
RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

Gm. 0282

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE : PROGRAMME D'ENTRETIEN DE MACHINES ELECTRIQUES

DATE : JUIN 1986.

AUTEUR : Assane SECK
DIRECTEUR : Pierre MARKON, Ing.
Génie Mécanique.
CO-DIRECTEUR :

DEDICACE

A mes très chers parents,
A mes très chers amis et proches,
A tous ceux qui œuvrent pour
un état de paix intégral.

REMERCIEMENTS

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur Piene, Markon qui n'a ménagé aucun effort pour me fournir la documentation nécessaire, en sus de ses riches suggestions et de sa disponibilité entière.

Mes sentiments de gratitude vont également à toutes les personnes physiques ou humaines qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet.

SOMMAIRE

L'objectif ultime de ce programme d'entretien est de fournir des méthodes de vérifications, d'essais, d'enregistrement des résultats adéquates en vue d'assurer la continuité de la production, de minimiser tous les coûts inhérents en minimisant les bris, les pannes, des équipements critiques pour une entreprise industrielle (Transformateurs, Moteurs, câbles de puissance, disponibilité des pièces de rechange). À cet égard, ce manuel d'entretien est axé sur la description des procédures d'inspections visuelles, de vérifications et d'essais ^{périodiques} appuyés par la mise au point de :

- fiches d'entretien préventif;
- fiches historiques pour suivre l'évolution des équipements;
- d'imprimés pour l'enregistrement des résultats;
- tableaux synoptiques pour une recherche plus systématique de défauts;
- des résultats qualitatifs escomptés pour fin de comparaison avec les résultats réels obtenus en vue d'apporter les remèdes nécessaires.
- Des méthodes curatives pour solutionner les problèmes les plus susceptibles d'être rencontrés

en pratique dont entre autre métho-
des de séchage des bobinages de moteurs électriques,
méthode de régénération du produit actif de l'ânecheur
d'air d'un transformateur etc...

- figures et schémas de raccordement pour faciliter
la conduite des essais.
- D'un ensemble de consignes pour une politique de
pièces de rechange adéquate.

Par ailleurs, je me suis aperçue sur les vérifications
et essais susceptibles de fournir les informations les
plus pertinentes en vue de :

- Suivre et contrôler l'évolution de l'état fonctionnel
des équipements et d'apporter au besoin des correctifs
- D'éviter toute intervention hasardeuse qui risquerait
de compromettre les objectifs de la maintenance.

La liste pourra alors être complétée au besoin.

J'ai traité aussi volontairement l'entretien des
transformateurs à huile pour les raisons que voici :

- L'huile minérale est l'isolant liquide le plus
utilisé pour les transformateurs, à cause de son bas
prix, de sa haute résistance diélectrique, de son aptitude
à être régénérée.

En somme, ce choix s'inscrit dans un cadre plus large qui
veut que ^{ce} programme soit utilisable avec le minimum de moyens.

Table des matières.

	<u>Pages</u>
Page - titre	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
Sommaire	iv
<u>CHAPITRE I - INTRODUCTION</u>	
I-1 Historique et définition de l'entretien	1
I-2 Evolution de l'entretien vers la maintenance	1
I-3 Types de maintenance	2
I-4 Objectifs	3
<u>CHAPITRE II - PROCEDURE D'ES</u> <u>- SAIS ET DE VERIFI</u> <u>CATIONS DES</u> <u>TRANSFORMATEURS</u>	
II-1 Réception après transport	1
II-2 Stockage	1
II-3 Vérifications diverses avant la mise en service	2
3-1 Transformateur proprement dit	
3- Installation et réseau	4
II-4 Mise sous tension	5

CHAPITRE III - PROGRAMME
D'ENTRETIEN PREVENTIF DES
TRANSFORMATEURS

III - A	PROTECTIONS	6
III - B	Transformateur proprement dit	8
B-1	Généralités	8
B-2	Transformateur à huile	9
B-3	Vérifications à effectuer à l'occasion d'une mise hors tension	9
III - C	Accessoires et changeur de prise en charge	10
C-1	Aéroréfrigérants	10
C-2	Hydroréfrigérants	11
C-3	Changeur de prise en charge	12
IV	<u>ANNEXES - TRANSFORMATEURS</u>	
A-1	Transport des transformateurs immergés dans un diélectrique liquide.	13
A-2	Régénération des produits anécheurs d'air	14
A-3.12	Couplage des transformateurs en parallèle	15
A-3-17	Mesure de la résistance d'isolement des enroulements de transformateur	18

A 3.18	Essais diélectriques des huiles pour transformateurs	22
A 3.19	Essai diélectrique par tension appliquée des enroulements de transformateur	23
-	Importance de la tension de court-circuit en exploitation	25
	Re'férences	26

