

# MANUEL D'INSTRUCTIONS

**POUR**

**INSTALLATION,**

**OPÉRATION**

**&**

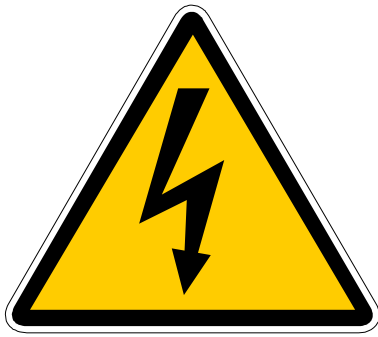
**ENTRETIEN DES**

**TRANSFORMATEURS**

**DE**

**TYPE À SEC**





## AVERTISSEMENT

- ✓ Vous devez lire attentivement ce manuel d'instructions et vous familiarisez avec l'équipement que vous avez reçu avant de commencer toute installation, mise en marche ou entretien.
- ✓ Assurez-vous que l'appareil est hors tension avant toute manipulation.
- ✓ Ne pas vous fiez aux indications visuelles telle que la position d'un interrupteur pour vous assurer que le transformateur est hors tension, utilisez un voltmètre approprié.
- ✓ N'utilisez que des outils comportant des isolants conçus pour protéger des chocs électriques.
- ✓ Utilisez les équipements de protection individuelle recommandés lorsque vous travaillez sur ou près de cette pièce d'équipement
- ✓ Avant tout entretien, assurez-vous que les charges statiques sont enlevées par la mise à la terre des bobines avec un équipement approprié.
- ✓ Replacer tous les équipements, panneaux, couvercles et/ou portes avant de remettre l'appareil sous tension.
- ✓ **Ne pas suivre ces instructions peut causer un accident provoquant des blessures graves ou la mort !**

## TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT .....	2
1. CHOIX DE LA PUISSANCE NOMINALE.....	4
2. INSPECTION, MANIPULATION ET ENTREPOSAGE .....	4
2.1. Inspection .....	4
2.2. Manipulation .....	4
2.3. Entreposage .....	6
3. INSTALLATION DU TRANSFORMATEUR DE TYPE SEC	
3.1. Emplacement .....	7
3.1.1. Humidité.....	7
3.1.2. Ventilation .....	7
3.1.3. Environnement.....	7
3.1.4. Espacement.....	8
3.1.5. Bruit.....	8
3.2. Charge.....	9
3.3. Entretien .....	9
4. DÉMARRAGE À FROID .....	10
5. SÉCHAGE	
5.1. Chaleur externe.....	11
5.2. Chaleur interne.....	11
5.3. Chaleur interne et externe.....	11
6. CHANGEMENT DE PRISE.....	12

## **1. CHOIX DE LA PUISSANCE NOMINALE**

1.1. La puissance nominale du transformateur devra être choisie en considérant les points suivants:

- ✓ Le courant de charge et la possibilité qu'il y ait des surcharges dans le circuit;
- ✓ La présence de courants transitoires répétitifs dans le circuit tels que le courant de magnétisation initial dû à des transformateurs, le courant de démarrage d'un moteur et les courants de mise sous tension des condensateurs;
- ✓ La compatibilité avec les autres composantes du circuit et les systèmes de protection;
- ✓ L'espérance de vie et l'entretien requis de l'équipement auxiliaire tels que ventilateurs et contrôles;
- ✓ La classe d'échauffement du transformateur (température d'opération);

## **2. INSPECTION MANIPULATION ET ENTREPOSAGE**

Tous les transformateurs fabriqués par DELTA sont soigneusement assemblés, éprouvés selon les normes de CSA et inspectés avant de quitter l'usine. Les transformateurs sont emballés individuellement et placés sur des supports adéquats pour les protéger contre les risques pouvant survenir durant la manipulation, l'expédition et l'entreposage.

### **2.1. Inspection**

Chaque transformateur devrait être inspecté dès la réception afin de vérifier s'il n'y a pas eu de dommages occasionnés par le transport. Dans le cas où il y aurait des dommages évidents ou des signes visibles de manipulations brutales, les procédures de réclamation devront être faites avec la compagnie de transport. Une inspection interne peut être faite en enlevant le couvercle ou le panneau avant du transformateur. Cette inspection permet de vérifier s'il n'y a pas de pièces déplacées, de bris de connexions ou d'isolant, et de détecter une présence de saleté, d'eau ou de moisissure. Il est recommandé de répéter cette procédure d'inspection et de vérifier le serrage des boulons avant de mettre le transformateur en service. Le couple de serrage requis est mentionné aux pages 5 et 6 ainsi que dans la section 3.3 de ce manuel.

