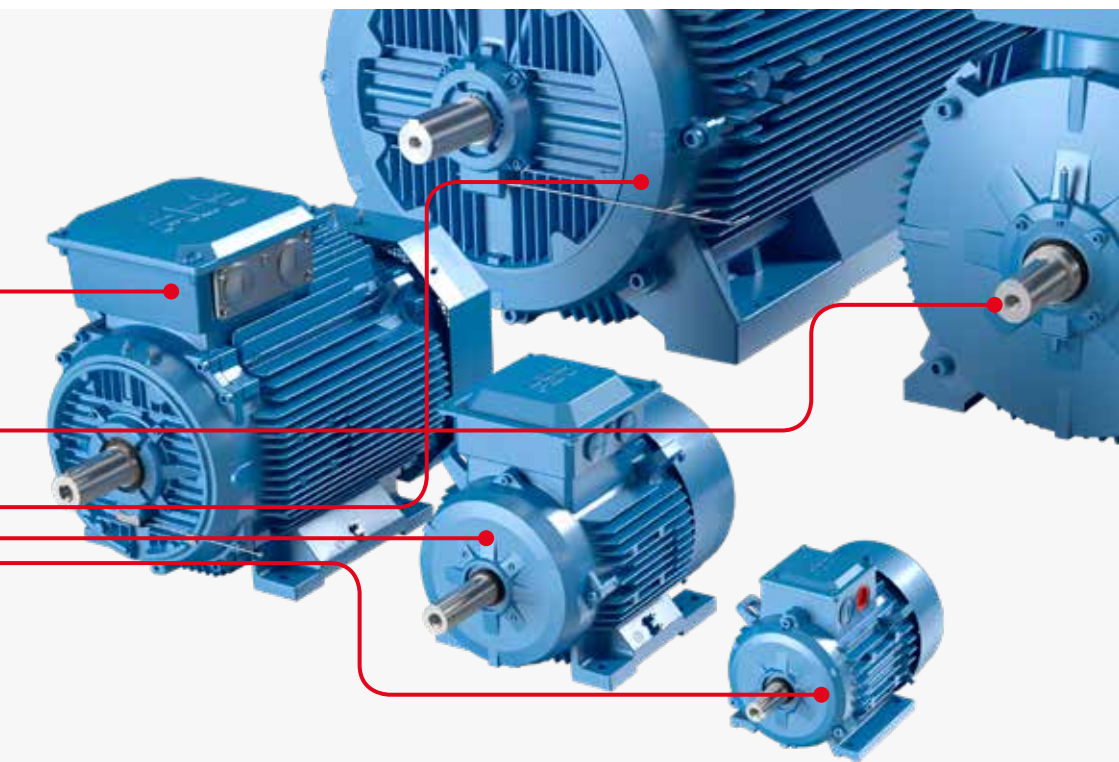

GUIDE MOTEURS | JUILLET 2019

Moteurs basse tension

Guide Moteurs



Notre savoir-faire et notre offre de moteurs, générateurs et services améliorent votre efficacité énergétique et vos performances industrielles sur le cycle de vie complet des produits, voire au-delà.

Guide Moteurs – Informations techniques de base des moteurs standard basse tension

© Copyright 2019 ABB. Tous droits réservés.

Les spécifications sont sujettes à modification sans préavis.

ISBN 952-91-0728-5

Quatrième édition 2019

Table des matières

006	1.	Introduction
007	1.1	À propos d'ABB
007	1.1.1.	Electrification Products
007	1.1.2.	Robotics and Motion
007	1.1.3.	Industrial Automation
008	1.1.4.	Power Grids
008	1.2	Gammes de moteurs basse tension IEC
008	1.2.1	Moteurs à induction standard
008	1.2.2	Moteurs pour atmosphères explosives
009	1.2.3	Moteurs commandés en fréquence
009	1.2.4	Moteurs pour les industries et les applications spécifiques
010	2.	Normes internationales de rendement des moteurs
011	2.1	Normes et réglementations
011	2.1.1	Normes minimales de performance énergétique
012	2.1.2	IEC 60034-30-1:2014
013	2.1.3	ABB et les normes de rendement
015	2.2	Approche du cycle de vie et diagnostic énergétique
015	2.2.1	Diagnostic énergétique
016	2.3	Gestion de l'environnement chez ABB
016	2.3.1	ISO 14001
016	2.3.2	Substances dangereuses
016	2.3.3	Choix des matériaux
017	2.3.4	Directive EU 2012/19/EU (WEEE)
018	3.	Normes
019	3.1	Définitions
020	3.2	Tableaux de normes
020	3.2.1	Principales normes pour les moteurs basse tension
021	3.2.2	Principales directives européennes pour les moteurs
021	3.2.3	Détermination du rendement pour les moteurs hors Europe
022	3.3	Sens de rotation
023	3.4	Refroidissement
024	3.5	Degrés de protection : code IP/code IK
025	3.6	Plages de tension standard
026	3.7	Tension et fréquence
026	3.8	Tolérance
027	3.9	Dispositions de montage
028	3.10	Dimensions
030	3.11	Ratio puissance - hauteur d'axe

032	4.	Conception électrique – moteurs à induction
033	4.1	Moteur à induction
034	4.2	Isolation
035	4.3	Thermistances
035	4.4	Températures ambiantes et altitudes élevées
036	4.5	Modes de démarrage
036	4.5.1	Démarrage direct (DOL)
036	4.5.2	Démarrage étoile/triangle
037	4.5.3	Démarrage progressifs
038	4.5.4	Démarrage avec un variateur de vitesse
039	4.6	Limitations au démarrage
046	4.7	Services types
050	4.8	Surdimensionnement
051	4.9	Rendement et types de pertes
052	4.10	Facteur de puissance
055	4.11	Débit et vitesse de l'air
056	4.12	Schéma de couplage
 058	 5.	 Conception mécanique
059	5.1	Construction du moteur
060	5.2	Construction de la carcasse
061	5.3	Boîtes à bornes
063	5.4	Roulements
064	5.5	Trous de purge et humidité
065	5.6	Efforts radiaux et axiaux externes du moteur
065	5.7	Équilibrage
066	5.8	Vibrations
067	5.9	Traitement de surface
 068	 6.	 Bruit
069	6.1	Niveau de pression acoustique et puissance acoustique
070	6.2	Filtres de pondération
071	6.3	Bandes d'octaves
072	6.4	Sources acoustiques supplémentaires
073	6.5	Composantes de bruit d'un moteur
075	6.6	Niveaux de pression acoustique

076	7.	Installation et maintenance
077	7.1	Contrôle de réception
077	7.2	Mesure de la résistance d'isolement
078	7.3	Couple de serrage sur les bornes
078	7.4	Fonctionnement
079	7.5	Manutention
080	7.6	Fondations
081	7.7	Alignement des accouplements
082	7.7.1	Montage des poulies et des demi-accouplements
083	7.8	Glissières
084	7.9	Montage des roulements
084	7.10	Lubrification
085	7.11	Calibre des fusibles
 086	 8.	 Système SI
087	8.1	Grandeurs et unités
088	8.2	Préfixes
089	8.3	Facteurs de conversion
 092	 9.	 Commande
093	9.1	Sélectionner un moteur
094	9.2	Capacité de charge (kW)
095	9.3	Vitesse
095	9.4	Démarrage du moteur
095	9.5	Environnement d'exploitation
096	9.6	Commande et liste de contrôle
 098	 10.	 Variateurs de vitesse
099	10.1	Types d'entraînements
100	10.2	Modulation de largeur d'impulsion
100	10.3	Dimensionnement de l'entraînement
102	10.4	Capacité de charge (couple)
103	10.4.1	Amélioration de la capacité de charge
104	10.5	Niveau d'isolement
104	10.6	Mise à la terre
105	10.7	Fonctionnement à grande vitesse
107	10.8	Équilibrage
107	10.9	Vitesses critiques
107	10.10	Garnitures d'étanchéité à l'arbre
0126	10.11	Fonctionnement à petite vitesse

Introduction

Ce guide fournit des informations de base sur les moteurs basse tension IEC. Dans ce contexte, « basse tension » se rapporte aux moteurs fonctionnant à une tension inférieure à 1 000 V et produisant une puissance maximale de 1 000 kW. Les valeurs de référence indiquées dans ce guide s'appliquent spécifiquement à la gamme de moteurs Process Performance d'ABB.

La désignation IEC signifie que les moteurs sont conformes aux normes développées par la Commission Electrotechnique Internationale. L'IEC normalise par exemple la hauteur d'axe des moteurs. Dans le cas des moteurs Process Performance, les hauteurs d'axe commencent à 56 dans la gamme aluminium et peuvent atteindre 450 (millimètres de l'arbre à la base) pour les moteurs en fonte. Plus récemment, les normes IEC ont spécifié la classification des moteurs dans les catégories de rendement énergétique.

Introduction

1.1. A propos d'ABB

ABB est un leader des technologies de pointe dans les domaines des réseaux électriques, des produits d'électrification, de l'automatisation industrielle et de la robotique, au service de ses clients dans les utilities, l'industrie, le transport et les infrastructures au niveau mondial. Fort d'un héritage de plus de 130 ans d'innovation, ABB écrit aujourd'hui l'avenir de la digitalisation de l'industrie en se fondant sur deux propositions de valeur claires : acheminer l'électricité de toutes les centrales électriques à tous les points de consommation, et automatiser les industries, des ressources naturelles aux produits finis. En tant que sponsor titre de la Formule E, compétition de sport automobile internationale 100 % électrique de la FIA, ABB repousse les limites de l'e-mobilité afin de contribuer à la construction d'un avenir durable. ABB est présent dans plus de 100 pays et compte quelque 135 000 employés.

