

SPECIFICATION TECHNIQUE

Transformateurs de puissance THT/HT/MT
ST T25-P25

Edition Décembre 2012

SOMMAIRE

1 - DOMAINE D'APPLICATION	3
2 - NORMES DE REFERENCE	3
3 - CARACTERISTIQUES	4
3.1 Caractéristiques du réseau	
3.2 Caractéristiques du disjoncteur	
3.3 Caractéristiques des éléments auxiliaires	
4 - CARACTERISTIQUES CONSTRUCTIVES	5
4.1 Généralités	
4.2 Dispositif de commande	
4.3 Dispositif anti-pompage	
4.4 Verrouillage déclenchement	
4.5 Alarme	
4.6 Moteur de réarmement	
4.7 Documents exigibles	
5 – CONDITIONS CLIMATIQUES AU MAROC	10
6 – IDENTIFICATION DES DISJONCTEURS	10
7 – ESSAIS	11
7.1 Essais de qualification	
7.2 Essais de réception	
ANNEXE : Fiche des caractéristiques assignées	15

1 - DOMAINE D'APPLICATION

La présente Spécification Technique s'applique aux transformateurs de puissance triphasés à enroulements séparés de type extérieur destinés à assurer l'interconnexion des réseaux 225 et 60 kV et de fréquence 50 HZ. Ces transformateurs sont à refroidissement dans l'huile et comportent un régleur en charge. Ils peuvent être du type à trois colonnes ou cuirassés.

Elle définit les conditions auxquelles doivent satisfaire ces transformateurs de puissance 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'Office National d'Electricité et de l'Eau Potable - Branche Electricité.

2 – NORMES DE REFERENCE

Les transformateurs de puissance doivent répondre aux dispositions de la présente Spécification Technique et à toutes les prescriptions, qui n'y sont pas contraires, prévues dans les normes de référence, à savoir :

CEI 60 076 – 1 : Transformateurs de puissance – partie 1 : Généralités.

CEI 60 076 – 2 : Transformateurs de puissance – partie 2 : Echauffement.

CEI 60 076 – 3 : Transformateurs de puissance – partie 3 : - Niveau d'isolement, essais diélectriques et distance d'isolement dans l'air .

CEI 60 076 – 4 : Transformateurs de puissance – partie 4 : Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manoeuvre ; transformateurs de puissance et des bobines d'inductance.

CEI 60 076 – 5 : Transformateurs de puissance –Partie 5 : Tenue au court-circuit.

CEI 60 076 – 8 : Transformateurs de puissance –Partie 8 : Guide d'application.

CEI 60 076 – 10 : Transformateurs de puissance –Partie 10 : Détermination des niveaux de bruit.

CEI 60 071 – 1 : Coordination de l'isolement partie 1 : Définitions, principes et règles.

CEI 60 085 : Evaluation thermique de l'isolation (publication) .

CEI 60 137 : Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000V.

CEI 60 214 – 1 : Changeurs de prise en charge – Partie 1 : prescriptions de performances et méthodes d'essais.

CEI 60 279 : Mesure de la résistance des enroulements d'une machine à courant alternatif en fonctionnement sous tension.

CEI 60 296 : fluides pour applications électrothermiques, huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion

CEI 60 354 : Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile.

CEI 60 616 : Marquage des bornes et prises de transformateurs de puissance.

CEI 60 694 : Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension.

CEI 60 542 : Guide d'application pour changeur de prises en charge.

CEI 60 815 : Guide pour le choix des isolateurs sous pollution (publication).

CEI 60 529 : Degré de protection procurés par les enveloppes (code IP).

EN 50 216 – 1 : Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines

d'inductance – partie 1 : Généralités.

EN 50 216 – 2 : Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – partie 2 : Relais de protection (dégagement gazeux, niveau d'huile) pour transformateurs et réactance immergés dans un diélectrique liquide d'un conservateur.

EN 50 216 – 4 : Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – partie 4 : Accessoires de base (borne de terre, orifice de remplissage, vanne de vidange, doigt de gant, galets de roulement).

EN 50 216 – 5 : Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – partie 5 : Indicateurs de niveau de liquide isolant, manomètres et indicateurs de circulation de liquide isolant.

EN 50 216 – 6 : Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – partie 6 : Appareillage de refroidissement ; radiateurs détachables pour transformateurs immergés dans l'huile.

EN 50 216 – 7 : Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – partie 7 : Pompes électriques pour transformateurs immergés.

NF X 41 – 002 : Protection contre les agents physiques chimiques et biologiques – Essai au brouillard salin.

NF EN ISO 2409 : Essai de quadrillage.

CEI 60 044-1 : Transformateurs de Mesure – partie 1 : Transformateurs de courant.

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

Toute autre norme, reconnue comme assurant une qualité au moins équivalente, est acceptée comme norme de référence.

3 - CARACTERISTIQUES GENERALES EN REGIME ASSIGNE

Les transformateurs de puissance sont de type immergés à refroidissement et isolement dans de l'huile diélectrique et comportent un changeur de prises en charge. Ils sont de type à trois colonnes ou cuirassés. Ils peuvent comporter un troisième enroulement tertiaire connecté en triangle.