### **2.2. Manipulation**

2.2.1. La manipulation des transformateurs nécessitera un bon jugement de la part de l'opérateur. Ainsi, il devra prendre soin d'utiliser des équipements, chariot élévateur ou grue, qui ont la capacité nécessaire pour lever le transformateur de façon sécuritaire.

2.2.2. Des œillets ont été installés sur la monture ou sur le boîtier du transformateur pour en faciliter la manutention par une grue. Dans le cas des transformateurs de 150 KVA et moins, on retrouvera les œillets sur le boîtier, tandis que pour les unités de plus de 150 KVA, on les retrouvera sur la monture. Pour ces derniers, il sera nécessaire d'enlever tout d'abord l'emballage sur le dessus du transformateur et ensuite retirer le

couvert pour avoir accès aux œillets. Une fois terminé, il serait bon de le recouvrir afin de prévenir la présence de poussière et d'eau.

2.2.3. Après la manipulation, nous recommandons de resserrer tous les boulons tels que les dessins ci-dessous. Pour un transformateur avec 3 pieds, prendre le dessin de la figure 1. Pour un transformateur avec 4 pieds, prendre le dessin de la figure 2. Il arrive que certains boulons se desserrent lors du transport entre l'usine et le chantier.

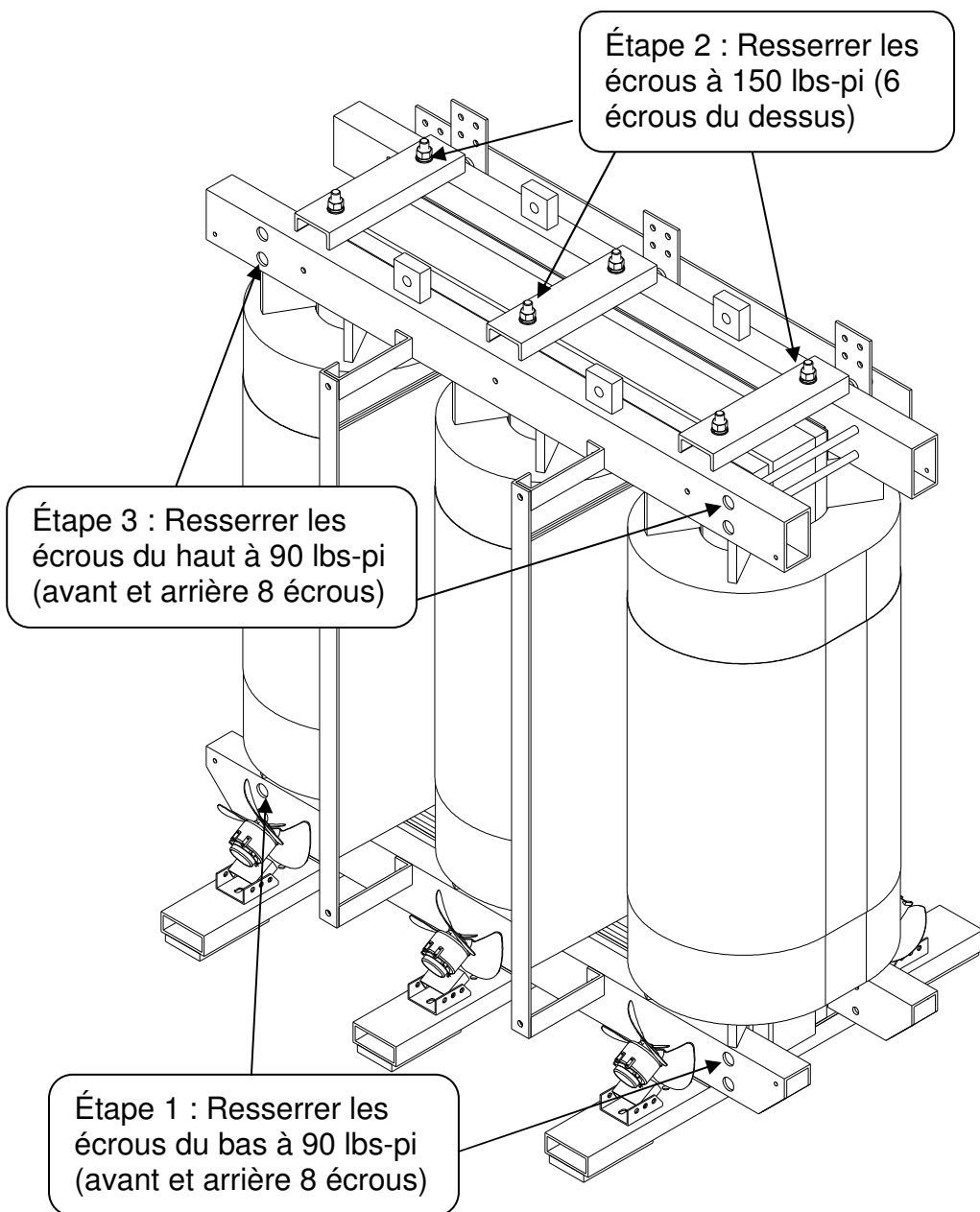


Figure 1

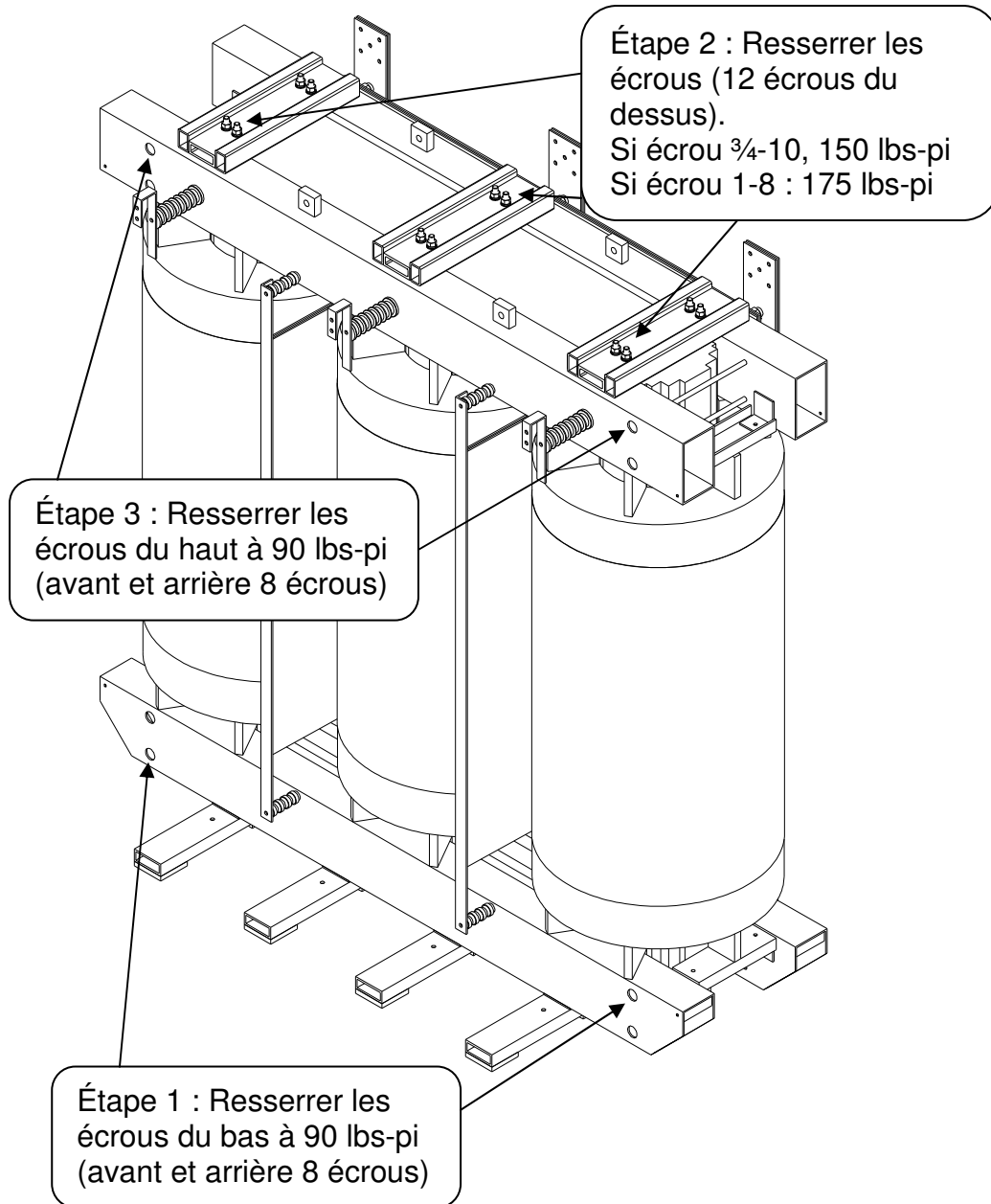


Figure 2

### 2.3. Entreposage

Tous les transformateurs devraient être entreposés à l'intérieur dans un endroit propre et sec. Les ouvertures de ventilation devraient être couvertes pour empêcher la poussière et la saleté de s'y infiltrer. Si en dernier recours le transformateur est entreposé à l'extérieur, il devra être soigneusement protégé contre les intempéries et les conditions atmosphériques humides.