ABB compte aujourd'hui quatre divisions mondiales, qui sont composées d'unités spécifiques centrées sur des industries et des catégories de produits particulières.

1.1.1. Electrification Products

Technologie sur toute la chaîne de valeur électrique, de la sous-station au point de consommation, offrant une énergie plus sûre et plus fiable. Une gamme d'innovations numériques et connectées basse et moyenne tension, englobant les infrastructures VE, les onduleurs solaires, les sous-stations modulaires, l'automatisation de la distribution, la protection électrique, les accessoires de câblage, les appareils électriques, les boîtiers, le câblage, ainsi que les technologies de détection et de contrôle.

1.1.2. Robotics

Robotique. ABB est un important fournisseur de robots industriels, de logiciels de robots, d'équipements et de solutions complètes d'application.

1.1.3. Industrial Automation

Produits, systèmes et services conçus pour optimiser la productivité des processus industriels. Solutions englobant l'ingénierie clé en main, les systèmes de commande, les produits de mesure, les services liés au cycle de vie, la maintenance externalisée et les produits spécifiques à l'industrie (p. ex. propulsion électrique pour les navires, extraction minière, turbocompresseurs et équipement de contrôle de pulpe).

1.1.4. Motion

Moteurs, générateurs, entraînements, transmission de puissance mécanique, éolien et convertisseurs de traction.

1.2. Moteurs basse tension IEC

ABB propose une vaste gamme de moteurs basse tension adaptés à toutes les industries et applications, et satisfaisant à l'ensemble des réglementations internationales et nationales en matière de rendement.



1.2.1 Moteurs General Performance

- Moteurs fonte et aluminium



1.2.2. Moteurs Process Performance

- Moteurs à induction Process Performance
- Moteurs à réluctance synchrone
- Moteurs à aimants permanents
- Moteurs grande vitesse
- Moteurs refroidis à l'eau



1.2.3. Moteurs pour atmosphères explosives

- Moteurs antidéflagrants
- Moteurs à sécurité augmentée
- Moteurs anti-étincelles
- Moteurs anti flambée de poussière



1.2.4. Moteurs pour les industries et les applications spécifiques

- Moteurs pour application marine
- Moteurs pour application minière
- Moteurs pour l'industrie alimentaire
- Moteurs pour l'industrie CVC
- Moteurs pour l'eau et les eaux usées
- Moteurs freins
- Moteurs à hautes performances dynamiques
- Moteurs pour températures ambiantes élevées
- Moteurs pour tables à rouleaux
- Moteurs pour application de désenfumage
- Moteurs en acier inoxydable

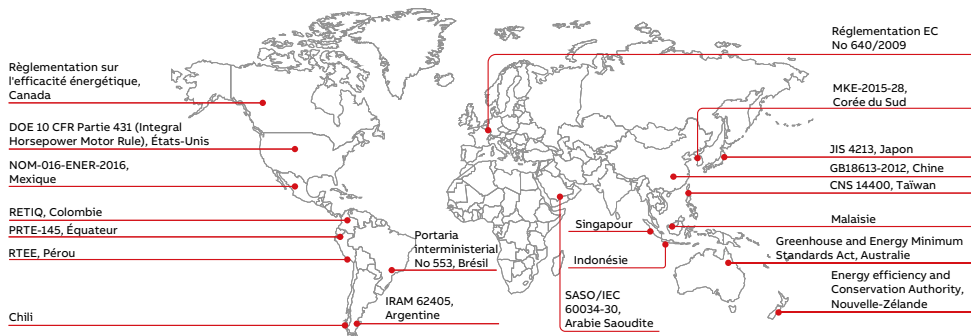
Normes internationales de rendement des moteurs

L'industrie et le commerce dans le monde doivent faire face aux enjeux énergétiques. La demande mondiale en énergie augmente sans cesse. Au même moment, les pressions exercées pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et fournir des alimentations électriques sécurisées deviennent de plus en plus fortes.

Des moteurs efficaces permettent de réduire les coûts énergétiques et de limiter les émissions de dioxyde de carbone. Les moteurs électriques représentent environ 65 % de l'électricité consommée par le secteur industriel : le potentiel d'économies d'énergie dans l'industrie est donc considérable. La consommation d'énergie d'un moteur dépend de sa puissance (kW), de la charge et du nombre d'heures de fonctionnement. Dans cette optique, les moteurs à haut rendement peuvent jouer un rôle important dans la réduction des émissions de CO₂.

ABB a depuis longtemps préconisé un rendement élevé pour les moteurs, c'est pourquoi, sa politique vise à proposer en standard ces moteurs, disponibles directement en stock. Toutefois, plutôt que de se concentrer uniquement sur le rendement, nous appliquons une approche basée sur le cycle de vie et cherchons à minimiser les coûts associés à nos produits sur toute leur durée de vie.

Normes internationales de rendement des moteurs



2.1 Normes et réglementations

Depuis la validation de la norme IEC 60034-30:2008 et de sa version améliorée IEC 60034-30-1:2014, un système international de classification du rendement énergétique existe pour les moteurs asynchrones triphasés basse tension. Ces normes ont été créées pour renforcer le niveau d'harmonisation dans les réglementations de rendement à travers le monde et couvrent également les moteurs pour atmosphères explosives.

La norme IEC 60034-30-1:2014 définit des classes de rendement international (IE) pour les moteurs mono-vitesse, triphasés, à induction, 50 et 60 Hz. Les niveaux de rendement définis dans la norme IEC 60034-30-1 se basent sur la méthode de test spécifiée dans la norme IEC 60034-2-1:2014. Les deux normes font partie d'un effort visant à unifier les procédures d'essai moteur avec les normes CSA390-10 et IEEE 112, ainsi que les exigences (IE) en matière d'efficacité et d'étiquetage des produits pour permettre aux acheteurs de moteurs dans le monde entier de reconnaître facilement les produits à rendement supérieur.

Pour promouvoir la transparence sur le marché, l'IEC 60034-30-1 stipule que la classe et la valeur de rendement doivent être indiquées sur la plaque signalétique du moteur ainsi que dans la documentation du produit. La documentation doit clairement indiquer la méthode de test de rendement utilisée car les résultats dépendent de la méthode.

2.1.1 Normes minimales de performance énergétique

Bien qu'elle fixe les directives pour les essais des moteurs et les classes de rendement, l'IEC, en tant qu'organisation internationale de normalisation, ne régule pas les niveaux de rendement dans le pays. Les plus grandes

motivations pour les niveaux obligatoires standard minimum de performance énergétique (MEPS) pour les moteurs électriques sont le changement climatique mondial, les objectifs des gouvernements pour réduire les émissions de CO₂ et la demande croissante d'électricité, particulièrement dans les pays en développement. L'ensemble de la chaîne de valeur, du constructeur à l'exploitant, doit être consciente de la législation afin de respecter les exigences locales, d'économiser de l'énergie et de réduire l'empreinte carbone.

Les normes mondiales harmonisées et l'application croissante de la norme MEPS dans le monde constituent de bonnes nouvelles pour nous tous. Toutefois, il est essentiel de garder à l'esprit que l'harmonisation est un processus continu. Bien que la norme MEPS soit déjà appliquée dans plusieurs régions et pays, elle évolue toujours et peut différer en termes de domaine d'application et d'exigences. Parallèlement, de nouveaux pays ont prévu d'adopter leur propre réglementation MEPS. La carte du monde en page précédente montre les réglementations MEPS existantes et à venir.

Pour accéder aux dernières informations, visiter notre site web www.abb.com/motors&generators/energyefficiency.

2.1.2 IEC 60034-30-1:2014

Cette norme définit quatre classes de rendement international (IE) pour les moteurs électriques mono-vitesse conformes à la norme IEC 60034-1 ou IEC 60079-0 (atmosphères explosives) et conçus pour un fonctionnement à tension sinusoïdale.

- IE4 = Rendement Super Premium
- IE3 = Rendement Premium, identique au tableau dans 10CFR431 (« NEMA Premium ») aux États-Unis et à CSA C390-10:2015 pour 60 Hz
- IE2 = Rendement élevé
- IE1 = Rendement standard

La norme IEC 60034-30-1 couvre une plage de puissance entre 0,12 kW et 1 000 kW. La plupart des moteurs électriques sont couverts tant qu'ils sont conçus pour un fonctionnement en direct sur le réseau électrique. Couverture de la norme :

- Moteurs électriques mono-vitesse (mono- et triphasés), 50 et 60 Hz
- 2, 4, 6 et 8 pôles
- Puissance nominale PN de 0,12 kW à 1 000 kW
- Tension nominale UN supérieure à 50 V jusqu'à 1 kV
- Moteurs capables de fonctionner en continu à la puissance nominale avec un échauffement selon la classe de température d'isolement spécifiée
- Moteurs marqués avec une température ambiante entre -20 °C et +60 °C
- Moteurs marqués avec une altitude jusqu'à 4 000 m au-dessus du niveau de la mer

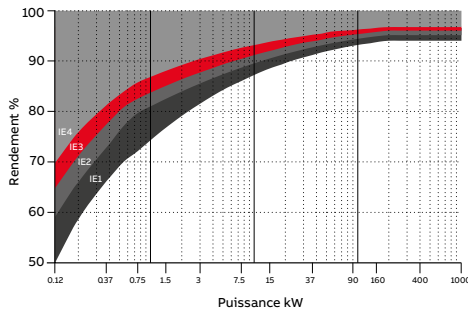
—
Figure 2.1
Classes IE -
moteurs 4 pôles

La comparaison de la norme IEC 60034-30-1 à CSA C390-10:2015 et « 10CFR431 Sous-partie B – Moteurs électriques » montre que les limites de rendement et les tableaux correspondent bien et que leur différence majeure réside dans la puissance de sortie pour laquelle CSA et 10CFR431 présentent une puissance maximale de 500 ch. Il existe également quelques différences mineures en ce qui concerne les moteurs exclus.