CHAPITRE V. PROCEDURE DE VERIFI- -CATIONS ET D'ESSAIS DES MOTEURS ELECTRIQUES

A -	Moteur neuf	27
A-1	Contrôle de l'aspect extérieur	27
A-2	Contrôle de l'état mécanique	27
A-3	Contrôle du circuit électrique	28
A-4	Mise sous tension	30
B -	Moteur récupéré ou réparé.	
B-1	Contrôle de l'état diélectrique	33
B-2	Contrôle de l'état mécanique	33
B-4	Mise sous tension.	
-	Précautions particulières au cas d'arrêt prolongé d'un moteur électrique	35

CHAPITRE VI - PROGRAMME D'ENTRETIEN

PREVENTIF DES MOTEURS ELECT	36
VI-1 Moteur proprement dit	
VI-2 Protections et commande	39

CHAPITRE VII - ANNEXES - MOTEURS

Fiches d'entretien	40
A2-3 Entretien des roulements	43
A3.4 Mesure de la résistance d'isole - ment.	47
A3.5 Détermination de l'index de proba- - risation	
- Isolants des moteurs électriques	54
A3.81 Problème du démarrage des moteurs à courant continu.	57
A3.82 Influence du calage des balais sur la marche des moteurs à collecteur	59
A4.5 Méthodes de mesure des vibrations dans les moteurs électriques	61

CHAPITRE VIII - ESSAIS ET VERIFICATIONS DES CABLES DE PUISSANCE

VII-1 Inspection visuelle	72
---------------------------	----

CHAPITRE IX - ANNEXES - CABLES

A2-1 Essais de continuité	74
---------------------------	----

A.22 Essai sur la tenue en surtension
des câbles 75

A.2-3 Mesure de la valeur résistive
des câbles 77

CHAPITRE X - PIÈCES DE RECHANGE 79

CHAPITRE XI - IMPLANTATION 82

CHAPITRE XII CONCLUSIONS -
RECOMMANDATIONS 84

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1) Historique et définition de l'entretien.

Dans les industries classiques, l'entretien a tout d'abord consisté à des réparations de fortune qui n'étaient d'ailleurs que l'apanage des constructeurs eux-mêmes. L'entretien se définissait alors comme l'action de "tenir le matériel en bon état".

Toutefois aujourd'hui avec le transfert de technologie et les coûts élevés, consentis pour s'équiper en matériel, les entreprises industrielles de nos pays en voie de développement ont senti la nécessité de s'autosuffire au maximum avec la création de service de la maintenance, pour ne faire appel au constructeur que pour des problèmes bien spécifiques.

2) Evolution de l'entretien vers la maintenance.

De nos jours, avec la fiabilité, les lois de défaillance du matériel électromécanique ont changé; Les pannes prévisibles passent alors de 80% à près de 20%. Dès lors la fonction "entretien" est contrainte de suivre l'évolution du matériel; elle devient le prolongement de la fiabilité sous forme de maintenance, qui désigne alors l'entretien de pointe. On utilisera indifféremment ces deux termes.

3) Types de maintenance.

La maintenance n'est pas circonscrite seulement dans le cercle restreint des actions curatives comme certains profanes pourraient le penser.

Elle s'étend depuis la commande voir la conception jusqu'à la mise en service, pour se confondre ensuite à l'état opérationnel et à la disponibilité des équipements, grâce à ses aspects préventifs et correctifs. La maintenance corrective est conçue par certains comme l'étude des meilleurs matériaux et de la meilleure conception pour minimiser les pannes et bris.

Par ailleurs la maintenance préventive, fondée sur l'expérience du personnel, consiste à vérifier le bon fonctionnement d'une machine sans incidents apparents.

4) Objectifs de ce programme d'entretien.

L'objectif de tout programme d'entretien est de faire revenir ou maintenir le matériel de production dans un état fonctionnel et disponible.

Ce programme vise surtout la réduction :

- des arrêts de production et donc des coûts subséquents
- des coûts de réparation, les pannes devenant mineures
- du taux de défectueux des produits, et des coûts de fabrication grâce à un ajustement correct des équipements.

Il est destiné aussi à amoindrir les nécessités de mettre des équipements en standby, ce qui réduit les investissements;

à assurer un meilleur contrôle de la qualité;
à identifier les équipements à coûts d'entretien élevés et par là-même à rechercher les causes comme une utilisation incorrecte, par exemple.

etc...

Ce programme décrit les méthodes d'essais standards et les procédures de vérifications des machines électriques (transformateurs et moteurs) et des câbles de puissance. Il traite également de manière assez succincte des pièces de rechange.