### 3. INSTALLATION DU TRANSFORMATEUR DE TYPE A SEC

Le bon fonctionnement du transformateur de type à sec dépend essentiellement de l'emplacement, de la charge appliquée, et de l'entretien qu'on lui accorde. Une

négligence vis-à-vis un de ces critères pourrait provoquer certaines défaillances et éventuellement la perte du transformateur.

### **3.1. Emplacement**

#### **3.1.1. Humidité**

Ce type de transformateur est normalement conçu pour une installation intérieure et un endroit relativement sec. Cela n'empêche pas qu'il fonctionne très bien dans un milieu où le taux d'humidité est assez élevé, mais dans ce cas, certaines précautions devront être prises pour s'assurer que les conditions humides du milieu n'affectent pas l'état physique du transformateur. Ainsi lorsque le transformateur ne fonctionne pas pendant une période excédant 24 heures, durant laquelle le taux d'humidité est assez élevé, et que les conditions atmosphériques occasionnent de la condensation sur le boîtier, il faudra placer une source de chaleur externe près du boîtier du transformateur afin de protéger les propriétés de l'isolation électrique.

#### **3.1.2. Ventilation**

Une bonne ventilation est nécessaire pour maintenir le transformateur à une température appréciable. Par conséquent s'il est installé dans un espace restreint, une ventilation suffisante devra être fournie pour maintenir une température ambiante adéquate. En tout temps, la température ambiante moyenne sur une période de 24 heures doit être inférieure à 30°C et ne jamais dépasser 40°C. La surface nécessaire pour les ouvertures de ventilation dépend de la puissance du transformateur en KVA, des pertes