Remarque : CFR correspond à Code of Federal Regulations.

Les moteurs suivants sont exclus de la norme IEC 60034-30-1 :

- Moteurs mono-vitesse avec au moins 10 pôles ou moteurs multi-vitesse
- Moteurs entièrement intégrés dans une machine (par exemple, pompe, ventilateur ou compresseur) qui ne peuvent pas être testés séparément de la machine
- Moteurs freins, si le frein ne peut pas être démonté ni alimenté séparément



—
Figure 2.1

2.1.3 ABB et les normes de rendement

ABB détermine les valeurs de rendement selon la norme IEC 60034-2-1 en utilisant la méthode d'incertitude basse (i.e. cumul des pertes), avec des pertes de charge supplémentaires déterminées par la méthode de perte résiduelle.

Il convient de mentionner et de souligner le fait que la méthode de test IEC 60034-2-1, qui est connue comme une méthode indirecte, est techniquement équivalente aux méthodes de test des normes CSA 390-10 et IEEE 112 Méthode B entraînant des pertes et ainsi des valeurs de rendement équivalentes. Les deux méthodes de test peuvent être utilisées par ABB. Elles doivent être utilisées pour le Canada et les États-Unis où l'IEC 60034-2-1 n'est pas encore reconnue.

En tant que leader mondial sur le marché, ABB propose la plus grande gamme de moteurs BT disponibles. Il a depuis longtemps préconisé le rendement dans les moteurs, c'est pourquoi les produits à haut rendement forment la base de son portefeuille depuis de nombreuses années. Le cœur de la gamme Process Performance d'ABB se base sur une offre complète de moteurs IE2 et IE3 – avec une grande disponibilité en stock. Nous offrons également des moteurs IE4 pour des économies d'énergie supplémentaires.

**Limites nominales de rendement définies dans la norme IEC 60034-30-1:2014
(valeurs de référence à 50 Hz, basées sur les méthodes de test spécifiées dans la norme
IEC 60034-2-1:2014).**

Puis- sance kW	IE1 Rendement standard				IE2 Rendement élevé				IE3 Rendement Premium				IE4 Rendement Super Premium			
	2 pôles	4 pôles	6 pôles	8 pôles	2 pôles	4 pôles	6 pôles	8 pôles	2 pôles	4 pôles	6 pôles	8 pôles	2 pôles	4 pôles	6 pôles	8 pôles
0.12	45.0	50.0	38.3	31.0	53.6	59.1	50.6	39.8	60.8	64.8	57.7	50.7	66.5	69.8	64.9	62.3
0.18	52.8	57.0	45.5	38.0	60.4	64.7	56.6	45.9	65.9	69.9	63.9	58.7	70.8	74.7	70.1	67.2
0.20	54.6	58.5	47.6	39.7	61.9	65.9	58.2	47.4	67.2	71.1	65.4	60.6	71.9	75.8	71.4	68.4
0.25	58.2	61.5	52.1	43.4	64.8	68.5	61.6	50.6	69.7	73.5	68.6	64.1	74.3	77.9	74.1	70.8
0.37	63.9	66.0	59.7	49.7	69.5	72.7	67.6	56.1	73.8	77.3	73.5	69.3	78.1	81.1	78.0	74.3
0.40	64.9	66.8	61.1	50.9	70.4	73.5	68.8	57.2	74.6	78.0	74.4	70.1	78.9	81.7	78.7	74.9
0.55	69.0	70.0	65.8	56.1	74.1	77.1	73.1	61.7	77.8	80.8	77.2	73.0	81.5	83.9	80.9	77.0
0.75	72.1	72.1	70.0	61.2	77.4	79.6	75.9	66.2	80.7	82.5	78.9	75.0	83.5	85.7	82.7	78.4
1.1	75.0	75.0	72.9	66.5	79.6	81.4	78.1	70.8	82.7	84.1	81.0	77.7	85.2	87.2	84.5	80.8
1.5	77.2	77.2	75.2	70.2	81.3	82.8	79.8	74.1	84.2	85.3	82.5	79.7	86.5	88.2	85.9	82.6
2.2	79.7	79.7	77.7	74.2	83.2	84.3	81.8	77.6	85.9	86.7	84.3	81.9	88.0	89.5	87.4	84.5
3	81.5	81.5	79.7	77.0	84.6	85.5	83.3	80.0	87.1	87.7	85.6	83.5	89.1	90.4	88.6	85.9
4	83.1	83.1	81.4	79.2	85.8	86.6	84.6	81.9	88.1	88.6	86.8	84.8	90.0	91.1	89.5	87.1
5.5	84.7	84.7	83.1	81.4	87.0	87.7	86.0	83.8	89.2	89.6	88.0	86.2	90.9	91.9	90.5	88.3
7.5	86.0	86.0	84.7	83.1	88.1	88.7	87.2	85.3	90.1	90.4	89.1	87.3	91.7	92.6	91.3	89.3
11	87.6	87.6	86.4	85.0	89.4	89.8	88.7	86.9	91.2	91.4	90.3	88.6	92.6	93.3	92.3	90.4
15	88.7	88.7	87.7	86.2	90.3	90.6	89.7	88.0	91.9	92.1	91.2	89.6	93.3	93.9	92.9	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	86.9	90.9	91.2	90.4	88.6	92.4	92.6	91.7	90.1	93.7	94.2	93.4	91.7
22	89.9	89.9	89.2	87.4	91.3	91.6	90.9	89.1	92.7	93.0	92.2	90.6	94.0	94.5	93.7	92.1
30	90.7	90.7	90.2	88.3	92.0	92.3	91.7	89.8	93.3	93.6	92.9	91.3	94.5	94.9	94.2	92.7
37	91.2	91.2	90.8	88.8	92.5	92.7	92.2	90.3	93.7	93.9	93.3	91.8	94.8	95.2	94.5	93.1
45	91.7	91.7	91.4	89.2	92.9	93.1	92.7	90.7	94.0	94.2	93.7	92.2	95.0	95.4	94.8	93.4
55	92.1	92.1	91.9	89.7	93.2	93.5	93.1	91.0	94.3	94.6	94.1	92.5	95.3	95.7	95.1	93.7
75	92.7	92.7	92.6	90.3	93.8	94.0	93.7	91.6	94.7	95.0	94.6	93.1	95.6	96.0	95.4	94.2
90	93.0	93.0	92.9	90.7	94.1	94.2	94.0	91.9	95.0	95.2	94.9	93.4	95.8	96.1	95.6	94.4
110	93.3	93.3	93.3	91.1	94.3	94.5	94.3	92.3	95.2	95.4	95.1	93.7	96.0	96.3	95.8	94.7
132	93.5	93.5	93.5	91.5	94.6	94.7	94.6	92.6	95.4	95.6	95.4	94.0	96.2	96.4	96.0	94.9
160	93.8	93.8	93.8	91.9	94.8	94.9	94.8	93.0	95.6	95.8	95.6	94.3	96.3	96.6	96.2	95.1
200	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.3	95.4
250	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.5	95.4
315	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
355	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
400	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
450	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
500- 1000	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4

2.2 Approche du cycle de vie et diagnostic énergétique

Pour obtenir un meilleur retour sur investissement, les utilisateurs d'équipement de production doivent appliquer une approche basée sur le cycle de vie lorsqu'ils investissent sur des équipements majeurs. Le coût de cycle de vie (LCC) correspond au coût total : achat, installation, exploitation, entretien et élimination d'un élément ou d'une machine.

Les utilisateurs doivent être sensibilisés aux avantages financiers du rendement énergétique. Les délais de rentabilité d'un élément ou d'une machine peuvent être extrêmement courts, mais de nombreuses sociétés se concentrent toujours sur le prix d'achat lorsqu'elles se procurent un nouvel équipement, plutôt que sur les coûts de fonctionnement sur toute la durée de vie.

Le prix d'achat d'un moteur électrique et d'un variateur, par exemple, correspond seulement à 1-3 % des dépenses du propriétaire sur l'énergie nécessaire pour faire fonctionner l'équipement sur toute sa durée de vie. En termes de rendement, le variateur de vitesse a son importance, car il offre une régulation de qualité de la vitesse du moteur et s'assure donc qu'il ne fonctionne pas plus vite que nécessaire.

Le LCC doit être calculé non seulement sur les nouvelles installations mais également pour les installations existantes. Les systèmes existants fournissent un plus grand potentiel d'améliorations en terme de rendement que les nouvelles installations. Le volume de systèmes utilisés dépasse très souvent le volume des nouvelles installations annuelles. Par ailleurs, de nombreuses installations existantes peuvent offrir un potentiel considérable d'améliorations si le service a changé depuis la première installation du système.

