



Un point d'isolation à **TEMPS**

Le guide complet
des tests d'isolation
électrique

Megger [®]

www.megger.com/us

“Un point d’isolation à temps”

Le guide complet des
tests d’isolation électrique

Tous droits réservés 2006

Megger[®]

WWW.MEGGER.COM

QU'EST-CE QU'UNE "BONNE" ISOLATION?.....	3
QU'EST-CE QUI FAIT QUE L'ISOLANT S'ENDOMMAGE?.....	4
DE QUELLE MANIÈRE MESURE-T-ON LA RÉSISTANCE D'ISOLATION?	5
COMMENT INTERPRÉTER LES LECTURES DE RÉSISTANCE?	6
FACTEURS QUI AFFECTENT LES LECTURES DE RÉSISTANCE D'ISOLATION.....	8
TYPES DE TESTS DE RÉSISTANCE D'ISOLATION.....	10
TENSION D'ESSAI PAR OPPOSITION À LA CAPACITÉ NOMINALE DE L'ÉQUIPEMENT.....	16
TESTS DE CA PAR OPPOSITION AU TEST CC.....	17
UTILISATION D'APPAREILS D'ESSAIS DIÉLECTRIQUES CC	18
TESTS LORS DU SÉCHAGE DE L'ÉQUIPEMENT	18
EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR LA RÉSISTANCE D'ISOLATION.....	21
EFFETS DE L'HUMIDITÉ	23
PRÉPARATION DES APPAREILS À TESTER	24
MESURES DE SÉCURITÉ	26
CONNEXIONS POUR TESTER LA RÉSISTANCE D'ISOLATION DE L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE.....	27
NOTES COMPLÉMENTAIRES À PROPOS DE L'UTILISATION D'UN TESTEUR D'ISOLATION MEGGER	33
INTERPRÉTATION DES VALEURS MINIMALES	36
VALEURS MINIMALES POUR DES RÉSISTANCES D'ISOLATION	38
TESTS EFFECTUÉS À L'AIDE DES TESTEURS D'ISOLATION MULTI-TENSION MEGGER	42
MÉTHODE DE TENSION PAR ÉTAPE	48
UTILISATION D'UNE BORNE DE GARDE	50
BAGUES, ISOLATEURS D'EXTRÉMITÉS ÉTANCHES (POTHEADS) ET ISOLATEURS	54
DISJONCTEURS À HUILE EXTÉRIEURS.....	57
MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME D'ENTRETIEN	60
À QUELLE FRÉQUENCE DEVRIEZ-VOUS EFFECTUER DES TESTS?	60
TESTEURS D'ISOLATION MEGGER DE 5 ET 10 KV	62
TESTEURS D'ISOLATION MEGGER DE 1 KV	64

QU'EST-CE QU'UNE "BONNE" ISOLATION?

Chaque fil électrique dans votre usine - que ce soit dans un moteur, générateur, câble, commutateur, transformateur, etc. - est soigneusement recouvert d'un certain type d'isolation électrique. Le fil lui-même est généralement fait en cuivre ou en aluminium qui est reconnu pour être de bons conducteurs de courant électrique qui alimente votre équipement. L'isolant doit être tout le contraire d'un conducteur : il doit résister aux courants et maintenir le courant dans sa trajectoire le long du conducteur.

Vous n'avez vraiment pas besoin de vous lancer dans les mathématiques de l'électricité pour comprendre les tests d'isolation, mais une équation simple - la loi d'Ohm - peut être très utile pour en apprécier de nombreux aspects. Même si vous avez eu affaire à cette loi auparavant, ce pourrait être une bonne idée de la revoir à la lumière des tests d'isolation.

Le but de l'isolant recouvrant conducteur est très semblable à celui d'un tuyau transportant l'eau, et la loi d'Ohm en l'électricité peut être comprise plus facilement grâce à une comparaison avec le débit d'eau. Dans la fig. 1, nous illustrons cette comparaison. La pression qu'exerce une pompe sur l'eau entraîne la circulation de celle-ci le long du tuyau (fig. 1a). Si le tuyau venait à fuir, il y aurait perte d'eau et perte d'une partie de la pression de l'eau.

Dans le domaine de l'électricité, la tension est comme la pression de la pompe, faisant en sorte que l'électricité circule le long du fil de cuivre (fig. 1 b). Tout comme dans une conduite d'eau, il y a une certaine résistance au flux de courant, mais il y en a beaucoup moins le long du fil qu'à travers l'isolant.

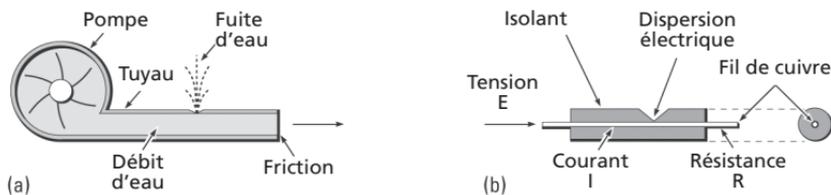


Figure 1 : Comparaison du débit d'eau (a) avec un courant électrique (b).

Le bon sens suppose que plus la tension est élevée, plus il y aura de courant. De plus, plus la résistance du fil est faible, plus il y aura de courant pour la même tension.

En fait, il s'agit de la loi d'Ohm qui est formulée de cette façon sous forme d'équation :

$$E = I \times R$$

où, E = tension en volts

I = courant en ampères

R = résistance en ohms

Il est à noter, cependant, qu'il n'existe pas d'isolation parfaite (c'est-à-dire, qu'aucune isolation ne possède une résistance infinie), en ce sens, une certaine quantité d'électricité circule le long de l'isolant ou à travers celui-ci vers la terre. Même si un tel courant ne représente qu'un millionième d'ampère (un microampère), il est tout de même le principal facteur sur lequel repose l'équipement d'essai de l'isolation. Par ailleurs, une tension plus élevée tend à faire passer plus de courant à travers l'isolant. Bien sûr, cette petite quantité de courant n'endommagerait pas un bon isolant, mais pourrait devenir un problème si l'isolant est détérioré.

À présent, pour résumer notre réponse à la question "qu'est-ce qu'une bonne isolation?", nous avons vu que bonne signifie essentiellement une résistance relativement élevée au courant. Pour décrire un matériau isolant, bon signifie aussi "la capacité à conserver une résistance élevée". Donc, un moyen approprié pour mesurer la résistance permet de déterminer à quel point l'isolant est bon. En outre, si l'on mesure à intervalles réguliers, il est possible de contrôler les tendances de sa dégradation (davantage sur ce sujet plus loin).

QU'EST-CE QUI FAIT QUE L'ISOLANT S'ENDOMMAGE?

Lorsque le système électrique et l'équipement de votre usine sont neufs, l'isolation électrique devrait être en parfait état. De plus, les fabricants de fils, câbles, moteurs et autres ont toujours continué d'améliorer leurs produits isolants pour le service dans l'industrie. Néanmoins, aujourd'hui encore, l'isolation est soumise à de nombreux effets pouvant causer des défaillances - dommages mécaniques, vibration, chaleur ou froid excessif, saleté, huile, vapeurs corrosives, humidité causée par le processus, ou tout simplement l'humidité d'une journée chaude et humide.

À divers degrés, ces ennemis de l'isolation sont à l'œuvre à mesure que le temps passe – combinés avec les tensions électriques présentes. À mesure que se développent des trous de la grosseur d'une épingle ou des fissures, de l'humidité et des matières étrangères pénètrent la surface de l'isolation, fournissant un passage de faible résistance pour le courant de fuite.

Une fois ce processus enclenché, ces différents ennemis ont tendance à s'entraider, ce qui permet à une trop grande quantité de courant de passer à travers l'isolant.

La baisse de résistance d'isolation est parfois soudaine, comme lorsque le matériel est inondé. Cependant, en général, si elle est vérifiée périodiquement elle diminue progressivement fournissant suffisamment d'avertissements. Ces vérifications permettent d'effectuer une remise en état programmé avant qu'il y ait défaillance. Par exemple, si aucune vérification n'est effectuée, un moteur possédant une mauvaise isolation pourrait non seulement être dangereux à toucher lorsqu'une tension est appliquée, mais pourrait également être susceptible de brûler. Ce qui était une bonne isolation est devenu un conducteur partiel.

DE QUELLE MANIÈRE MESURE-T-ON LA RÉSISTANCE D'ISOLATION?

On a pu remarquer qu'une bonne isolation possède une résistance élevée et qu'une mauvaise isolation possède une résistance relativement faible. Les réelles valeurs de la résistance peuvent être supérieures ou inférieures, en fonction de facteurs tels que la température ou la teneur en humidité de l'isolant (la résistance diminue en présence d'humidité ou selon la température). Cependant, en enregistrant les valeurs et un peu de bon sens, vous pouvez avoir une bonne idée de l'état de l'isolation à partir de valeurs qui ne sont que relatives.

Le testeur d'isolation Megger est un petit instrument portable qui donne une lecture directe de la résistance d'isolation en ohms ou mégohms. Dans le cas d'une bonne isolation, la résistance sera généralement indiquée en mégohms.

Le testeur d'isolation Megger est essentiellement un compteur de résistance haut de gamme (ohmmètre) équipé d'un générateur de courant continu intégré. Ce compteur est d'une conception spéciale, muni à la fois de bobines de courant et de bobines de tension, permettant de lire directement le nombre réel d'ohms, indépendamment de la tension réelle appliquée. Cette méthode est non destructive, c'est-à-dire qu'elle ne cause pas de détérioration de l'isolant.

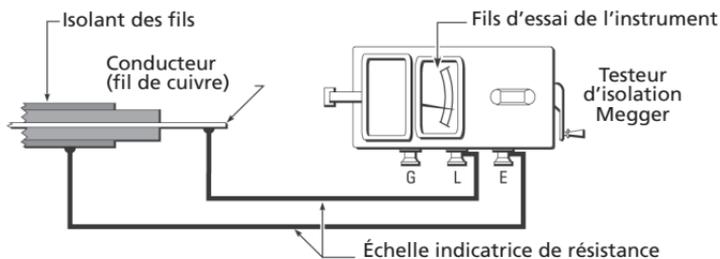


Figure 2- Connexion typique d'instrument de test Megger pour mesurer la résistance d'isolation.

Un générateur à manivelle ou alimenté par le secteur peut être utilisé pour créer la tension continue élevée nécessaire à l'envoi d'un courant de faible intensité à travers et sur les surfaces de l'isolant à l'essai (fig. 2). Ce courant (généralement à une tension appliquée de 500 volts ou plus) est mesuré à l'aide d'un ohmmètre muni d'une échelle indicatrice. La fig. 3 propose une échelle typique illustrant la lecture des valeurs de résistance croissantes de la gauche à l'infini ou une résistance trop élevée pour être mesurée.

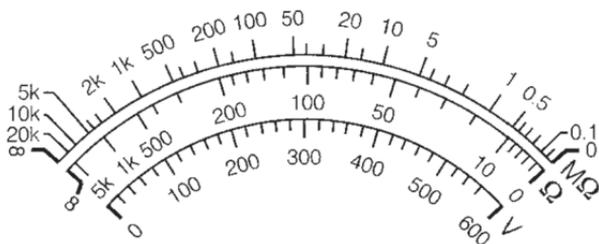


Figure 3 - Échelle typique sur le testeur d'isolation Megger.

COMMENT INTERPRÉTER LES LECTURES DE RÉSISTANCE

Comme mentionnées précédemment, les lectures de résistance d'isolation doivent être considérées comme relatives. Pour un même moteur ou machine testé trois jours de suite, elles peuvent être complètement différentes et pourtant, cela ne signifie pas que l'isolation est mauvaise. Ce qui importe vraiment, c'est la tendance des lectures sur une période donnée indiquant une diminution de la résistance, ainsi que des signes de troubles imminents. Par conséquent, la meilleure méthode pour l'entretien préventif des équipements électriques consiste à effectuer des essais périodiques à l'aide de cartes d'enregistrement comme illustré à la fig. 4.

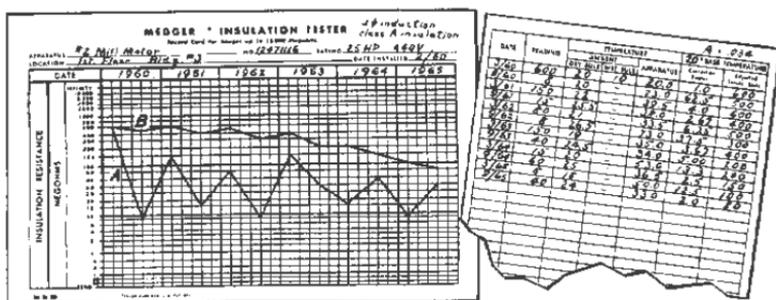


Figure 4 - Enregistrement typique de la résistance d'isolation d'un moteur de moulin. La courbe A indique des valeurs de tests comme mesurées; la courbe B indique les mêmes valeurs corrigées à 68 °F (20 °C) (voir page 22), révélant une tendance à la baisse marquée menant à une situation dangereuse. L'envers de la carte (à droite) est utilisé pour enregistrer les données de test.

La fréquence des tests : mensuellement, une ou deux fois par année dépend du type, de l'emplacement et de l'importance de l'équipement. Par exemple, il se peut qu'un petit moteur de pompe ou un court câble de commande soit vital pour un processus dans votre usine. L'expérience est la meilleure référence pour l'établissement d'un programme d'essai de l'équipement.

Les tests périodiques devraient être effectués chaque fois de la même manière. C'est-à-dire avec les mêmes connexions et la même tension d'essais appliquée durant la même durée. De plus, les tests devraient être réalisés à des températures presque similaires ou qu'ils soient corrigés à la même température. Un enregistrement de l'humidité relative, à proximité de l'équipement au moment du test, est également utile pour l'évaluation de la lecture et de la tendance. Les sections suivantes couvrent les corrections de température et les effets de l'humidité.

En résumé, voici quelques observations générales sur la manière d'interpréter les tests périodiques de résistance d'isolation, ainsi que ce qui devrait être fait à partir des résultats.

État	Que faire?
(a) Valeurs convenables à élevées, et bien maintenues.	Aucune raison de s'inquiéter.
(b) Valeurs convenables à élevées, mais révélant une tendance constante vers des valeurs à la baisse.	Localiser la cause, y remédier et vérifier la tendance à la baisse.
(c) Faibles, mais bien maintenues.	Sans doute en bon état, mais la cause des valeurs faibles doit être vérifiée.
(d) Si faibles que cela peut être dangereux.	Nettoyer, sécher, ou augmenter les valeurs avant de mettre l'équipement en fonction. (Tester l'équipement humide lorsqu'il est en train de sécher.)
(e) Valeurs convenables ou élevées, auparavant bien maintenues, mais révélant une baisse soudaine.	Effectuer des tests à intervalles réguliers jusqu'à ce que la cause des valeurs faibles soit localisée et corrigée; ou jusqu'à ce que les valeurs soient à nouveau stables à un niveau inférieur, mais sécuritaire pour le fonctionnement; ou encore jusqu'à ce que les valeurs soient si faibles qu'il devient dangereux de garder l'équipement en marche.

FACTEURS QUI AFFECTENT LES LECTURES DE RÉSISTANCE D'ISOLATION

Il faut se rappeler que la résistance mesurée (de l'isolation) sera déterminée par la tension appliquée et le courant qui en résulte ($R = E/I$). De nombreux éléments affectent le courant, y compris la température de l'isolation et l'humidité, comme mentionné à la section précédente. Pour le moment, examinons uniquement la nature du courant à travers l'isolant, ainsi que l'effet produit par la durée de l'application de la tension.

Le courant à travers et le long de l'isolant est composé, en partie, d'un courant relativement stable dans les trajectoires de fuite sur la surface de l'isolant. L'électricité circule également à travers l'épaisseur de l'isolant. En fait, comme illustré à la fig. 5, le courant total comprend trois composantes :

1. Courant de charge de capacité électrique

Courant qui commence élevé et chute une fois que l'isolant a été chargé à pleine tension (un peu comme le débit d'eau dans un tuyau d'arrosage lorsque vous ouvrez le robinet, au début).

2. Courant d'absorption

Également un courant initialement élevé qui chute ensuite (pour des raisons examinées à la section Méthode de temps/résistance).

3. Courant de conduction ou de fuite

Un petit courant essentiellement stable à la fois à travers et sur l'isolant.

Comme illustré à la fig. 5, le courant total est la somme de trois composantes et c'est ce courant qui peut être mesuré directement par un micro-ampèremètre, ou en termes de mégohms à une tension particulière, au moyen d'un instrument Megger (ohmmètre). Puisque le courant total dépend de la durée pendant laquelle la tension est appliquée, on comprend maintenant pourquoi la loi d'Ohm $R = E/I$ ne tient théoriquement qu'un temps infini (c'est-à-dire qu'il faudrait attendre indéfiniment avant d'effectuer une lecture).