sous forme de chaleur en KW, de la différence de hauteur entre l'entrée et la sortie et de la différence de température entre l'air à l'entrée et l'air à la sortie. Cette surface a été conçue pour permettre une ventilation adéquate du transformateur et elle ne devrait pas être obstruée en aucun temps. On devra donc s'assurer qu'aucun objet environnant ne créera d'interférence avec la surface de ventilation. Il faut noter ici que lorsque le transformateur est installé dans un espace restreint, l'essentiel est de maintenir une température ambiante adéquate.

Pour cela on peut, d'une part, compenser l'augmentation de température par des ventilateurs qui augmenteront la circulation d'air ou d'autre part, diminuer la puissance nominale en KVA afin qu'il dissipe moins de chaleur.

#### **3.1.3. Environnement**

Un environnement propre contribuera au bon fonctionnement du transformateur. Par conséquent, s'il est installé dans un endroit où l'air ambiant contient de la poussière, des vapeurs corrosives ou des particules métalliques, il serait bon d'utiliser un filtre puisque certaines matières pourraient être dommageables pour le transformateur. Il est aussi possible d'utiliser un boîtier de type totalement fermé (CSA type 4)

ou un transformateur de type encapsulé dans la résine qui permet d'isoler le montage noyau-bobines du milieu ambiant. Pour l'emploi de filtres, seulement ceux spécifiés par le fabricant devraient être utilisés, puisque l'emploi de filtres inadéquats peut empêcher une bonne ventilation du transformateur et ainsi causer un surchauffement. De plus, les filtres devraient être inspectés périodiquement afin d'assurer une ventilation suffisante du transformateur.