2.2.1 Diagnostic énergétique

ABB a développé un processus de diagnostic énergétique simple et méthodique qui présente aux utilisateurs finaux le potentiel d'économies d'énergie des applications sélectionnées. Le point de départ d'un diagnostic énergétique est l'identification des applications permettant des économies d'énergie immédiates.

Les diagnostics énergétiques sont plus adaptés aux processus avec applications à couple variable qui obéissent à la loi du cube, fonctionnent en continu et dans lesquelles le débit est régulé mécaniquement (p. ex. vannes ou amortisseurs). C'est là où les économies liées à l'installation d'un variateur de vitesse sont les plus significatives par rapport à l'investissement initial.

2.3 Gestion de l'environnement chez ABB

2.3.1 ISO 14001

Pour assurer une amélioration continue, ABB exige que toutes les installations de fabrication et de service mettent en œuvre des systèmes de gestion environnementale conformes à la norme ISO 14001. Pour les sites non liés à la fabrication, nous avons mis en place et adapté un système de gestion environnementale permettant de gérer les aspects environnementaux ainsi que l'amélioration continue des performances. Quasiment tous les 360 sites et bureaux travaillent dans le respect des exigences de la norme et notre programme de gestion environnementale couvre désormais les opérations de 59 pays. L'objectif d'ABB est de développer davantage l'adaptation des systèmes de gestion environnementale parmi ses fournisseurs.

2.3.2 Substances dangereuses

L'utilisation de produits chimiques dans la société a considérablement augmenté ces dernières décennies. Les préoccupations sur les effets négatifs des substances dangereuses ont donné lieu à des cadres légaux plus stricts dans de nombreux pays. Le contrôle total des substances dangereuses dans nos produits et processus est donc critique.

ABB s'est engagé à supprimer progressivement l'utilisation des substances dangereuses dans ses produits et processus, lorsque cela est techniquement et économiquement faisable. Nous avons développé des listes de substances interdites et restreintes pour guider ce processus. Ces listes sont régulièrement mises à jour en ligne avec les réglementations internationales. Ces restrictions englobent, par exemple, les composants contenant des retardateurs de flammes bromés, du PCB, du PCT ou du mercure, ou l'utilisation du cadmium dans le traitement de surface.

2.3.3 Choix des matériaux

Certaines activités de développement durable relatives à la production des moteurs permettent de choisir les matériaux de construction :

- Minimiser la quantité de matériaux pour réduire la masse du produit.
- Réduire le nombre de matériaux différents dans le produit.
- Minimiser le nombre de composants utilisés dans le produit et choisir le moins de composants possibles.
- Choisir des matériaux recyclés ou une combinaison de matériaux vierges et recyclés pour le produit plutôt que des matériaux vierges, si possible.
- Lors de l'utilisation de matériaux vierges, choisir des matériaux recyclables.
- Privilégier les matériaux pour lesquels des systèmes de récupération et de recyclage ont été mis en place, tels que l'acier, l'aluminium et les thermoplastiques non mélangés.

2.3.4 Directive EU 2012/19/EU (WEEE)

Le périmètre de la directive européenne 2012/19/EU pour les Déchets d'équipements électriques et électroniques (WEEE) a été étendu (champ d'application ouvert) à compter du 15 août 2018. Ainsi, même les moteurs électriques peuvent être considérés comme concernés par cette directive.

Les différents pays membres de l'Union Européenne et les fabricants de moteurs ont appliqués une approche différente à ce sujet : certains considèrent que les moteurs sont inclus et d'autres non, et certains jusqu'à une certaine taille uniquement.

Dans notre PG, nous avons pris la décision de commencer à marquer la plupart des produits qui sont fabriqués et peuvent être importés vers l'Europe comme décrit dans la directive. Des instructions de recyclage spécifiques seront également fournis avec les produits.

Normes

ABB construit des moteurs et générateurs en conformité avec les normes internationales IEC et CENELEC. Au sein de l'Union Européenne, ABB tient compte des réglementations européennes et VDE ainsi que des normes DIN pertinentes. Des moteurs conformes aux prescriptions d'autres organismes nationaux et internationaux sont également disponibles.

Tous les sites de production de moteurs ABB sont certifiés ISO 14001 et respectent les directives européennes applicables.

ABB est un fervent défenseur de l'harmonisation des normes internationales et participe activement aux différents comités techniques et groupes de travail au sein des organisations IEC, CENELEC et IECEx.

Normes

3.1 Définitions

Directive

Acte législatif de l'Union Européenne pour atteindre un résultat particulier dans les états membres de l'UE.

Norme

Document de spécifications établi par consensus entre des experts techniques internationaux travaillant pour une organisation de normalisation, telle que la Commission Electrotechnique Internationale (IEC), le Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique (CENELEC), ou un organisme de normalisation national (NEMA aux États-Unis, DKE en Allemagne).

L'adoption des normes IEC par un pays ou un fabricant est volontaire, mais privilégiée et obligatoire lors de l'application du schéma IECEx.

Norme harmonisée

Norme assurant une conformité avec les exigences correspondantes d'une directive européenne pour démontrer la conformité avec la législation européenne.

Les normes harmonisées sont publiées en ligne sur le site web de l'Union Européenne ainsi que dans le Journal Officiel (JO) de l'Union Européenne. Leur application est obligatoire dans la mesure où la directive correspondante l'exige.

3.2 Tableaux de normes

Les tableaux suivants sont des listes de référence pour les normes électriques et mécaniques qui s'appliquent à la plupart des moteurs à induction en fonction du type de moteur et du type de protection.

3.2.1 Principales normes pour les moteurs basse tension

Électrique	Titre
IEC / EN 60034-1	Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement
IEC / EN 60034-2-1	Méthodes normalisées pour la détermination des pertes et du rendement à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)
IEC / EN 60034-2-2	Méthodes spécifiques pour déterminer les pertes séparées des machines de grande taille à partir d'essais – Complément à la IEC 60034-2-1
IEC 60034-2-3	Machines électriques tournantes – Partie 2-3 : Méthodes d'essai spécifiques pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs en courant alternatif alimentés par convertisseur.
IEC / EN 60034-8	Marques d'extrémité et sens de rotation
IEC / EN 60034-12	Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse
IEC / TS 60034-25	Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les entraînements électriques de puissance - Guide d'application
IEC / EN 60034-26	Effets d'un système de tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement des moteurs à cage asynchrones triphasés
IEC / EN 60034-30	Classes de rendement pour les moteurs asynchrones triphasés mono-vitesse (Code IE)
IEC / TS 60034-31 CLC/TS 60034-31	Choix des moteurs éconergétiques incluant les applications à vitesse variable - Guide d'application
IEC 60038	Tensions normales de l'IEC
IEC 60050-411	Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 411 : Machines tournantes
Mécanique	Titre
IEC / EN 60034-5	Degrés de protection procurés par la conception intégrale des machines électriques tournantes (code IP) - Classification
IEC / EN 60034-6	Modes de refroidissement (code IC)
IEC / EN 60034-7	Classification des modes de construction, des dispositions de montage et position de la boîte à bornes (code IM)
IEC / EN 60034-9	Limites de bruit
IEC / EN 60034-14	Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm - Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire
IEC / EN 60072-1	Dimensions et séries de puissances des machines électriques tournantes Partie 1 : désignation des carcasses entre 56 et 400 et des brides entre 55 et 1080
IEC / EN 60529	Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
EN 50102	Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)
EN 50347	Moteurs à induction triphasés à usage général de dimensions et puissances normales - Désignation des carcasses entre 56 et 315 et des brides entre 65 et 740
ISO 21940-32	Vibrations mécaniques – Équilibrage des rotors – Partie 32 : Convention relative aux clavettes d'arbres et aux éléments rapportés

Applications spécifiques en complément des normes ci-dessus

Moteurs pour application de désenfumage	Titre
EN 12101-3	Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur - Spécifications relatives aux ventilateurs pour le contrôle de fumées et de chaleur
Zones dangereuses	Titre
IEC / EN 60079-0	Matériel - Exigences générales
IEC / EN 60079-1	Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes « d »
IEC / EN 60079-7	Protection du matériel par sécurité augmentée « e »
IEC / EN 60079-31	Protection du matériel contre l'inflammation des poussières par enveloppe « t »
IEC / EN 60079-14	Conception, sélection et construction des installations électriques
IEC / EN 60079-17	Inspection et entretien des installations électriques
IEC / EN 60079-19	Réparation, révision et remise en état des matériels
IEC / EN 60050-426	Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 426 : Matériel pour atmosphères explosives
IEC / EN 60079-10-1	Classement des emplacements – Atmosphères explosives gazeuses
IEC / EN 60079-10-2	Classement des emplacements – Atmosphères explosives poussiéreuses

3.2.2 Principales directives européennes pour les moteurs

Directive	Champ d'application
2014/34/EU « ATEX »	Appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosives
1999/92/EC « Directive sur la protection des travailleurs »	Prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives
2014/35/EU « Directive basse tension »	Mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension (à l'exception de ceux utilisés dans des atmosphères explosives)
2009/125/EC « Directive Écoconception »	Cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie (ErP)
Réglementation EU 640/2009 et amendement à la réglementation 4/2014	Mise en œuvre de la Directive 2005/32/EC du Parlement Européen et du Conseil par rapport aux exigences d'écoconception pour les moteurs électriques

