

Annexe A8.4.

Choix des machines à courant continu.

(Compléments)

A8.4.1. Introduction

L'alimentation de machines à courant continu par des équipements réversibles régulés à thyristors conduit à apporter une attention particulière à la sélection d'une machine convenable.

En effet il faut tenir compte :

D'une part du régime permanent (effort, couple, vitesse, cycle, nombre de manœuvres heures) pour lequel l'utilisateur informé dispose des éléments traditionnels permettant un choix, judicieux.

D'autre part du régime transitoire très important dans le cas des machines alimentées à partir de thyristors à cause des sollicitations électrodynamiques élevées dont la notion échappe parfois à l'utilisateur.

Les régimes transitoires n'intéressent la plupart du temps l'utilisateur que par ses conséquences visibles plus ou moins gênantes telles que les temps d'accélération, les temps morts entre deux régimes machines, les dépassements de vitesse, etc

La correction de ces défauts des régimes transitoires exige de pouvoir changer d'état aussi rapidement que possible et de disposer d'un temps de réponse permettant de limiter les erreurs à des valeurs maximales données.

En outre les montages à redresseurs contrôlés délivrent une tension qui n'est pas purement continue. Les harmoniques qui viennent se superposer à la valeur moyenne de cette tension créent des courants qui ne sont limités que par la self d'induit (la résistance d'induit étant la plupart du temps négligeable), ces harmoniques conduisent à un accroissement de l'échauffement et ont des répercussions sur la commutation des moteurs.

L'élément critique d'un moteur à courant continu est l'ensemble balais - collecteur. Il compte pour beaucoup dans l'abandon du courant continu au profit du courant alternatif. En effet, la durée de vie d'un moteur est déterminée par l'usure des balais et par la qualité de la couche de patine (dépôt de carbone) qui recouvre le collecteur

A8.4.2. Critères de choix d'un moteur à courant continu

Quatre points essentiels sont à examiner

- 1) le degré de protection de la machine
- 2) ses qualités mécaniques et auxiliaires
- 3) sa définition électrique en régime permanent
- 4) ses limites en régime transitoire gradient de courant (di/dt)

8.4.2.1. Degré de protection de la machine

Nous avons vu la définition de l'indice de protection IP dans l'annexe 8.1. de ce chapitre. Rappelons simplement que l'indice IP d'un appareil indique son degré de protection contre la pénétration des corps solide (1^{er} chiffre) et contre la pénétration de l'eau (2^{ème} chiffre) et que le classement s'effectue en efficacité croissante (**le tableau général de ce classement figure en Annexe 8.1.**).

En usage industriel nous pouvons formuler les recommandations suivantes :

- Lorsque les machines sont disposées dans un local abrité (par exemple lorsqu'il y a une salle des machines) on choisira le plus souvent des protections IP 23 ou IP 22.
- Lorsque les machines sont situées en extérieur et ainsi exposées aux intempéries du lieu d'utilisation, on choisira suivant les cas des machines IP54 ou IP 55.

Chez certains constructeurs les machines du type IP 23 atteignent la protection IP 55 quand elles sont raccordées à des gaines de ventilation assurant la protection.

Par ailleurs, certains constructeurs de machines ont une aversion pour les machines IP 54 et IP 55 à cause des dangers dus à la condensation et leurs préfèrent les machines de protection IP 53 ou IP 43.

La sélection du degré de protection influençant considérablement le coût de l'installation il y aura lieu de préciser ce point lors d'une proposition technico-commerciale.

Nota :

Pour information, nous avons rappelé ci-après les codifications des degrés de protection des machines et équipements en relation avec les normes nationales (NFC pour la France et DIN pour l'Allemagne) qui étaient encore employées dans les années 1980 et dont s'inspire fortement la réglementation actuelle.