Les endroits présentant des égouttements d'eau doivent être évités. De plus, des précautions doivent être prises pour prévenir une présence d'eau accidentelle pouvant provenir d'une fenêtre ouverte par mauvais temps, une rupture de conduite ou de l'utilisation d'eau près du transformateur. L'utilisation d'un boîtier de type à l'épreuve des intempéries (CSA type 3R) serait justifiée pour un emplacement où la présence d'eau est inévitable.

#### **3.1.4. Espacement**

Les transformateurs montés au plancher et situés à proximité d'un mur ou autres constructions, devront respecter une distance minimale entre le boîtier et chacun des murs. Cette distance est normalement inscrite sur le boîtier du transformateur. Une bonne accessibilité pour la maintenance devra être prise en considération lors du choix de l'emplacement. Si le transformateur est placé à proximité de matériaux combustibles, une distance minimale établie par le code canadien de l'électricité devra être respectée.

#### **3.1.5. Bruit**

Le bruit audible produit par le transformateur peut être un facteur important dans le choix de l'emplacement. Il faut noter que le bruit perçu peut être causé par deux facteurs: le bruit produit par le transformateur lui-même et le bruit dû à la vibration transmise à la fondation et aux raccords. Il sera donc nécessaire d'apporter quelques modifications au niveau de l'installation aux endroits où les niveaux de bruit élevés sont indésirables. Quelques suggestions sont mentionnées ci-dessous à cet effet:

- ✓ Utiliser des conducteurs flexibles pour faire les raccordements;
- ✓ Recouvrir les murs et le plafond avec des matériaux qui absorbent le bruit;
- ✓ Utiliser des coussins anti - vibrations et installer le transformateur sur une fondation solide. Par exemple, ne pas l'installer sur un plancher de bois. Il est même conseillé dans les cas critiques d'installer le transformateur sur une dalle flottante de manière à limiter les transmissions de vibration.
- ✓ Il se peut que les boulons de la structure doivent être resserrés. Voir le point 2.2.3 ci-dessus.



### 3.2. Charge

Certaines précautions devront être prises lorsqu'on appliquera une charge au transformateur. Tout d'abord, on devra s'assurer que le courant qui circule dans les enroulements ne soit pas supérieur à la valeur du courant nominal acceptable pour chacun des enroulements. De plus il est recommandé d'équilibrer le plus possible les charges afin de permettre un meilleur fonctionnement. Dans le cas où le transformateur alimente un rectificateur ou d'autres applications qui occasionnent une déformation de l'onde de courant, il serait préférable d'utiliser un ampèremètre de type "true RMS" de façon à mesurer la valeur exacte du courant.

### 3.3. Entretien

Comme plusieurs autres pièces d'équipement électrique, le transformateur nécessite une inspection et un entretien périodique. Ces mesures préventives devront être faites à intervalle régulier et les mesures correctives à prendre, quand cela est nécessaire, devront être effectuées dans les plus brefs délais. Ces soins, apportés au transformateur, lui assureront une meilleure fiabilité.

La fréquence des inspections du transformateur dépendra des conditions ambiantes du milieu dans lequel il évolue. Un transformateur peut très bien fonctionner pendant plusieurs années sans attentions particulières, mais, soumis à des conditions défavorables (milieu où l'air propage du sel, de la poussière, des vapeurs corrosives, des particules métalliques ou d'autres matières nuisibles), il nécessitera une inspection mensuelle.

Divers soins peuvent être apportés lorsque le transformateur est alimenté. Ceux-ci devraient inclure une inspection périphérique, un nettoyage externe, une retouche de peinture externe, etc...