Type : Transformateur à enroulements séparés pour installation extérieure

Triphasé : 225/63/11 kV

Fréquence : 50 Hz

Mode de refroidissement : ONAN/ODAF ou ONAN/OFAF(60%/ 100 %)

Puissance nominale de l'enroulement primaire : voir annexe C

Puissance nominale de l'enroulement secondaire : voir annexe C

Puissance nominale de l'enroulement tertiaire : voir annexe C

Tension nominale de l'enroulement primaire : 225 kV

Tension nominale de l'enroulement secondaire : 63 kV

Tension nominale de l'enroulement tertiaire : 11 kV

Enroulement à prises : THT côté neutre

Nombre de positions de réglage : 23

Etendue de prises en charge : +/- 15%

- Isolement des enroulements primaires : 245 kV
Isolement des enroulements secondaires : 72.5 kV
Isolement des enroulements tertiaires : 17.5 kV
Enroulement primaire : étoile neutre sorti
Enroulement secondaire : étoile neutre sorti
Enroulement tertiaire : triangle
Neutre de l'enroulement primaire : Sorti
Neutre de l'enroulement secondaire : Sorti
Symbole de couplage : YNynod11
Tension des auxiliaires (pompes, ventilation, etc) : 220/380V AC
Tension des auxiliaires (commande de changeur de prise, alarmes, etc....) : 127 V DC
Courant de court-circuit symétrique du réseau MT :40 kA
Niveau de bruit :
Le niveau de puissance sonore pondérée doit être inférieur aux valeurs suivantes :
– Transformateur seul : ≤ 80 dB(A)
– Dispositif de réfrigération : ≤ 80 dB(A)

4 – ACCESSOIRES DES TRANSFORMATEURS

Les accessoires installés sur le transformateur sont les suivants :

- Les aëroréfrigérants avec tubes et moto-ventilateurs et vannes d'isolement sur les tubes haut et bas de raccordement à la cuve.
- Les groupes motopompes d'huile avec indicateurs de circulation d'huile.
- Le robinet de vidange.
- 2 tubes avec vannes équipées chacune d'un robinet de prise d'échantillon d'huile aux niveaux haut et bas, transformateur en service, et les raccords pour liaison au filtre presse.
- Une ou deux soupapes de sûreté ou autre dispositif pour la protection contre les surpressions internes avec une tubulure de déversement éjectant l'huile hors du couvercle et des bornes, dont l'orientation sera déterminée en fonction des exigences de l'installation. A cet effet, la bride de fixation sera percée de 8 trous régulièrement espacés pour permettre la rotation de la tubulure de 1/8 de tour.
- Le thermomètre d'huile à 4 contacts (avec indicateur du Maximum) installé à hauteur d'homme.
- Deux thermomètres d'enroulement à 4 contacts (image thermique); un pour la H.T. et un pour la BT. Le démarrage des ventilateurs et pompes est contrôlé par les images thermiques.
- Les jeux d'anneaux de levage et des oeillets de halage.
- Un jeu de galets de roulement en acier, orientables pour le déplacement du transformateur sur voies respectivement de 1,44 et 2,94m dans les deux sens de roulement, les distances étant mesurées entre les bords intérieurs des champignons des rails.
- Les freins des galets au repos.
- Les traversées avec tiges cylindriques et éclateurs.
- Deux dispositifs doigts de gant destinés à recevoir des sondes de thermostats, placés sur la partie supérieure de la cuve à travers une ouverture ménagée sur

le couvercle des transformateurs. Momentanément, chaque ouverture devra être remplie d'huile et obturée par un dispositif approprié. La fourniture du Constructeur se limite au câble de raccordement des thermostats installés dans les doigts de gant prévus à cet effet et le bornier « Client » situé dans l'armoire des auxiliaires.

- Une vanne d'isolement à commande manuelle sur la tubulure d'expansion d'huile entre le conservateur et la cuve.
- Une deuxième vanne d'isolement entre le conservateur et la cuve, à commande manuelle, permettant l'isolement et l'essai du Buchholz.
- Un clapet de désamorçage automatique (obturateur débimétrique) destiné à empêcher la vidange du conservateur dans la cuve, dans le cas où cette dernière se trouve en communication avec l'extérieur, ce clapet doit être insensible aux circulations normales d'huile.
- Une tuyauterie by-pass du clapet ci-dessus, avec vanne d'isolement permettant le remplissage aval de l'ensemble buchholz et clapet.
- Un relais Buchholz à deux contacts pouvant être isolé et démonté sans vidange importante d'huile au moyen des vannes à commande manuelle cidessus indiquées.
- Un dispositif de récupération du gaz permettant la vidange de la canalisation du relais Buchholz, ramené à hauteur d'Homme.
- Des supports pour fixation de 6 à 8 détecteurs d'incendie (120 à 150°C) destinés à provoquer le fonctionnement de la protection incendie, doivent être implantés et disposés à environ 150 mm au-dessus du couvercle du transformateur légèrement incliné (20°) par rapport à l'horizontal, la partie détectrice tournée vers l'extérieur du transformateur et pointant faiblement vers le haut. La fourniture du Constructeur se limitera au support des détecteurs d'incendie et leur câblage en parallèle en les ramenant sur le bornier « Client » à l'armoire des auxiliaires (sur 2 bornes par polarité).
- 1 changeur de prises en charge avec tous les accessoires permettant la protection et la commande à distance et locale, avec un transmetteur de position et un compteur de manoeuvres.
- Un coffret de raccordement des connexions électriques auxiliaires et de regroupement de toute la filerie nécessaire reliant les différentes parties du transformateur, ce coffret ne devra pas contenir les connexions de la détection de la protection incendie.
- Le matériel nécessaire pour la mise en place de la protection incendie par vidange et brassage de l'huile (celle-ci est fournie par l'ONEE- Branche Electricité) ; Ce matériel comprend :
 - Une vanne ouverte en service permettant d'effectuer rapidement la vidange d'une hauteur d'huile de 10 à 20 cm au-dessous du couvercle ou de la plus basse des bornes ; cette vanne devra pouvoir être placée à volonté à l'une ou l'autre des extrémités de l'appareil.
 - Les vannes nécessaires à l'injection de l'azote à la partie inférieure de la cuve.
 - Les plaques indicatrices de la fonction de ces vannes et la mention ouverte en service.