La désignation de la protection s'effectuait déjà par 2 chiffres caractéristiques précédés des lettres IP (normes NFC) ou la lettre P (norme DIN)

Le premier chiffre caractéristique indiquait le degré de protection contre les corps solides

| NFC 20010 | DIN 40050 | DEFINITION |
|-----------|-----------|---|
| 1 | 1 | Protection contre les corps solides de dimensions supérieures à 50 mm |
| 2 | | idem supérieures à 12 mm |
| | 2 | idem supérieures à 8 mm |
| 3 | | idem supérieures à 2,5 mm |
| 4 | 3 | idem supérieures à 1 mm |
| 5 | 4 | Protégé contre les poussières pénétration possible sans nuire au bon fonctionnement |
| 6 | 6 | Totalement protégé contre les poussières |

Le deuxième chiffre caractéristique indiquait le degré de protection contre la pénétration de liquides.

| NFC 20010 | DIN 40050 | DEFINITION |
|-----------|-----------|--|
| 1 | 1 | Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau |
| 2 | 1,5 | Protégé contre les gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale |
| 3 | 2 | idem jusqu'à 60° de la verticale |
| 4 | 3 | Protégé contre les projections d'eau |
| 5 | 4 | Protégé contre les jets d'eau |
| 6 | 4,5 | Protégé contre les paquets de mer |

8.4.2.2. Qualités mécaniques et auxiliaires

Robustesse mécanique

La plupart des machines disponibles sur le marché de la construction électrique sont réalisées en carcasse acier ce qui apporte une robustesse mécanique satisfaisante pour tous les cas d'utilisation en levage.

En ce qui concerne les flasques paliers ceux-ci peuvent être réalisés en fonte ou en acier.

Les flasques paliers en fonte permettent de répondre à des utilisations correspondant à des cycles inférieurs à 150 manœuvres/heure.

Pour les cycles plus importants il y a lieu d'exiger des flasques paliers acier.

Fixation et montage

Certains constructeurs ont des dispositions particulières suivant que la machine est montée verticalement ou horizontalement. Il y a lieu de préciser ce point à la consultation de même que le type de fixation soit à pattes soit à brides.

Accouplement des capteurs de vitesse

Lorsque la machine est associée à un dispositif de régulation de vitesse ou de positionnement, un soin particulier doit être apporté à l'accouplement de la génératrice tachymétrique ou/et du codeur. Dans tous les cas, il faut éviter des accouplements souples entre l'arbre moteur et l'arbre et le capteur de vitesse. Ce type d'accouplement ayant pour effet d'entretenir des oscillations sur les à-coups de couple.

Un type d'accouplement satisfaisant est réalisé par la société TACKE. Il est constitué de deux manchons comportant chacun une couronne dentée extérieure l'un de ces manchons est claveté sur l'arbre moteur et l'autre sur le capteur de vitesse. La liaison entre ces deux manchons est réalisée par une couronne dentée extérieure.

Dans le cas où les 2 bouts d'arbres sont sortis il faut proscrire l'accouplement du capteur de vitesse à la machine par courroie.

Il faut alors que le capteur soit accouplé sur un arbre intermédiaire.

8.4.2.3. Définition électrique de la machine en régime permanent

Pour chaque application, il y a lieu de définir :

- 1) la tension d'induit
- 2) la tension d'excitation
- 3) la Puissance nominale
- 4) le cycle de fonctionnement
- 5) la température de fonctionnement
- 6) la classe d'isolement (la plupart du temps la classe B est exigée au minimum parfois la classe F).

Nota :

Certains clients exigent la classe F avec échauffement classe B. Ceci conduit à un léger surdimensionnement de la machine.

En ce qui concerne la température d'utilisation elle est généralement prévue dans les catalogues à 40°C.

Le déclassement le plus souvent admis est le suivant :

| | | |
|----------------------|-----|------|
| Température ambiante | 45° | 0,95 |
| | 50° | 0,90 |
| | 55° | 0,86 |
| | 60° | 0,82 |

- 7) éventuellement le mode de refroidissement - soit naturel soit forcé.

Dans le cas de ventilation forcée le moteur sera autoventilé si les régimes en basse vitesse sont peu fréquents et de courte durée.

Dans le cas contraire il y aura lieu d'exiger des moteurs motoventilés.

Des précisions devront être demandées au constructeur quand à la position des motoventilateurs ou des buses de raccordement ainsi que des boîtes à bornes en liaison avec les possibilités du mécanicien.