D'autres soins devront être apportés lorsque le transformateur n'est pas alimenté. Ceux-ci devraient inclure les changements de prise, une inspection et un nettoyage interne, la localisation des causes de performance médiocre, le remplacement de pièces défectueuses, une retouche de peinture interne, etc... Ces mesures correctives devront être exécutées par une personne qui est familière avec la construction et le fonctionnement du transformateur. Durant la procédure d'entretien, elle devra:

- ✓ S'assurer que le transformateur est hors tension;
- ✓ Après la mise hors tension, il serait prudent de court-circuiter les bornes d'entrées et de sorties et les mettre à la masse;
- ✓ Vérifier les connecteurs pour l'alignement, la pression, l'oxydation ou la corrosion. Remplacer les connecteurs qui sont oxydés. Dans certains cas, si l'oxydation est superficielle, on pourra rétablir les propriétés conductrices de la surface de contact avec un papier sablé fin.

- ✓ Vérifier l'état des boulons, des écrous et des rondelles;

### **COUPLE DE SERRAGE À APPLIQUER AUX BOULONS**

<b>Diamètre du boulon</b>	<b>Barre de cuivre</b>	<b>Barre d'aluminium</b>
3/8 - 16	30 lb/pi	30 lb/pi
1/2 - 13	60 lb/pi	60 lb/pi

- ✓ Vérifier les raccords isolés afin de déceler toute présence d'échauffement. S'il y a échauffement, le joint devra être refait et ré-isolé.
- ✓ Enlever toute accumulation excessive de saleté sur les enroulements ou sur l'isolant du transformateur pour permettre une circulation d'air plus libre et une protection contre les ruptures d'isolant. Une couche de saleté agit comme une couverture sur les enroulements qui peut occasionner un surchauffement du transformateur. Un fonctionnement à température surélevée aura un impact direct sur la durée de vie de l'isolant. Pour cette raison, des soins particuliers devront être apportés pour nettoyer le dessus et le bas des enroulements et pour nettoyer les conduites de ventilation. Les bobinages peuvent être nettoyés avec un aspirateur, un ventilateur ou par l'utilisation d'air comprimé. L'aspirateur est préférable pour la première étape d'un nettoyage, ensuite si c'est nécessaire, on complètera le nettoyage en utilisant un ventilateur ou de l'air comprimé sec ou d'azote sec. La procédure de nettoyage devra être faite en prenant soins que le jet d'air utilisé ne dépasse pas 25 livres par pouce carré. L'utilisation d'un jet à pression élevée doit être évité puisqu'il peut introduire des particules métalliques dans l'isolant. Les plaques terminales, les supports, les changeurs de prises et les isolateurs devraient être essuyés avec un linge sec. L'utilisation de nettoyeurs liquides ou de solvants n'est pas recommandée puisque plusieurs d'entre eux ont des effets destructeurs sur l'isolant.

## **4. DÉMARRAGE À FROID**

Tous les transformateurs à sec de distribution et de puissance doivent être conçus pour être mis sous tension à -30°C selon CSA C22.2 No 47 et IEEE C57.12.01. Les transformateurs à sec sont contruits en utilisant différents matériaux tel que du papier et vernis, VPI (Imprégnation sous Vide au Polyester) et EVI (Imprégnation sous Vide à l'Époxy).

Une des limitations lorsqu'on conçoit pour un démarrage à basse température est l'effet potentiel de l'humidité sur le transformateur. Le procédé utilisé par Delta lors de la fabrication de nos transformateurs consiste en une Imprégnation sous Vide à l'Époxy avec des périodes sous vacuum suivi par des périodes sous pression en utilisant une résine époxyde de classe 220 selon UL-1446 Listed Insulation System (EVI process). Ce procédé optimisé d'imprégnation sous vide à l'époxy permet de

scellé le noyau, les enroulements et les sorties. Elle offre une stabilité hydrolytique sous contrainte électrique, contamination environnementale ou une variation abrupte de la température.

Le fabricant de la résine époxy que nous utilisons nous a confirmé que la plage minimale de température est  $-45^{\circ}\text{C}$ . C'est pourquoi la résine époxy peut être utilisée dans la plupart des applications extérieures. Elle résiste chimiquement aux  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{S} + \text{Sel}$  et a une résistance à la moisissure selon la spécification US-mil. Cependant, une chaleur temporaire devrait être appliquée à l'unité jusqu'à ce qu'elle atteigne une moyenne de  $-30$  degrés Celsius et qu'aucun signe de gel ne soit visible. Ensuite, l'alimentation pourrait être fournie au transformateur. Après une demi-heure de fonctionnement en l'absence de charge, des charges peuvent être ajoutées progressivement à l'unité.

