

9.2. Les services normalisés appliqués aux engins de levage

9.2.1. Introduction

L'équipement électrique d'un engin de levage doit être capable de développer le couple maximal nécessaire en régime transitoire. De plus, il doit supporter sans dégradation ni usure prématurée le service intermittent correspondant à l'utilisation de l'appareil. Ces considérations réagissent sur le dimensionnement des principaux organes tels que moteurs, contacteurs, variateurs de vitesse, résistances, etc.

L'échauffement constitue une contrainte susceptible de limiter la durée de vie du matériel ; aussi les normes définissent-elles des températures maximales à ne pas dépasser à partir d'une température ambiante qui, sauf indication contraire, est fixée à 40°C.

L'échauffement est provoqué par les pertes qui varient dans le temps en fonction des couples développés.

On est ainsi amené à considérer pour chaque organe du dispositif de commande puissance, une valeur maximale de la puissance d'emploi ou du courant d'emploi correspondant à une utilisation parfaitement caractérisée pendant une période donnée.

Au point de vue thermique, cette valeur maximale d'emploi est définie de façon à ne pas provoquer, en cours d'utilisation, un échauffement qui dépasse à un moment quelconque la valeur prévue par les normes. La détermination tient compte, bien entendu, de la durée de travail effectif et de la loi d'échauffement et de refroidissement relative au matériel considéré.

Les organes subissant une usure doivent, en outre, assurer une durée de vie minimale (par exemple, les pièces de contacts des contacteurs doivent effectuer plusieurs millions de manœuvres avant de nécessiter un échange).

Ce critère définit une deuxième limite d'emploi qui est prise en compte si elle est inférieure à celle établie à partir des considérations d'échauffement. L'utilisation généralisée aujourd'hui de la variation de vitesse pour la commande des moteurs d'entraînement a quasiment supprimé cette limite.

L'utilisation des engins de levage nécessite une succession de manœuvres élémentaires diversifiées et inégalement espacées.

Cependant, en général, on peut l'assimiler à un service intermittent régulier comportant une série pratiquement illimitée de cycles identiques.

Divers services de cette nature ont été normalisés pour les équipements électriques à moteurs asynchrones.

9.2.2. Les services normalisés

9.2.2.1. Terminologie utilisée

Les termes que nous utiliserons dans la suite de l'ouvrage correspondent aux définitions **34-1** de la **CEI**, relative aux machines tournantes électriques.

Le fonctionnement des moteurs est spécifié selon des services types conventionnels, comportant un ou plusieurs régimes constants, pendant des durées spécifiées, se succédant dans un ordre donné.

On entend par **régime** l'ensemble des grandeurs électriques et mécaniques caractérisant le fonctionnement d'une machine à un instant donné.

On dit également, que **l'état thermique est à l'équilibre** lorsque les températures observées sur les diverses parties du moteur ne varient pas plus de 2°C par heure.

Les services normalisés sont définis par :

- une classe de démarrage
- un facteur de marche

Chaque cycle comprend :

- une période de démarrage,
- une période de marche à vitesse établie ; et éventuellement :
- une période de freinage électrique et
- un certain nombre d'impulsions.

9.2.2.2. Classe de démarrage

La **classe de démarrage** est le nombre de démarrages équivalents d'un moteur pendant une heure, en faisant intervenir les démarrages complets normalisés et l'équivalence thermique entre démarrages normalisés et impulsions normalisées ou freinages électriques normalisés. Par convention, une impulsion équivaut à 0,25 démarrage normalisé, un freinage équivaut à 0,80 démarrage normalisé.

D'où : classe de démarrage = nombre de démarrages + 0,25 x nombre d'impulsions + 0,80 x nombre de freinages.

Il existe 3 classes de démarrages normalisés, qui comportent des nombres définis de démarrages, impulsions et freinages (voir tableau ci-dessous) :

Classe de démarrage normalisé	Démarrages	Impulsions	Freinages à contre-courant
150	150	0	0
	100	200	0
	65	130	65
300	300	0	0
	200	400	0
	130	260	130
600	600	0	0
	400	800	0
	260	520	260

9.2.2.3. Facteur de marche

Le **facteur de marche** est le rapport entre la durée de mise sous tension en charge du moteur et la durée totale du cycle. Il est exprimé généralement en pour cent.

Soit la relation :

$$F_m = \frac{\text{Durée de mise sous tension}}{\text{Durée totale du cycle}} \times 100$$

- avec
- la durée de mise sous tension comprend le temps de démarrage, le temps de marche à vitesse établie et éventuellement les temps de freinage électriques et impulsions,
 - la durée totale du cycle comprend en outre les temps d'arrêt.