3.2.3 Détermination du rendement pour les moteurs hors Europe

États-Unis	IEEE 112-B CSA C390-10	Procédure d'essai pour les moteurs et générateurs à induction polyphasée Méthodes d'essai, exigences de marquage et niveaux de rendement énergétique pour les moteurs à induction triphasés
Canada	CSA C390-10	Méthodes d'essai, exigences de marquage et niveaux de rendement énergétique pour les moteurs à induction triphasés
Chine	GB/T 1032: 2005	Méthodes d'essai pour les moteurs à induction ; inclut des méthodes identiques à IEC 60034-2-1: 2007 avec des pertes séparées
Inde	IS 12615: 2011	Méthodes identiques à IEC 60034-2-1: 2007 (en ligne avec IEC 60034-30: 2008)
Brésil	ABNT NBR 17094-1:2013	Moteurs à induction triphasés – Essais
Australie, Nouvelle-Zélande	AS/NZS 1359.102.3 ou IEC 60034-2-1 AS/NZS 1359.102.1 ou IEC 60034-2	Méthode A pour la détermination des pertes et du rendement – Moteurs à induction à cage triphasés Méthode B pour la détermination des pertes et du rendement – Moteurs à induction à cage triphasés

3.3 Sens de rotation

Le refroidissement des moteurs est indépendant de leur sens de rotation, sauf pour quelques moteurs deux pôles de grosse puissance.

Lorsque l'alimentation réseau est raccordée aux bornes U, V et W du stator d'un moteur triphasé et que l'ordre des phases du réseau est L1, L2, L3, le moteur tourne dans le sens horaire vu côté accouplement. Le sens de rotation peut être inversé en permutant deux des trois conducteurs raccordés au démarreur ou au moteur.



3.4 Refroidissement

Le système de désignation du mode de refroidissement est spécifié dans la norme IEC 60034-6.

Exemple

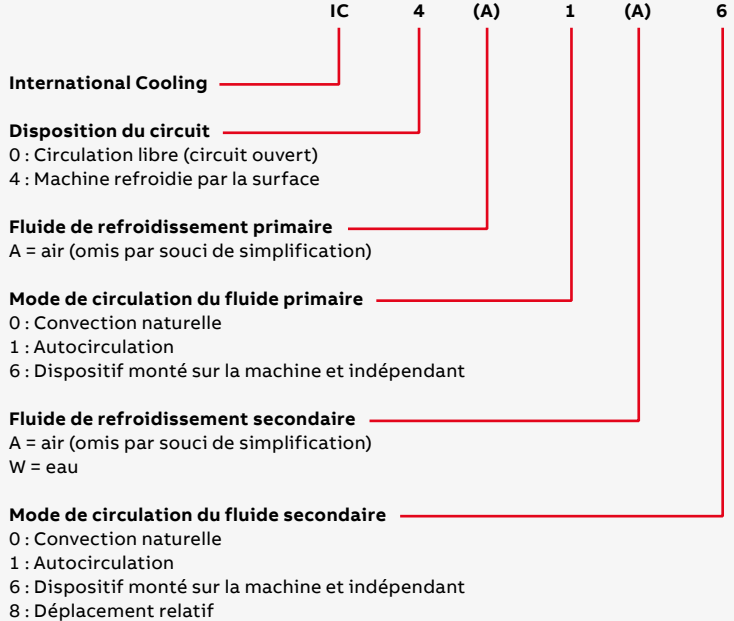


ABB peut fournir des moteurs avec les indices de refroidissement suivants.

- IC 410 : moteur fermé non ventilé
- IC 411 : moteur standard fermé, ventilé, refroidi par la surface
- IC 416 : moteur fermé avec motoventilateur auxiliaire
- IC 418 : moteur fermé, non ventilé, refroidi par la surface
- IC 31W : tuyau ou canalisation d'aspiration et de refoulement : refroidi à l'eau

Remarque :

Les moteurs non ventilés peuvent fournir la même puissance de sortie que ceux avec une configuration standard (avec leur propre ventilateur) pour autant qu'ils soient en indice IC 418.

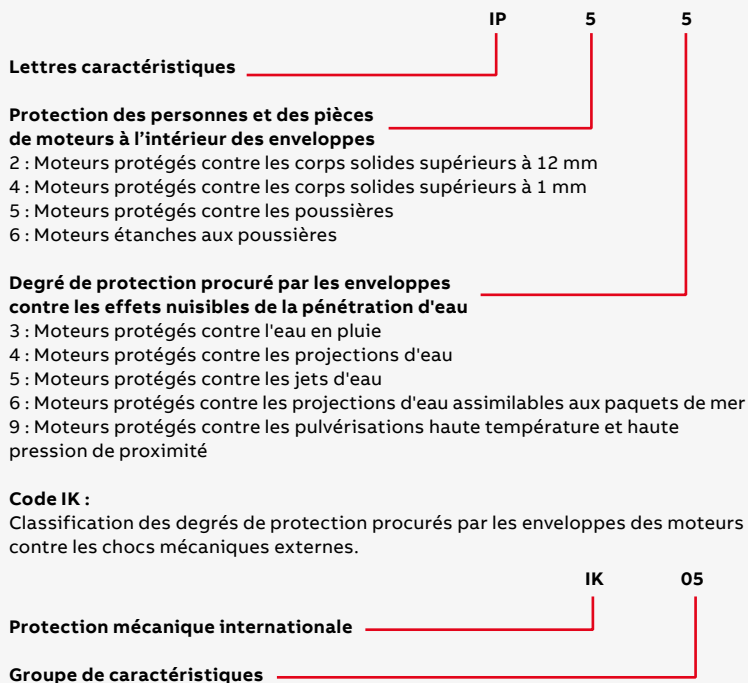
3.5 Degrés de protection : code IP/code IK

La classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes se base sur :

- la norme IEC / EN 60034-5 ou IEC / EN 60529 pour le code IP
- la norme EN 50102 pour le code IK pour les moteurs standard. Essai de choc selon IEC 60079-0 pour les moteurs en atmosphères dangereuses.

Protection IP :

Protection des personnes contre les contacts accidentels avec (ou à proximité) des organes sous tension et contre les contacts accidentels avec les pièces en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe. De même, protection de la machine contre la pénétration de corps solides. Protection des machines contre les effets nuisibles de la pénétration d'eau.



Relation entre code IK et énergie de choc

Code IK	IK 00	IK 01	IK 02	IK 03	IK 04	IK 05	IK 06	IK 07	IK 08	IK 09	IK 10
Énergie	*	0.15	0.2	0.35	0.5	0.7	1	2	5	10	20
de choc									Norme ABB		
Joule											

*non protégé selon EN 50102

3.6 Plages de tension standard

ABB vend des moteurs sur les marchés du monde entier. Pour répondre aux besoins de chacun de ses clients, les moteurs sont conçus pour fonctionner dans une large plage de tensions. Les codes de tension les plus utilisés sont S, D, E, et F. Ils couvrent les tensions les plus courantes utilisées dans le monde entier. D'autres plages de tension sont disponibles sur demande.

Le tableau ci-dessous couvre les tensions les plus courantes.

Démarrage direct ou en couplage delta (Δ), également démarrage Y/ Δ				
Hauteur d'axe	S		D	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
56-100	220-240 V Δ	-	380-415 V Δ	440-480 V Δ
	380-415 VY	440-480 VY	660-690 VY	-
112-132	220-240 V Δ	-	380-415 V Δ	440-480 V Δ
	380-415 VY	440-480 VY	660-690 VY	-
160-450 ¹⁾	220, 230 V Δ		380, 400, 415 Y Δ	440-480 V Δ
	380, 400, 415 VY	440 VY	660 VY	-
Hauteur d'axe	E		F	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
56-100	500 V Δ	2)	500 VY	2)
112-132	500 V Δ	2)	500 VY	2)
160-450	500 V Δ	2)	2)	2)

Un tableau de l'ensemble des tensions rencontrés dans le monde est disponible auprès d'un bureau de vente Moteurs ABB.

¹⁾ La plage de tensions varie selon le type. Vérifier les valeurs valides dans les catalogues produits correspondants.
²⁾ Sur demande.

Moteurs pour autres tensions

Les moteurs bobinés pour une tension donnée à 50 Hz peuvent également être utilisés pour d'autres tensions. Les valeurs de rendement, de facteur de puissance et de vitesse restent quasiment inchangées. Les valeurs exactes spécifiques aux moteurs sont disponibles sur demande.

Moteur bobiné pour	230 V		400 V		500 V		690 V	
Alimenté en (50 Hz)	220 V	230 V	380 V	415 V	500 V	550 V	660 V	690 V
	% des valeurs sous 400 V, 50 Hz		% des valeurs sous 400 V, 50 Hz		% des valeurs sous 400 V, 50 Hz		% des valeurs sous 400 V, 50 Hz	
Puissance	100	100	100	100	100	100	100	100
I_N	180	174	105	98	80	75	61	58
I_S/I_N	90	100	90	106	100	119	90	100
C_S/C_N	90	100	90	106	100	119	90	100
C_{max}/C_N	90	100	90	106	100	119	90	100

3.9 Dispositions de montage

Normes internationales

Dispositions de montage IM

Exemple de désignation selon le code II

IM1001

IM1

00

1



















Désignation internationale de montage

Forme de construction, moteur à pattes avec deux flasques-paliers

Disposition de montage, arbre horizontal, pattes au sol, etc.