En pratique, comme il sera vu dans les méthodes d'essai décrites ci-dessous, on lit une valeur qui est la résistance apparente - une valeur utile pour identifier les troubles, ce qui est tout à fait le but désiré.

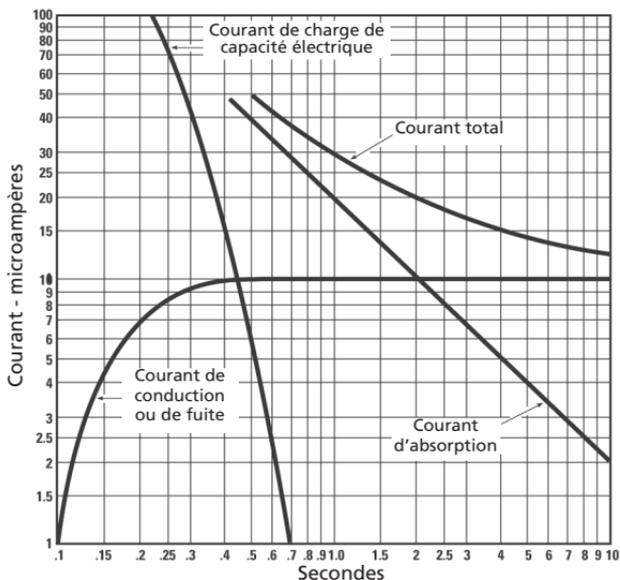


Figure 5 - Courbes illustrant les composantes du courant mesuré lors des tests en courant continu de l'isolation.

Il est à noter également à la fig. 5 que le courant de charge disparaît assez rapidement à mesure que l'équipement testé se charge. Les plus gros appareils possédant plus de capacité électrique seront plus longs à charger. Ce courant est également l'énergie stockée qui est initialement déchargée après votre test en court-circuitant et en mettant l'isolant à la terre. **TOUJOURS RESPECTER CETTE MESURE DE SÉCURITÉ.**

On voit plus loin à la fig. 5 que le courant d'absorption diminue à un rythme relativement lent selon la nature exacte de l'isolant. Cette énergie stockée doit, elle aussi, être libérée à la fin d'un test, et nécessite un laps de temps plus long que le courant de charge de capacité électrique - environ quatre fois plus de temps que la durée pendant laquelle la tension a été appliquée.

Avec une bonne isolation, le courant de conduction ou de fuite devrait augmenter jusqu'à une valeur stable qui est constante pour la tension appliquée, comme illustré à la fig. 5. Toute augmentation du courant de fuite à mesure que le temps passe est signe de problème, comme discuté dans les tests décrits à la section suivante.

À présent, avec une connaissance de base sur la façon dont le temps affecte le sens des lectures des instruments, nous allons examiner trois méthodes d'essai courants : (1) lecture de courte durée ou effectuée au hasard; (2) temps/résistance; et (3) tests par étape ou multi-tension.

TYPES DE TESTS DE RÉSISTANCE D'ISOLATION

Test de lecture de courte durée ou effectué au hasard

Pour cette méthode, il vous suffit de brancher l'instrument Megger à l'isolant à tester et le faire fonctionner pendant une période de temps spécifique courte (on recommande généralement 60 secondes). Comme illustré par le schéma de la fig. 6, un point sur une courbe de valeurs de résistance croissantes a tout simplement été choisi; bien souvent, la valeur sera inférieure pendant 30 secondes, supérieure pendant 60 secondes. Il faut également garder à l'esprit que la température et l'humidité, ainsi que l'état de votre isolant, affectent votre lecture.

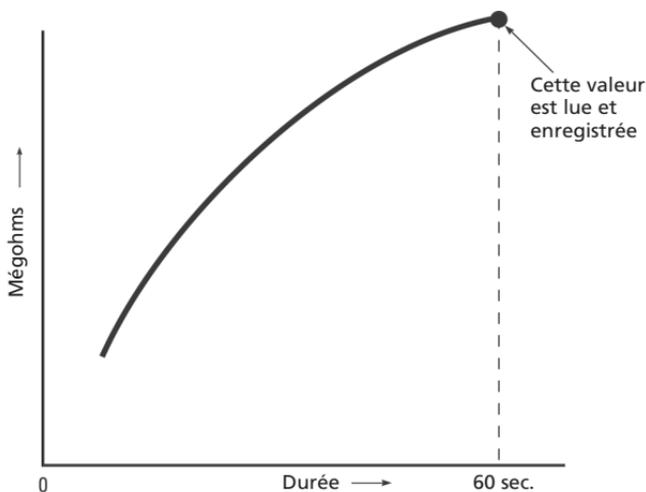


Figure 6 - Courbe typique de résistance d'isolation (en mégohms) avec la durée pour la méthode d'essai de "courte durée" ou "lecture effectuée au hasard".

Si l'appareil testé possède une très faible capacité électrique, comme un court câblage interne, le test de lecture effectué au hasard est tout ce dont on aura besoin. Cependant, la plupart des équipements sont capacitifs donc, la toute première lecture effectuée au hasard sur un équipement dans votre usine, sans tests préalables, ne peut être qu'un guide approximatif permettant de savoir à quel point l'isolation est bonne ou mauvaise. Pendant de nombreuses années, les professionnels de l'entretien ont utilisé la règle du mégohm afin d'établir la limite la plus faible permise pour la résistance d'isolation. La règle peut être formulée ainsi :

La résistance d'isolation devrait être d'environ un mégohm pour chaque 1 000 volts de tension de fonctionnement, avec une valeur minimale d'un mégohm.

Par exemple, un moteur d'une valeur nominale de 2400 volts devrait avoir une résistance d'isolation minimale de 2,4 mégohms. En pratique, normalement, les lectures de mégohms sont considérablement supérieures à cette valeur minimale pour de nouveaux équipements ou lorsque l'isolant est en bon état.

En effectuant des lectures périodiques et en les enregistrant, on aura une meilleure base pour juger de l'état réel de l'isolation. Toute tendance persistante à la baisse est généralement un bon signal de troubles imminents, même s'il se peut que les lectures soient plus élevées que les valeurs minimales sûres suggérées. Il s'avère aussi que tant que les lectures périodiques sont cohérentes, il se peut qu'elles soient bonnes, même si elles sont inférieures aux valeurs minimales recommandées. Les courbes de la fig. 7 illustrent les réactions typiques des résistances d'isolation dans différentes conditions de fonctionnement des installations. Les courbes ont été tracées point par point à partir des lectures effectuées au hasard à l'aide d'un instrument Megger sur une période de plusieurs mois.

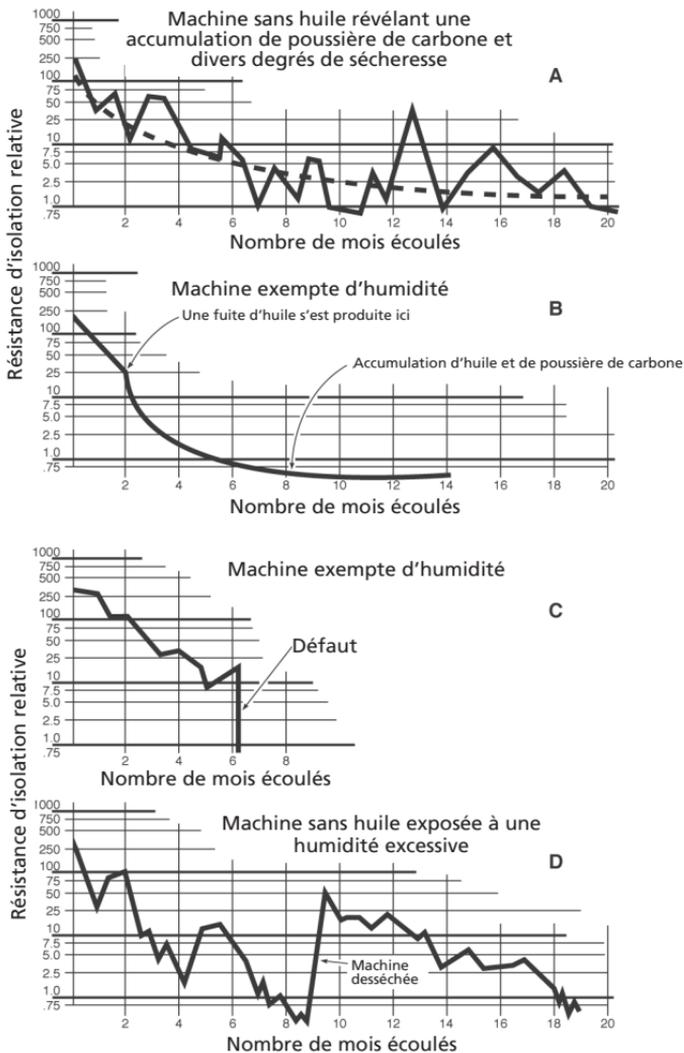


Figure 7 - Réactions typiques des résistances d'isolation sur une période de plusieurs mois dans différentes conditions de fonctionnement (courbes tracées point par point à partir des lectures effectuées au hasard à l'aide d'un instrument Megger).

Méthode temps/résistance

Cette méthode est relativement indépendante de la température et peut souvent fournir des informations concluantes, sans enregistrements de tests préalables. Elle est basée sur l'effet d'absorption d'un bon isolant comparé à celle d'un isolant humide ou contaminé. Il suffit d'effectuer des lectures successives à des moments précis et de noter les différences de lectures (voir les courbes, fig. 8). Les tests effectués à partir de cette méthode sont parfois appelés tests d'absorption.

Il est à noter qu'une bonne isolation présente une augmentation continue de la résistance (moins de courant - voir la courbe A) sur une période de temps donnée (de l'ordre de 5 à 10 minutes). Cette hausse de résistance est causée par le courant d'absorption dont nous avons parlé plus tôt; une bonne isolation produit cet effet de charge sur une période de temps beaucoup plus longue que la durée nécessaire pour charger la capacité électrique de l'isolant.

Si l'isolant contient beaucoup d'humidité ou de contaminants, l'effet d'absorption est masqué par un courant de fuite élevé qui se maintient à une valeur relativement constante, en gardant la lecture de résistance basse (souvenez-vous : $R = E/I$).

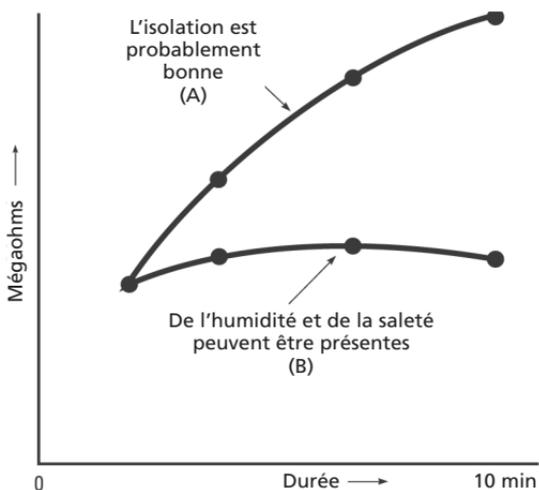


Figure 8 - Courbes typiques illustrant l'effet d'absorption diélectrique dans un test "temps/résistance", effectué sur un équipement capacitif tel que le bobinage d'un gros moteur.

Le test de temps/résistance est également utile parce qu'il ne dépend pas de la taille de l'équipement. L'augmentation de la résistance d'isolation, pour une isolation propre et sèche se produit de la même manière qu'il s'agisse d'un petit ou un gros moteur. Par conséquent, on peut comparer plusieurs moteurs et établir des normes pour les nouveaux, peu importe leur puissance nominale.

La fig. 9 illustre à quoi ressemble un test de 60 secondes pour une bonne et peut-être mauvaise isolation. Lorsque l'isolation est en bon état, la lecture de 60 secondes est plus élevée que la lecture de 30 secondes.

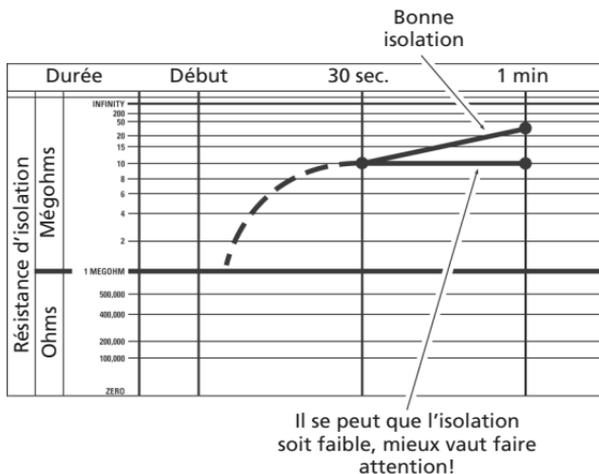


Figure 9 - Carte typique avec traçage point par point d'un test de temps/résistance ou un test de double lecture.

Un autre avantage de ce test de double lecture, comme on l'appelle parfois, est que cela donne une image plus claire, même lorsqu'une lecture effectuée au hasard laisse entendre que l'isolant est en bon état.

Par exemple, disons que la lecture effectuée au hasard sur un moteur synchrone a indiqué 10 mégohms. Maintenant, supposons que la vérification de la double lecture révèle que la résistance d'isolation se maintient à 10 mégohms lorsque vous maintenez la tension jusqu'à 60 secondes. Cela signifie qu'il peut y avoir de la saleté ou de l'humidité dans les bobinages, ce qui mérite qu'on y jette un coup d'œil. D'autre part, si le pointeur révèle une augmentation progressive entre les vérifications de 30 secondes et de 60 secondes, alors vous pouvez être pratiquement certain que les bobinages sont en bon état.

Les tests de temps/résistance sur les grandes machines rotatives électriques - en particulier avec une tension de fonctionnement élevée - exigent une résistance d'isolation très élevée et une tension d'essai très constante. Un appareil d'essai résistant Megger, fonctionnant avec des lignes d'alimentation, comble justement ce besoin. De même, un tel instrument est mieux adapté pour être utilisé avec des câbles, bagues, transformateurs et appareillages de connexion.

Coefficient d'absorption diélectrique

Le coefficient de deux lectures de temps/résistance (comme une lecture de 60 secondes divisée par une lecture de 30 secondes) est appelé coefficient d'absorption diélectrique. Ce coefficient est utile pour enregistrer des informations sur l'isolation. Si le coefficient est une lecture de 10 minutes divisée par une lecture de 1 minute, la valeur est appelée l'indice de polarisation.

Avec les instruments à manivelle Megger, il est beaucoup plus facile d'exécuter le test pendant seulement 60 secondes en effectuant votre première lecture à 30 secondes. Si vous avez un instrument Megger fonctionnant sur secteur, vous obtiendrez des résultats optimaux en exécutant le test de 10 minutes et en effectuant des lectures à 1 et 10 minutes afin d'obtenir l'indice de polarisation. Le tableau I donne les valeurs des coefficients et les conditions relatives de l'isolation correspondante qu'ils indiquent.

TABLEAU I - ÉTAT D'ISOLATION INDIQUÉ PAR LES COEFFICIENTS D'ABSORPTION DIÉLECTRIQUE*

ÉTAT D'ISOLATION	COEFFICIENT DE 60/30 SECONDES	COEFFICIENT DE 10/1 MINUTE (INDICE DE POLARISATION)
Dangereux	—	Moins de 1
Douteux	1,0 à 1,25	1,0 à 2 ***
Bon	1,4 à 1,6	2 à 4
Excellent	Au-delà de 1,6 **	Au-delà de 4 **

* Ces valeurs doivent être considérées comme provisoires et relatives - susceptibles d'être mises à l'épreuve par la méthode de temps/résistance au cours d'une période de temps donnée.

** Dans certains cas, sur des moteurs, des valeurs supérieures d'environ 20% à celles révélées ici indiquent un bobinage sec et fragile qui va tomber en panne lors des démarrages ou lorsqu'il sera soumis à une décharge électrique. Pour un entretien préventif, le bobinage du moteur doit être nettoyé, traité et séché pour en restaurer la souplesse.

*** Ces résultats seraient satisfaisants pour de l'équipement doté d'une faible capacité, comme des câblages internes courts.

TENSION D'ESSAIS PAR RAPPORT AU RÉGIME NOMINAL DE L'ÉQUIPEMENT

Les tensions d'essais de CC couramment utilisées pour l'entretien de routine sont les suivantes :

Régime nominal du CA de l'équipement	Tension d'essais du CC
jusqu'à 100 volts	100 et 250 volts
440 à 550 volts	500 et 1000 volts
2400 volts	1 000 à 2 500 volts ou plus
4 160 volts et au-delà	1 000 à 5 000 volts ou plus

Les tensions d'essais utilisées lors des mises à l'épreuve d'équipement sont considérablement plus élevées que celles utilisées lors de l'entretien de routine. Bien qu'il n'existe aucune norme d'industrie publiée pour ce qui est des tensions d'épreuves maximales de CC à utiliser avec les machines rotatives le programme ci-dessous est généralement utilisé. Pour des recommandations spécifiques sur votre équipement, vous devriez consulter le fabricant de l'équipement.