9.2.3. Définition des services normalisés

Les services retenus en levage correspondent aux cinq premières catégories de la classification :

a) Le service continu **S1**

Ce service consiste en un fonctionnement à régime constant, d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique du moteur soit atteint.

A ce service, correspond la puissance nominale P_n du moteur. Les valeurs différentes, indiquées par le constructeur pour les autres services, représentent les puissances d'emploi P_e relatives au service considéré. Ce service ne s'applique pas aux mouvements principaux des engins de levage.

b) Le service temporaire **S2**

Il est caractérisé par un fonctionnement à régime constant (puissance d'emploi), pendant un temps déterminé, moindre que celui qui est requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un repos d'une durée suffisante pour rétablir à 2°C près l'égalité de température avec celle du milieu ambiant.

Un service S2 est défini par un temps dont les valeurs recommandées sont 10 - 30 - 60 - 90 et 120 minutes.

c) Le service intermittent périodique **S3**

Il se compose d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à régime constant et un temps de repos.

On considère souvent six démarrages au plus dans l'heure. Si ces derniers sont courts par rapport à la constante de temps d'échauffement, l'élévation de température correspondante est négligeable.

d) Le service intermittent périodique à démarrage **S4**

Ce service se compose d'une suite de cycles identiques comprenant chacun :

- un temps appréciable de démarrage,
- un temps de fonctionnement à régime constant et,
- un temps de repos.

Dans ce cas, l'arrêt du moteur est obtenu soit par ralentissement naturel après la coupure du courant d'alimentation, soit par un moyen de freinage tel qu'un frein mécanique ne provoquant pas d'échauffement supplémentaire des enroulements.

Un service S4 est défini par le facteur de marche de chaque cycle et par le nombre de démarrages rapportés à un temps déterminé (de préférence 1 heure).

e) Le service intermittent périodique à démarrage et freinage électrique **S5**

Il se compose d'une suite de cycles identiques comprenant chacun :

- un temps appréciable de démarrage,
- un temps de fonctionnement à régime constant
- un temps de freinage électrique rapide et,
- un temps de repos.

Un service S5 est défini comme un service S4 en précisant en plus le régime de freinage ainsi que sa durée. Les cycles peuvent également comporter des impulsions, c'est à dire des démarrages incomplets.

Les services intermittents S4 et S5, applicables aux cadences élevées sont ceux les plus fréquemment rencontrés en levage. Par hypothèse, la puissance développée en régime établi est égale à la puissance d'emploi.

La figure ci-dessous représente les services normalisés rencontrés habituellement dans les applications de levage.

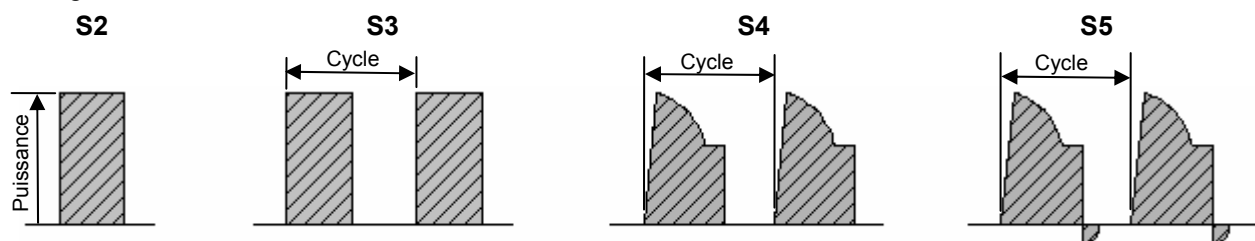


Fig. 8.3-6

Service temporaire	Service intermittent périodique		Service intermittent périodique à démarrage		Service intermittent périodique à démarrage et freinage électrique	
Durée du service	6 démarrages / heure		Classe de démarrage	150	300	600
10 minutes	Facteur de marche en %	25	Facteur de marche en %	25	25	25
30 minutes		40		40	40	40
60 minutes		60		60	60	60
90 minutes		100		100	100	100
120 minutes						

Les moteurs conformes à la norme NFC 51-157 ont une puissance nominale en service S4 – classe 150, facteur de marche 60 % égale à leur puissance en service continu S1.

Le service temporaire S2 – 60 minutes peut être utilisé pour les essais de contrôle et de réception en vue de simplifier la vérification de l'échauffement des moteurs.

Remarque :

Pour les moteurs à courant continu, aucun service intermittent n'est normalisé. Toutefois les services S3 - S4 et S5 sont parfois utilisés par analogie.