- Le diamètre et la position exacte de ces vannes seront déterminés en accord avec l'ONEE- Branche Electricité avant la mise en fabrication de la cuve.
- Une tubulaire avec raccordement fermé par les joints boulonnés sur une bride pour la liaison provisoire à une pompe sous vide.
- Un conservateur d'huile fixé à la cuve de l'appareil et muni de :
 - deux indicateurs d'huile lisibles à distance (un indicateur pour la partie régleur en charge et l'autre pour la cuve), du type magnétique, munis de contact de signalisation,
 - deux assécheurs d'air à joint, installés à hauteur d'Homme, permettant la déshumidification et le filtrage de l'air respiré par l'appareil lors des variations du volume d'huile,
 - une ouverture de remplissage d'huile, fermée par un joint plein boulonné sur une bride.
- Un changeur de prises en charge avec tous les accessoires de protection et de commande à distance et sur place, un transmetteur de position du type à décades (le récepteur ne fait pas partie de la fourniture) et un compteur de manoeuvre.
- Trois parafoudres ZnO de tension spécifiée 15 kV pour protection du tertiaire avec leurs supports fixés sur la cuve.
- Un transformateur biberon 11 000 / 220-380 volts de puissance appropriée pour l'alimentation des aéroréfrigérants de l'appareil. Ce transformateur biberon sera monté par le Constructeur sur la cuve du transformateur principal dont les phases 11 kV doivent être cloisonnées.
- L'alimentation des auxiliaires alternatifs du transformateur se fera à travers un disjoncteur tétrapolaire et un inverseur « Normal » - « secours » à installer par le Constructeur à proximité du transformateur biberon.
- Les traversées 225 kV des phases seront équipées chacune de deux transformateurs de courant bushings encastrés.
- Les traversées 63 kV des phases seront équipées chacune d'un transformateur de courant bushing encastrés.
- Les traversées des neutres 225 kV et 60 kV seront équipées chacune d'un transformateur de courant bushing encastrés.
- Les traversées 11 kV seront équipées chacune de deux transformateurs de courant bushings encastrés. De même, les liaisons coté neutre de chaque bobinage doivent être équipées d'un transformateur de courant.
- L'appareillage de mise en route automatique du dispositif de réfrigération et de signalisation d'un défaut éventuel de fonctionnement.
- L'huile de premier remplissage de qualité indiquée à l'annexe B
- Une plaque signalétique en arabe ou en français
- Une plaque signalétique des vannes avec la mention des positions (ouverte en service)

Il est à rappeler que la liste des accessoires n'est pas limitative.

5 - CARACTERISTIQUES PARTICULIERES

Les transformateurs sont prévus pour un service nominal continu. Toutefois, ils devront être capables de supporter des surcharges prévues au paragraphe 6.3 dans les conditions de températures ambiantes limites fixées au même paragraphe.

5.1 - Conditions relatives à l'isolement

Les transformateurs sont prévus pour situation exposée et les tensions assignées sont:

- pour l'enroulement 225 kV : 245 kV
- pour l'enroulement 63 kV : 72,5 kV
- pour l'enroulement 11 kV : 17,5 kV

Les tensions d'épreuve selon le tableau 2 de la norme CEI 60 071-1 sont les suivantes:

	Tension de tenue à fréquence industrielle pendant 1 minute		Tension de tenue au choc	
	Côté phase	Côté neutre	Côté phase	Côté neutre
Pour l'enroulement 225 kV	460 kV/1mn	185 kV/1mn	1050 kV	450 kV
Pour l'enroulement 63 kV	140 kV/1mn	140 kV/1mn	325 kV	325 kV
Pour l'enroulement 11 kV	38 kV/1mn	-	95 kV	-

5.2 - Réglage de tension

Les transformateurs seront équipés d'un changeur de prises en charge connecté côté neutre de l'enroulement THT.

La plage de réglage sera de $\pm 15\%$, (commutateur à 23 positions et 21 prises).

L'entraînement du changeur de prises en charge se fait par moteur à courant continu 127 Volts.

- Soit à distance par boutons poussoirs ou par régulateur automatique de tension.
- Soit localement par boutons poussoirs installés dans l'armoire de commande du commutateur, ou manuellement par manivelle. L'engagement de cette dernière verrouille la marche du moteur du changeur de prises en charge.

L'emplacement du coffret de commande du changeur de prises en charge est situé à hauteur d'Homme.

Le commutateur est équipé d'un indicateur de position à transmission à distance.

5.3 - Marche à tension surélevée

Les transformateurs étant sur la prise principale à puissance nominale, ils devront supporter, sans que les échauffements garantis soient dépassés, d'être alimentés par une

tension primaire de:

- 5 % supérieure à la tension nominale de façon continue,
- 10 % supérieure à la tension nominale pendant 3 heures consécutives.

6 - CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

6.1 - Marche en parallèle

Les transformateurs doivent être capables de marcher en parallèle avec d'autres appareils (la tolérance limite sur la tension de court-circuit est de $\pm 10\%$).

6.2 - Echauffements des transformateurs

Les échauffements ne devront pas dépasser les valeurs suivantes pour une température ambiante de 50°C :

- échauffement des tôles (maximal) : 60°C
- échauffement de l'huile (maximal) : 50°C
- échauffement du cuivre des enroulements au point le plus chaud : 65°C
- échauffement moyen du cuivre des enroulements : 60°C

L'échauffement de l'huile est déterminé par la température maximale relevée par thermomètre.

Il ne sera pas admis de tolérance sur les échauffements.

6.3 - Surcharges

Les transformateurs répondant à la présente spécification peuvent en régime de secours exceptionnel, mais pouvant alors durer plusieurs heures consécutives par jour durant plusieurs jours consécutifs, être utilisés dans les conditions de surcharge suivante :

- 35 % de surcharge avec température ambiante de 5°C
- 25 % de surcharge avec température ambiante de 5 à 15°C
- 15 % de surcharge avec température ambiante de 15 à 30°C
- 10% de surcharge en permanence avec une température ambiante de 50°C

Les transformateurs devront être capables, après une marche prolongée en régime établi, de supporter des surcharges; la température maximale des enroulement au point le plus chaud atteint en fin de surcharge ne dépassant pas, pour la température ambiante nominale de 50°C , 115°C . La durée de court-circuit étant de 3 seconde.