PROCEDURE DE VERIFICATIONS ET D'ESSAI DES TRANSFORMATEURS

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
1	<u>Réception après transport:</u>		
1.1	Vérifier que le transformateur n'a pas subi de dom- -mage physique.		
1.2	Vérifier que les éléments qui ^{auraient} été démontés pour le transport sont tous en place.		
1.3	Vérifier que la surpression initiale du gaz inerte ne s'est pas annulée. Pour les deux dernières vérifications voir <u>Transport des</u> <u>transformateurs immergés dans un diélectrique liquide.</u>		
2	<u>Stockage</u>		
2.1	Pour un transformateur non hermétique transporté dans sa cuve pleine de diélectrique liquide; s'assurer que le dispositif assécheur d'air est en état de fonction- -nement et que le produit assécheur qu'il contient		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
	(actigel bleu par exemple) est actif;		
2.2	Changer ou régénérer celui-ci chaque fois que nécessaire (actigel rose par exemple) <u>selon A.22</u>		
2.3	Pour un transformateur transporté dans sa cuve pleine de gaz inerte, procéder au remplissage du diélectrique liquide.		
3.	<u>VERIFICATIONS DIVERSES AVANT MISE EN SERVICE</u>		
3.1	<u>Transformateur proprement dit</u>		
3.1.2	Si le transformateur doit être mis en parallèle avec d'autres transformateurs, cf <u>A3.12 Mise en parallèle des trans</u> Vérifier son symbole de couplage, son indice horaire, sa tension de court-circuit au courant nominal.		
3.1.3	Vérifier les niveaux des diélectriques liquides (cuve et traversées haute tension s'il y a lieu)		
3.1.4	Vérifier la position ouverte ou fermée de chaque ouïe		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
3.15	Purger l'air résiduel des tuyauteries, des dispositifs de réfrigération, des traversées et du relais Buchholz au moyen des bouchons prévus à cet effet.		
3.16	Vérifier le bon fonctionnement de tous les dispositifs auxillaires ou de protection (pompes et ventilateurs de la réfrigération, thermostat ou images thermiques, relais Buchholz, relais de protection etc...) <u>VOIR ENTRETIEN PREVENTIF DES PROTECTIONS</u>		
3.17	Mesurer la résistance d'isolement de chaque enroulement par rapport à la masse et par rapport à chacun des autres enroulements. On note aussi la température du diélectrique liquide. • Se conformer à <u>A 3.17 Mesure de la résistance d'isolement des enroulements de transformateur</u>		
3.18	Si le transformateur n'est pas hermétique,		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
	Vérifier les caractéristiques diélectriques du liquide diélectrique, par prélèvement et essais d'échantillon conformément à <u>A.3.18 Essais diélectriques des huiles de transformateur</u>		
3.19	Vérifier la résistance diélectrique des enroulements conformément à <u>A.3.19 Essais diélectriques par tension appliquée des enroulements de transformateur</u>		
3.2	<u>Installation et réseau</u>		
3.21	Vérifier que la cuve est mise à la terre par la prise de terre prévue à cet effet.		
3.22	Vérifier que le secondaire du transformateur est à circuit ouvert. Voir importance <u>de la tension de court-circuit (Ucc) en exploitation.</u>		
3.23	Vérifier que les dispositifs de sécurité sont convenablement dimensionnés, réglés et raccordés (calibre des fusibles, relais		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
	- de commande du disjoncteur, protection différentielle...)		
4	<u>Mise sous tension</u>		
4.1	Mettre sous tension à vide avec une tension progressivement croissante si les dispositions du réseau le permettent.		
4.2	Dans le cas échéant, manœuvrer le changeur de prise en charge sur toutes les positions, à la moitié de la tension nominale.		
4.3	Répéter les mêmes opérations à pleine tension, en ménageant un intervalle de temps de 1 à 3 mn entre chacune.		
4.4	Mettre le transformateur sous pleine tension brusque, après 1 à 2 heures de fonctionnement à vide, procéder à la mise en service sur le réseau (s'il on a pas noté aucune anomalie durant l'essai à vide)		
4.5	Après 4 à 5 jours de fonctionnement, vérifier de nouveau si possible les caractéristiques du diélectrique liquide.		