Tensions d'essais pour les mises à l'épreuve d'équipement rotatif :

Test du CA en usine = 2 x puissance nominale + 1000 volts

Mise à l'épreuve du CC à l'installation = 0,8 x test du CA d'usine x 1,6

Mise à l'épreuve du CC après révision = 0,6 x Test du CA en usine x 1,6

Exemple :

Moteur de puissance nominale de 2400 V en CA -

Test du CA en usine = 2 (2 400) + 1000 = 5 800 V en CA

Test de CC max à l'installation = 0,8 (5 800) 1,6 = 7 424 V en CC

Test de CC max après révision = 0,6 (5 800) 1,6 = 5 568 V en CC

TESTS DE CA PAR RAPPORT AU TEST DE CC

Jusqu'à présent, nous avons parlé des tests de tension de CC, mais vous entendrez parler des tests de CA et vous devez connaître la différence. Vous rappelez-vous, nous avons parlé des types de courant produits dans l'isolation par le CC? (La hausse initiale du courant de charge, la baisse du courant d'absorption à mesure que le temps passe, puis après une plus longue période de temps, le courant de conduction stable.) Nous avons vu que, lors des tests d'isolation, le courant de conduction ou de fuite est celui qui nous donne l'information dont nous avons besoin.

En revanche, les tests avec le CA donnent un courant de charge qui est extrêmement fort par rapport aux autres types; le courant de fuite est relativement faible. Le CA est fréquemment utilisé pour les tests à haute puissance; la tension est augmentée jusqu'à un point spécifique pour voir si l'isolation résiste à cette tension spécifique. Il s'agit d'un test de type TOUT ou RIEN (GO/NO GO) et il peut entraîner la détérioration de l'isolant, contrairement au test de CC qui est fondamentalement non destructif.

Si vous avez utilisé une tension d'essai de CA et que vous voulez utiliser des tests en CC comme une alternative, vous devrez augmenter quelque peu la tension d'essai maximale de CC afin d'obtenir des résultats équivalents.

Dans certains cas, les tests en CA peuvent être plus adaptés pour des mises à l'épreuve de l'équipement (c'est-à-dire en s'assurant que l'équipement répond aux normes prescrites). Vous augmentez la tension jusqu'à la valeur choisie et soit l'équipement passe le test, soit il échoue. Avec le test en CC, vous obtenez une meilleure image; vous pouvez évaluer le courant de fuite à mesure que vous augmentez la tension et obtenez des valeurs spécifiques de résistance d'isolation.

À mesure que l'étendue de votre équipement augmente, il y a également de nets avantages économiques à choisir des tests en CC au lieu de tests en CA. À mesure que la tension d'essai augmente, le coût et le poids de l'équipement en CA augmentent beaucoup plus rapidement qu'un équipement d'essai en CC comparable. C'est parce que l'appareil d'essai en CA doit fournir le courant de charge qui devient et reste très élevé dans les grosses machines. Comme expliqué précédemment, lors des tests en CC, ce courant diminue rapidement après la période de charge initiale.

En résumé, les appareils d'essai de CC sont utilisés presque exclusivement pour l'entretien à haute tension et les tests sur le terrain pour les raisons suivantes :

1. Réduction des coûts
2. Plus légers
3. Plus petits
4. Non destructifs
5. Meilleure information, tant pour la qualité que pour la quantité

UTILISATION D'APPAREILS D'ESSAIS DIÉLECTRIQUES EN CC

L'instrument Megger fournissant des lectures de résistance d'isolation directement en ohms et mégohms est le meilleur choix pour l'entretien de routine en usine. Cependant, certaines usines, en particulier celles possédant de l'équipement avec un régime nominal de tension plus élevé utilisent également un autre produit Megger - l'appareil d'essai diélectrique. Donc, vous devriez connaître cet instrument et son utilisation pour mesurer la résistance d'isolation.

L'appareil d'essai diélectrique peut être utilisé pour déterminer la résistance d'isolation au moyen des mêmes méthodes de test que celles décrites pour l'instrument Megger; c'est-à-dire, les tests à court terme, de temps/résistance et de tension par étape. Il est également conçu pour d'autres usages, mais pour les tests d'isolation il fournit : (1) une tension de sortie réglable et (2) un suivi du courant résultant en micro-ampères. Les appareils de tests diélectriques de CC Megger sont vendus avec des sorties de tension allant de 5 kV à 160 kV.

Les courbes de la fig. 5 sont tracées point par point en fonction du courant par rapport à la durée, tout comme le sont les courbes des mesures d'isolation sur les équipements typiques fournies à la fin de ce manuel. Megger fournit du papier à usage graphique ce qui facilite le traçage point par point les mégohms de la résistance d'isolation à partir de votre tension et des lectures de courant.

TESTS EN COURS DE SÉCHAGE DE L'ÉQUIPEMENT

L'équipement électrique mouillé constitue un danger courant auquel sont confrontés tous les techniciens d'entretien. S'il s'agit d'eau douce, vous devez immédiatement le sécher. Cependant, s'il s'agit d'eau salée, vous devez d'abord nettoyer le sel avec de l'eau douce, sinon, il subsistera des dépôts de sel très corrosifs sur les surfaces métalliques et isolantes ainsi que dans les fentes de l'isolant. Avec l'humidité, ces dépôts forment un très bon conducteur d'électricité. Vous devriez également enlever l'huile ou la graisse de l'isolation, en utilisant un solvant approprié.

Il existe diverses façons de sécher l'équipement électrique selon la taille et la portabilité. Vous pouvez utiliser un jet d'air chaud, un four, la circulation du courant dans les conducteurs ou une combinaison de techniques. Les conditions et installations de l'usine locale, ainsi que des informations provenant des fabricants d'équipement peuvent servir de guide pour déterminer la meilleure méthode pour votre équipement.

Dans certains cas, ou avec certains équipements, le séchage ne sera peut-être pas nécessaire. Vous pouvez vérifier cela grâce à des tests de résistance d'isolation si vous avez des enregistrements des tests antérieurs effectués sur l'appareil. Lorsque le séchage est requis, ces enregistrements sont également utiles pour déterminer le moment où l'isolant est exempt d'humidité.

À NOTER : L'équipement mouillé est susceptible de tomber en panne de courant. Par conséquent, vous devriez utiliser un testeur basse tension Megger (100 ou 250 V de CC), au moins lors des premiers stades du séchage. Si vous n'avez pas d'instrument à basse tension sous la main, il peut être remplacé par un démarrage lent d'un testeur de 500 volts.

Plusieurs testeurs ont une gamme de tests supplémentaires qui mesurent en kilohms (k.). Cette mesure est généralement prise à une intensité de quelques volts seulement; il s'agit de la mesure initiale idéale pour un équipement inondé. Cette gamme mesure en dessous de la gamme de mégohms et peut donc fournir une mesure réelle pouvant être utilisée comme référence dans le suivi du processus de séchage. Si une mesure en kilohms est obtenue, l'isolation a été complètement saturée, mais il est possible qu'elle soit récupérable. Tester et sécher alternativement tout en surveillant les lectures qui augmentent jusqu'à ce qu'elles atteignent la gamme de mégohms, moment à partir duquel des tests de tension plus élevée peuvent être utilisés sans risque.

Pour démontrer à quel point sont importantes les lectures antérieures, jetons un coup d'œil à un moteur de 100 ch qui a été inondé. Après nettoyage, une lecture effectuée au hasard au moyen d'un testeur Megger indique 1,5 mégohm. À première vue, vous auriez probablement tendance à dire que c'est correct. De plus, si les enregistrements passés révèlent une résistance d'isolation comprise entre 1 et 2 mégohms, vous seriez certain.

D'autre part, si les enregistrements antérieurs révèlent des valeurs de résistance normale qui se tiennent entre 10 ou 20 mégohms, alors vous sauriez qu'il y a encore de l'eau dans les bobinages du moteur.

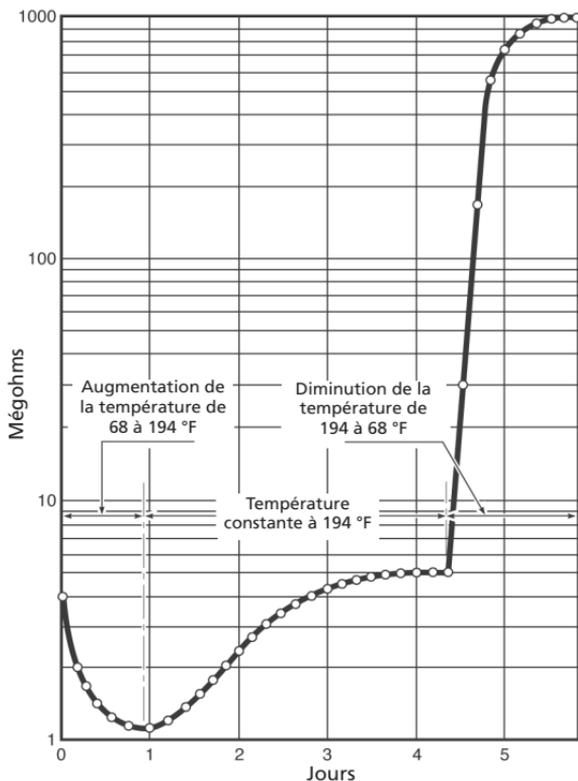


Figure 10 - Courbe de séchage typique où les lectures d'une minute de résistance d'isolation sont prises toutes les quatre heures.

La courbe de séchage typique pour l'armature d'un moteur à CC (fig. 10) indique de quelle manière la résistance de l'isolation change. En fait, lors de la première partie du test, la résistance diminue en raison de la température qui est plus élevée. Puis, elle s'élève à une température constante à mesure que le séchage continue. Enfin, elle s'élève jusqu'à un degré supérieur au moment où la température ambiante (68 °F) est atteinte.

Notez que si vous effectuez des tests de résistance d'isolation pendant le séchage et que vous avez des lectures de tests antérieurs sur l'équipement sec, vous saurez quand vous aurez atteint la valeur sûre pour l'unité. Vous préférerez peut-être utiliser un test de temps/résistance pris périodiquement (disons, une fois par changement) et grâce au coefficient d'absorption diélectrique ou de l'indice de polarisation vous pourrez suivre les progrès du séchage (nul besoin de corriger la température).

EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR LA RÉSISTANCE D'ISOLATION

La résistance des matériaux d'isolation diminue nettement lorsqu'il y a hausse de la température. Cependant, comme nous l'avons vu, les tests avec les méthodes de temps/résistance et de tension par étape sont relativement indépendants des effets de la température, fournissant des valeurs relatives.

Si vous voulez faire des comparaisons entre les lectures qui soient fiables, vous devez corriger les lectures à une température de base (telle que 68 °F) ou prendre toutes vos lectures à environ la même température (ce qui n'est habituellement pas difficile à faire). Nous allons couvrir certaines directives générales par rapport aux corrections de température.

Voici la règle empirique :

**Pour chaque hausse de température de 50 °F,
réduire la résistance de moitié, ou pour chaque
baisse de 50 °F, doubler la résistance.**

Par exemple, une résistance de deux mégohms à 68 °F est réduite à 1/2 méga-ohm à 104 °F.

Chaque type de matériau d'isolation aura un degré différent de changement de résistance avec la température. Cependant, les facteurs ont été établis afin de simplifier la correction des valeurs de résistance. Le tableau II fournit ces facteurs pour les équipements rotatifs, transformateurs et câbles. Vous multipliez les lectures que vous obtenez par le facteur correspondant à la température (que vous devez mesurer).

Par exemple, supposons que vous avez un moteur avec isolation de classe A et que vous obtenez une lecture de 2,0 mégohms à une température (dans les enroulements) de 104 °F (40 °C). D'après le tableau II, regardez à côté de 104 °F dans la colonne suivante (pour la classe A) et vous obtenez le facteur de 4,80. Votre valeur de résistance corrigée est alors :

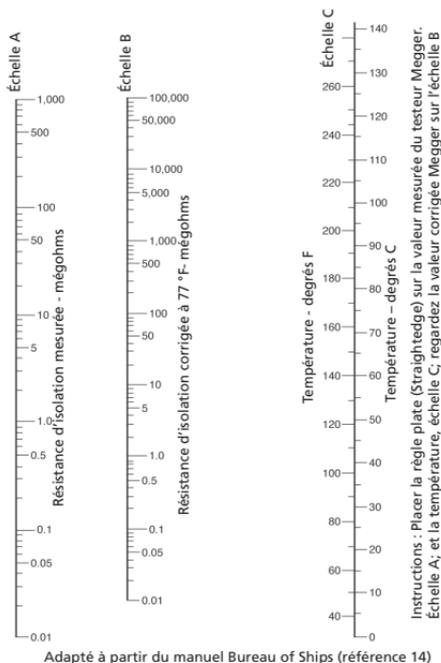
$$\begin{array}{rclcl} 2,0 \text{ mégohms} & \times & 4,80 = & 9,6 \text{ mégohms} \\ \text{(Lecture à } 104 \text{ °F)} & & \text{(Correction facteur} & \text{(Lecture à } 68 \text{ °F} \\ & & \text{corrigé pour isolation} & \text{ou } 20 \text{ °C)} \\ & & \text{de classe A à } 104 \text{ °F)} & \end{array}$$

Notez que la résistance est presque cinq fois supérieure à 68 °F (20 °C) par rapport à la lecture prise à 104 °F. La température de référence pour le câble est fournie comme étant 60 °F (15,6 °C), mais l'important est d'être cohérent et correct en se basant sur le même point de départ.

TABLEAU II - Facteurs de correction de la température *

TEMP.		ÉQUIPEMENT ROTATIF		TRANSFORMATEURS REMPLIS D'HUILE	CÂBLES							
°C	°F	CLASSE A	CLASSE B		CODE NORMAL	CODE GR-5 (NORMES DE FIABILITÉ DE RÉSEAU)	RENDEMENT NORMAL	RÉSISTANCE NORMALE À LA CHALEUR	RÉSISTANCE À LA CHALEUR ET RENDEMENT GR-5	RÉSISTANCE NORMALE À L'OZONE GR-5	BATISTE VERNIE	PAPIER IMPRÉGNÉ
0	32	0.21	0.40	0.25	0.25	0.12	0.47	0.42	0.22	0.14	0.10	0.28
5	41	0.31	0.50	0.36	0.40	0.23	0.60	0.56	0.37	0.26	0.20	0.43
10	50	0.45	0.63	0.50	0.61	0.46	0.76	0.73	0.58	0.49	0.43	0.64
15.6	60	0.71	0.81	0.74	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	68	1.00	1.00	1.00	1.47	1.83	1.24	1.28	1.53	1.75	1.94	1.43
25	77	1.48	1.25	1.40	2.27	3.67	1.58	1.68	2.48	3.29	4.08	2.17
30	86	2.20	1.58	1.98	3.52	7.32	2.00	2.24	4.03	6.20	8.62	3.20
35	95	3.24	2.00	2.80	5.45	14.60	2.55	2.93	6.53	11.65	18.20	4.77
40	104	4.80	2.50	3.95	8.45	29.20	3.26	3.85	10.70	25.00	38.50	7.15
45	113	7.10	3.15	5.60	13.10	54.00	4.15	5.08	17.10	41.40	81.00	10.70
50	122	10.45	3.98	7.85	20.00	116.00	5.29	6.72	27.85	78.00	170.00	16.00
55	131	15.50	5.00	11.20			6.72	8.83	45.00		345.00	24.00
60	140	22.80	6.30	15.85			8.58	11.62	73.00		775.00	36.00
65	149	34.00	7.90	22.40				15.40	118.00			
70	158	50.00	10.00	31.75				20.30	193.00			
75	167	74.00	12.60	44.70				26.60	313.00			

* Corrigé à 68 °F pour l'équipement rotatif et les transformateurs; à 60,1 °F pour les câbles.



Nomogramme des valeurs de correction de température pour les lectures Megger (corrigé à 25 °C). Pour machines rotatives avec une isolation de classe B.

EFFETS DE L'HUMIDITÉ

À différents endroits de ce manuel, nous avons parlé du rapport entre la présence d'humidité dans l'isolation et son effet très marqué sur les valeurs de résistance. Par conséquent, comme on pourrait s'y attendre, l'augmentation de l'humidité (teneur en humidité) dans l'air environnant (température ambiante) peut affecter la résistance de l'isolation, et ceci, à divers degrés.