6.4 - Tenue au court-circuit brusque

Les enroulements devront résister, quelle que soit la prise de réglage à un courtcircuit triphasé de courant symétrique de 40 kA aux bornes des transformateurs, conformément à la publication CEI 60076-5.

7 - CARACTERISTIQUES CONSTRUCTIVES

7.1 - Circuit magnétique

Le circuit magnétique est constitué par des tôles de haute perméabilité magnétique, à faible coefficient d'hystérésis et à pertes réduites.

Des connexions de mise à la terre en cuivre relieront toutes les parties du circuit magnétique à une ou plusieurs bornes conductrices de mise à la terre.

A cette ou ces bornes seront reliées les autres parties métalliques qui doivent être mises à la terre.

Le circuit magnétique doit offrir toutes les garanties d'inaltérabilité avec le temps et de résistance à l'action de la chaleur, de l'huile et des vibrations propres, le maintien des tôles et du calage du circuit magnétique doivent être prévus pour diminuer le bruit à sa source et éviter sa propagation.

7.2 - Enroulements (bobinage)

Les enroulements sont avec bobinage en cuivre.

Le calage doit être prévu pour éviter la déformation des enroulements en cas de court-circuit.

Toutes dispositions doivent être prises pour conserver dans le temps un effort de serrage sur les enroulements tel que leur tassement éventuel ne compromette pas leur tenue au court circuit.

Aux bornes du tertiaire, l'hypothèse du court-circuit est uniquement retenue entre phase et terre, tout court-circuit biphasé ou triphasé devra être rendu impossible par un cloisonnement efficace des phases.

7.3 – Traversés

Toutes les bornes seront conçues pour résister aux contraintes résultant de leur poids et des efforts électrodynamiques et mécaniques agissant sur les conducteurs en cas de court-circuit. Elles doivent pouvoir supporter, sans endommagement thermique, ni réduction de la tenue diélectrique, les conditions de surcharge de la présente spécification.

La disposition des bornes sur les transformateurs est celle indiquée sur la figure ci-après :

Les bornes seront facilement démontables et remplaçables sans qu'il soit nécessaire de découper le transformateur ou de soulever le couvercle de la cuve. Pour ces opérations, il n'est admis qu'une vidange d'huile très réduite ne découvrant pas la partie active du transformateur.

Le type de bornes prévues pour les trois tensions doit être conforme à la norme CEI 60 137.

Les traversées phases et neutres THT, HT et MT seront équipées des transformateurs de courant bushing encastrés.

Les bornes THT et HT seront munies d'éclateurs de coordination, à écartements réglables. Il est précisé que la distance de réglage sera normalement réglée à 120 cm pour les bornes 225 kV et 35 cm pour les bornes 63 kV.

Le Constructeur prévoira entre les bornes 11 kV des cloisons métalliques pleines pouvant être prolongée entre les bornes de raccordement.

Les enveloppes des traversées doivent être conformes aux recommandations de la CEI 60 815 et des indications données dans le tableau suivant et notamment pour le calcul du diamètre moyen d'isolateur.

Niveau de pollution	Niveau d'isolement	Environnements caractéristiques	Ligne de fuite Spécifique
I- faible	N1	Zone continentale – faible densité d'habitations et sans industrie ; – faible densité d'industrie avec vent et pluie fréquents ; – régions agricoles et montagneuses.	16mm/kV
II- moyen	N2	Zone continentale – industrie peu polluante et/ou de densité moyenne d'habitation ; – forte densité d'habitation et d'industrie mais avec pluie et vent fréquents.	20mm/kV
III- fort	N3	– forte densité d'habitation et banlieues de grandes villes ; – zone bord de mer.	25mm/kV
IV- très fort	N4	– forte concentration de poussière et/ou de fumées industrielles ; – exposition directe aux vents forts et polluants venant de la mer	31mm/kV
V-Exceptionnel	N5	– forte pollution industrielle aggravée par pollution marine ; – forte pollution saharienne.	35mm/kV
	N6	– zones sahariennes exposées aux effets polluants de l'industrie et des vents de sable et des vents venant de la mer.	40mm/kV

7.4 - Conservateur d'huile

Le conservateur d'huile sera fixé à la cuve du transformateur. Il doit être équipé de deux indicateurs de niveau d'huile lisibles depuis le sol. Il sera porté sur les des deux compartiments d'huile (Cuve et changeur de prises en charge) pour la température moyenne d'huile, 3 indications du niveau d'huile :

- Un niveau minimum équipé de contact de signalisation
- Un niveau maximum équipé de contact de signalisation
- Un niveau normal.

Le conservateur est constitué de deux compartiments totalement séparés physiquement. L'huile du conservateur est séparés de l'ai par une membrane déformable.

L'aspiration d'air du conservateur d'huile se fera par l'intermédiaire d'un filtre à huile et d'un déshydrateur installé sur la liaison avec l'atmosphère, à hauteur d'Homme.

7.5 - Cuve et galets de roulement

La cuve sera du type cloche, Elle doit être en tôle d'acier à joints soudés, l'emploi de fonte est interdit. Elle sera montée sur châssis comportant quatre ensembles de galets à boudins orientables montés sur roulement à rouleaux munis de graisseurs. Ces ensembles permettront le roulement des appareils complètement montés, suivant 2 directions :

- dans le sens transversal (voie de repos sur les massifs) sur voies ferrées de 2,94 m,
- dans le sens longitudinal (voie de desserte) sur des voies ferrées de 1,44 m.

Ces côtes s'entendent comme distances mesurées entre les bords intérieurs des champignons de rails. Le Constructeur déterminera la côte d'écartement des galets pour que le roulement soit correctement assuré.

Quatre plaques renforcées montées sous le châssis prévues pour soulever la cuve au moyen de vérins pendant le changement d'orientation des galets, ce changement devant être aisé. Les axes de ces plaques devront correspondre aux axes des rails de la voie de desserte ou de repos.

