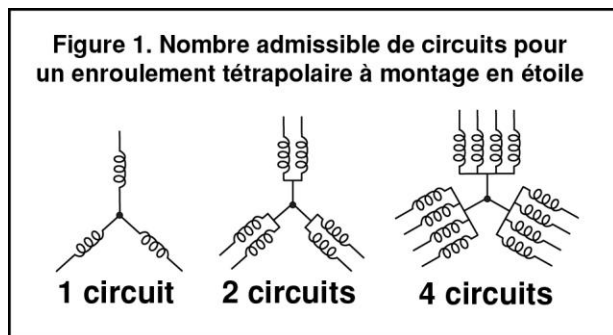


## PIÈGES (POTENTIELS) DES CIRCUITS MONTÉS EN PARALLÈLE

Par Cyndi Nyberg  
Ancienne spécialiste en assistance technique  
EASA

### INTRODUCTION

Dans le but de rendre l'utilisation du matériel plus efficace, les bobineurs de fils peuvent désirer accroître le nombre de circuits montés en parallèle au moment d'enrouler un stator CA (ou un rotor bobiné). Toutefois, il existe des limites quant au nombre de circuits que l'on peut utiliser dans ces montages. Par exemple, un enroulement tétrapolaire à montage en étoile ne peut pas comporter plus de quatre circuits (voir *Figure 1*). Le présent article décrit certains des problèmes potentiels associés à une augmentation du nombre de circuits montés en parallèle.



Si le concept original d'un moteur présente quelques spires et de gros fils, ou un grand nombre de fils en main, le fait d'accroître le nombre de circuits peut faciliter le réenroulement. Doubler le nombre de circuits, par exemple, implique de doubler aussi le nombre de spires par bobine et de réduire de moitié la section transversale du fil en main. Les contraintes tension/bobine sont également proportionnelles au nombre de circuits.

Les fabricants bobinent progressivement leurs plus grands moteurs à l'aide d'enroulements concentriques. La plupart des centres de service convertissent ces moteurs en enroulements par chevauchement afin d'améliorer leur performance. Par contre, le réenroulement exige de réduire le nombre de spires par bobine lorsqu'on se sert de la même connexion. Très souvent, ces montages comportent aussi un petit nombre de spires, incluant fréquemment des spires dissymétriques. Par conséquent, il s'avère souvent souhaitable d'accroître le nombre de circuits montés en parallèle pour rendre l'enroulement des bobines moins ardu.

### NOMBRE MAXIMAL DE CIRCUITS

Le nombre de circuits montés en parallèle ne peut pas être supérieur à celui des pôles, sauf dans le cas des enroulements entrelacés, où il est possible de retrouver une connexion à quatre circuits sur un moteur bipolaire. Dans un enroulement entrelacé, chaque groupe de bobines se divise

en sous-groupes parallèles, ce qui double le nombre admissible de circuits, en plus de doubler le nombre de spires. Afin d'obtenir plus de renseignements au sujet des enroulements entrelacés, consulter l'article *Interleaved Windings Provide Useful Alternative*, EASA CURRENTS, paru au mois de janvier 2003.

En outre, le nombre de pôles doit être égal à celui des circuits ou à un de ses multiples. Par exemple, un couplage en deux triangles sur un enroulement à six pôles ne peut être converti en un montage à quatre triangles.

### GROUPES INÉGAUX DE BOBINES

Dans le cas des groupes égaux de bobines (c'est-à-dire que tous les groupes présentent le même nombre de bobines), il est généralement possible d'obtenir un enroulement équilibré avec un nombre maximal de circuits montés en parallèle. Les groupes inégaux, par contre, limitent le nombre admissible de circuits dans l'enroulement, car chaque cheminement de circuit doit comporter le même nombre de spires.

Lorsqu'il s'agit d'enroulements à séquence de groupes inégaux de bobines, toujours consulter les tableaux concernant les groupes de bobines à la Section 3 du *Manuel technique EASA* afin de confirmer la possibilité d'augmenter le nombre de circuits montés en parallèle sans créer un courant de circulation.

L'exemple suivant illustre ce qui se produirait advenant une modification de couplage d'un enroulement à groupes inégaux de bobines de deux à trois circuits.