PROGRAMME D'ENTRETIEN PREVENTIF DES TRANSFORMATEURS

	OPERATIONS	REMARKES	DATES
A	<p><u>ENTRETIEN DES PROTECTIONS</u></p> <p>Vérifier au moins une fois par an ou quand des travaux conduisent à la mise hors tension du transformateur, le bon fonctionnement de toutes les protections:</p> <p>1. <u>Relais Buchholz</u></p> <p>1.1 Vérifier, soit par vidange du relais, soit au moyen du poussoir réservé à cet effet, le bon fonctionnement des signalisations d'alarme, et le déclenchement effectif des disjoncteurs</p> <p>1.2 Nettoyer les contacts et vérifier que le contact mobile coulisse aisément sur le contact fixe</p> <p>2. <u>Protection masse-cuve</u></p> <p>Il s'agit d'assurer que le passage d'un courant (par exemple, fourni par un poste de soudure à l'arc alternatif)</p>		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
	<p>entre la cuve et la terre provoque le déclenchement des disjoncteurs.</p> <p>3. <u>Protection à maximum de courant</u> Vérifier l'ouverture des disjoncteurs par injection de courant dans le circuit d'alimentation des relais, à partir des transformateurs de courant de protection.</p> <p>4. <u>Assécheur d'air</u> Vérifier et maintenir le niveau de son joint d'huile.</p>		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
	une position correcte.		
2.	<u>Transformateurs à huile:</u>		
2.1	Une à deux fois par an, contrôler l'état de l'huile isolante par prélèvement et essais d'échantillons conformément à <u>A 3.18</u>		
2.2	Pour les transformateurs à conservateur, remplacer les diaphragmes d'explorion détériorés.		
3	<u>Vérifications à effectuer à l'occasion d'une mise hors tension d'un transformateur.</u>		
3.1	Vérifier le serrage des connexions de raccordement au réseau afin d'éviter des échauffements locaux qui seraient dus à la grande résistance de contact qui résulterait d'un mauvais serrage.		
3.2	Manœuvrer plusieurs fois sur toutes les positions le commutateur hors tension afin d'en rafraîchir les contacts.		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
B	<u>TRANSFORMATEUR PROPREMENT DIT</u>		
1	<u>Généralités:</u>		
1.1	Conserver le matériel dans un bon état de propreté:		
1.12	Graisser correctement les parties tournantes		
1.13	Vérifier les niveaux du diélectrique liquide.		
1.14	Vérifier l'étanchéité des différents joints, les resserrer en cas de fuites		
1.2	Entretien régulièrement la ^{peinture} (couleur) de la cuve afin de permettre une meilleure évacuation de la chaleur. (Les surfaces métalliques ou polies ont une faible émissivité)		
1.3	Environ une fois par an contrôler l'état du diélectrique liquide, par prélèvement et essais d'échantillons		
1.4	Élever fréquemment la température du diélectrique liquide et la charge du transformateur (s'assurer en particulier que le commutateur de position est dans		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
C	<p><u>ENTRETIEN PREVENTIF DES ACCESSOIRS</u> <u>ET DU CHANGEUR DE PRISES EN CHARGE</u></p>		
1	<p><u>Aéoréfrigérants</u></p>		
1.1	<p>Vérifier le graissage des moteurs des groupes motoventilateurs s'ils ne sont pas équipés de roulements étanches graissés à vie. <u>Voir A 2.3 Entretien des roulements</u></p>		
1.2	<p>Vérifier chaque mois le bon fonctionnement des organes de commande et de protection automatiques des moteurs, y compris les fusibles et disjoncteurs du circuit de ventilation.</p>		
1.3	<p>Nettoyer au besoin le faisceau échangeur, au jet de vapeur additionné de détergent, ou d'air comprimé, en prenant soin de diriger le jet dans le inverse de celui du courant d'air de refroidissement.</p>		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
2	<u>Hydrorefrigerants</u>		
2.1	Chaque semaine noter les températures d'entrée et de sortie de l'eau. Elles permettront de vérifier plus tard l'efficacité ie le rendement du système de refroidissement.		
2.2	Chaque six mois, vérifier le débit et la pression de l'eau. Tout changement de débit à pression constante traduit une obstruction du circuit d'eau (présence de corps étrangers entartrage).		
2.3	Vérifier périodiquement le dégazage du circuit d'eau ou installer un dégazeur permanent. La présence d'air peut provoquer la perforation des tubes de cuivre par oxydation locale.		
2.4	En cas d'arrêt en hiver, vidanger totalement le circuit d'eau et ne rétablir la circulation d'eau qu'après séche		