9.2.4. Démarrage complet normalisé

Un démarrage représente pour le moteur un régime variable comportant souvent une série de pointes de couples et de courant.

Compte tenu des temps courts, il est d'usage de considérer un régime constant équivalent correspondant au couple moyen de démarrage C_{am} .

Le démarrage est entièrement déterminé lorsque la durée est connue.

Les constructeurs de moteurs ont fixé, par convention, des valeurs normales qui permettent de définir le démarrage complet normalisé.

Les diagrammes ci-après illustrent les conventions de couples retenues :

- P_r représente la puissance fournie pendant le fonctionnement à régime constant.
- C_r représente le couple correspondant.
- P_n représente la puissance nominale en service continu (S1) qui provoquerait le même échauffement.
- C_n représente le couple correspondant.

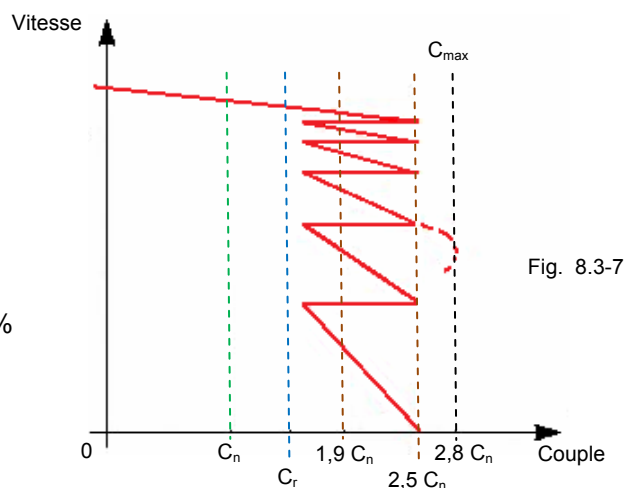
Il est important de remarquer que :

- pour les services légers, $P_r \geq P_n$,
- pour les services sévères, $P_r < P_n$.

Cette distinction conduit à considérer deux valeurs différentes pour C_{am} et les couples de pointes. Dans tous les cas, le couple maximum des moteurs est considéré comme au moins égal à $2,8 C_n$.

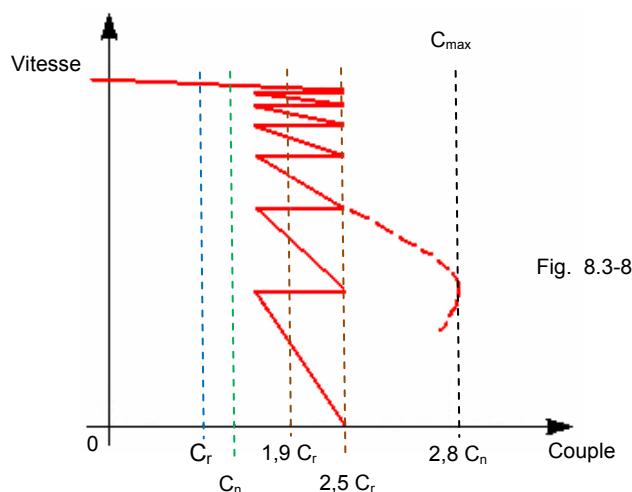
Si $P_r > P_n$

- Couple moyen de démarrage : $C_{am} = 1,9 C_n$
- Couple de pointe : $2,5 C_n$
- Pour la classe 150 $\Rightarrow$
Facteur de marche (FdM) = 15, 25, 40 ou 60 %



Si $P_r < P_n$

- Couple moyen de démarrage : $C_{am} = 1,9 C_r$
- Couple de pointe : $2,5 C_r$
- Pour la classe 150 $\Rightarrow$ FdM = 100 %
- classe 300 } tous les FdM
- classe 600 }



Par ailleurs, les constructeurs ont retenu des facteurs d'inertie qui apparaissent dans leur catalogue sous forme de valeur maximale de l'inertie ($M.r^2$) entraînée. Cette considération fixe la durée du démarrage complet normalisé.

9.3. Les conditions d'emploi des moteurs

9.3.1. Les classes d'isolation

Abstraction faite du remplacement des pièces d'usure telles que roulements, bagues, balais, etc., la durée de vie d'une machine électrique tournante est liée à celle des isolants de ses bobinages. Pour autant que l'échauffement limite ne soit pas dépassé, l'espérance de vie des matériaux isolants est élevée. Elle diminue approximativement de moitié pour une augmentation de température de 10°C .