels et logiciels.

Un contact d'alarme informera immédiatement de toute panne survenue dans le matériel.

En particulier, la tension continue auxiliaire sera surveillée en permanence à l'aide d'un matériel approprié. Des algorithmes spéciaux surveilleront en permanence la mémoire du microprocesseur, et le correct fonctionnement des logiciels sera surveillé par des circuits de chien de garde.

L'autocontrôle s'effectue depuis les entrées logiques et analogiques jusqu'aux relais de sorties. Il doit inclure entre autres les convertisseurs de la tension auxiliaire, l'état des cartes, etc., une attention particulière est donnée à la logique de déclenchement.

5.5. COMMUNICATION HOMME-MACHINE

La communication locale avec le dispositif de protection sera assurée par un logiciel de dialogue homme-machine assisté par menus.

5.6. ECRAN DE VISUALISATION LOCAL

L'écran de visualisation local en face avant permettra l'accès aux réglages, événements, valeurs mesurées et informations liées au diagnostic.

5.7. COMMUNICATION A DISTANCE

Le dispositif pourra communiquer avec un système de supervision et de surveillance ou avec un système de contrôle-commande de poste, par l'intermédiaire d'un réseau de communication par fibres optiques.

L'interface sérielle permettra via un PC, de lire les événements, les valeurs mesurées, les fichiers en provenance du perturbographe et les paramètres affichés.

Le protocole de communication normalisé CEI 60870-5-103 sera prévu. Ce protocole de communication permettra de transférer les données suivantes :

- La synchronisation des temps
- Des événements sélectionnés dans le domaine public
- Tous les événements dans le domaine générique
- La commande de rappel des ordres de déclenchement

6. CARACTERISTIQUES DES GRANDEURS ET DES CIRCUITS

6.1.ENTREES DE COURANT

- Le courant nominal sera de 1 A ou 5 A (valeur qui sera précisée à la commande).
- La consommation maximale admissible sera de 0,2 VA à courant nominal.
- Le domaine nominal de fréquence : 47 Hz <f<52 Hz ;
- Valeur limite thermique de service continu 4 In
- Valeur limite thermique de courte durée 20 In pendant 5s.

6.2.ENTREES DE TENSION EVENTUELLE

- Les entrées de tension peuvent être obtenues à partir des enroulements du transformateur avec une valeur nominale au secondaire de $100 / \sqrt{3}$.
- La consommation maximale est de 1VA à la tension nominale.
- Le domaine nominal de fréquence : 47 Hz <f<52 Hz ;
- Valeur limite thermique de service continu 1,5 Vn
- Valeur limite thermique de courte durée 1,9 Vn pendant 5 s

6.3.ENTREES NUMERIQUES

L'équipement doit au moins être muni de 8 entrées numériques programmables caractéristiques suivantes :

Tension :	Useuil: > 25 V pour entrée 48 Vcc > 60 V pour entrée 127 Vcc
Consommation à Un :	0,5W ± 10% (à 48V) ; 0,8W ± 10% (à 127V)

Les signaux de durée < à 15 ms ne doivent pas être pris en compte.

6.4. SORTIES DE DECLENCHEMENT

En complément aux spécifications générales, les valeurs maximales de courant de court-circuit susceptibles de parcourir les circuits à courant continu de l'équipement de protection sont de 250 A - 30 ms et de 30 A - 0,5 sec

L'équipement aura au moins 8 sorties numériques programmables de déclenchement capables de supporter les courants absorbés par les bobines des disjoncteurs (contacts normalement ouverts et hors potentiel). Ces sorties pourront être appliquées à n'importe quel information de la bibliothèque, avec la possibilité d'associer deux ou plusieurs événements à une sortie physique, grâce à de fonctions logiques

6.5.SORTIES DE SIGNALISATION

En complément aux spécifications générales, les valeurs maximales de courant de court-circuit susceptibles de parcourir les circuits à courant continu de l'équipement sont de 100 A - 30 ms

L'équipement aura au moins 12 sorties numériques programmables (contact normalement ouvert, hors potentiel). Ces sorties pourront être appliquées à n'importe quel information de la bibliothèque, avec la possibilité d'associer deux ou plusieurs événements à une sortie physique, grâce à de fonctions logiques.

Une sortie non programmable indépendante des autres sorties sera dédiée exclusivement à l'information «Protection hors service».