	OPÉRATIONS	REMARQUES	DATES
2.5	<p>assuré que la température de l'huile est supérieure à 0°C.</p> <p>Nettoyer au besoin la face intérieure des tubes de l'échangeur au moyen de bruses métalliques ou de bain d'acide chlorhydrique à 5% et faire suivre d'un bon rinçage à l'eau pure; nettoyer leur face extérieure au moyen d'un jet de vapeur d'eau ou d'une solution de soude caustique à 15%.</p>		
3	<p><u>Changeur de prise en charge</u></p> <p>3.1 Après un an de service, le faire vérifier par un spécialiste.</p> <p>3.2 Se rapporter à la notice du constructeur pour l'entretien correct et essentiel de cet organe important du transformateur subissant un régime de fonctionnement sévère (seule partie du transformateur où se trouvent réunies des pièces</p>		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
	<p>mécaniques en mouvement, portées le plus souvent à des tensions différentes, et des arcs électriques lors de chaque commutation.)</p>		

TRANSPORT DES TRANSFORMATEURS IMMERGES DANS UN DIELECTRIQUE LIQUIDE

Les transformateurs immergés dans un diélectrique liquide (huile ou autre) sont expédiés, selon leur masse et les moyens de transport disponibles, * Soit dans leur cuve pleine de diélectrique liquide. Ils sont alors prêts à être mis en service, après remontage des éléments qui auraient été démontés pour le transport, tels que les traversees, le conservateur du diélectrique liquide s'il y a lieu, etc. -- Ce mode de transport doit donc être préféré chaque fois que c'est possible.

* Soit dans leur cuve vide. On introduit alors dans la cuve un gaz inerte et sec (en général de l'azote) maintenu en légère surpression. Qu'une destination il faut procéder au remplissage (après avoir séché et dégazé le diélectrique liquide) de la cuve sous le vide maximal autorisé par sa résistance mécanique. Puis remonter les éléments démontés par le transport.

A.22 REGENERATION DES PRODUITS

ASSECHEURS D'AIR

1) But:

L'assécheur d'air a pour but de limiter la reprise d'humidité des isolants solides et liquides du transformateur.

Le produit actif est généralement bleu (actigel, silicagel --) lorsqu'il est sec et vire au rose lorsqu'il se sature d'humidité et devient donc inefficace. Il faut alors le changer ou le régénérer.

2) Méthode de régénération

Placer le produit assécheur dans un courant d'air chauffé à 150 ou 200°C, pendant 1 h environ.

3) Fonction positive de l'essai

L'essai est réussi si le produit assécheur (silicagel ou actigel) est redevenu bleu.

A3.12 COUPLAGE DES TRANSFORMATEURS EN PARALLELE

1) Objet et définition de la marche en parallèle.

Quand la puissance demandée à un transformateur atteint la limite de sa puissance nominale, on le met en parallèle avec un ou plusieurs autres transformateurs, selon les besoins de l'installation alimentée.

On dit que deux transformateurs marchent en parallèle lorsqu'ils sont reliés électriquement borne à borne du côté primaire et du côté secondaire, les deux transformateurs étant alimentés par le même réseau et desservant une même installation.

La marche d'un transformateur T en parallèle avec un transformateur T' impose à ces appareils certaines conditions.

2) Conditions rigoureuses de possibilité de mise en parallèle.

En principe, il faut tenter de mettre en parallèle seulement des transformateurs ayant même rapport de transformation, mêmes tensions de court-circuit sur toutes les prises de l'enroulement à prises, et dont les couplages ont même indice horaire ou appartiennent au même groupe de couplage par

exemple groupe IV : indices horaires 7 et 11

- Les tensions de court-circuit et les groupes de couplage sont indiqués sur la plaque signalétique.
- Les différences de rapports de transformation nominaux (ajustable en agissant sur le nombre de spires), et les différences de phase ont des effets mineurs par rapport aux différences de tensions de court-circuit u_{cc} qui ont des effets majeurs.

3) Effet majeur des différences de tension de court-circuit

Considérons deux transformateurs T et T' ayant mêmes rapports de transformation et même phase, mais des tensions de court-circuit différentes.

On démontre que :

$$\frac{S}{S_T} = \frac{S}{S+S'} = \frac{S_n/u_{cc}}{S_n/u_{cc} + S'_n/u'_{cc}}$$

S = puissance apparente de T à un régime quelconque

S' = " " " " " " " "

S_n (resp S'_n) = puissance apparente nominale de T (resp T')

u_{cc} (resp u'_{cc}) = tension de court-circuit de T (resp de T')

Explicitons la relation ci-dessus par l'exemple numérique suivant :

Exemple numérique.

Déterminer la répartition d'une puissance de 250 kVA entre deux transformateurs en parallèle T et T'

$$T: S_n = 150 \text{ KVA}, u_{cc} = 7\%$$

$$T': S'_n = 100 \text{ KVA}, u'_{cc} = 5\%$$

Solution

Ces 2 transformateurs ayant un rapport de puissance inférieur à 2, nous pouvons admettre qu'ils ont mêmes arguments (même phase).