Si votre équipement fonctionne régulièrement au-dessus de la température de rosée (la température à laquelle la vapeur d'humidité dans l'air se condense sous forme de liquide), normalement, l'humidité n'affectera pas beaucoup le test de lecture. Même si l'équipement à tester tourne au ralenti, c'est la même chose - aussi longtemps que sa température est maintenue au-dessus de la température de rosée.

L'affirmation mentionnée ci-dessus suppose que les surfaces d'isolation sont exemptes de contaminants, tels que certains tissus ouatés et acides ou sels qui ont la propriété d'absorber l'humidité (les chimistes les appellent des matériaux "hygroscopiques" ou "déliquescents"). Leur présence pourrait affecter vos lectures de façon imprévisible; ils doivent être éliminés avant que les tests soient effectués.

Avec l'équipement électrique, ce qui nous concerne principalement c'est l'état des surfaces découvertes où l'humidité se condense et affecte la résistance globale de l'isolation. Cependant, des études indiquent que la rosée se forme dans les fissures et les fentes de l'isolation avant que ce soit visiblement manifeste à la surface. Les mesures de température de rosée vous donneront un indice relatif à la présence de telles conditions invisibles qui pourraient altérer les résultats du test.

Donc, dans le cadre de vos enregistrements d'entretien, ce serait une bonne idée de noter au moins si l'air environnant était sec ou humide lorsque le test a été effectué, ainsi que si la température se trouvait au-dessus ou au-dessous de la température de l'air ambiant. Lorsque vous testez de l'équipement vital, enregistrez les températures ambiantes du thermomètre humide et sec à partir desquelles on peut obtenir le point de rosée et le pourcentage d'humidité relative ou absolue.

PRÉPARATION DES APPAREILS À TESTER

1. Mettre hors service

Arrêter l'appareil. Ouvrir les commutateurs. Mettre hors tension. Déconnecter des autres circuits et équipements, y compris des connexions de terre neutres et protectrices (installations temporaires des ouvriers). Voir Consignes de sécurité, page 26.

2. S'assurer de bien connaître ce qui est compris dans le test.

Inspecter l'installation très soigneusement afin de déterminer précisément quel équipement est connecté et sera compris dans le test, surtout s'il est difficile ou coûteux de débrancher l'appareil et les circuits qui y sont associés. Porter une attention particulière aux conducteurs sortant de l'installation. Cela est très important, car plus il y a d'équipements compris dans un test, plus la lecture sera basse et la vraie résistance d'isolation de l'appareil en question peut être masquée par celle de l'équipement qui y est associé.

Bien sûr, il est toujours possible que la résistance d'isolation de l'installation au complet (sans tout débrancher) soit suffisamment élevée, surtout pour une vérification effectuée au hasard. Elle peut aussi être plus élevée que la gamme de l'instrument Megger utilisé, auquel cas, il n'y aurait rien à gagner à séparer les composants, car la résistance d'isolation de chaque pièce serait tout de même plus élevée.

Pour un premier test, il peut être nécessaire de séparer les composants, même si cela implique de la main-d'œuvre, des dépenses et de tester chacun d'entre eux séparément. Faire également un test de tous les composants branchés ensemble. Avec cette information consignée, il se peut qu'il ne soit pas nécessaire de séparer les composants pour les tests à venir, à moins que ne soient observées des lectures basses inexplicables.

3. Décharge de capacité

Il est très important que la capacité soit déchargée, à la fois avant et après un test de résistance d'isolation. Elle devrait être déchargée pour une période correspondante à environ quatre fois la durée pendant laquelle la tension d'essai a été appliquée lors d'un test antérieur.

Il est fréquent que les instruments Megger soient équipés de circuits de décharge précisément à cet effet. Si une fonction de décharge n'est pas fournie, un bâton de décharge doit être utilisé. Laisser les appareils à haute capacité (c'est-à-dire, les condensateurs, grosses bobines, etc.) court-circuités jusqu'au moment où il sera temps de les remettre sous tension.

4. Fuites de courant aux commutateurs

Lorsqu'un appareil est éteint pour le test de résistance d'isolation, assurez-vous que les lectures ne sont pas affectées par une fuite au-dessus ou à travers les commutateurs ou les blocs de fusibles, etc. Ces fuites peuvent masquer la vraie résistance d'isolation de l'appareil à l'essai. Voir Utilisation d'une borne de garde, page 50.

Ce qui pourrait être plus grave : le courant d'une ligne sous tension pourrait s'infiltrer dans l'appareil et provoquer des lectures contradictoires, en particulier si la ligne sous tension est en CC. Toutefois, on peut généralement détecter de telles fuites en observant le pointeur de l'instrument Megger au moment où les câbles de test sont branchés à l'appareil et avant que l'instrument soit mis en marche. Avant de faire ces observations, s'assurer que toutes les capacités électriques sont déchargées en mettant à la terre ou en court-circuitant l'appareil.

ATTENTION : Ne jamais brancher un testeur d'isolation Megger à de l'équipement ou des lignes sous tension. Ne jamais utiliser le testeur ou un de ses câbles ou accessoires à des fins non décrites dans ce livre.

MESURES DE SÉCURITÉ

Respecter toutes les règles de sécurité lors de la mise hors service de l'équipement. Bloquer les sectionneurs. S'assurer au moyen de tests qu'il n'y a pas de tensions induites ou extérieures. Disposer des prises de terre d'ouvriers.

Rappelez-vous que lorsque l'on travaille avec de l'équipement à haute tension, il y a toujours une possibilité que de la tension soit induite dans l'appareil à l'essai ou dans les lignes d'alimentation auxquelles il est branché, et ce, en raison de la proximité de l'équipement à haute tension. Par conséquent, au lieu d'enlever une prise de terre d'ouvriers pour effectuer un test, il est plus sage de débrancher l'appareil, transformateur ou disjoncteur de la ligne électrique ou de la barre d'alimentation exposée en laissant ce dernier au sol. Pour connecter les câbles de test aux appareils et faire fonctionner l'instrument Megger, portez des gants de caoutchouc

Les appareils à l'essai ne doivent pas être sous tension!

Voir page 24 pour **Préparation des appareils à tester.**

S'il faut déconnecter des connexions neutres ou d'autres connexions de terre, s'assurer qu'elles ne sont pas sous tension à et qu'une fois déconnectées, aucun autre équipement ne sera laissé sans la protection nécessaire.

Porter une attention particulière aux conducteurs sortant du circuit testé et s'assurer qu'ils ont été déconnectés correctement de toute source de tension.

Risque de choc de la tension d'essai

Observer la tension nominale de l'instrument Megger et la respecter avec toute la prudence qui s'impose. Les câbles et les gros équipements électriques ont habituellement une capacité électrique suffisante pour stocker une quantité dangereuse d'énergie à partir du courant d'essai. S'assurer que cette capacité électrique est déchargée après le test et avant de manipuler les câbles de test. Voir aussi Décharge de capacité électrique, page 25.

Explosion et risque d'incendie

Pour autant que l'on sache, il n'y a pas de risque d'incendie lors de l'utilisation normale d'un testeur d'isolation Megger. Il y a cependant, risque lorsque des tests sont effectués sur de l'équipement situé dans une atmosphère explosive ou inflammable.

De légères étincelles peuvent se produire :

- (1) Lors du branchement du câble de l'appareil de test à un équipement dont la capacité électrique n'a pas été complètement déchargée.
- (2) Pendant un test, amorçage d'un arc électrique à travers ou au-dessus d'une isolation défectueuse.
- (3) Suite à un test où la capacité électrique est déchargée

ATTENTION :

**Ne pas utiliser l'instrument dans
une atmosphère explosive.**

Suggestions :

Pour (1) et (3) : Disposer de manière permanente les câbles de test et les installations au sol en un endroit où les connexions d'instruments pourront se faire dans une atmosphère sécuritaire.

Pour (2) : Utiliser des instruments d'essai à basse tension ou une résistance en série.

Pour (3) : Ne pas débrancher les câbles de test pendant au moins 30 à 60 secondes après un test, laissant le temps pour décharger la capacité électrique.

**CONNEXIONS POUR TESTER LA RÉSISTANCE D'ISOLATION DE
L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE**

Les schémas suivants indiquent comment connecter un testeur d'isolation Megger à divers types d'équipements électriques. Les diagrammes indiquent également de quelle manière en principe, on doit déconnecter l'équipement des autres circuits avant de connecter l'instrument.

Ces illustrations sont typiques et serviront de guide pour les tests de résistance d'isolation de pratiquement tous les types d'appareils et conducteurs.

Avant de procéder à des tests, lire l'article traitant de **Préparation d'un appareil pour le tester**, page 24.

NE PAS OUBLIER! Le testeur de résistance d'isolation de Megger mesure toute résistance connectée entre ses bornes. Cela peut comprendre des trajectoires de fuite parallèle ou en séries à travers l'isolation ou sur toute sa surface.

1. Moteurs à CA et équipement de démarrage

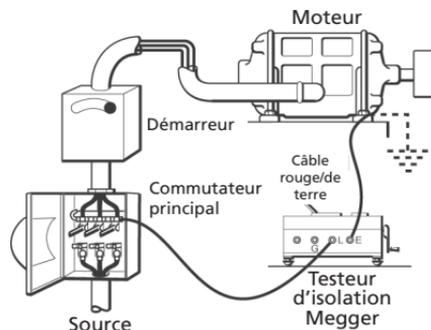


Figure 11

Les connexions pour tester la résistance d'isolation d'un moteur, d'un équipement de démarrage et des lignes de raccordement en parallèle. Noter que l'interrupteur de démarrage est en position « Sous tension » pour le test. Il est toujours préférable de déconnecter les composants et de les tester séparément afin de déterminer où sont les points faibles.

2. Moteurs et générateurs à CC

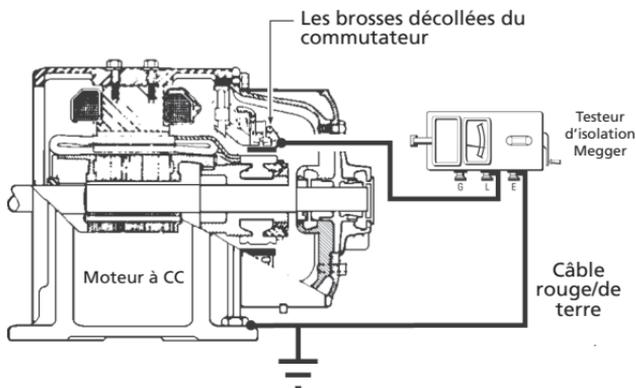


Figure 12

Avec les brosses soulevées comme indiqué, le grément de la brosse et les bobines de champ peuvent être testés indépendamment de l'armature. De même, l'armature peut être testée seule. Avec les brosses abaissées, le test sera celui du grément de la brosse, des bobines de champ et de l'armature combinés.

3. Installation de câblage

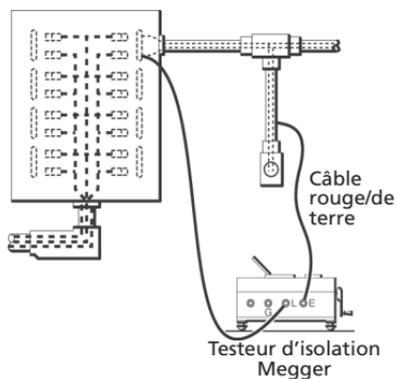


Figure 13

Les connexions pour les tests au sol de chaque circuit séparément, travail à partir du panneau de distribution.

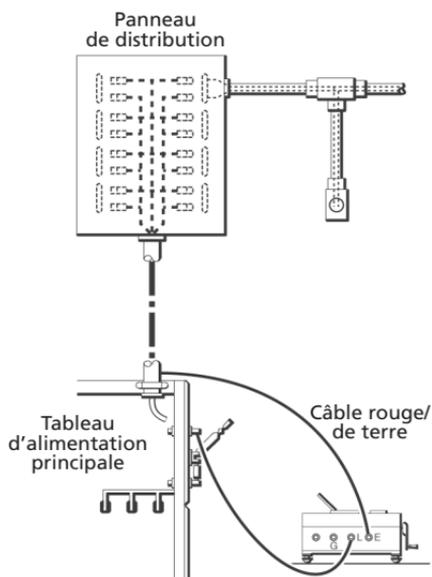


Figure 14

Connexions sur le tableau d'alimentation principale, point à partir duquel l'ensemble du système peut être testé au sol à un moment précis à condition que tous les commutateurs du panneau de distribution soient fermés.

4. Appareils, compteurs, instruments et appareils électriques divers

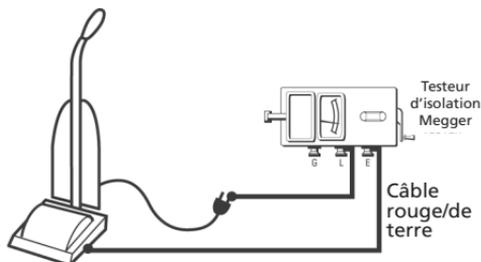


Figure 15

Connexions pour tester un appareil. Le test est effectué entre le conducteur (l'unité de chauffage, le moteur, etc.) et les pièces métalliques exposées. L'appareil doit être déconnecté de toute source d'alimentation et placé sur un matériau isolant.

5. Câbles de commande, de signalisation et de communication

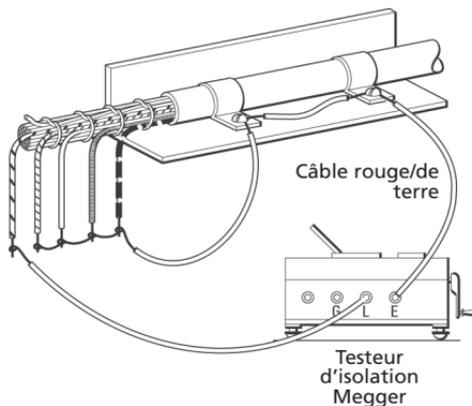


Figure 16

Connexions pour tester la résistance d'isolation d'un fil dans un câble multiconducteur contre tout autres fils et gaines connectés ensemble.

16. Câbles d'alimentation

Connexions pour tester la résistance d'isolation d'un câble d'alimentation. Lorsque vous testez un câble, il est généralement préférable de le déconnecter aux deux extrémités afin de tester le câble par lui-même et pour éviter une erreur causée par une fuite sur ou à travers des tableaux ou panneaux de distribution. Voir également Utilisation d'une borne de garde, page 50.

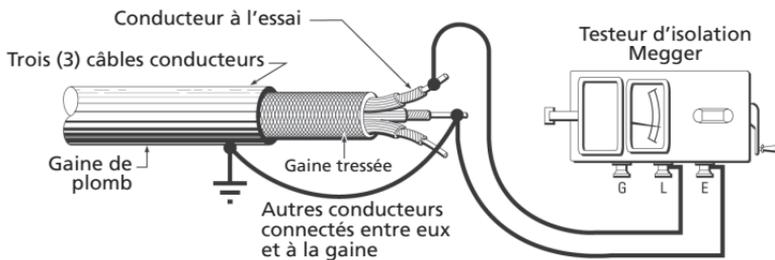


Figure 17

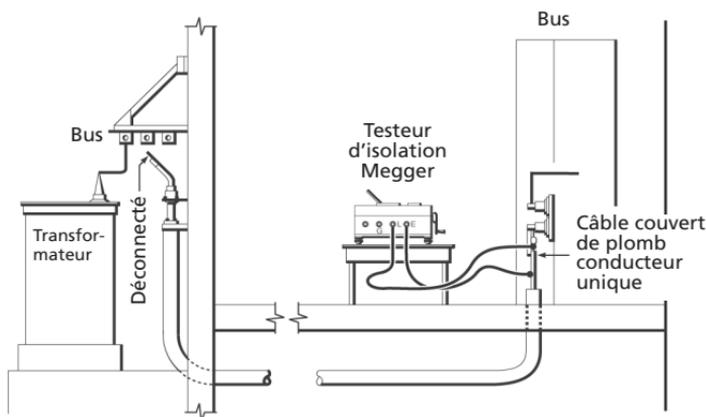


Figure 18

7. Transformateurs de puissance

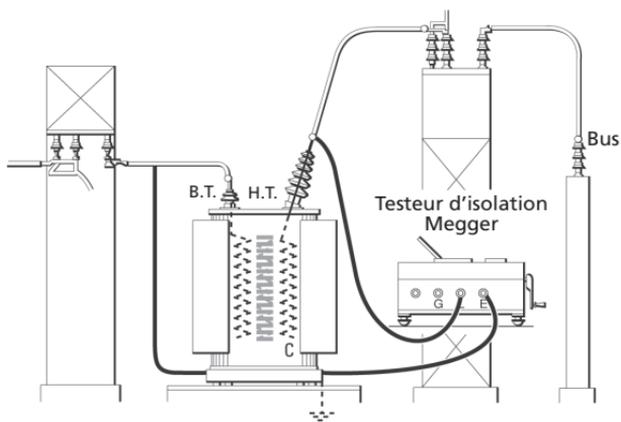


Figure 19

Connexions pour tester la résistance d'isolation du bobinage et des bagues à haute tension d'un transformateur et du sectionneur à haute tension, en parallèle, en référence à la prise de terre et au bobinage à basse tension. Noter que le bobinage à basse tension est mis à la terre pour ce test.