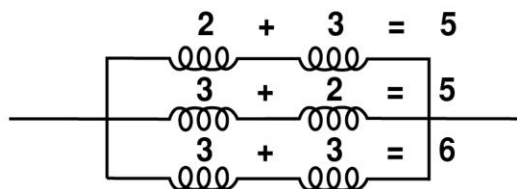
Exemple : 6 pôles, 48 encoches, 6 groupes de 2 bobines et 12 groupes de 3 bobines

Séquence des groupes : 2 3 3, 3 2 3, 3 3 2

Pour un enroulement à six pôles et 48 encoches, seulement un ou deux circuits se révèlent admissibles.

Puisque l'enroulement comprend 48 bobines (16 bobines par phase), en effectuant une connexion en fonction de trois circuits, on obtiendrait deux circuits montés en parallèle dans une phase avec cinq bobines en série et un circuit de six bobines en série, soit  $16 \text{ bobines} \div 3 \text{ circuits} = 5 \text{ bobines par circuit} + 1 \text{ restante}$  (voir *Figure 2*). Monter en parallèle ces trois circuits viendrait créer un courant de circulation indésirable qui, à son tour, provoquerait une haute tension et un échauffement.

**Figure 2. Convertir cette connexion à trois circuits montés en parallèle produirait des courants de circulation.**



### NOMBRE DE VOLTS PAR BOBINE

Dans le cas des bobines préformées, on utilise les contraintes calculées entre spires pour déterminer l'isolement requis entre les spires. Pour les bobines à enroulement à fils jetés, la principale préoccupation est le nombre de volts par bobine. Cela ne signifie pas nécessairement la présence de contraintes entre deux bobines adjacentes d'un même groupe. N'importe quel endroit où deux spires peuvent entrer en contact peut poser un problème potentiel; par exemple, entre deux bobines se trouvant dans la même encoche, ou entre des bobines situées sur la spire d'extrémité. Les bobines peuvent également appartenir à différents groupes ou phases, ce qui augmente le potentiel de tension entre elles.

$$\text{Volts par bobine} = \frac{\text{Tension de phase} \times \text{Nombre de circuits} \times 3 \text{ phases}}{\text{Nombre d'enroulements}}$$

Où :

Tension de phase = Tension composée pour couplage en triangle, ou 58 % de la tension composée pour un montage en étoile

Exemple : Un moteur à capacité nominale de 460 V, quatre triangles, 48 encoches

$$\text{Nombre de volts par bobine} = \frac{460 \times 4 \times 3}{48} = 115$$

Par le passé, la règle était que le nombre de volts par bobine d'un enroulement à fils jetés ne devait pas excéder 40, autant que possible. Toutefois, ce nombre se révèle trop modeste. Les matériaux qui entrent dans la composition des enroulements des moteurs modernes, y compris fils et isolements améliorés, protègent mieux l'enroulement contre les contraintes de tension. De plus, nous savons maintenant que les défaillances des enroulements sont davantage susceptibles d'être provoquées par des défaillances entre spires que par le nombre de volts par bobine en régime permanent.

Pour un enroulement à fils jetés, un nombre de 80 volts par bobine constituerait donc une valeur maximale plus réaliste, bien que de nombreux concepts de fabricants réputés dépassent 100 volts par bobine. (Consulter l'article *Voltage Stress : Not as Simple as It Sounds*, EASA CURRENTS, paru au mois d'août 2007).

Plutôt que d'avoir recours à une valeur spécifique quant au nombre de volts par bobine au moment de décider d'utiliser une plus grande quantité d'isolant, il s'avère plus important de tenir compte de l'application et du milieu de fonctionnement auxquels le moteur est destiné. Fréquence des démarrages, alimentation électrique, démarrages directs et type d'utilisation sont tous des points à prendre en considération.

Autre aspect important : lorsque les premières et dernières spires d'une bobine entrent en contact et que le nombre de volts par bobine devient trop élevé, il risque de se produire une défaillance entre spires. Attention : bon nombre de montages comportent une haute tension par bobine, il est donc important d'utiliser des matériaux isolants appropriés et de manipuler les fils avec soin. (Encore une fois, consulter l'article EASA CURRENTS du mois d'août 2007).