Appliquons la formule précédente.

$$\frac{S}{S+S'} = \frac{S}{250} = \frac{150/7}{150/7 + 100/5} = 0.517$$

$$\Rightarrow S = 129.25 \text{ KVA}$$

$$\frac{S'}{S+S'} = \frac{150/7}{150/7 + 100/5} = \frac{S'}{250} \Rightarrow S' = 120.75 \text{ KVA}$$

Mais comme T' ne dispose que d'une puissance de 100 KVA, on ne pourra de l'ensemble qu'une puissance de :

$$250 \times \frac{100}{120.75} = 207 \text{ KVA}$$

d'où donc une perte de :

$$\frac{250 - 207}{250} = 0.172 \text{ soit } 17.2\%$$

Cette perte est excessive. L'U.T.E estime que ce déficit ne doit pas dépasser 5% de S_T .

A3.17 MESURE DE LA RESISTANCE D'ISOLEMENT DES ENROULEMENTS DE TRANSFORMATEUR

- 1) But Voir #3.4 page
- 2) Procédure d'essai Voir #3.14 page
- 3) Acceptation des résultats

L'essai est considéré satisfaisant si les résultats obtenus sont conformes au tableau A3.17

Dans le cas échéant, il faut procéder à un séchage.

4) Méthodes de séchage des bobinages de transfo- -mateur:

* On peut utiliser des résistances chauffantes disposées aussi symétriquement que possible à l'intérieur de la cuve pour permettre une distribution uniforme de la chaleur.

Les résistances peuvent être en série ou en parallèle selon la tension disponible, et seront connectées par le biais de conducteurs isolants.

La tension d'alimentation peut être alternative ou continue. Les résistances devront être choisies de telle sorte que la température de l'huile à la surface ne dépasse pas 85°C . Au contact des résistances la température de l'huile est très élevée et constitue donc le facteur

limitatif.

On peut contrôler la température soit, en augmentant la ventilation lorsque la température dépasse 75 à 80°C , soit en variant la tension ou le courant.

Pendant le processus de séchage, on devra relever:

- La résistance d'isolement entre l'enroulement haute tension et l'enroulement basse tension.
- La résistance d'isolement entre chaque enroulement et la masse du transformateur.
- La température.

En comparant ces valeurs à celles du tableau A.3H on peut savoir si l'opération de séchage peut être interrompue ou non.

* On peut aussi faire circuler un courant dans le bobinage mais c'est une méthode plus délicate.

7) Schema de raccordement

Voir page 51

5) Tableau A 3.17

Résistances d'isolement minimum recommandées pour les enroulements de transformateur.

Tension de l'enroulement	Tension d'essai	Résistance minimum
63 KV	1000 V	150 MΩ
5.5 KV	1000 V	150 MΩ
380/220 V	1000 V	50 MΩ
110 V	250 V	10 MΩ
25 V	250 V	10 MΩ

6) Feuille de résultats

Essai fait par:

En présence de:

Date

Approuvé par:

Transformateur n°:

Puissance nominale:

Normes:

Référence:

Tensions: Primaire

Secondaire

Phase / Phase	Phase / mène.

A 3.18 ESSAIS DIELECTRIQUES DES HUILES POUR TRANSFORMATEUR

1) But

L'huile utilisée comme isolant dans les transformateurs doit permettre la conservation de la différence de potentiel entre les pièces sous tension, notamment entre les enroulements primaires et secondaires. Elle doit donc avoir de bonnes qualités diélectriques. Les essais de rigidité exécutés sur l'huile isolante ont pour objet de vérifier ses caractéristiques diélectriques par prélèvements et essais d'échantillons (pour transformateurs non hermétiques)

2) Procédure d'essai

1) Réaliser le schéma de montage ci-après.

Après avoir nettoyé le récipient d'essai, rincer le avec l'huile destinée à subir l'essai.

2) Faire un prélèvement pour chaque transformateur, le prélèvement doit être à la température du lieu d'essai

3) Attendre 20 mn pour permettre aux bulles d'air de se dégager (voir remarques)

puis appliquer la tension alternative à 50 Hz progressivement, aucune étincelle ne doit se produire avant qu'on ait atteint la tension disruptive minimale

indiquée dans le tableau A 3.18 ou recommandée par le constructeur.

En général on exécute cinq essais par prélèvement et on doit alors, avoir:

$$\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 X_i \gg \text{tension disruptive minimum (tableau A 3.18)}$$

$X_i =$ tension disruptive de l'essai i

3) Remarques:

Les dégagements gazeux et les précipitations solides augmentent la conductivité et sont donc indésirables.