Ces plaques devront être suffisamment larges pour permettre un décentrement des vérins de 200 mm vers l'intérieur de la voie, leur face inférieure doit se trouver au minimum à 400 mm au dessus du fond de la cuve.

Aux extrémités du transformateur, dans le sens de la largeur , le fabricant doit prévoir l'emplacement des poutres de manutention de 500 x 600 mm.

Un jeu d'anneaux sera prévu pour le soulèvement de la cuve seule et du levage du transformateur et des oeilletons pour son halage dans les deux directions prévues.

Un guidage sera disposé pour la mise en place de la cloche couvercle. Outre le dispositif de guidage, la cuve comportera un calage de la partie active pour éviter son déplacement en cas de choc pendant la manutention des transformateurs.

La cuve doit supporter sans déformation permanente, un vide interne inférieur ou égal à 1 mbar pour le traitement de l'huile et une pression statique relative correspondant à une hauteur de l'axe du conservateur d'huile par rapport au plan de pose de l'appareil (rails).

La cuve, les vannes, le système de refroidissement et tous les joints doivent être parfaitement hermétiques à l'air, l'eau et l'huile jusqu'à une température de 120°C. La cuve comportera une borne de mise à la terre sur chacune des petites faces de l'appareil.

A proximité de la borne de mise à la terre, un support pour la fixation du transformateur de courant type tore de protection masse - cuve isolé électriquement de la cuve, l'axe du tore sera vertical.

Des dispositifs de fixation destinés à recevoir des supports de parafoudres 11 kV et des bornes pour le raccordement des prises de terre des parafoudres situées à proximité des dispositifs précités.

Les différentes parties de la cuve, boulonnée entre elles comporteront aux joints des shunts électriques, en cuivre, efficaces afin de permettre un fonctionnement correct de la protection de masse de la cuve (courant de fuite).

La protection de masse cuve sera installée par l'ONEE-Brache Electricité. Les dispositions nécessaires concernant l'isolement des accessoires seront prises en conséquence par le Constructeur.

Les galets de roulement notamment seront isolés électriquement de la cuve.

L'isolement de la masse cuve doit être conçu pour tenir une tension d'essai à fréquence industrielle de 5 kV efficace pendant 1 mn.

7.6 - Couvercle

La forme du couvercle devra favoriser l'écoulement de l'eau de pluie sur la face externe et permettre de recueillir et de diriger vers le conservateur dans les meilleures conditions, les bulles de gaz devant provoquer le fonctionnement du relais Buchholz. Le couvercle sera muni d'un ou plusieurs doigts de gant avec plaque d'obturation destinés à :

- la sonde thermique associée à une protection de surcharge avec contrôle de température (ne faisant pas partie de la fourniture du Constructeur).
- D'autres sondes de thermostats.

7.7 - Dispositif de réfrigération

Le refroidissement des transformateurs sera réalisé par circulation naturelle et forcé (ONAN/OFAF) d'huile dans une batterie de réfrigérant accolé à la cuve. Chaque élément sera raccordé à la cuve au moyen de tubulures haute et basse de raccordement, comprenant chacune une vanne d'isolement, et comportera un bouchon de purge.

La batterie de réfrigérant sera montée dans la mesure du possible côté 63 kV du transformateur.

Pour chaque élément de réfrigérant :

- la circulation d'huile sera assurée par une motopompe.
- Il sera prévu un dispositif indicateur de circulation d'huile.
- le soufflage des radiateurs sera assuré par 1 ou plusieurs ventilateurs.
- les appareils devront pouvoir rester en service en cas d'arrêt des pompes et des ventilateurs et assureront 60 % de la puissance nominale avec un refroidissement ONAN.

Le dispositif de réfrigération comportant deux ou plusieurs éléments réfrigérants indépendants, l'un d'eux étant en stand-by complètement câblé, les moteurs des éléments réfrigérants étant mis sous tension successivement au moyen des dispositifs d'image thermique réglés selon l'élévation de la température de l'huile et la variation de la charge.

Le Constructeur devra prendre toutes dispositions utiles pour limiter l'appel de courant au démarrage de ces moteurs (éventuellement en introduisant une temporisation dans le démarrage des moteurs), notamment dans le cas où, à la mise sous tension du transformateur, la température de l'huile correspondrait à la mise en service de la totalité des groupes motopompes et moto-ventilateurs.

Pour une température ambiante normale de 30° C et sans que la température des enroulements ne dépasse les limites admises (voir 6.4) la charge maximale admissible des transformateurs en cas de mise en/hors service des éléments réfrigérants et des pompes à huile devront être au moins 10% de la charge nominale.

7.9 - Moteurs auxiliaires

Les divers moteurs auxiliaires seront garantis pour fonctionner correctement pour les écarts sur la tension d'alimentation (valeur fixée 220/380 Volts pour les moteurs à courant alternatif et 127 Volts pour les moteurs à courant continu) compris entre -20 % et + 5 % de la tension nominale pour les moteurs à courant alternatif et de 100 à 135 Volts pour les moteurs à courant continu.

Les moteurs à courant alternatif seront prévus pour être alimentés en 220 ou 380 Volts triphasés par simple changement de couplage de leurs enroulements.

7.10 - Circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires sont alimentés par 2 sources suivant le cas :

- à courant alternatif 220/380 Volts triphasé destiné à l'alimentation des moteurs utilisés pour la réfrigération et de la commande de l'automatisme de démarrage des aéroréfrigérants.
- à courant continu 127 Volts destiné à l'alimentation des auxiliaires tels que Buchholz, thermostats, commande du changeur de prises en charge et des circuits de contrôle des aéroréfrigérants, etc ...

Les schémas des circuits de contrôle devront être établis de telle sorte que les alimentations venant directement du tableau de commande soient parfaitement distinctes et ne comportent aucun point commun avec les circuits de puissance. De même les circuits de commande et de signalisation ne devront comporter aucun point commun.