## **5. SECHAGE**

Lorsqu'un transformateur de type à sec est entreposé pendant un certain temps dans un endroit humide, il est recommandé de procéder au séchage de celui-ci avant de l'utiliser. Le séchage peut être fait par une chaleur externe (en soufflant de l'air chaud à travers les conduites de ventilation), une chaleur interne (en court-circuitant un des enroulements et en faisant circuler un courant à tension réduite) ou par une combinaison de ces deux méthodes. Chaque méthode est décrite plus en détail ci-dessous.

Le temps de séchage dépendra de la condition du transformateur, de son poids, de l'humidité absorbée et de la méthode de séchage utilisée. L'état de l'isolant pourra être évalué en mesurant la résistance à l'aide d'un mégohmmètre. Pour évaluer à quel instant l'opération de séchage sera terminée, il faudra prendre des mesures de résistance avant de démarrer le procédé de séchage et à des intervalles réguliers de deux heures pendant le séchage. L'opération sera terminée lorsque la valeur de résistance cessera de croître après quelques mesures.

### **5.1. Chaleur externe**

Tout d'abord, toute présence de moisissure sur le transformateur doit être nettoyée. Ensuite une chaleur externe peut être appliquée par l'une de ces méthodes:

- ✓ En injectant de l'air chaud par l'entrée d'air du boîtier du transformateur;
- ✓ En plaçant l'ensemble noyau–bobines dans un four convenablement aéré pour en évacuer l'humidité.

Il est très important que l'air chaud passe à travers les conduites de ventilation des enroulements et pas seulement autour des parois. Une bonne ventilation doit être telle qu'il ne se forme pas de condensation sur les enroulements ou à l'intérieur du boîtier. Une quantité convenable d'air devrait être utilisée pour assurer une température équivalente à l'entrée et à la sortie.

Il faudra prendre soin de protéger l'assemblage noyau-bobines contre les radiations directes provenant de l'appareil de chauffage. De plus, il faudra s'assurer que l'air circulant à l'intérieur du transformateur n'excède pas 100°C.

## **5.2. Chaleur interne**

Cette méthode est relativement lente et moins efficace que la méthode de chaleur externe. Tout d'abord, toute présence de moisissure sur le transformateur doit être nettoyée. Ensuite on court-circuite les bornes des enroulements secondaires et on applique une tension réduite aux bornes des enroulements primaires de façon à faire circuler le courant nominal.

La tension nécessaire à appliquer est déterminée à partir du pourcentage d'impédance qui est indiqué sur la plaque signalétique. Par exemple, un transformateur ayant une impédance de 3% nécessitera 18 volts sur un enroulement de 600 volts ou 72 volts sur un enroulement de 2400 volts pour faire circuler le courant nominal (tension nécessaire = % d'impédance (IZ) X tension nominale). La dissipation de chaleur due au courant ne doit pas occasionner une élévation de température excessive dans les enroulements.

## **5.3. Chaleur interne et externe**

Cette méthode est une combinaison des deux autres décrites précédemment et c'est probablement la plus rapide des méthodes de séchage. Le transformateur est placé dans une boîte ininflammable ou à l'intérieur de son propre boîtier. Une chaleur externe est appliquée suivant le procédé décrit dans la partie 4.1 et une chaleur interne est engendrée par le procédé décrit dans la partie 4.2. Cependant, cette méthode nécessitera un courant de court-circuit plus faible (tension appliquée moindre) puisque la température environnante sera plus élevée. Lors de l'application de cette méthode, on doit s'assurer de ne pas occasionner une élévation de température excessive dans les enroulements.

## **6. CHANGEMENT DE PRISES**

Pour effectuer un changement de prises, la procédure suivante devra être suivie pour éviter tout choc électrique ou endommagement du transformateur.

- ✓ S'assurer que le transformateur est hors tension.
- ✓ Après la mise hors tension, il serait prudent de court-circuiter les bornes d'entrées et de sorties et les mettre à la masse;
- ✓ Procéder au changement de prises en déplaçant le cavalier sur la prise désirée en se référant à l'étiquette "PRISES D'AJUSTEMENT" collée sur le boîtier du transformateur ou bien à la plaque signalétique.