6.6.SIGNALISATIONS OPTIQUES

La protection doit avoir, ou moins, 8 indicateurs optiques afin de signaler :

- L'existence de tension d'alimentation auxiliaire.
- Le démarrage.
- Les déclenchement.
- Situation de verrouillage
- Etc

7. EXIGENCE D'ISOLEMENT FACE A PERTURBATIONS

7.1. ESSAIS DIELECTRIQUES

Selon la norme CEI 255-5, les circuits sont classés comme suit :

Entrées U et I : classe A

Circuits à courant continu : classe C1

Classe d'essai	U mesure de R d'isolement	Essai diélectrique à 50 HZ		Essai onde de choc 1,2/50 µs		Susceptibilité aux parasites	
		Mde.Com.	Mde.Diff.	M.C.	M.D.	M.C.	M.D.
	V	kV	kV	kV	kV	kV	kV
A	500	2	1	5	5	2,5	1
C1	500	2	1	5	3	2,5	1

Résistance d'isolement = 100 MΩ

7.2. PERTURBATIONS ELECTRIQUES

Les circuits à basse tension des postes sont le siège de perturbations transitoires à basse fréquence (entre 50 Hz et une dizaine de kHz) et à haute fréquence (entre 100 kHz et quelques dizaine de MHz).

Les phénomènes à basse fréquence semblent peu contraignants pour les équipements. Par contre, il est nécessaire de prendre vis-à-vis des phénomènes à haute fréquence des précautions pour garantir le bon fonctionnement de ces équipements.

Ces perturbations à haute fréquence sont engendrées principalement par la manœuvre des appareils THT, les défauts affectant le réseau ainsi que la coupure d'éléments inductifs sur les circuits à basse tension. Elles se présentent sous la forme d'ondes oscillatoires amorties. Elles se transmettent soit par élément commun, par couplage capacitif ou inductif, soit par rayonnement électromagnétique.

7.3.HUMIDITE ET MARGE DE TEMPERATURE AMBIANCE

Humidité relative	Température de fonctionnement	Température de stockage
95% à 20°C	- 10°C + 55°C	- 20°C + 70°C

8. PRESENTATION

8.1.BOITIER ET BORNES

L'équipement répond au degré de protection IP-51 (CEI 60529) et doit être prévu pour montage:

- rack 19" placé dans une armoire.
- coffret, pour fixation par des tiges filetées placées à l'arrière de la protection.

Son raccordement avec les circuits extérieurs se fera sur un connecteur accessible. Celui-ci peut être à prises avant ou, à prises arrière moyennant un système amovible.

Les bornes devront être correctement identifiées par des repères ineffaçables et devront admettre des conducteurs de cuivre flexible de 4mm² pour les bornes de courant et 2,5mm² pour les autres bornes.

Une borne de mise à la terre devra être prévue. Si l'utilisation de cette borne est spécifique à un constructeur, celui-ci doit indiquer les dispositions à prendre pour son raccordement.

Si l'équipement est de type débrochable, il devra être prévu un blocage qui empêche une fausse insertion. Un système de court circuitage devra être prévu afin qu'aucune ouverture des circuits de courant ne doit être possible après extraction.

8.2.PLAQUE CARACTERISTIQUE

Elle devra indiquer :

- La fonction de protection
- Les courants et tensions nominaux
- Le modèle et le numéro de fabrication
- La tension auxiliaire d'alimentation

8.3. FACE AVANT

Elle devra indiquer :

- Les signalisations optiques
- Afficheur écran
- Eventuellement clavier
- Bouton d'acquiescement
- Port série pour PC .

8.4. DOCUMENTS TECHNIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

- Description générale

- ✓ Principe de fonctionnement
- ✓ courbes caractéristiques 87T
- ✓ Algorithme de traitement du signal et le nombre d'échantillons par cycle.
- ✓ schémas du principe
- ✓ schéma de raccordements
- ✓ Caractéristiques techniques
- ✓ Dimensions et poids de la protection

- Guide d'utilisation et d'installation
- Guide de maintenance de réglage et de mise en service.
- Exemples de réglage et de configuration.
- Exceptions à la norme.
- Certificat d'essais de type
- Certificat d'utilisation sur sites THT
- Les logiciels de configuration, de paramétrage, de perturbographie etc..

9. ESSAIS

Le constructeur peut fournir, une certification d'essais déjà réalisés sur un équipement de même type. Les résultats des essais rédigés en langue française, comprendront :

- Fonctionnement général (vérification des caractéristiques fonctionnelles, mesure des différents seuils, des temporisations etc.).
- Essais diélectriques et immunité électromagnétique
- Microcoupures de la tension auxiliaire.
- Temps minimal d'ordre de déclenchement.
- Influence de la composante asymétrique dans les courts-circuits.
- Influence de la valeur de la tension auxiliaire.
- Influence de la température ambiante.
- Influence de la fréquence
- Pouvoir de fermeture et d'ouverture des contacts.
- Application de courant maximal et tension maximale précisées.
- Les normes correspondantes