La position de l'armoire des auxiliaires doit être telle que l'accès à tous ses composants soit ramené à environ 1,50 m du niveau des rails.

De façon à permettre l'installation d'une protection de cuve insensible au courant qui résulterait d'un défaut à la masse des circuits et moteurs auxiliaires, il sera prévu un isolement suffisant entre la cuve du transformateur d'une part et la carcasse des moteurs et coffrets et, éventuellement, l'armature métallique des câbles utilisés d'autre part.

La tension d'essai à fréquence industrielle 1mn sera de 2500 V pour l'armoire des auxiliaires ; les bornes doivent tenir une tension normale supérieure ou égale à 600 Vcc.

En installation extérieure, le degré de protection des coffrets et boîtes de raccordement doit être au moins IP 44 en conformité avec la norme CEI 60 529.

7.11 - Changeur de prises en charge

L'enroulement haute tension des transformateurs comporte un enroulement de réglage avec prises disposées sur chaque phase côté neutre. Ces prises sont raccordées à un changeur de prises en charge manoeuvrable électriquement sur place et à distance et manuellement sur place au moyen d'une manivelle.

Le changeur de prises en charge doit être conçu de façon telle que l'évacuation des gaz du commutateur s'effectue sans pollution de l'huile du transformateur.

Une vanne avec bouchon d'étanchéité autorisant le raccordement d'une tuyauterie souple doit être disposée sur le changeur de prises en charge pour permettre la vidange partielle du compartiment du commutateur en cas de dépose.

Le compartiment du changeur de prises en charge doit être conçu pour supporter les surpressions conformément à l'article 7.3.3 de la CEI 60 214 .

7.12 - Relais Buchholz - clapet automatique

Sur la tuyauterie, entre cuve et conservateur, sont disposés dans l'ordre :

- Un relais Buchholz à deux contacts alarme et déclenchement. Ce relais doit être muni d'un dispositif de prélèvement de gaz et d'un dispositif de vidange de l'huile. Ces dispositifs sont ramenés à environ 1,50 m du niveau des rails.
- Un clapet automatique avec un dispositif de réamorçage manuel ramené à environ 1,50 m du niveau des rails destiné à interdire la vidange du conservateur en cas de fuite importante sur la cuve.

Des vannes d'isolement seront disposées de façon à permettre le retrait de ces 2 dispositifs (Buchholz + clapet).

7.13 - Câbles de raccordement et filerie

Les câbles entre armoires ou coffrets et l'appareillage auxiliaire sur le transformateur doivent être fixés sur des chemins de câbles prévus sur la cuve principale.

Ces câbles doivent être ininflammables et protégés contre la détérioration des gaines isolantes par l'huile, la gaine doit être mise à la terre à chaque extrémité. Toutes précautions doivent être prises pour que la mise à la masse des gaines ne modifie pas l'isolement de la cuve.

7.14 - Huile isolante

L'huile isolante doit être minérale, conforme aux caractéristiques de l'annexe B. Les opérations de remplissage et de traitement d'huile du transformateur sont incluses dans la livraison.

7.15 - Protection contre la corrosion

La protection contre la corrosion des transformateurs doit satisfaire aux conditions définies ci-dessous.

7.15.1- Protection des appareils par peinture

Les systèmes de protection par revêtement de peinture (ou produit assimilé) appliqués aux appareils doivent être réalisés avec des matériaux et selon des procédés d'application permettant de constituer, dans les conditions de service où ils se trouvent placés, un revêtement efficace et durable de ces appareils. Les revêtements doivent satisfaire les essais des normes NF X 41 – 002 et NF EN ISO 2409.

Les surfaces à recouvrir doivent être mises en état par le procédé de nettoyage, mécanique ou chimique, le plus valable, au choix du Constructeur.

Les surfaces préparées doivent être recouvertes du système de protection retenu et traitées avec le même soin quelles que soient leur forme, leurs dimensions et leur position dans l'ensemble du matériel considéré (par exemple, ailettes de radiateurs de transformateurs).

Les diverses couches appliquées doivent être de teinte différentes, la dernière étant la teinte grise définie par l'échantillon RAL 7000.

La durée du revêtement doit être garantie et vise à assurer la protection, en atmosphère moyennement polluée, de tout matériel sans distinction et indépendamment des conditions d'installation de ce matériel. Cette garantie est assortie à l'échelon de référence des dégradations due à une installation en bord de Mer.

Le délai de garantie de tenue du système de protection pour tout matériel est égal à sept (7) ans.

Si des altérations surviennent, au cours de cette période de garantie, des travaux de réfection, limités aux zones altérées, seront exigés.

Les travaux de réfection doivent être conduits de manière qu'à l'expiration du délai de garantie, le transformateur et tous ses accessoires aient des surfaces satisfaisantes aux prescriptions fixées.

7.15.2- Protection de la boulonnerie et de la visserie :

Les métaux employés pour la visserie et la boulonnerie doivent être stables et inaltérables par nature ou par suite du traitement. En particulier, les pièces en acier non inoxydables doivent être soigneusement protégées par galvanisation à chaud, étant entendu que le procédé adopté doit être tel que les pièces traitées satisfassent d'une part, à l'essai de type et d'autre part, aux contrôles de réception. L'épaisseur minimale de galvanisation est fixée à 52 micromètres.

Cette protection doit être exécutée après usinage et d'une façon particulièrement soignée sur les parties filetées de manière qu'elles puissent être montées facilement et sans jeu ou avec un jeu très faible sur les parties taraudées elles-mêmes protégées.

7.15.3 - Protection des aeroréfrigérants

Tous les aeroréfrigérants doivent être galvanisés à chaud avec finition de la peinture conformément aux prescriptions ci-après :

- Galvanisation

- La galvanisation est exécutée à chaud en atelier, l'immersion des radiateurs dans le bain doit être totale.
- Les aeroréfrigérants à galvaniser doivent être fermés de manière étanche. Leur surface doit ensuite être préparée.
- Les spécifications à respecter, les caractéristiques du bain et du revêtement obtenu seront conformes aux normes en vigueur.