De même la présence d'humidité combinée à des impuretés abaissent considérablement la rigidité diélectrique (70 à 10 MV/m) selon Friese, pour une teneur de 200 mg/l.

4) Régénération des huiles isolantes.

Les huiles usées après (10 à 15 ans) doivent être régénérées. La régénération consiste en des traitements reproduisant les opérations de raffinage sur les huiles brutes.

Si l'on ne dispose pas de moyens pour exécuter les essais envoyer un échantillon au constructeur avec le n° de série du transformateur.

Tableau A 3.18

Tension disruptive minimum recommandée,
mesurée au spintermètre* UTE conformément à la
norme NF-C27-221

Tension la plus élevée du matériel (KV)	Tension disruptive minimum (KV)
70	30
70 à 170	40
> 170	50

* Le spintermètre est un instrument d'essai normalisé en France par l'Union Technique de l'Électricité (UTE). Il est constitué par deux sphères de laiton de 12,5 mm de diamètre et espacées de 5 mm

La tension disruptive des huiles utilisées dans les transformateurs est de 80 à 100 KV/cm.

2

5) Feuilles de résultats:

Client
Entreprise

Rapport n°:
Essai fait par:
En présence de:
Date:
Accepté par:

Tableau de résultats:

Tension disruptive en KV					
Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Moyenne

Température de l'huile lors de l'essai _____ °C

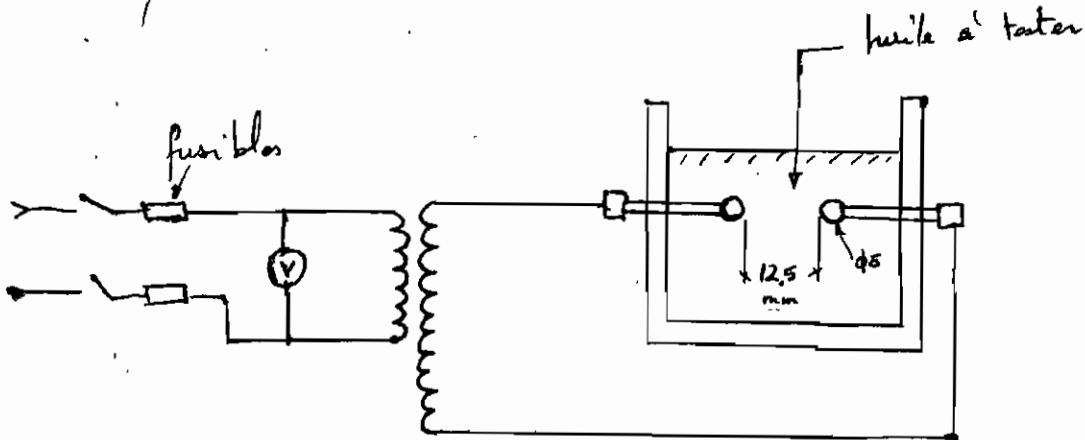


schéma d'essai de l'essai diélectrique

09

A3.19 ESSAI DIELECTRIQUE PAR TENSION APPLIQUES DES ENROULEMENTS DE TRANS FORMATEUR

1) But: Voir B.1.3 page 69

2) Procédure:

Cet essai consiste à appliquer à chaque enroulement du transformateur, dont toutes les extrémités sont réunies entre elles, une tension alternative de valeur efficace normalisée (tableau A3.19 page 24), et qui correspond au niveau d'isolement:

- des bornes de la ligne pour les enroulements à isolation uniforme;
- de la borne neutre pour les enroulements à isolation non uniforme (ie isolement neutre inférieur isolement de la ligne).

Les autres enroulements, le circuit magnétique, le bâti, la cuve ou l'enveloppe sont reliés ensemble à la terre.

On utilise à cette fin un transformateur d'essai à haute tension, et on mesure la tension appliquée au moyen d'un diviseur capacitif et d'un voltmètre (fig A3.19).