8.4.2.4. Caractéristiques du moteur en régime transitoire

Deux cas sont à envisager

1^{ier} cas : *moteurs sans désexcitation*

Dans ce cas les exigences dynamiques sont le plus souvent assez réduites; les moteurs à carcasse massives et pôles feuilletés conviennent le plus souvent.

2^{ième} cas : *moteurs avec désexcitation toujours inférieure à 3*

Dans ce cas, plus la désexcitation est importante plus les caractéristiques dynamiques doivent être bonnes.

- a) le di/dt supporté devra être égal ou supérieur à 50 In/sec ce qui conduit à des moteurs à carcasse partiellement feuilletée et des pôles auxiliaires feuilletés.
- b) il y a lieu de faire préciser au constructeur les possibilités de surintensité en désexcité .
- c) le moteur devra être stable tant en moteur qu'en génératrice.

8.4.2.5. Utilisation de plusieurs moteurs sur un même mouvement

Des difficultés importantes de stabilités se présentent lors du fonctionnement de moteurs en parallèles alimentés par le même pont de puissance.

En conséquence pour des utilisations de ce type il est préférable d'envisager :

- soit de monter les moteurs en série
- soit de les alimenter par des ponts à thyristors indépendants.

Remarques particulières

La machine à courant continu a été durant de nombreuses années l'actionneur principalement utilisé dans les applications à vitesse variable. En effet, comme cela a été mis en évidence lors du chapitre 8, le contrôle de la vitesse de rotation peut être aisément réalisé par action sur la force électromotrice d'induit de la machine (en grandeur « permanente », donc moyenne). Sur un autre plan, on peut agir sur le flux inducteur qui est réglé par le courant dans l'inducteur (appelé aussi courant d'excitation).

L'évolution de la construction des machines tournantes au fil du temps a permis aux constructeurs, tout en rationalisant leur fabrication, de réaliser des machines de plus en plus légères et parfaitement adaptées au fonctionnement avec des courants pulsés.

Les caractéristiques dynamiques de ces machines se sont ainsi accrues très fortement avec des di/dt acceptés qui sont passés de 20 à 80 In/s.

Les pôles principaux et auxiliaires aujourd'hui feuilletés sont le plus souvent reliés par une carcasse elle même feuilletée afin de réduire les pertes liées aux régimes transitoires.

Les carcasses sont peu saturées ce qui conduit à un rapport de transformation avantageux au niveau de la spire en commutation et évite ainsi les étincelles bleues (cependant non destructives) apparaissant au collecteur des machines totalement feuilletées, ce défaut nécessitant des dispositions particulières quand aux balais.

D'autre part la faible saturation de la partie magnétique conduit, pour les vitesses périphériques élevées et les courants d'induit important, à une bonne fidélité du flux de commutation au fur et à mesure de la désexcitation et réduit l'influence des fuites des pôles principaux sur les pôles auxiliaires.

En ce qui concerne les tensions d'excitation il est souhaitable, dans le cas des moteurs destinés à être désexcités ou à être montés en série, qu'elles soient réduites à une valeur de l'ordre de 50 Volts.

Cette faible tension permet, outre la mise en série des excitations, la possibilité de réaliser un "forcing" de l'excitation conduisant à une meilleure stabilité dynamique de l'asservissement.

Il est intéressant de noter, que si l'usage des machines à courant continu s'est considérablement réduit au cours de ces dix dernières années, au bénéfice des machines asynchrones à cages beaucoup plus robustes et plus économiques pilotées par des convertisseurs de fréquences, la technologie de ces nouvelles machines asynchrones a bénéficiée de l'expérience acquise avec les machines à courant continu (moteur IP 23, carcasse feuilletée, ...).

Nous remarquerons enfin, que les critères de choix des machines asynchrones avec convertisseurs de fréquence utilisées dans les applications de levage (à part certains aspects électriques tels que ceux liés à l'excitation de la machine), sont identiques à ceux que nous venons de voir pour les machines à courant continu. Avec les machines asynchrones à cage, il faudra par contre apporter une attention toute particulière à la valeur de l'inertie du rotor en particulier pour les mouvements verticaux de levage, et aux caractéristiques dynamiques de couple ainsi qu'au rapport C_m/C_n .