Type de bout d'arbre, cylindrique, etc.

Exemples de dispositions de montage courantes

Code I	IM B3	IM V5	IM V6	IM B6	IM B7	IM B8
Code II	IM 1001	IM1011	IM 1031	IM1051	IM 1061	IM 1071
Moteur à pattes.						
Code I	IM B5	IM V1	IM V3	*)	*)	*)
Code II	IM 3001	IM 3011	IM3031	IM 3051	IM 3061	IM 3071
Moteur à bride, large bride à trous lisses.						
Code I	IM B14	IM V18	IM V19	*)	*)	*)
Code II	IM 3601	IM 3611	IM 3631	IM 3651	IM 3661	IM 3671
Moteur à bride, petite bride à trous taraudés.						

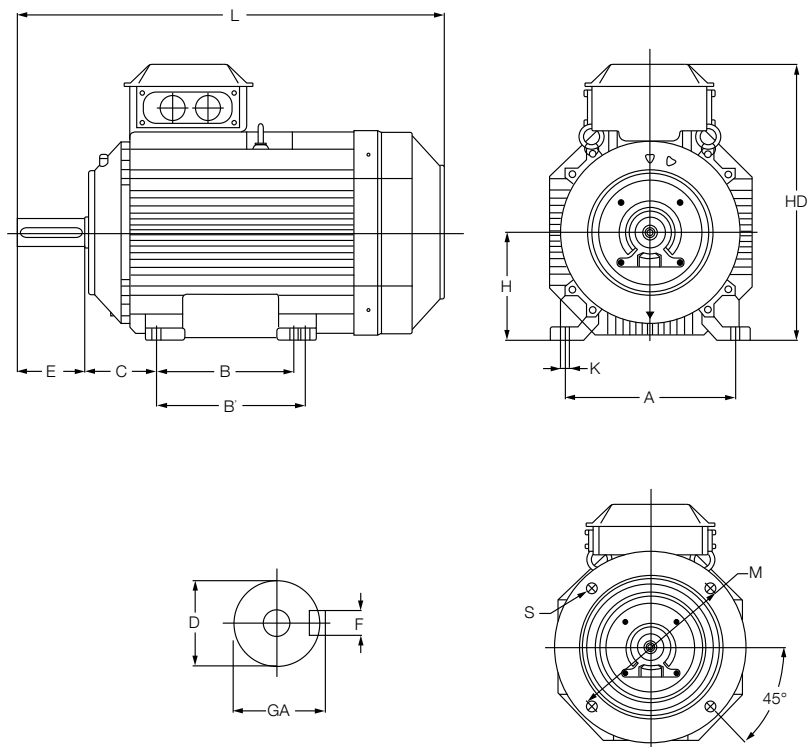
*) Non spécifié dans IEC 60034-7

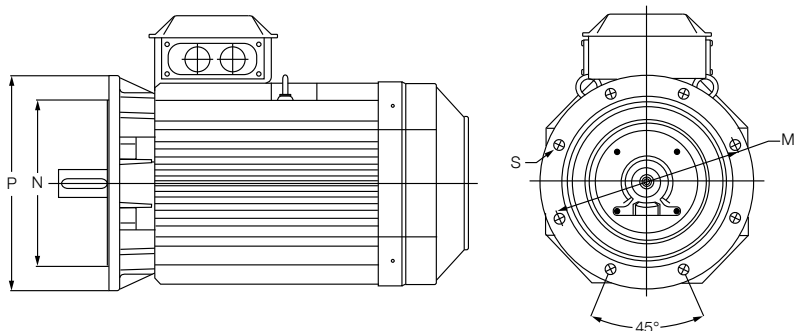
3.10 Dimensions

Normes internationales

Dispositions de montage IM

Exemple de schéma d'encombrement type. Les schémas d'encombrement sont disponibles dans les catalogues et sur le site web d'ABB.





Lettres symbolisant les cotes d'encombrement les plus couramment représentées :

A = distance entre les axes médians des trous de fixation (vue du bout d'arbre)

B = distance entre les axes médians des trous de fixation (vue de côté)

B' = distance entre les axes médians des trous de fixation des auxiliaires

C = distance entre l'épaule de l'arbre côté accouplement et l'axe médian des trous de montage des pattes les plus proches

D = diamètre du bout d'arbre côté accouplement

E = longueur du bout d'arbre à partir de l'épaule côté accouplement

F = largeur de la rainure de clavette du bout d'arbre côté accouplement

GA = distance entre le haut de la clavette et la surface opposée du bout d'arbre côté accouplement

H = distance entre l'axe médian de l'arbre et le bas des pattes

HD = distance entre le haut de l'anneau de levage, de la boîte à bornes ou d'un autre dispositif saillant monté sur le dessus du moteur et le bas des pattes

K = diamètre des trous ou largeur des encoches des pattes du moteur

L = longueur totale du moteur avec bout d'arbre unique

M = diamètre du cercle primitif des trous de fixation

N = diamètre du raccord

P = diamètre externe de la bride ou dans le cas d'un plan non circulaire, deux fois la dimension radiale maximale

S = diamètre des trous de fixation dans la bride de montage ou diamètre nominal du taraudage.

Tableau 3.1
Corrélation
puissance -
hauteur d'axe
selon CENELEC

3.11 Ratio puissance - hauteur d'axe

Plusieurs pays ont mis en œuvre une norme de performances énergétiques minimales (MEPS) via une législation nationale. L'IEC établit des directives pour les essais et la classification des moteurs conformément aux normes. Les tableaux suivants présentent deux applications de normes de puissance par rapport à la hauteur d'axe, une pour l'Europe et l'autre pour le Brésil.

En Europe, la norme CENELEC EN 50347 prévoit des données pour la puissance nominale et le montage, i.e. hauteur d'arbre, dimensions de fixation et dimensions d'extension d'arbre, pour différents degrés de protection et différentes tailles. Elle couvre les moteurs à cage à ventilateur, de type fermé à 50 Hz, hauteurs d'axe 56 M à 315 M.

Puissance standard								
Hauteur d'axe	Diamètre bout d'arbre		Puissance nominale				Type de bride	
	2 pôles mm	4,6,8 pôles mm	2 pôles kW	4 pôles kW	6 pôles kW	8 pôles kW	Trous lisses (FF)	Trous taraudés (FT)
56	9	9	0.09 ou 0.12	0.06 ou 0.09			F100	F65
63	11	11	0.18 ou 0.25	0.12 ou 0.18			F115	F75
71	14	14	0.37 ou 0.55	0.25 ou 0.37			F130	F85
80	19	19	0.75 ou 1.1	0.55 ou 0.75	0.37 ou 0.55		F165	F100
90S	24	24	1.5	1.1	0.75	0.37	F165	F115
90L	24	24	2.2	1.5	1.1	0.55	F165	F115
100L	28	28	3	2.2 ou 3	1.5	0.75 ou 1.1	F215	F130
112M	28	28	4	4	2.2	1.5	F215	F130
132S	38	38	5.5 ou 7.5	5.5	3	2.2	F265	F165
132M	38	38	-	7.5	4 ou 5.5	3	F265	F165
160M	42	42	11 ou 15	11	7.5	4 ou 5.5	F300	F215
160L	42	42	18.5	15	11	7.5	F300	F215
180M	48	48	22	18.5	-	-	F300	
180L	48	48	-	22	15	11	F300	
200L	55	55	30 ou 37	30	18.5 ou 22	15	F350	
225S	55	60	-	37	-	18.5	F400	
225M	55	60	45	45	30	22	F400	
250M	60	65	55	55	37	30	F500	
280S	65	75	75	75	45	37	F500	
280M	65	75	90	90	55	45	F500	
315S	65	80	110	110	75	55	F600	
315M	65	80	132	132	90	75	F600	

Tableau 3.1

—
Tableau 3.2
Corrélation
puissance -
hauteur d'axe
selon NBR

Le Brésil exige que les moteurs importés vers le Brésil respectent les normes nationales ABNT NBR 17094-1:2013 relatives aux moteurs basse tension. La norme NBR 17094-1:2008 définit la relation carcasse-puissance comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Puissance kW	Carcasse HP	2 pôles	4 pôles	6 pôles	8 pôles
0.18	0.25	63	63	71	71
0.25	0.33	63	63	71	80
0.37	0.50	63	71	80	90S
0.55	0.75	71	71	80	90L
0.75	1	71	80	90S	90L
1.1	1.5	80	80	90S	100L
1.5	2	80	90S	100L	112M
2.2	3	90S	90L	100L	132S
3.0	4	90L	100L	112M	132M
3.7	5	100L	100L	132S	132M
4.7	6	112M	112M	132S	160M
5.5	7.5	112M	112M	132M	160M
7.5	10	132S	132S	132M	160L
9.2	12.5	132S	132M	160M	180M/L
11.0	15	132M	132M	160M	180L
15.0	20	160M	160M	160L	180L
18.5	25	160M	160L	180L	200L
22	30	160L	180M	200L	225S
30	40	200M	200M	200L	225M
37	50	200L	200L	225M	250S
45	60	225S	225S	250S	250M
55	75	225M	225M	250M	280S
75	100	350M	250M	280S	280M
90	125	280S	280S	280M	315M
110	150	280M	280M	315M	315M
132	175	315S	315S	315M	355
150	200	315S	315S	315M	355
185	250	315S	315M	355	355
220	300	355	355	355	355
260	350	355	355	355	355
300	400	-	355	355	-
330	450	-	355	355	-
370	500	-	355	-	-

—
Tableau 3.2

Conception électrique – moteurs à induction

Les chapitres de ce guide relatifs à la conception électrique et mécanique sont axés sur les moteurs à induction.