Fig A 3.19

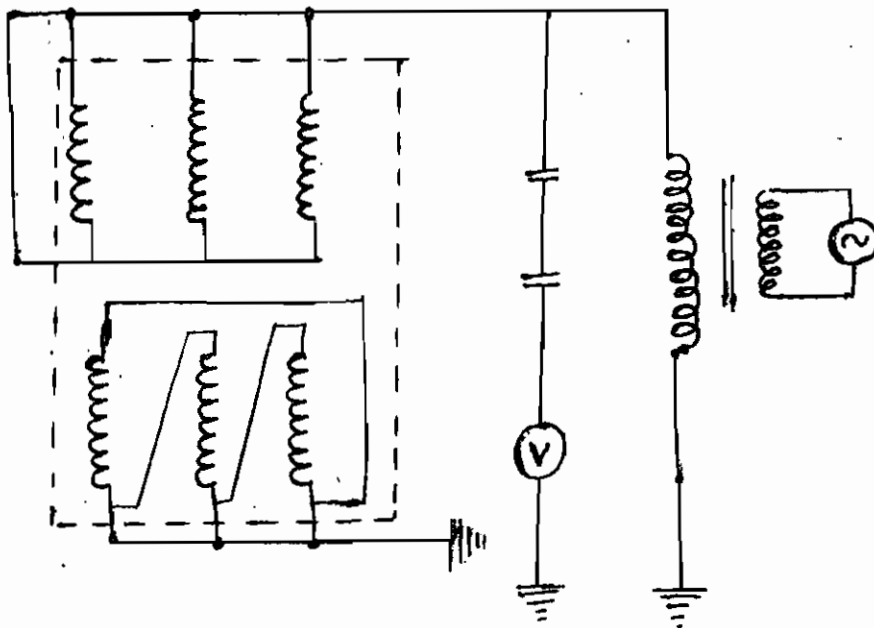


Schéma d'essai par
tension appliquée

REFERENCES

- Maintenance des Transformateurs par :
Frank W. Michal
page 7-207 "Maintenance Engineering Handbook"
- Liquides diélectriques R. Coeltes
page 224
- Huiles isolantes F. Viale
page 230 "Technique de l'ingénieur D2-II"
- Transformateurs statiques : Guide pratique
page 43. X. Tournier
"Technique de l'ingénieur D3"
- Site Testing of electrical equipment
Appendix D, Pritchard Rhodes Cie.
- Site Testing of New Electrical Equipment
Appendix A, Pritchard Rhodes Cie.
- Huiles isolantes, page 411 Technique et
Pratique du Graissage par
J. PREVOST - J. GROFF

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
2.3	Vérifier que la viscosité de l'huile est celle qui a été préconisée le constructeur.		
2.4	Roulements: voir <u>A2.4 Entretien des roulements.</u>		
2.5	Vérifier que les orifices des passages d'air du circuit de ventilation ne sont pas obturés, mettre les grilles de protection en place si elles existent.		
2.6	Lorsque le moteur comporte un groupe de ventilation séparé ou un hydrofrigoriférant, vérifier le bon fonctionnement de ces auxiliaires.		
3	<u>CONTROLE DU CIRCUIT ELECTRIQUE</u>		
3.1	Vérifier que les indications de la plaque signalétique sont conformes aux spécifications du moteur commandé.		
3.2	Vérifier que le schéma de branchement est conforme à celui qui est indiqué sur la plaque. Faire attention en particulier au mode de couplage en fonction de la tension du réseau. Pour un réseau 380V, il faut 380 Δ/660 VY		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
3.82	Alignement et calage des balais: <u>Voir A 3.82</u> Influence du calage des balais sur la marche des moteurs à collecteur.		
3.83	Vérifier la pression des ressorts du porte-balais, (on contrôle que les balais portent bien sur la bague par toute leur surface) selon le <u>tableau A 3.8.3</u>		
3.8.4	Vérifier que le coupleur étoile-triangle est en position étoile avant le démarrage		
3.9	Vérifier la continuité du circuit depuis le moteur jusqu'au centre de contrôle, s'assurer en particulier que toutes les bornes sont bien serrées.		
3.10	Vérifier la continuité du réseau de terre <u>selon A 3.10</u>		
4	<u>Mise sous tension</u>		
4.1	Faire marcher le moteur à vide pendant au moins quatre (4) heures. Mesurer la tension et le courant.		
4.2	Vérifier la température des paliers avec un thermomètre (ne pas se fier à une sensation tactile). <u>Voir tableau A 4.2 "Echauffements max admissibles pour les moteurs"</u>		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
4.9	Mesurer le courant à pleine charge et comparer le à la valeur indiquée sur la plaque signalétique.		
4.10	Contrôler encore l'échauffement des paliers et des circuits auxillaires avec un thermomètre ou une sonde de température.		
NB	<p><u>DEFAUTS EVENTUELS OBSERVES LORS DE LA MISE EN SERVICE D'UN MOTEUR NEUF.</u></p> <p>Malgré les précautions prises, un certain nombre d'incidents types peuvent survenir lors de la première mise en service d'un moteur électrique. Les ^{tableaux} I et II donnent pour les machines à courant continu et à courant alternatif les défauts que l'on rencontre le plus souvent, ainsi que leurs causes et leurs remèdes.</p>		

	OPERATIONS	REMARQUES	DATES
4.	<p><u>Mise sous tension</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Même procédure que pour un moteur neuf.- Consulter si nécessaire les tableaux I et II		