8. Génératrices à courant alternatif

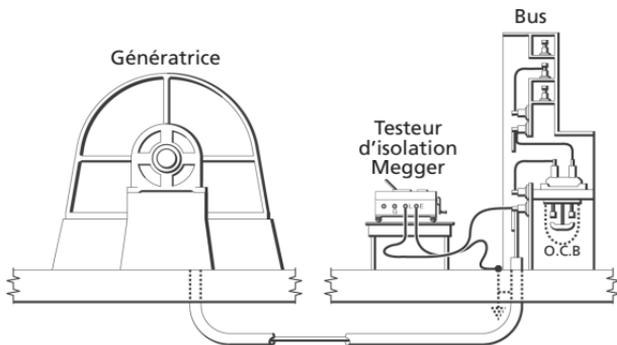


Figure 20

Avec cette connexion, la résistance d'isolation sera celle de l'enroulement statorique de la génératrice et du câble de connexion combinés. Pour tester l'enroulement du stator ou le câble lui-même, le câble doit être déconnecté de la machine.

NOTES COMPLÉMENTAIRES RELATIVES À L'UTILISATION D'UN TESTEUR D'ISOLATION MEGGER

Les câbles de test

Des câbles de test de qualité inférieure ou défectueux entraîneront des résultats de test de résistance d'isolation erronés et trompeurs. Prendre garde à ce propos.

Câbles non isolés

Afin d'éviter des erreurs causées par l'isolation des câbles, placer l'instrument Megger proche de la borne qui n'est pas mise à la terre ou du conducteur de l'appareil à l'essai et connecter une petite partie d'un fil dénudé léger directement depuis la borne de la ligne d'alimentation de l'instrument à l'appareil. Si c'est la borne de garde qui est utilisée, on peut faire la même chose avec celle-ci. Pour les jauges n° 18 ou 20, un fil robuste suffira. Soutenir le câble uniquement par ses connexions à l'instrument et à l'appareil.

Avec cette méthode de connexion à partir de la borne de la ligne d'alimentation, la qualité de l'isolation, s'il y en a une, du câble de terre ou du câble de masse n'est pas importante.

Câbles isolés

Lorsque la dépendance est placée sur l'isolation des câbles, ils doivent être résistants et faits de matériaux isolants de la meilleure qualité. Un toron n° 14 résistant à l'huile, synthétique, gainé d'isolant en caoutchouc, conducteur unique est recommandé. L'enveloppe extérieure doit être lisse, sans gaine tressée extérieure. Les cosses devraient être ajustées pour être fixées aux bornes des instruments, des pinces à ressort robustes sont recommandées pour se connecter à l'appareil ou au circuit à l'essai. N'importe quelle longueur de câble appropriée peut être utilisée. Les raccords sont à éviter.

Après avoir connecté les câbles à l'instrument, et juste avant de les connecter à l'appareil, s'assurer qu'il n'y a pas de fuite d'un câble à l'autre. Pour cela, faire fonctionner l'instrument qui devrait afficher Infinity. Ne pas corriger une fuite légère des câbles en tentant de réinitialiser le régleur Infinity sur un instrument haut de gamme. Ensuite, mettre les extrémités de test des câbles en contact pour s'assurer qu'ils ne sont pas déconnectés ou cassés.

Les tests de courant avec les testeurs d'isolation haut de gamme (50 000 mégohms) Megger exigent que le câble de test de la ligne d'alimentation soit maintenu à une valeur élevée pour qu'il ne soit pas compris dans les mesures. Le câble de test protégé avec le bouclier connecté à la borne de garde empêche toute fuite à ses extrémités ou à travers le matériau de plomb isolant d'être mesurée.

Instructions d'utilisation

L'extrémité non marquée du câble protégé doit être connectée aux bornes de garde et à la ligne d'alimentation de l'instrument Megger - l'extrémité de la borne à la ligne d'alimentation et la borne de côté (bouclier) à la borne de garde. La pince sur le câble de la ligne d'alimentation est connectée à l'appareil à l'essai de la façon habituelle. La borne de garde hors-bord peut être connectée à cette pièce de l'appareil à l'essai que l'utilisateur souhaite protéger. Le conducteur utilisé pour effectuer cette connexion doit être isolé pour la tension nominale de l'instrument Megger utilisé.

Effet de la capacité électrique

La capacité électrique d'un appareil à l'essai doit être chargée à fond jusqu'à la tension nominale de CC du testeur d'isolation Megger, et maintenue pendant 30 à 60 secondes avant qu'une lecture finale soit effectuée. Assurez-vous que la capacité électrique est déchargée en court-circuitant l'appareil et en le mettant au sol avant de connecter les câbles de test. Voir également Décharge de la capacité électrique, page 25.

À NOTER : La capacité électrique fait en sorte que le pointeur oscille vers le zéro à mesure que l'instrument est amené à la tension voulue et oscille hors de l'échelle au-delà de l'infini lorsque la génératrice ralentit. C'est tout simplement la charge qui entre et sort de la capacité électrique et à travers la bobine de déviation de l'ohmmètre.

Les effets de la capacité électrique sont plus visibles dans les grosses génératrices, les câbles d'alimentation et de communication de plus de quelques centaines de pieds de longueur et dans les condensateurs. En général, ces effets sont minimes avec une capacité électrique de moins de 0,01 F. Ils deviennent plus visibles à mesure que la capacité électrique et/ou la sensibilité de l'instrument augmente. On peut utiliser la série robuste de testeurs d'isolation Megger sur de gros condensateurs avec de bons résultats, en particulier lorsqu'utilisé avec la ligne d'alimentation plutôt que la manivelle.

Durée de fonctionnement

Un des éléments très importants à prendre en considération lorsque vous effectuez des tests de résistance d'isolation est le temps nécessaire que prend l'indicateur de la résistance d'isolation pour atteindre un maximum. Le temps nécessaire pour charger la capacité électrique géométrique est très court - généralement pas plus de quelques secondes - et ce qui provoque un délai plus long avant d'atteindre la pleine charge est un effet d'absorption diélectrique. Cela peut être une question de minutes, voire de quelques heures pour que cette période d'électrification soit achevée et pour que le pointeur parvienne à un maximum absolu.

Lectures de courte durée

Pour des lectures de courte durée de résistance d'isolation, faire fonctionner l'instrument pendant un laps de temps déterminé soit 30 secondes ou 1 minute et effectuer une lecture à la fin de cette période. Continuer à tourner la manivelle de façon constante à une vitesse décroissante jusqu'à ce qu'on ait effectué la lecture. Effectuer les tests à venir avec la même durée de fonctionnement.

Méthode temps/résistance

Lorsque vous utilisez un instrument à manivelle, faites-le fonctionner en continu pendant 1 minute. Prendre une lecture à la fin des 30 premières secondes et une autre après une minute.

Lorsque vous utilisez un instrument à moteur ou qui fonctionne avec un redresseur, les intervalles de temps sont habituellement de 1 et 10 minutes à partir du moment où la tension d'essai est appliquée. Ou encore, les courbes temps/résistance peuvent être prises sur une période de 10 à 30 minutes ou plus.

Échelles de tension

Certains testeurs d'isolation peuvent être équipés d'une échelle de tension afin de vérifier l'absence de tension avant de tester l'isolation. Cependant, comme il est expliqué dans la section **Mesures de Sécurité**, les testeurs d'isolation ne doivent jamais être connectés à des lignes sous tension ou à de l'équipement lorsqu'ils sont utilisés dans l'un des modes de test d'isolation ou de résistance.

INTERPRÉTATION DES VALEURS MINIMALES

La résistance d'isolation de l'équipement électrique est affectée par plusieurs variables telles que la conception de l'équipement; le type de matériau isolant utilisé, y compris les composés liants et imprégnants; l'épaisseur de l'isolant et sa zone; la propreté, l'humidité et la température. Pour que les lectures de résistance d'isolation soient concluantes de l'état de l'équipement à l'essai, ces variables doivent être prises en considération.

Une fois que l'équipement a été mis en service, des facteurs tels que la conception de l'équipement, le type de matériau isolant utilisé, son épaisseur et son champ cessent d'être des variables, permettant à des valeurs minimales de résistance d'isolation d'être établies à l'intérieur de tolérances raisonnables. Les variables à considérer une fois que l'équipement a été mis en service et au moment où les mesures de résistance d'isolation sont effectuées sont la propreté, l'humidité, la température et les dommages mécaniques (telles que les fractures).

Bon entretien

Les exigences les plus importantes pour un fonctionnement fiable de l'équipement électrique sont la propreté et l'élimination de la pénétration de l'humidité dans l'isolation. Cela peut être considéré comme un bon entretien et est essentiel pour l'entretien de tous les types d'équipement électrique. Le fait même que la résistance d'isolation soit affectée par l'humidité et la saleté et que l'on doive tenir compte de la température fait du testeur d'isolation Megger un outil précieux pour ce qui est de l'entretien électrique. Il est à la fois un dispositif de mesure de la propreté et du bon entretien, ainsi qu'un détecteur de détérioration et de troubles imminents.

À quel genre de lectures puis-je m'attendre - Tests périodiques

Plusieurs critères concernant les valeurs minimales de résistance d'isolation ont été établis et sont résumés ici. Ils devraient servir de guide pour l'équipement en service. Cependant, des tests périodiques sur l'équipement en service révéleront généralement des lectures considérablement supérieures aux valeurs minimales sûres qui sont suggérées.

Par conséquent, il est fortement recommandé que les enregistrements des tests périodiques soient conservés parce que les tendances persistantes à la baisse relatives à la résistance d'isolation sont habituellement un bon signal de troubles imminents même s'il est possible que les valeurs réelles soient plus élevées que les valeurs minimales sûres suggérées.

Inversement, il faut tenir compte de l'équipement en service qui affiche des valeurs de test périodiques inférieures aux valeurs minimales sûres qui sont suggérées tant que les valeurs restent stables ou cohérentes. Dans de tels cas, après mûre réflexion au sujet de la température et des conditions d'humidité au moment du test, il se peut qu'il n'y ait aucune raison de s'inquiéter. Cette condition peut être causée par des fuites uniformément réparties de nature inoffensive et il se peut qu'elles ne soient pas le résultat d'une faiblesse localisée dangereuse.

Là encore, les enregistrements des tests de résistance d'isolation sur une période de temps donnée révèlent des changements qui peuvent justifier une enquête. La tendance de la courbe peut être plus importante que les valeurs numériques elles-mêmes.

La règle du mégohm

Pendant de nombreuses années, le mégohm a été largement utilisé comme étant une limite inférieure autorisée raisonnable pour la résistance d'isolation d'équipement électrique industriel ordinaire doté d'un régime nominal allant jusqu'à 1000 volts. Le mégohm est toujours recommandé pour ceux qui ne sont peut-être pas très habitués avec les pratiques de tests de résistance d'isolation ou ceux qui ne souhaitent peut-être pas aborder le problème d'un point de vue plus technique.

Pour les équipements au-dessus de 1000 volts, la règle du mégohm est habituellement formulée comme un minimum d'un mégohm par mille volts. Bien que cette règle soit quelque peu arbitraire et puisse être critiquée comme n'étant pas basée sur un concept d'ingénierie, elle a résisté à l'épreuve d'un bon nombre d'années d'expérience pratique. Elle donne une certaine garantie que l'équipement n'est pas trop humide ou sale et elle a évité beaucoup de pannes inutiles.

Cependant, des études plus récentes sur le problème ont abouti à des formules de valeurs minimales de résistance d'isolation qui sont basées sur le genre de matériau isolant utilisé et les dimensions physiques et électriques des types d'équipements en cours d'examen.

VALEURS MINIMALES POUR DES RÉSISTANCES D'ISOLATION

Machines rotatives

Le guide de l'IEEE, "Pratiques recommandées pour les tests de résistance d'isolation des machines rotatives", traite du problème de prise et d'interprétation des mesures de résistance d'isolation pour les machines rotatives. Il examine les facteurs affectant ou modifiant les caractéristiques de résistance d'isolation, résume et recommande des méthodes uniformes pour effectuer des tests, et présente des formules pour le calcul des valeurs minimales de résistance d'isolation approximative pour différents types de machines rotatives de CA et CC. Le guide indique :

"La R_{m1} résistance d'isolation minimale recommandée pour les enroulements d'induits à courant alternatif et courant continu et pour l'enroulement de champ de machines à courant alternatif et courant continu peut être déterminée par :

$$R_m = kV + 1$$

où :

R_m = la résistance d'isolation minimale recommandée en mégohms à 104 °F du bobinage complet de la machine

kV = borne nominale de la machine au potentiel de la borne en kilovolts

Dans les applications où la machine est vitale on considère de bonne pratique d'initier le reconditionnement si la résistance d'isolation qui s'est avérée jusque-là être bien supérieure à la valeur minimale fournie par l'équation 2 chute de façon considérable en approchant ce niveau."

Il est recommandé que les personnes responsables du fonctionnement et de l'entretien des machines rotatives se procurent un exemplaire de la publication de l'IEEE, "Pratiques recommandées pour les tests de résistance d'isolation des machines rotatives", qui peut être obtenu en écrivant à l'IEEE au : 345 47e rue Est, New York, NY, 10017.

Bagues

Dans le cas des bagues de disjoncteurs à huile extérieurs, l'expérience a démontré que toute bague avec ses pièces d'isolation assemblées devrait, pour un fonctionnement fiable, avoir une valeur de résistance d'isolation au-dessus de 10 000 mégohms à 68 °F. Cela suppose que l'huile dans le réservoir est en bon état, que le disjoncteur est séparé de ses connexions externes à d'autres équipements et que le bouclier de protection contre les intempéries en porcelaine est protégé. Cela signifie que chaque composant comme la bague dépouillée, la traverse, la tige de levage, le bouclier d'arc électrique inférieur, etc., devrait avoir une résistance d'isolation excédant cette valeur.

Tout composant, en apparence propre et sec et qui a des valeurs inférieures à 10 000 mégohms est généralement détérioré à l'intérieur par la présence d'humidité ou de passages carbonisés, au point de ne plus être fiable pour donner un bon rendement à moins qu'il soit réusiné. C'est particulièrement le cas lors du fonctionnement dans des conditions de surtension comme celles présentes lors de perturbations dues à la foudre. Dans le cas de la bague dépouillée elle-même, la tige inférieure et le bouclier supérieur de protection contre les intempéries doivent être parfaitement propres ou protégés avant d'être condamnés comme n'étant pas fiables en raison d'une valeur de résistance d'isolation inférieure à 10 000 mégohms.

Ce qui a été dit pour les bagues dépouillées du disjoncteur à huile s'applique également aux bagues d'autres équipements comme les transformateurs. Étant donné que les bagues et les autres pièces reliées ont normalement des valeurs de résistance d'isolation très élevées et qu'un testeur d'isolation Megger possède une gamme d'au moins 10 000 mégohms, il est nécessaire de tester un tel équipement. Les instruments Megger ayant des gammes allant jusqu'à 50 000 mégohms vont permettre l'observation des tendances à la détérioration des bagues avant qu'elles n'atteignent la valeur douteuse de 10 000 mégohms.

Câble et conducteurs

Les installations de câbles et conducteurs présentent une grande variation de conditions du point de vue de la résistance d'isolation. Ces conditions résultent de nombreux types de matériaux isolants utilisés, de la tension nominale ou de l'épaisseur d'isolation et de la longueur du circuit mesuré. Par ailleurs, ces circuits s'étendent habituellement sur de grandes distances et peuvent être soumis à de grandes variations de température, ce qui aura un effet sur les valeurs de résistance d'isolation obtenues. Les bornes des câbles et des conducteurs auront également un effet sur les valeurs des tests à moins qu'elles ne soient propres et sèches ou protégées.

L'Association des ingénieurs pour l'isolation des câbles (ICEA) fournit des valeurs minimales de résistance d'isolation dans ses spécifications pour les différents types de câbles et de conducteurs. Ces valeurs minimales sont applicables à des fils et câbles monoconducteurs neufs une fois qu'ils ont été soumis à un test de haute tension en CA et basées sur une puissance de test en CC appliquée de 500 volts pendant une minute à une température de 60 °F.