- Peinture après galvanisation

La peinture doit répondre aux conditions fixées au paragraphe 7.15.1 de la présente spécification technique. De plus les règles suivantes sont à respecter :

- Il y a lieu de veiller à la compatibilité entre couches de métal d'apport et de peinture, ainsi qu'entre les différentes couches de peinture.
- L'application de peinture doit se faire après traitement préliminaire de la surface galvanisée. L'attention est attirée sur le fait que cette préparation de surface conditionne en grande partie la tenue du revêtement, qui fait l'objet des clauses de garantie définies au paragraphe 7.15.1.
- Le système de peinture doit répondre aux exigences suivantes :
 - Nombre minimal de couches : 3
 - Epaisseur totale minimale de peinture : 120 micromètres
 - le revêtement doit supporter la température maximale de l'huile de remplissage de l'appareil concerné, en fonctionnement sur le réseau.

8 - CONDITIONS CLIMATIQUES AU MAROC

Le matériel sera prévu pour fonctionner dans les conditions climatiques particulières au MAROC, tant en ce qui concerne la température que l'humidité, les vents de sable, etc...

Les limites extrêmes de températures, susceptibles de variation rapide entre la nuit et le jour, sont les suivantes :

- En hiver : - 8° C et + 25° C à l'ombre
- En été : + 10°C et + 50°C à l'ombre

La température maximale au soleil du sol sans végétation est de 80°C environ.
Altitude ne dépassant pas 1000 m sauf spécifications contraire du cahier des charges.

La vitesse de vent est de 60 m/s, équivalent à une pression de 240 daN/m² sauf spécifications contraire du cahier des charges.

9 - CONDITIONS TECHNIQUES DE FABRICATION

9.1 - Garanties d'exécution

Le matériel doit être construit suivant les règles de l'art. Toutes les pièces doivent présenter un fini en rapport avec leur importance, leur emplacement et leur destination.

Ces pièces devront être saines et sans défaut susceptible de nuire à leur bonne tenue.

Le Constructeur garantit en outre, conformément aux normes en vigueur:

- L'étanchéité parfaite de tous les joints à l'huile chaude à 120° C, à l'eau et à l'air. Ces joints seront conçus de telle façon, que leur remplacement ne s'impose pas en dehors des décuvages des transformateurs et des démontages des bornes et des tuyauteries,
- Que les transformateurs ne seront le siège, ni de vibrations ni de bruits anormaux.

9.2 - Qualités des matériaux

Les matériaux entrant dans la construction des transformateurs doivent être non usagés et conformes à la présente Spécification Technique et aux normes citées au paragraphe 2.

Dans chaque espèce ou catégorie, ils doivent être de la meilleure qualité correspondant aux conditions de fonctionnement et notamment de résistance, de continuité de service, de rendement et de durée de vie résultant des prescriptions définies ou, à défaut, des règles de l'art.

Le niveau de pression acoustique pondérée doit être inférieur aux valeurs ciaprès:

- Transformateur seul à 2m : < ou = 80 dB(A)
- Dispositif de réfrigération à 3m : < ou = 80 dB(A).

10 - IDENTIFICATION DES TRANSFORMATEURS

Le paragraphe 5.9 de la Publication 60 694 de la CEI et le paragraphe 7 de la norme CEI 60 076-1 sont applicables avec les compléments suivants :

Les plaques signalétiques du transformateur de puissance et de ses accessoires doivent être indiquées en arabe et en français et porter au moins, les caractéristiques ciaprès indiquées, complétées par les valeurs :

- Type ;
- Tensions assignées primaire et secondaire ;
- Courants nominaux primaire et secondaire ;
- Fréquence nominale ;
- Tension de tenue à fréquence industrielle 50Hz/1mn;
- Tension de tenue aux chocs de foudre (phase/terre) ;
- Le symbole de couplage des enroulements primaires et secondaires
- Les puissances nominales
- Mode de refroidissement
- Nombre de prises de réglage et l'étendue de prises
- Isolements des enroulements primaires et secondaire
- Le courant de court-circuit symétrique.
- Le niveau de bruit garanti.

La plaque signalétique doit être rivetée ou inscrite avec une encre indélébile et visible dans les positions de service et de montage normales.

11 – ESSAIS

Le transformateur de puissance objet de la présente Spécification Technique doit satisfaire aux essais de qualification et au besoin à des essais de réception tels que définis ci après.

11.1 – Essais de qualification

N°	Essais	Référence
1	Essai de quadrillage	NF EN ISO 2409
2	Essai au brouillard salin du transformateur	NFX 41 002
3	Essais de type diélectrique	CEI 60076-3
4	Essais aux ondes de choc	CEI 60 076-4
5	Essais à pleine charge comportant la mesure des échauffements	CEI 60076-2
6	Mesure du niveau de bruit	CEI 60 076-10
7	Essai de tenue au court circuit	CEI 60 076-5
8	Essai de type des radiateurs pour transformateurs immergées	NF EN 50 216- 6
9	Essai de type des radiateurs pour transformateurs	NF EN 50 216- 6
10	Essai à vide comportant la mesure du courant et des pertes à vide	CEI 60 076-1

11	Essai en court-circuit comportant la mesure des pertes en court-circuit et de la tension de courtcircuit,	CEI 60 076-1
12	Mesures des décharges partielles	CEI 60 270
13	Mesure du rapport de transformation à vide pour chaque position du changeur de prises en charge,	CEI 60 076-1
14	Essais de type du changeur de prise en charge	CEI 60 214
15	Epreuves diélectriques sous tension à fréquence industrielle	CEI 60076-3
16	Mesure de la résistance des enroulements	CEI 60 076-1
17	Mesure des impédances homopolaires	CEI 60 076-1
18	Mesure des harmoniques des courants à vide	CEI 60 076-1
19	Essais de type des transformateurs de courant bushing	CEI 60 044-1

Le mode opératoire et la sanction des essais sont définis dans les normes respectives.