Il n'est pas toujours possible de concevoir ou de redessiner un enroulement sans utiliser de multiples circuits. Par exemple, quand on doit ramener un moteur de 2 300 volts à 460 volts, la réduction de capacité nominale peut se solder par un très petit nombre de spires par bobine dans un moteur à haute puissance. Pour compenser, on accroît normalement le nombre de circuits et, par la même occasion, le nombre de volts par bobine. Le réel danger dans ce cas réside dans le fait que, souvent, ce genre de variation de tension implique aussi une modification des bobines préformées à des versions à enroulement à fils jetés, ce qui élève les contraintes de tension potentielles exercées sur les bobines.

### TEMPS NÉCESSAIRE À LA CONNEXION

Effectuer la connexion de circuits multiples montés en parallèle exige davantage de temps. Ce type de montage s'avère aussi de taille plus imposante.

### SÉPARATION DE GROUPES

Accroître le nombre de circuits constitue une option lorsqu'un trop grand nombre de fils en main serait nécessaire au moment d'élaborer les bobines. Dans bien des cas, même en utilisant un couplage à deux triangles, on ne retrouverait encore qu'un nombre relativement restreint de spires par bobine, ainsi que plusieurs fils en multiples (souvent de grand diamètre). Cela dit, le temps supplémentaire pour effectuer la connexion et les contraintes de tension plus élevées représentent des désavantages.

Afin de faciliter le processus d'enroulement, dans ces cas, chacun des groupes peut être enroulé en deux étapes, puis monté en parallèle. Enrouler chaque « demi-bobine » avec le même nombre de spires par bobine que le modèle original, mais avec un fil de surface équivalente (mil circulaire) à la moitié du fil original. Si la tête de l'enroulement peut recevoir le fil, enrouler simplement la seconde moitié sur la première. Ensuite, resserrer le groupe, puis le traiter de manière habituelle. Si la tête d'enroulement se trouve trop encombrée, considérer l'ensemble comme deux enroulements distincts. Si le nombre permanent de volts par bobine s'avère supérieur à 80, utiliser un isolant de phase supplémentaire à mi-chemin de chacun des groupes de bobines. Cet ajout réduira le risque d'une défaillance potentielle entre spires dans la rallonge des bobines. Ensuite, enrouler chaque bobine comme deux moitiés à l'intérieur de la même encoche. Sortir les deux extrémités du début d'un groupe et les deux de la fin, chacune agissant comme extrémité de groupe.

## MONTAGES À DEUX VITESSES ET À DEUX ENROULEMENTS

La façon la plus simple d'éviter les courants de circulation dans un moteur deux vitesses et à deux enroulements consiste à utiliser un seul montage en étoile. Dans le cas d'une variation de tension ou d'un moteur dont la puissance est relativement grande, cependant, il peut s'avérer impossible d'obtenir les caractéristiques de conception requises à l'aide de ce type de couplage. Les spires pourraient être trop abaissées ou évaluées à une fraction de leur valeur.

Au moment de modifier un des deux ou les deux enroulements d'un moteur deux vitesses à deux enroulements, s'assurer de tenir compte non seulement des problèmes potentiels mentionnés plus tôt, mais aussi des courants de circulation qui pourraient être créés.

Si l'un des enroulements comporte plus d'un circuit, toujours consigner par écrit l'utilisation de connexions adjacentes ou de sauts de pôles pour chacun des enroulements. Ensuite, comparer les connexions effectuées à celles correspondantes dans le tableau de la Section 3 du *Manuel technique EASA*.

Avant de procéder à une nouvelle connexion d'un moteur à enroulements multiples destiné à fonctionner à une tension différente, consulter le même tableau. Il peut ne pas s'avérer utile de reconnecter complètement les enroulements, surtout si l'un d'eux comporte des groupes de bobines inégaux.

Insérer la présente fiche technique dans la Section 3 de votre *Manuel technique EASA* pour consultation future.

Noter son emplacement à la Section 5,  
« Fiches techniques à venir ».



## Electrical Apparatus Service Association, Inc.

1331 Baur Boulevard • St. Louis, MO 63132 U.S.A. • (314) 993-2220 • Fax (314) 993-1269

For English Version Tech Note No. 46

[www.easa.com](http://www.easa.com)

Fiche technique no. 46 Version française

[www.easa.ca](http://www.easa.ca)

Version 1210

Des solutions fiables maintenant !

Tous droits réservés © 2010