La conception de moteurs avec de bonnes performances globales implique un équilibre délicat entre un certain nombres de facteurs : rendement, coût, échauffement, vibrations, bruit, choix des roulements et conception des encoches et du ventilateur. Seul l'équilibre correct permettra d'obtenir un moteur haute qualité efficace et fiable sur une longue durée de service.

Conception électrique – moteurs à induction

4.1 Moteur à induction

Les moteurs à induction basse tension d'ABB sont des moteurs électriques triphasés dont la puissance de rotation est basée sur l'induction électromagnétique. Le courant induit vers les enroulements du moteur crée un champ magnétique rotatif qui induit une tension dans les barres du rotor. Les barres forment un circuit fermé où le courant commence à circuler, formant un autre champ magnétique. Les champs magnétiques du rotor et du stator interagissent de telle sorte que le rotor commence à suivre le champ magnétique du stator, produisant ainsi un couple.

Dans la nature des moteurs asynchrones, le rotor a tendance à chuter sous la vitesse du champ magnétique dans le stator. Lorsque la charge mécanique augmente sur l'arbre moteur, la différence en vitesse (glissement) augmente et un couple plus élevé est produit.

Les moteurs à induction basse tension d'ABB couvrent une gamme de puissance entre 0,06 et 1 000 kW.

Figure 4.1
Marges de
sécurité
par classe
d'isolation

4.2 Isolation

ABB utilise la classe d'isolation F, qui, avec un échauffement de classe B, est le système d'isolation le plus courant pour les moteurs industriels.

Classe thermique 130 (B)

- Température ambiante nominale 40°C
- Échauffement maxi. admissible 80 K
- Réserve thermique 10 K

Classe thermique 155 (B)

- Température ambiante nominale 40°C
- Échauffement maxi. admissible 105 K
- Réserve thermique 10 K

Classe de température 180 (H)

- Température ambiante nominale 40°C
- Échauffement maxi. admissible 125 K
- Réserve thermique +15 K

L'utilisation de la classe d'isolation F avec un échauffement de classe B confère aux produits ABB une réserve thermique de 25 °C, ce qui permet d'augmenter le niveau de charge du moteur sur des périodes limitées. On peut ainsi exploiter les moteurs à des températures ambiantes ou des altitudes supérieures ou avec des tolérances supérieures de tension et de fréquence, ou encore prolonger la durée de vie de l'isolant. Ainsi, une réduction de 10 K de la température aura un effet significatif sur la durée de vie de l'isolation.

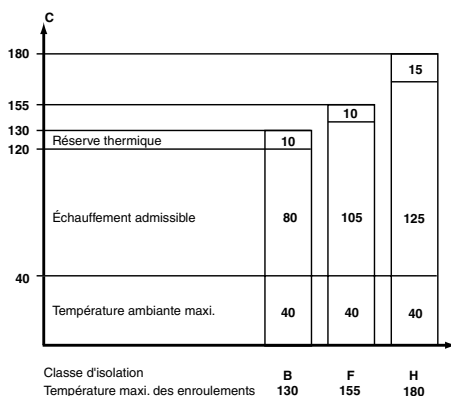


Figure 4.1

Tableau 4.1
Puissance
admissible à des
températures
ambiantes
élevées ou
des altitudes
élevées

4.3 Thermistances

Les thermistances sont des résistances dépendantes de la température insérées dans les têtes d'enroulement – une pour chaque phase. Elles permettent de réguler la température du moteur. Sous une certaine température, la thermistance montre une faible résistance relativement constante, mais à partir d'une certaine température et au-delà, cette résistance augmente considérablement et le relais connecté aux thermistances entre en action. Le changement de résistance est transformé en signaux de connexion (avertissement ou déconnexion) et déclenche la protection thermique de la machine.

4.4 Températures ambiantes et altitudes élevées

Les moteurs en exécution de base sont conçus pour fonctionner à une température ambiante maximale de 40 °C et une altitude maximale de 1000 m au-dessus du niveau de la mer. À des températures ambiantes supérieures, le moteur est déclassé conformément aux valeurs du tableau ci-dessous. Noter qu'en cas de déclassement d'un moteur standard, les valeurs correspondantes, telles que I_s/I_N , des catalogues varient également.

Température ambiante, °C	30	40	45	50	55	60	70	80
Puissance admissible, % de la puissance nominale	107	100	96.5	93	90	86.5	79	70

Hauteur au-dessus du niveau de la mer, m	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Puissance admissible, % de la puissance nominale	100	96	92	88	84	80	76

Tableau 4.1

4.5 Modes de démarrage

Ce chapitre présente les modes de démarrage les plus courants : démarrage direct, démarrage étoile/triangle, et démarrage avec un démarreur progressif ou un variateur de vitesse.

Transitoires de connexion

Il faut savoir que le terme « courant de démarrage » fait référence à la valeur efficace en régime établi. Il s'agit de la valeur mesurée lorsque, après quelques cycles, les phénomènes de transitoire disparaissent. La valeur crête du courant transitoire peut atteindre environ 2,5 fois le courant de démarrage en régime établi, mais baisse rapidement. Le couple de démarrage du moteur se comporte de la même manière, ce qu'il ne faut pas oublier lorsque le moment d'inertie de la machine entraînée est élevé, car les contraintes imposées à l'arbre et à l'accouplement peuvent être très importantes.

4.5.1 Démarrage direct (DOL)

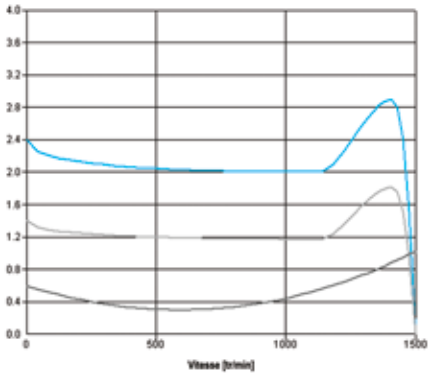
La méthode la plus simple pour démarrer un moteur à cage consiste à le raccorder directement au réseau d'alimentation. Dans ce cas, il suffit d'installer un appareil tel qu'un contacteur. Toutefois, ce mode de démarrage présente l'inconvénient d'engendrer un courant de démarrage élevé, souvent plusieurs fois équivalent au courant nominal du moteur. Le couple de démarrage est également très élevé et peut entraîner des contraintes importantes sur les accouplements et l'application entraînée. Il reste cependant la méthode la plus couramment utilisée sauf raison particulière.

4.5.2 Démarrage étoile/triangle

S'il faut limiter le courant de démarrage d'un moteur du fait des caractéristiques de l'alimentation, la méthode de démarrage Y/ Δ peut être utilisée. Dans le cas, par exemple, d'un moteur bobiné 400 V/ Δ démarré en couplage Y, le courant de démarrage est réduit d'environ 30 % par rapport à un démarrage direct et le couple de démarrage est inférieur de 25 % environ à celui d'un démarrage direct.

Toutefois, avant d'utiliser cette méthode, l'utilisateur doit s'assurer que le couple moteur réduit est suffisant pour accélérer la charge sur toute la plage de vitesse.

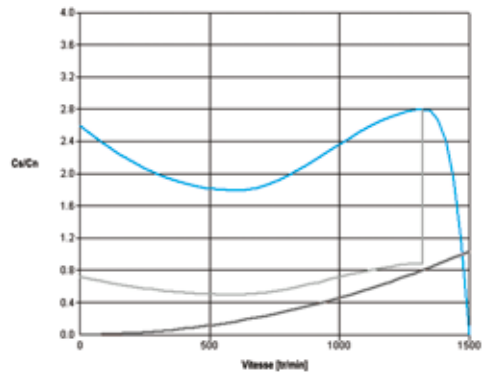
Contactez votre service commercial ABB le plus proche pour obtenir l'outil de dimensionnement MotSize ou téléchargez-le depuis notre site web. ABB propose une gamme complète de produits basse tension pour le démarrage et le contrôle des moteurs.



Exemple de courbes de démarrage direct du programme de dimensionnement pour un moteur fonte :

1. Couple de démarrage à U_n
2. Couple de démarrage à 80 % de U_n
3. Couple de la charge

Figure 4.2



Exemple de courbes de démarrage Y/ Δ du programme de dimensionnement pour un moteur aluminium :

1. Couple de démarrage à U_n
2. Couple de démarrage à 80 % de U_n
3. Couple de la charge

Figure 4.3

Figure 4.2
Démarrage
direct

Figure 4.3
Démarrage
étoile/triangle

4.5.3 Démarreurs progressifs

Un démarreur progressif limite le courant de démarrage du moteur tout en assurant un démarrage sans à-coup. La valeur du courant de démarrage dépend directement du couple statique requis au démarrage et de la masse de la charge à accélérer. Les réglages des démarreurs progressifs ABB peuvent être modifiés pour répondre aux exigences des applications. En augmentant progressivement la tension du moteur, et ainsi le couple, le démarrage sera très doux. Lorsque le moteur est à la bonne vitesse, il est courant d'ignorer le démarreur progressif pour éviter une perte de puissance des semiconducteurs en fonctionnement continu. Pour ignorer le démarreur, il est courant d'utiliser un contacteur AC-1 monté en externe.