Les essais de qualification doivent être effectués par un laboratoire officiel ou accrédité éventuellement en présence de représentants de l'ONEE-Branche Electricité ou d'un organisme mandaté par lui.

Lesdits essais doivent être sanctionnés par un ou des rapports donnant les modalités et sanctions des essais accompagnés éventuellement, d'un certificat de conformité si tous les essais sont concluants.

7.2 Essais de réception

L'ONEE-Branche Electricité se réserve le droit de procéder à la vérification de la conformité des fournitures par la réalisation des essais précisés au tableau portant les numéros 3, 6 10, 11, 13, 14, 16 et 19, en plus des essais relatifs à :

- Vérification des dimensions, aspect extérieur, épaisseur de peinture, et disposition des différents accessoires du transformateur ;
- Mesure de la puissance consommée par la réfrigération (ventilateurs et pompes d'huiles) ;
- Vérification des sens relatifs de bobinage et des schémas de connexion entre enroulements et bornes,
- Contrôle de la protection de l'appareil, des aéroréfrigérants, de la visserie et de la boulonnerie selon les dispositions données en annexe A.

Les essais de réception peuvent être réalisés par un laboratoire accrédité ou dans le laboratoire du fabricant en présence du ou des représentants de l'ONEE-Branche Electricité.

Annexes à la Spécification Technique ST N° T25- P25

ANNEXE A : CONTROLES DE LA PROTECTION DES APPAREILS, DES AEROREFRIGERANTS, DE LA VISSERIE ET DE LA BOULONNERIE

Les contrôles au cours des opérations et sur les pièces terminées sont effectués conformément aux normes en vigueur.

Les contrôles à effectuer concernent :

- l'épaisseur de la couche de zinc
- l'aspect du revêtement de zinc
- l'épaisseur des couches de peinture.
- l'aspect du revêtement de peinture.
- l'adhérence.

A.1- Mesure de l'épaisseur de zinc:

La mesure de l'épaisseur du revêtement se fait, en principe, par la méthode électromagnétique après tarage de l'appareil de mesure.

L'épaisseur de la couche de zinc doit être, au minimum de 52 Micromètres.

A.2- Contrôle de l'aspect du revêtement de zinc:

Le revêtement doit être continu, uniforme et dépourvu de tout ce qui peut nuire à l'emploi prévu de la pièce.

A.3- Mesure de l'épaisseur des couches de peinture:

Elle se fait de la même façon que la mesure de l'épaisseur de zinc ; elle doit être effectuée sur chaque couche, après respect du temps de séchage de chaque couche et avant l'application de la suivante.

A.4 - Essai de type applicable à la protection contre la corrosion de la boulonnerie et de la visserie:

Le Constructeur doit définir nettement les modes de protection prévus, notamment par la désignation du procédé et l'épaisseur minimale du revêtement ou le poids du métal déposé par unité de surface. Ces caractéristiques doivent être contrôlées sur des pièces prises dans le même lot que celles soumises à l'essai de type.

Toutes les pièces doivent être soumises à l'essai de corrosion.

Cet essai consiste en une attaque corrosive accélérée par un brouillard salin de composition bien définie, dans des conditions de température et de pression fixées dans des limites étroites. Les pièces doivent être soumises à cet essai dans les conditions fixées par la norme de façon continue et pendant une durée de 100 h.

A l'issue de cet essai, les pièces doivent être en parfait état de conservation ou ne présenter que quelques attaques superficielles négligeables, tant sur les parties filetées ou taraudées que sur les parties lisses. Pour l'appréciation de la tenue des pièces, il peut être fait emploi de la notion de cote de résistance au brouillard salin.

Le procès-verbal d'essai, établi, selon les indications de la norme précitée, doit être communiqué à l'ONEE-Branche Electyricité.

A.5 - Essai de réception applicable à la protection contre la corrosion de la boulonnerie et de la visserie :

Le nombre des pièces traitées aux essais de réception doit être de 1% du nombre de pièces que comprend la fourniture et au moins de deux par lot de cent pièces du même modèle.

Toutes les pièces prélevées doivent être soumises par les soins et à la charge du Constructeur aux contrôles suivants exécutés par un organisme agréé par l'ONEE-Branche Electyricité:

- Contrôle de l'aspect : les pièces doivent présenter un aspect uniforme et être exemptes de tâches, brûlures, écaillages et parties dénudées.
- Contrôle de l'adhérence du dépôt : ce contrôle doit être effectué selon la forme et l'importance des pièces, soit au moyen de petits chocs répétés, soit par l'essai de quadrillage. A l'issue de cet essai, il ne doit se présenter ni écaillage, ni décollement du dépôt.
- Contrôle de l'épaisseur du dépôt : ce contrôle, selon la nature du revêtement, doit être effectué :
 - soit par méthode de dissolution chimique et pesée, définie dans les normes.
 - soit par méthode magnétique en faisant ressortir l'épaisseur locale minimale du revêtement mesurée.
- Contrôle de la continuité du dépôt et de la porosité : ce contrôle doit être effectué, soit par moyens chimiques (ferrocyanure, essai Baumann), soit par moyens mécaniques (coupes et micrographies)

Le rapport de l'organisme ayant effectué les essais de réception, établissant que les caractéristiques contrôlées correspondent bien à celles des pièces ayant satisfait à l'essai de type, doit être communiqué à l'ONEE-Branche Electyricité.

Les critères d'acceptation et de refus sont les suivants :

- Si plus d'une pièce d'un lot ne satisfait pas aux essais de réception, le lot est refusé.
- Si une seule pièce ne donne pas satisfaction, il y a lieu de procéder à une contre épreuve portant sur une quantité double de celle indiquée ci-dessus. Si toutes les pièces satisfont aux conditions prescrites, le lot est accepté, dans le cas contraire, il est définitivement refusé.