Ces valeurs minimales standards (pour un câble monoconducteur) sont basées sur la formule suivante :

$$R = K \log_{10} D/d$$

où :

R = nombre de mégohms par 304,8 m (1000 pieds) de câble

K = constante de matériau isolant

D = diamètre extérieur de l'isolation du conducteur

d = diamètre du conducteur

Valeurs minimales de K à 60 °F.

Type d'isolation

Papier imprégné 2 640

Batiste vernie 2 460

Thermoplastique/Polyéthylène au-dessus de 50 000

Polyéthylène composé. 30 000

Thermoplastique/Polychlorure de vinyle :

 Polychlorure de vinyle 140 °F 500

 Polychlorure de vinyle 167 °F 2 000

Catégorie	Caoutchouc naturel	Caoutchouc synthétique
Code.....		950
Rendement	10 560	2000
Résistant à la chaleur.....	10 560	2000
Résistant à l'ozone	10 000 (Butyle)	2000
Kérite.....		4000

Voir les pages 44 et 45 pour les tables de log.10 D/d

La résistance d'isolation d'un conducteur d'un câble multi-conducteur, par rapport à tous les autres et à la gaine est la suivante :

$$R = K \log_{10} D/d$$

où :

D = diamètre par rapport à l'isolation du câble monoconducteur équivalent
= $d + 2c + 2b$

d = diamètre du conducteur (puisque le « d » des câbles de secteur égale le diamètre d'un conducteur circulaire de la même traverse)

c = l'épaisseur d'isolation du conducteur

b = l'épaisseur d'isolation de l'enveloppe

(toutes les dimensions doivent être exprimées dans les mêmes unités)

Transformateurs

Les valeurs de résistance d'isolation acceptables pour les transformateurs à sec et en résine devraient être comparables à celles des machines rotatives de classe A même si aucune valeur minimale standard n'est disponible.

Les transformateurs ou régulateurs de tension à l'huile posent un problème particulier par rapport au fait que l'état de l'huile a une influence marquée sur la résistance d'isolation des bobinages.

En l'absence de données plus fiables, la formule suivante est suggérée :

$$R = \frac{CE}{\sqrt{kVA}}$$

R = résistance d'isolation minimale de 1 minute à 500 volts de CC en mégohms partant du bobinage au sol avec d'autres bobinages ou bobinages protégés ou du bobinage à bobinage avec un noyau protégé

C = constante pour les mesures prises à 68 °F

E = tension nominale du bobinage à l'essai

kVA = capacité nominale du bobinage à l'essai

Pour les tests de bobinage partant du bobinage au sol avec d'autres bobinages ou bobinages mis à la terre, les valeurs seront de beaucoup inférieures à celles données par la formule. Le R dans cette formule est basé sur une huile sèche, sans acide ou dépôts et des bagues et plaques à bornes en bon état.

Valeurs de C à 68 °F

	<u>60 hertz</u>	<u>25 hertz</u>
Type de transformateurs immergés dans l'huile	1.5	1
Type de transformateurs non immergés dans l'huile	30.0	20.0
Type de transformateurs à sec ou en résine	30.0	20.0

Cette formule est destinée aux transformateurs monophasés. Si le transformateur à l'essai est du type triphasé et les trois bobinages individuels sont testés comme étant un seul, alors :

E = la tension nominale de l'un des bobinages monophasés (phase à phase pour les unités connectées delta et phase au neutre pour les unités connectées en étoile)

kVA = capacité nominale du bobinage triphasé au complet à l'essai

TESTS EFFECTUÉS À L'AIDE DE TESTEURS D'ISOLATION MULTI-TENSION MEGGER

Les tendances des pratiques d'entretien indiquent la valeur de l'isolation de test avec des tensions de CC à des niveaux légèrement plus élevés que la valeur maximum de la tension nominale de CA de l'équipement à l'essai. Il s'est avéré dans certains cas que ces tests de CC révèlent des faiblesses naissantes non destructives dans l'isolation; faiblesses qui n'auraient pu être découvertes autrement, sauf peut-être par la détection de décharges partielles à des niveaux de tension d'essai de CA non destructifs.

La technique consiste à appliquer deux tensions de CC ou plus et à observer, d'un point de vue critique, toute réduction de résistance d'isolation à la tension la plus élevée. Toute réduction marquée ou inhabituelle dans la résistance d'isolation pour une augmentation recommandée dans la tension appliquée est une indication de faiblesse naissante.

Il est important de mentionner que les mérites de cette technique proviennent d'enquêtes plus récentes indiquant qu'il est possible d'utiliser une tension de CC assez élevée afin de détecter des faiblesses sans endommager l'isolation. La valeur maximale de la tension à utiliser dépendra en grande partie du niveau de la propreté et de la sécheresse de l'isolation testée.

En effectuant des tests sur l'isolation à de telles tensions de CC la méthode de l'ohmmètre comporte au moins deux avantages. Tout d'abord, des tensions fixes recommandées sont mises en usage et une mesure d'instrument est prise à l'aide de l'ohmmètre à lecture directe. C'est une méthode simple et reproductible comparée à celle dans laquelle beaucoup de choix de tension sont disponibles. Un autre avantage important de l'ohmmètre peut être expliqué en se référant à la fig. 21. Dans cette figure, le changement qui pourrait survenir sous forme de courant de fuite une fois

que le courant d'absorption a disparu est indiqué à l'aide de tracés point par point en termes de résistance d'isolation par rapport à trois tensions différentes. À noter que, selon la figure, il n'y a pas de changement dans la résistance entre 500 et 1000 volts, ce qui indique qu'il n'y a aucun changement dans l'isolation à la suite de l'application de ces deux tensions. C'est une hypothèse, mais c'est une condition qui n'est pas rare dans la pratique. Si l'isolation est toujours stable à 2500 volts, il n'y aura pas de variation de la valeur de résistance d'isolation obtenue, ce qui est indiqué par l'extension de la ligne pointillée à la ligne horizontale dans la figure. Lorsque des conditions non linéaires apparaissent à une tension plus élevée, la courbe de résistance de tension le révèle très clairement par une valeur de résistance plus faible, indiquée par la courbe descendante dans la figure. La figure révèle donc la simplicité à déterminer la variation de la stabilité d'isolation en utilisant trois tensions fixes qui sont faciles à reproduire lors de tests triphasés effectués de façon systématique.

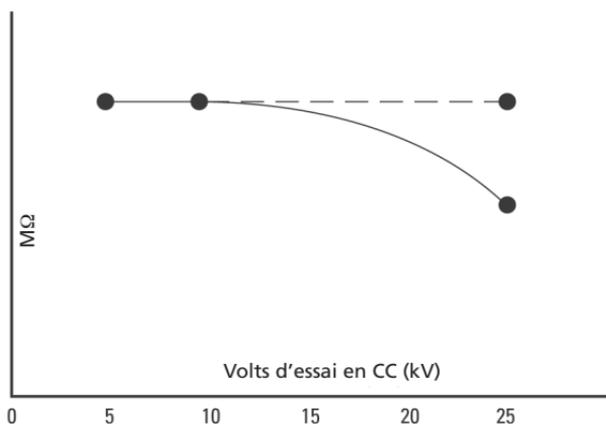


Figure 21

Nous tenons à souligner que la courbe de la fig. 21 indique uniquement la variation de résistance due au courant de fuite et non celle du courant d'absorption qui peut apparaître pendant une certaine période de temps à chaque changement de tension. Il peut s'avérer nécessaire d'attendre un long moment après chaque changement de tension afin que le courant d'absorption disparaisse avant d'effectuer une lecture.

VALEURS DE $\log_{10} \frac{D}{d}$

A.W.G. ou C.M.		ÉPAISSEUR D'ISOLATION - POUCES												
		.047	.063	.078	.094	.109	.125	.141	.156	.172	.188	.203	.219	.234
14	Sol.	.392	.470	.537	.594	.645	.691	.732	.770	.804	.836	.866	.894	.921
12		.334	.405	.467	.520	.568	.611	.651	.686	.720	.751	.779	.806	.832
10		.283	.348	.404	.453	.498	.538	.575	.609	.641	.670	.698	.723	.748
8		.239	.296	.347	.392	.432	.470	.505	.537	.566	.594	.621	.645	.669
6	Str.	.225	.275	.326	.373	.403	.431	.453	.483	.506	.529	.550	.570	.590
5		.206	.245	.285	.314	.346	.373	.401	.426	.450	.463	.495	.515	.535
4		.187	.224	.257	.289	.318	.345	.371	.395	.418	.440	.460	.480	.500
3		.171	.204	.236	.265	.293	.318	.343	.366	.388	.409	.429	.448	.468
2		.155	.186	.215	.243	.269	.293	.316	.338	.359	.379	.398	.416	.435
1		.139	.168	.195	.220	.244	.267	.288	.309	.328	.347	.365	.382	.400
1/0		.126	.152	.177	.201	.223	.244	.264	.284	.302	.320	.337	.354	.371
2/0		.114	.138	.161	.183	.204	.223	.242	.261	.278	.295	.311	.327	.343
3/0		.102	.125	.146	.166	.185	.204	.221	.238	.255	.271	.286	.301	.316
4/0		.0923	.113	.132	.151	.168	.187	.202	.218	.233	.248	.262	.276	.290
250,000		.0854	.104	.123	.140	.157	.173	.189	.204	.218	.232	.246	.259	.272
300,000		.0787	.0963	.113	.130	.145	.160	.175	.189	.203	.216	.229	.241	.254
350,000		.0731	.0897	.106	.121	.136	.150	.164	.177	.190	.203	.215	.227	.239
400,000		.0688	.0845	.0995	.114	.128	.142	.155	.168	.181	.193	.204	.216	.228
500,000		.0620	.0763	.0901	.103	.116	.129	.141	.153	.165	.176	.187	.198	.209
600,000		.0570	.0700	.0833	.0952	.107	.119	.130	.141	.152	.163	.173	.183	.193
700,000		.0520	.0646	.0776	.0888	.100	.111	.122	.133	.143	.153	.163	.172	.182
750,000		.0470	.0592	.0718	.0828	.0938	.104	.114	.124	.134	.143	.153	.162	.171
800,000		.0420	.0538	.0660	.0763	.0866	.0971	.108	.118	.129	.139	.148	.157	.166
900,000		.0370	.0484	.0603	.0703	.0806	.0913	.102	.112	.122	.132	.141	.150	.159
1,000,000		.0320	.0430	.0547	.0643	.0743	.0851	.0964	.107	.117	.127	.136	.145	.154
1,250,000		.0270	.0376	.0489	.0581	.0686	.0799	.0917	.103	.114	.124	.133	.142	.151
1,500,000		.0220	.0322	.0431	.0529	.0636	.0751	.0874	.0997	.111	.122	.131	.140	.149
1,750,000		.0170	.0268	.0373	.0468	.0572	.0684	.0804	.0930	.105	.117	.126	.135	.144
2,000,000		.0120	.0215	.0317	.0411	.0513	.0622	.0738	.0861	.0989	.111	.123	.134	.145
2,500,000		.0070	.0162	.0259	.0351	.0451	.0557	.0671	.0794	.0927	.106	.119	.131	.143

Suite des valeurs à la page suivante.

En utilisant un moteur industriel ou de traction classés dans la gamme des 300 à 1000 volts par exemple, les étapes suivantes sont suggérées pour mieux comprendre la technique de préparation des tests de résistance d'isolation :

1. Effectuer un test d'une minute de l'instrument Megger à 500 volts afin de servir de base de comparaison pour les étapes ultérieures.
2. Après une opération de nettoyage méticuleuse, effectuer un second test de 500 volts afin de déterminer l'efficacité du nettoyage.
3. Si la valeur du test de résistance d'isolation d'une minute est inférieure à la normale ou si le coefficient de résistance d'isolation de 60/30 secondes n'est pas supérieur à un, il se peut qu'une opération de séchage soit souhaitable avant d'utiliser une tension d'essai supérieure. Cependant, effectuer un autre test à 1000 volts et comparer ces lectures avec celles du test de 500 volts pourrait aider à déterminer la nécessité d'un séchage. Si la valeur du test de 1000 volts est sensiblement inférieure à celle du test de 500 volts, alors on doit effectuer une opération de séchage. D'autre part, si les valeurs des tests de 1000 volts et de 500 volts sont approximativement les mêmes, il est raisonnable de supposer qu'on peut différer la décision d'effectuer une opération de séchage jusqu'après l'étape suivante.
4. Effectuer un test de 2500 volts à l'aide de l'instrument Megger. S'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des tests de 500 et 2500 volts, alors il y a de bonnes raisons de croire que le moteur en question est dans un état fiable, du moins en ce qui concerne son isolation. D'autre part, s'il existe une différence significative entre les deux, il y a de bonnes raisons de croire qu'un réusinage plus poussé s'impose. Si l'isolation échoue au test de 2500 volts après avoir suivi les étapes 1, 2 et 3, nous croyons qu'il est probable que le moteur en question tomberait en panne s'il était mis en service, et ce, même si une tentative a été faite pour le remettre en état uniquement sur la base de tests de basse tension.

La méthode multi-tension peut aussi être utile pour déterminer la présence d'humidité excessive dans l'isolation des équipements évalués à des tensions équivalentes ou supérieures à la tension la plus élevée disponible à partir de l'instrument multi-tension Megger utilisé. En d'autres termes, même si la tension disponible la plus élevée avec l'instrument Megger n'arrive pas à accentuer l'isolation au-delà de sa valeur nominale, il se pourrait bien qu'un test à deux tensions puisse néanmoins, révéler la présence d'humidité. Si la résistance d'isolation est d'abord testée sur la base d'une lecture de courte durée (d'abord à un niveau de tension et ensuite à un potentiel plus élevé), une valeur inférieure de résistance d'isolation à la tension d'essai de CC supérieure indique

MÉTHODE DE TENSION PAR ÉTAPES

Pour cette méthode, vous avez besoin d'un instrument multi-tension Megger afin d'appliquer deux ou plusieurs tensions par étapes comme 500 volts, ensuite 1000 volts. Il faut surveiller toute réduction de résistance d'isolation à la tension la plus élevée. Si la résistance est plus faible, c'est un signe de faiblesse au niveau de l'isolation qui apparaît uniquement à la tension la plus élevée. La fig. 23 indique un exemple dans lequel, au lieu d'augmenter progressivement la tension, vous testez d'abord à une basse tension (comme 500 volts) puis, après décharge de l'échantillon, vous testez de nouveau à une tension plus élevée (comme 2500 volts). Toute différence entre les deux tests, en termes de mégohms constitue des signes de faiblesse à une tension plus élevée - un signal avertissant de la nécessité d'un examen plus approfondi. À mesure que l'état interne de l'échantillon se détériore, le traçage point par point de la tension supérieure, comme indiqué dans la fig. 23, diminuera en mégohms comparé à celui de la basse tension et sa pente ascendante sera moins prononcée.

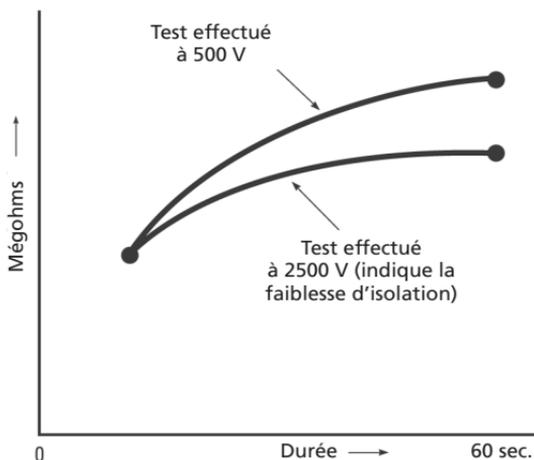


Figure 23 - Courbes typiques avec le test de « tension par étape ».

La théorie sous-jacente de la technique de tension par étape est quelque peu complexe, mais nous allons essayer de garder les choses simples. L'humidité et la saleté dans l'isolation sont habituellement révélées par des tests effectués à des tensions très inférieures aux tensions lorsqu'en service. Cependant, il se peut que les effets de l'usure ou des dommages mécaniques dans une isolation relativement propre et sèche ne soient pas révélés à un niveau de tension si bas.

Maintenant, lorsque la tension est augmentée par étape afin de produire des tensions électriques qui s'approchent ou dépassent les tensions lorsqu'en fonctionnement, alors les points faibles locaux influencent de plus en plus la résistance d'isolation globale. Habituellement, la résistance de ces failles locales diminue rapidement à mesure que leur tension électrique augmente au-delà d'une certaine limite. Lorsque cela se produit, le traçage point par point des lectures consécutives des instruments Megger indique clairement la forte baisse (voir fig. 24).

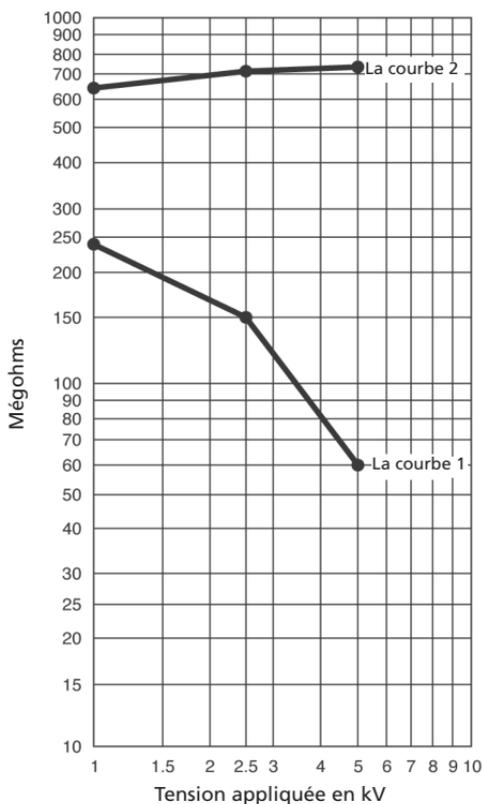


Figure 24 – Tester les courbes à parti de la méthode de tension par étape, comparant les résultats avec une bonne et une mauvaise isolation.

La courbe 1 (tracé inférieur) indique une forte baisse de la résistance avec une tension croissante, indiquant un trouble.

La courbe 2 (tracé supérieur) indique l'état des bobinages du même moteur après une opération d'imprégnation, de cuisson et de nettoyage.

Il suffit de garder la tension d'essai constante, entre les étapes, pendant environ 60 secondes. Cette courte période n'affectera pas la tendance dans la variation de résistance. Cependant, la période chronométrée devrait toujours être la même pour une pièce d'équipement donnée. Il se peut qu'à ce moment-là les courants d'absorption n'aient pas tous disparu, mais vos mesures de résistance auront été effectuées sur la même base et seront donc significatives. Vos résultats sont indépendants du matériau isolant et de sa température puisque vous êtes à la recherche de la variation de résistance - et non des valeurs de résistance absolues.

Comme c'est le cas avec la lecture effectuée au hasard et les mesures de temps/résistance, la méthode de tension par étape est plus utile pour vous lorsqu'elle est effectuée de façon régulière et périodique.

La méthode de tension par étape est particulièrement utile pour déterminer la présence d'humidité excessive ou autres contaminants dans l'isolation d'équipements qui possèdent un régime nominal pour des tensions équivalentes ou supérieures à la plus haute tension disponible dans votre instrument Megger multi-tension. En d'autres termes, même si votre tension la plus élevée n'arrive pas à accentuer l'isolation au-delà de sa valeur nominale, il arrive souvent qu'un test à deux tensions puisse néanmoins révéler la présence de tels contaminants.

Par exemple, supposons que vous testiez d'abord la résistance d'isolation sur la base d'une lecture effectuée au hasard - à une tension de 500 V en CC, puis à un potentiel plus élevé de 2500 V en CC. Même s'il est possible que la tension de celui-ci soit nominale par rapport à la tension nominale de votre équipement, une valeur inférieure de résistance d'isolation à la tension d'essai la plus élevée indique habituellement la présence de fractures contaminées ou d'autres trajectoires de fuite à travers l'isolation à la terre.

Il est préférable que les tensions appliquées se situent à l'intérieur du coefficient de 1 à 5 ou plus (par exemple 500 et 2500). Les résultats obtenus jusqu'à maintenant indiquent qu'une variation de 25 % de la valeur de résistance d'isolation avec un coefficient de tensions d'essai de 1 à 5 est habituellement due à la présence d'une quantité excessive d'humidité ou d'autres contaminants.

UTILISATION D'UNE BORNE DE GARDE

Tous les testeurs d'isolation Megger ayant des gammes de 1000 mégohms et plus sont équipés de bornes de garde. Le but de cette borne est de fournir des installations pour effectuer la mesure d'un réseau à trois bornes de sorte que la résistance d'une des deux trajectoires possibles puisse être déterminée directement. Elle a pour but complémentaire ou secondaire de fournir une source de tension de CC d'un bon gabarit et d'une capacité de courant limitée.

L'isolation de tous les appareils électriques possède deux trajectoires de conduction ou de fuite – une à travers le matériau isolant et l'autre au-dessus de ses surfaces. En fournissant une troisième borne d'essai sur la trajectoire de la fuite de la surface, elle se retrouve séparée en deux parties, formant un réseau à trois bornes comme indiqué dans la fig. 25a. En pratique, cette troisième borne peut être fournie comme indiqué dans les figures 26 à 38

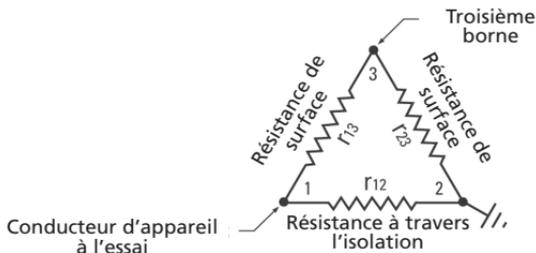


Figure 25a

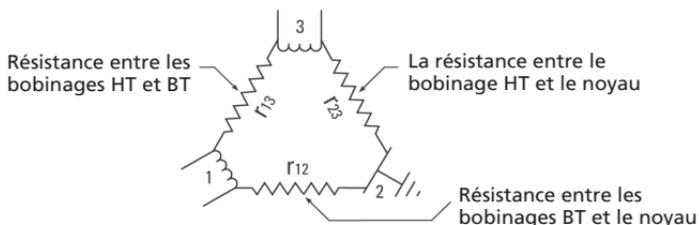


Figure 25b

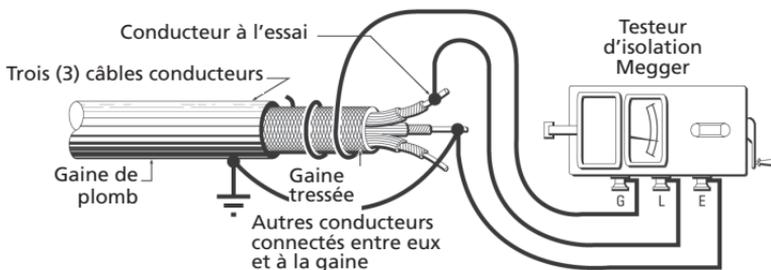


Figure 26 – Indique la manière d'utiliser la borne de garde afin d'éliminer les effets causés par les fuites de surface à travers l'isolant découvert à une extrémité d'un câble. Voir aussi les figures 28, 30 et 31.

Il y a aussi des cas, comme ceux des transformateurs à deux bobinages ou des câbles multi-conducteurs, où un réseau à trois bornes est formé, comme indiqué dans la fig. 25b. Les figures 30 et 33 ainsi que d'autres indiquent des applications pratiques de cette forme de réseau à trois bornes.

En effectuant un test à trois bornes comprenant une seule mesure, la borne de ligne de l'instrument Megger est reliée à la borne 1, fig. 25a, la borne de garde à la borne 3 et la borne de terre à la borne 2. Cela vous donnera la valeur réelle de r_{12} à condition que r_{23} et r_{13} n'aient pas une valeur trop basse. Le conducteur r_{23} , qui est connecté au générateur de l'instrument Megger, devrait être d'environ 1 mégohm ou plus afin d'éviter une charge excessive sur la génératrice et de maintenir la tension du générateur à un niveau satisfaisant.

Lors de l'utilisation de la borne de garde, en particulier dans le cas des instruments Megger à moteur ou qui fonctionnent avec un redresseur, s'assurer également qu'il n'y a pas risque de formation d'un arc électrique hors de sa trajectoire, entre la borne protégée de l'échantillon et la terre. Un tel arc électrique hors de sa trajectoire peut provoquer un arc électrique indésirable au niveau du commutateur du générateur de l'instrument.

Le conducteur r_{13} , qui détourne la bobine de déviation Megger, devrait être d'au moins 100 mégohms pour une précision de mesure d'environ 1 %. Le chiffre de précision de 1% est basé sur la résistance ballast R^1 qui est de 1 mégohm, ce qui est typique. Pour des déterminations plus précises, obtenir la valeur exacte de R^1 en écrivant à Megger et en fournissant le numéro de série de l'instrument utilisé.

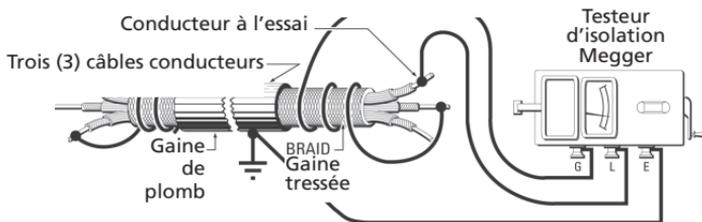


Figure 27 – Indique la manière d'utiliser la connexion de garde afin d'éliminer les effets de la fuite de surface à travers l'isolant découvert aux deux extrémités d'un câble, lorsqu'un conducteur de rechange est disponible pour compléter la connexion de garde.

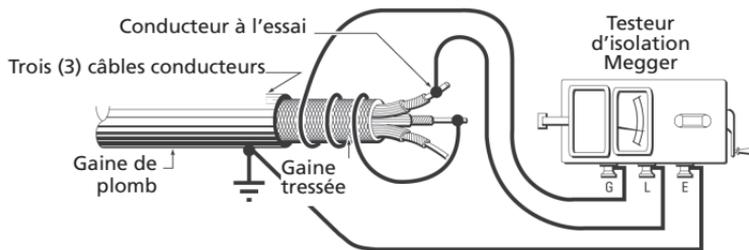


Figure 28 - l'utilisation de la connexion de garde afin d'éliminer l'effet de fuite à la terre comme dans la figure 26 et également l'effet de fuite vers les conducteurs adjacents. À noter que le fil de garde est enroulé autour de l'isolation découverte et est également connecté aux conducteurs adjacents

Ne pas confondre ce schéma avec la figure 26 où le fil de garde va uniquement à l'isolant exposé et les conducteurs adjacents ont été mis à la terre.

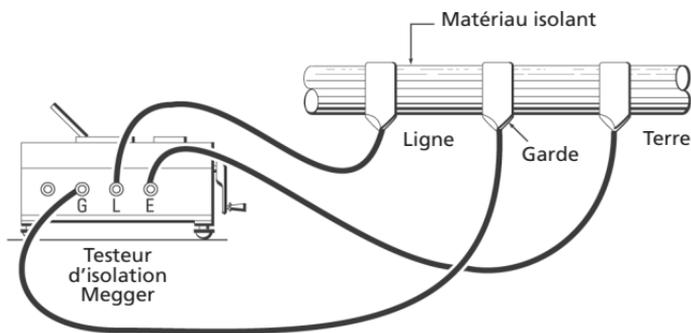


Figure 29 - Pour éliminer l'effet des fuites de surface dans la prise de mesure de la résistance réelle d'une pièce isolante comme une tige de levage dans un disjoncteur.

La plus grande précision est souhaitée dans les cas comme ceux indiqués à la fig. 25a ou lorsque la résistance réelle de chaque conducteur est voulue comme dans le cas de la fig. 25b, trois mesures sont nécessaires et les équations suivantes sont utilisées :

$$r_{12} = \frac{R_{12} R_{13} - (R^1)^2}{R_{13} + R^1}$$

$$r_{23} = \frac{R_{12} R_{23} - (R^1)^2}{R_{12} + R^1}$$

$$r_{13} = \frac{R_{12} R_{13} - (R^1)^2}{R_{12} + R^1}$$

Où R_{12} , R_{23} et R_{13} sont les valeurs réelles en mégohms mesurées aux bornes du réseau qui sont connectées aux bornes de ligne et de terre de l'instrument Megger avec les bornes 3, 1 et 2 connectées respectivement à la borne de garde de l'instrument. R^1 est la valeur de la résistance ballast en mégohms de l'instrument utilisé. Lors de la prise de ces trois mesures, ne pas connecter la borne de ligne de l'instrument à la borne de terre du réseau puisque toute fuite au-dessus du boîtier de l'instrument, entre la borne de terre et le sol, détournera la résistance dont on prend la mesure.

BAGUES, ISOLATEURS D'EXTRÉMITÉS ÉTANCHES (POTHEADS) ET ISOLATEURS

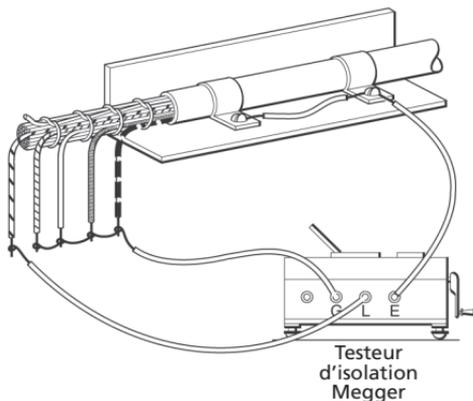


Figure 30 - Connexions utilisées pour tester la résistance d'isolation entre un fil et le sol sans être affectées par les fuites vers d'autres fils. À noter l'utilisation de la connexion de garde.

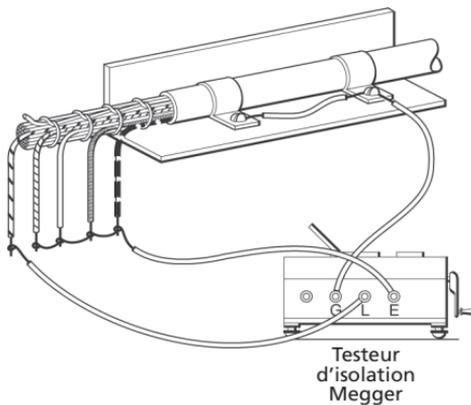


Figure 31 - Connexions utilisées pour tester la résistance d'isolation entre un fil et tous les autres fils connectés sans être affectés par les fuites vers la terre.

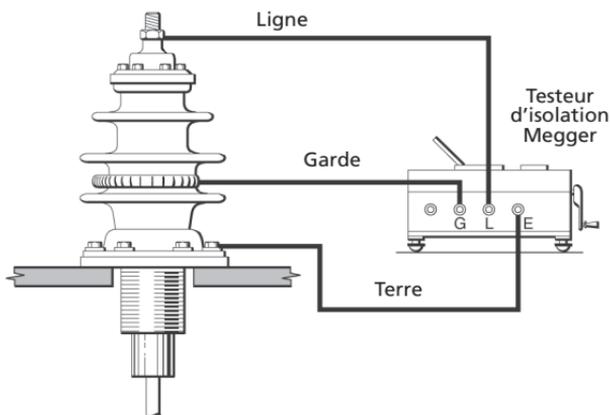


Figure 32 - Indique l'utilisation du collier à ressort comme connexion de garde afin d'éliminer les effets de fuites de surface. L'appareil à l'essai doit être débranché de tous les autres équipements.

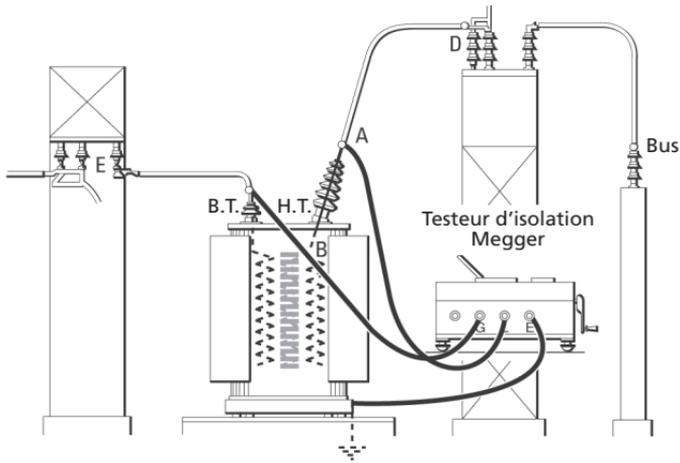


Figure 33 - Connexions utilisées pour tester la résistance d'isolation des bagues et du bobinage haute tension d'un transformateur et le sectionneur de haute tension en parallèle avec le rapport au sol, mais sans que ça soit affecté par les fuites entre les bobinages de haute et basse tension grâce à l'utilisation de la connexion de garde.

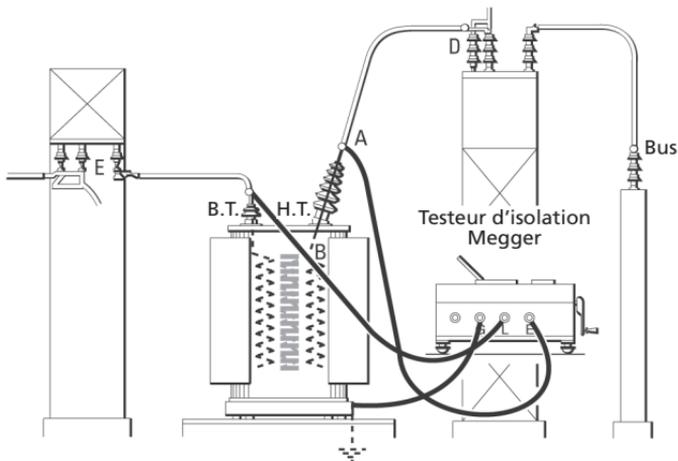


Figure 34 - Connexions utilisées pour tester la résistance d'isolation entre les bobinages de haute et basse tension sans que ça soit affecté par les fuites vers la terre.

DISJONCTEURS À HUILE EXTÉRIEURS

Les quatre illustrations (fig. 35 à 38) illustrent les méthodes habituelles pour tester des bagues et pièces reliées d'un disjoncteur à huile extérieur et le tableau qui l'accompagne indique la procédure de test par étapes.

Si les valeurs de test sont inférieures à 10 000 mégohms dans l'une des quatre étapes, le réservoir devrait être baissé ou drainé afin que les pertes excessives puissent être isolées par d'autres tests et investigations. Si les valeurs de test sont inférieures à 50 000 mégohms au test n° 1, la tendance de l'état de la bague spécifique impliquée doit être surveillée en effectuant des tests plus fréquents.

Test	Position du disjoncteur	Bague sous tension	Bague protégée	Bague mise à la terre	Pièce mesurée
1	Ouvert	1 (2 à bague de garde)	1	---	Bague 1
2	Ouvert	1	1	2	Bague 1 en parallèle avec une traverse
3	Ouvert	1 et 2	1 et 2	---	Bague 1 et 2 en parallèle
4	Fin	1 et 2	1 et 2	---	Bague 1 et 2 en parallèle avec une tige de levage

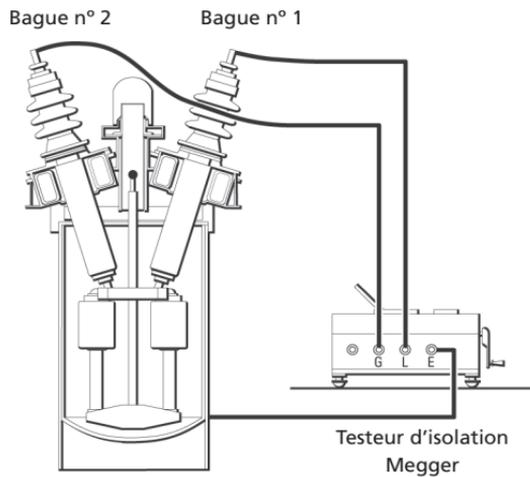


Figure 35 - Étape 1

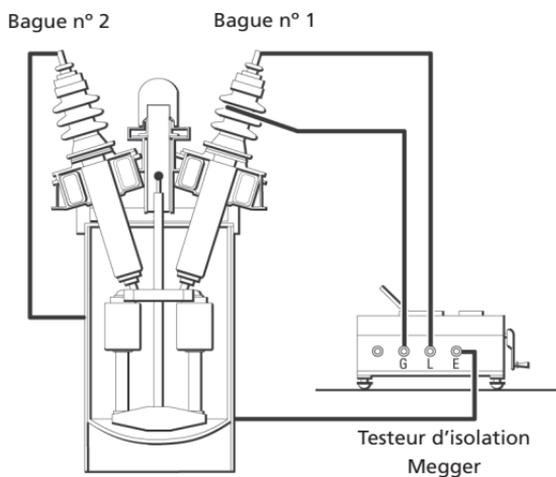


Figure 36 - Étape 2

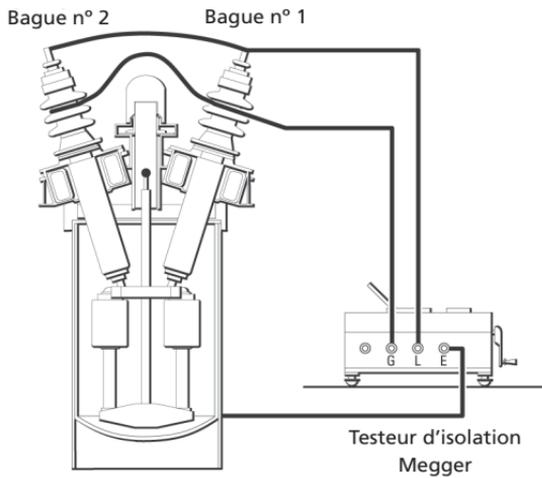


Figure 37- Étape 3

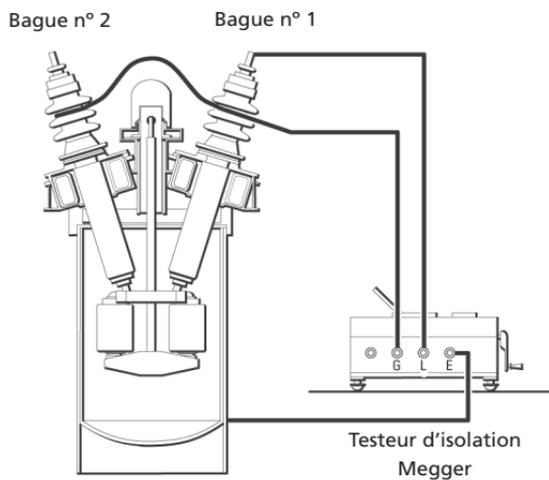


Figure 38 - Étape 4

MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME D'ENTRETIEN

Pour débiter les tests d'isolation, il y a une règle générale à suivre : Faire passer en premier le plus important. C'est-à-dire examiner tous les équipements électriques et les classer par ordre d'importance relative. Par exemple, si un moteur de CA a échoué dans le département A, comment cela affectera-t-il la production globale de l'usine? Votre personnel de production peut certainement aider pour cela et sera extrêmement intéressé par l'idée.

Si le temps le permet au début, tester chaque pièce d'équipement électrique et faire une carte d'enregistrement. Il se peut qu'au début vous deviez combiner plusieurs unités, mais ce sera payant à long terme d'avoir des enregistrements de test pour chaque unité individuelle. Ensuite, si des faiblesses d'isolation se présentent votre travail de dépiage de la pièce fautive sera plus facile.

Représenté dans la fig. 40 un formulaire de carte d'enregistrement de test fourni par Megger. C'est le genre d'information qui devient de plus en plus utile pour vous à mesure que les tests sont effectués à intervalles réguliers :

1. Nom et emplacement de l'équipement
2. Dates et valeurs des résultats de test (enregistre une lecture réelle au moment du test)
3. Gamme, tension et numéro de série de l'instrument Megger utilisé
4. Température de l'appareil (également, surtout pour les grandes unités, les températures du thermomètre humide et sec – afin de déterminer le niveau d'humidité et le point de rosée)
5. Mesure de résistance d'isolation corrigée pour la température
6. Un traçage point par point de lectures consécutives afin d'indiquer la tendance et vous permettre d'anticiper les défaillances

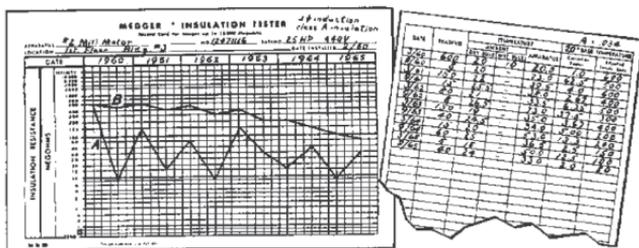


Figure 40

À QUELLE FRÉQUENCE DEVRIEZ-VOUS TESTER?

Cela dépend de la taille et de la complexité de votre usine. Même des unités identiques peuvent différer quant aux périodes de vérification nécessaires; l'expérience est votre meilleur guide. Cependant, en général, les appareils en fonctionnement - moteurs, générateurs, etc. - sont plus susceptibles de développer des faiblesses d'isolation, par rapport aux câblages, isolateurs, et choses du même genre. Un programme de test pour les équipements en fonctionnement devrait être établi, variant de 6 à 12 mois, selon la taille de l'équipement et la rigueur des conditions atmosphériques ambiantes. Pour le câblage et choses du même genre, des tests annuels sont habituellement suffisants, à moins que les conditions de l'usine ne soient inhabituellement rigoureuses.

TESTEURS D'ISOLATION 5 KV ET 10 KV MEGGER

Lorsque de l'équipement vital et dispendieux est en jeu, l'introduction de nouveaux matériaux isolants améliorés est comme réinventer le monde des tests d'isolation. Un équipement avec des tensions de fonctionnement supérieures à 1 kV nécessite des tensions d'essai proportionnellement plus élevées. Les matériaux modernes lorsqu'ils sont neufs ou au début de leur durée de vie peuvent avoir des valeurs d'isolation dans des gammes qui n'ont jamais été mesurées auparavant. Il se peut que votre ancien testeur d'isolation ne soit pas tout à fait suffisant pour répondre aux exigences d'un programme rigoureux et approfondi d'entretien préventif/prédictif sur de l'équipement moderne.

Pour être en totale conformité avec les exigences des tests les plus modernes, Megger offre une famille de testeurs d'isolation de la plus haute qualité à des tensions supérieures à 1 kV. Au cœur des tests à haute tension ... 5 kV ... le MIT510 et le MIT520 offrent le plus haut niveau de tests de qualité avec une sécurité de premier ordre, commodité et portabilité. Le MIT510 offre des tensions d'essai sélectionnables à 250, 500, 1000, 2500 et 5000 V; le testeur est donc adapté pour être utilisé avec des applications qui autrement, devraient être utilisées avec un modèle à manivelle standard, en plus demanderaient des applications de tensions plus hautes. Le MIT520 augmente la fonctionnalité en permettant à la tension d'essai d'être réglée à n'importe quel incrément de 10 V à partir de 50 V jusqu'à 1 kV, puis au moyen d'étapes de 25 V jusqu'à 5 kV. Les testeurs mesurent jusqu'à 15 Tera-ohms, ce qui les rend parfaitement adaptés à des tests d'installations critiques et à l'établissement de données de base fiables pour des équipements neufs et dispendieux. Les résultats des tests sont affichés sur l'écran numérique/analogique électronique breveté Megger, offrant ainsi la précision et la fiabilité d'une lecture numérique combinée au pointeur révélateur de déplacement, normalement réservé aux mouvements mécaniques.

Les nouveaux testeurs de résistance d'isolation 5 kV Megger sont conçus spécifiquement afin de vous aider avec les tests et l'entretien des équipements électriques à haute tension.



- À alimentation mixte
- Écran numérique/analogique rétro éclairé
- Tension d'essai sélectionnable de 250 à 5000 V
- Test IR automatique
- Mesures à 15 T
- Complète avec certificat d'étalonnage

Megger MIT510

Les nouveaux testeurs de résistance d'isolation 10 kV Megger sont également conçus spécifiquement afin de vous aider avec les tests et l'entretien de l'équipement électrique à haute tension.

Tous les boîtiers sont robustes et faciles à porter, constitués de polypropylène résistant avec un indice de protection élevé IP65.

- À alimentation mixte
- Écran numérique/analogique rétro éclairé
- Tension d'essai variable de 50 V à 10 kV
- Tests IR, PI, DD, SV et DAR
(évaluation diagnostique de la lecture) automatiques
- Mesures à 15 TΩ (5 kV) et 35 TΩ (10 kV)
- Téléchargement des résultats RS232 et USB



Megger MIT1020

SÉRIE MIT400 MEGGER



Megger MIT410

Une nouvelle ligne de testeurs haute performance cotés 600 V CAT IV offre une plus grande sécurité lors des tests à des niveaux de tension plus élevée.

La série MIT400 offre des tensions d'essai de 10 à 1000 V et comprend un testeur spécial à incrément de 1 V allant de 10 à 100 V sélectionnable par l'utilisateur pour les exigences de tests d'isolation à basse tension. Les unités comprennent une gamme exceptionnelle de mesure de résistance d'isolation qui s'étend de 20 à 200 gigaohms avec l'option d'afficher la tension d'essai d'isolation ou de courant de fuite sur l'écran secondaire.

Des tests d'isolation chronométrés pour le PI et DAR sont disponibles sur certains modèles. Une mesure de continuité de 200 mA est disponible avec une résolution de 0,01 ohm pour des mesures rapides et précises de la résistance des câbles. Celle-ci peut être réglée à 20 mA là où la conformité aux règlements des tests électriques n'est pas requise, prolongeant la durée de vie de la batterie.

SÉRIE MIT400 MEGGER

La série MIT300 est conçue selon le principe Megger habituel qui consiste à augmenter les fonctionnalités sans perte de qualité de base. Cinq modèles composent la famille, chacun construit selon une conception de base garantissant la qualité et la fiabilité qui sont la marque de commerce de Megger. Le MIT300 est le modèle le plus simple, offrant des fonctions essentielles de la plus haute qualité, mais aucune des fonctionnalités supplémentaires qui peuvent s'avérer redondantes dans les applications de base. Pour les applications où un test de 1 kV doit être évité, le MIT300 propose un test de 250 et 500 V uniquement. Combiné à la continuité et au signal de tension, ainsi qu'à toutes les fonctionnalités de commodité et de sécurité qui permettent de distinguer la famille, c'est le modèle de choix pour les applications les plus simples.

Si des fonctions de base sont toujours le but, mais qu'un test de 1 kV est requis, le MIT310 convient parfaitement. Avec la possibilité de travailler à des tensions plus élevées, le fonctionnement sécuritaire a été davantage renforcé par l'inclusion d'un voltmètre par défaut.



Megger MIT300 Series

Pour ceux qui préfèrent l'instrument de type mécanique analogique traditionnel, le MIT310A offre tout cela avec le MIT310, mais avec un affichage à bobine mobile. L'affichage analogique est renforcé par des décalcomanies noires sur fond blanc pour fournir une visibilité améliorée et à fort contraste.

La famille est complétée par le MIT320 et le MIT330 dotés de tous les accessoires. Il a été ajouté au précédent une gamme kilohm pour des mesures entre les extrêmes de continuité et de haute tension. Avec cette fonctionnalité, les mesures peuvent être faites en continu de 0,01 à 999 M. Un écran rétro éclairé est encore amélioré par des sélections rétro éclairées, pour rendre à la fois configuration et résultats visibles, même sous un mauvais éclairage. Le MIT320 offre également des alarmes sonores autant pour la gamme de continuité et que les mégohms, réglables sur toute la gamme.

Enfin, le MIT330 offre tout ce qui a été décrit pour le MIT320, ainsi qu'un stockage allant jusqu'à 1000 résultats, le téléchargement au moyen d'un port USB via le logiciel inclus, et une indication d'affichage de la mémoire restante.



Megger MIT230

SÉRIE MIT200 MEGGER

Vous avez besoin seulement des tests de continuité et d'isolation 1 kV de base en considérant d'abord l'économie? Aucun sacrifice n'est nécessaire! Megger offre la seule ligne de testeurs haut de gamme peu coûteuse sur le marché ... la série MIT200. Bien que conçus avec l'économie à l'esprit, ces testeurs n'ont subi aucune perte au niveau de la qualité et de la fiabilité qu'implique le nom Megger. En outre, il n'y a eu aucun sacrifice en ce qui concerne la sécurité, ce qui est un problème sérieux avec les testeurs peu coûteux dont ont réduit les coûts avec les risques d'arc électrique et erreur de l'opérateur que cela comporte.

Quatre modèles sont disponibles ne différant que par les tensions d'essai offertes : Le MIT200 est un modèle de 500 V pour les applications standards; le MIT210 est un modèle de 1 kV où une tension d'essai supérieure est de mise; le MIT220 propose deux tensions, 250 et 500, pour des applications plus sensibles là où un test de 1 kV est à éviter; pour des applications avec tous les accessoires, le MIT230 offre les trois tensions, 250, 500 et 1 kV.

Un point d'isolation à **TEMPS**

Megger fait plus que seulement des testeurs de résistance d'isolation

Megger fabrique également des instruments de haute qualité pour tester les applications électriques suivantes :

- Tests de mise à la masse/mise à la terre
- Tests de relais
- Tests de relais
- Analyses de qualité d'énergie
- Tests de basse résistance
- Tests de batteries
- Tests de watt-heure mètres
- Tests de transformateur
- Tests de défaut de câble
- Test du facteur de puissance
- Tests d'isolateurs Hi

Megger fabrique des instruments électriques de test et d'entretien pour l'énergie électrique, le processus de fabrication, le câblage des bâtiments, les services d'ingénierie et de communications.

Visitez notre site Web d'assistance locale dans le monde entier à :
www.megger.com.

Megger
4271 Bronze Way
Dallas, TX 75237

Le mot "Megger" est une marque déposée.

Megger[®]

www.megger.com/us