Un contact de by-pass peut également être intégré dans le démarreur progressif, comme dans les gammes de démarreurs progressifs PSR, PSE et PSTB d'ABB. Ces démarreurs progressifs font partie des plus compacts du marché.

Dans le démarreur progressif ABB, le circuit principal est commandé par des semiconducteurs, au lieu de contacts mécaniques. Chaque phase est dotée de deux thyristors montés en opposition, ce qui permet la commutation du courant en tout point au cours des demi-périodes négatives et positives.

La durée de conduction est commandée par l'angle d'allumage du thyristor qui est lui-même commandé par la carte électronique intégrée.

Figure 4.4
Impact des
démarreurs
progressifs
sur le courant
et le couple

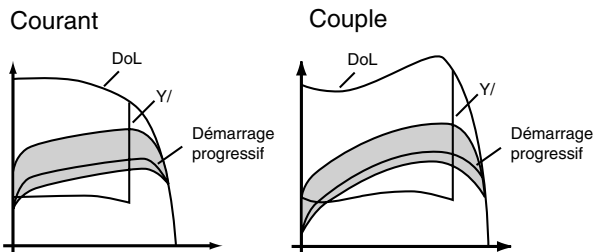


Figure 4.5
Démarreurs
progressifs ABB

Figure 4.4



Figure 4.5

4.5.4 Démarrage avec un variateur de vitesse

La régulation de la vitesse par un variateur de vitesse présente un grand avantage car la vitesse ne nécessite aucun réglage en fonctionnement continu, mais ce n'est généralement pas la solution optimale quand il s'agit juste de démarrer et d'arrêter le moteur.

Avec un convertisseur de fréquence, le couple nominal du moteur est déjà disponible à basse vitesse, et le courant de démarrage est bas, entre 0,5 et 1 fois le courant nominal du moteur, et 1,5 fois maximum le courant nominal. Une autre fonctionnalité disponible dans les variateurs est le « softstop », très utile quand un arrêt en douceur est nécessaire, par exemple avec les pompes à eau ou les courroies de convoyeur.

Tableau 4.2
Temps de
démarrage
maximum en
secondes pour
les moteurs
mono-vitesse
à démarrage
occasionnel

4.6 Limitations au démarrage

Temps de démarrage

Le temps de démarrage est fonction du couple de la charge, de l’inertie et du couple moteur. Le courant de démarrage étant toujours très supérieur au courant nominal, un temps de démarrage trop long provoque un échauffement nuisible du moteur. Par ailleurs, un courant élevé impose des contraintes électromécaniques au moteur.

Temps de démarrage admissible

Pour éviter tout échauffement, le temps de démarrage ne doit pas dépasser les valeurs du tableau ci-dessous. Ces valeurs s’appliquent à des démarrages à température de service normale. Elles sont multipliées par deux pour des démarrages du moteur à partir de l’état froid.

Hauteur d'axe	Mode de démarrage	Nombre de pôles			
		2	4	6	8
56	DOL	25	40	NA	NA
63	DOL	25	40	NA	NA
71	DOL	20	20	40	40
80	DOL	15	20	40	40
90	DOL	10	20	35	40
100	DOL	10	15	30	40
112	DOL	20	15	25	50
	Y/D	60	45	75	150
132	DOL	15	10	10	60
	Y/D	45	30	30	20
160	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
180	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
200	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
225	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
250	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
280	DOL	15	18	17	15
	Y/D	45	54	51	45
315	DOL	15	18	16	12
	Y/D	45	54	48	36
355	DOL	15	20	18	30
	Y/D	45	60	54	90
400	DOL	15	20	18	30
	Y/D	45	60	54	90
450	DOL	15	20	18	30
	Y/D	45	60	54	90

Tableau 4.2

Fréquence admissible de démarrage et d'inversion du sens de rotation

Les moteurs à démarrages fréquents ne peuvent être chargés à leur puissance nominale du fait des pertes thermiques au démarrage dans les enroulements. La puissance utile admissible peut être calculée à partir du nombre de démarrages par heure, du moment d'inertie de la charge et de la vitesse de la charge. Les contraintes mécaniques peuvent également imposer un seuil inférieur à celui imposé par les facteurs thermiques.

$$\text{Puissance utile autorisée } P = P_N \sqrt{1 - \frac{m}{m_o}}$$

P_N = puissance nominale du moteur en service continu

$$m = \frac{(J_M + J'_L)}{J_m} \times X$$

X = nombre de démarrages / heure

J_M = moment d'inertie du moteur en kgm^2

J'_L = moment d'inertie de la charge en kgm^2 , ramené à l'arbre moteur, c'est-à-dire multiplié par (vitesse de la charge / vitesse du moteur)².
Le moment d'inertie J (kgm^2) est égal à $\frac{1}{4} GD^2$ en kpm^2 .

m_o = nombre maximal admissible de démarrages / heure pour un moteur à vide, repris du tableau ci-après.

Nombre maximal admissible d'inversions / heure à vide $m_r = m_o / 4$.

Tableau 4.3
Nombre
maximal
admissible de
démarrages /
heure à vide , m₀

Hauteur d'axe	Nombre de pôles			
	2	4	6	8
56	12000	9000	-	-
63 A, B	11200	8700	-	-
71 A, B	9100	8400	16800	15700
80 A, B	5900	8000	16800	11500
90 L	3500	7000	12200	11500
100 L	2800	-	8400	-
112 M	1700	6000	9900	16000
132 M	1700	2900	4500	6600
160 ML	650	-	-	5000
180 ML	400	1100	-	-
200 ML	385	-	1900	-
225 SM	-	900	-	2350
250 SM	300	900	1250	2350
280 SM, ML	125	375	500	750
315 SM, ML	75	250	375	500
355 SM, ML, LK	50	175	250	350
400 L, LK	50	175	250	350
450 L	Sur demande			

Tableau 4.3

—
Tableau 4.4
Constante de
vitesse K_1 en
fonction de
la fréquence
et des paires
de pôles.

Caractéristiques au démarrage

Les catalogues spécifient en général un temps de démarrage maximum en fonction de la taille et de la vitesse du moteur. Cependant, la norme IEC 60034-12 prescrit le moment d’inertie admissible de la machine entraînée au lieu du temps de démarrage. Pour les petits moteurs, la contrainte thermique est la plus élevée dans l’enroulement du stator alors que dans les plus gros moteurs, elle se situe principalement dans l’enroulement du rotor.

Lorsque les courbes de couple du moteur et de la charge sont connues, le temps de démarrage peut être calculé avec l’équation suivante.

$$C_M - C_L = (J_M + J_L) \times \frac{d\omega}{dt}$$

où :

- C_M = couple moteur, Nm
- C_L = couple de la charge, Nm
- J_M = moment d’inertie du moteur, kgm^2
- J_L = moment d’inertie de la charge, kgm^2
- ω = vitesse angulaire du moteur

Lorsqu’un réducteur est utilisé C_L et J_L seront remplacés par C'_L et J'_L respectivement.

Si le couple de démarrage C_s et le couple maximum C_{max} du moteur sont connus, de même que la nature de la charge, le temps de démarrage peut être calculé approximativement avec l’équation suivante.

$$t_{\text{dém}} = \frac{(J_M + J'_L)}{C_{\text{acc}}} \times K_1$$

où :

- $t_{\text{dém}}$ = temps de démarrage, s
- T_{acc} = couple d’accélération, Nm
- K_1 = constante de vitesse ($2\phi \frac{f}{p}$) où p représente le nombre de paires de pôles

Constante de vitesse	Pôles					Fréquence Hz
	2	4	6	8	10	
n_m	3000	1500	1000	750	600	
K_1	314	157	104	78	62	50
n_m	3600	1800	1200	900	720	
K_1	377	188	125	94	75	60

—
Tableau 4.4

Valeur moyenne de C_M :

$$C_M = 0,45 \times (C_s + C_{\max})$$

$$C_{\text{acc}} = C_M - K_L \times C_L$$

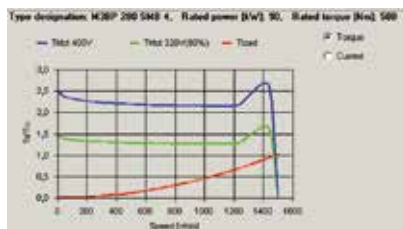
K_L peut être repris du tableau suivant :

	Levage	Ventilateur	Pompe à piston	Volant d'inertie
K_L	1	1/3	0.5	0

Exemples de temps de démarrage calculé par le programme de calculs ABB

Load

Load type	Pump or Fan
Duty cycle	S1(IEC)
Load Inertia J[kg-m ²]	20,0
Max Inertia J	94
GD2[kg-m ²]	80
Gear Ratio	1.00



U/Un[%]	Time start [s]	U/Un[%]	Speed [r/min]
DOL (100)	3,2	DOL (100)	1483
DOL (80)	6,3	DOL (80)	1473

Si un réducteur est placé entre le moteur et la machine entraînée, le couple de la charge doit être ramené à la vitesse du moteur avec la formule suivante

$$C'_L = C_L \times \frac{n_L}{n_M}$$

Le moment d'inertie doit également être recalculé :

$$J'_L = J_L \times \left(\frac{n_L}{n_M} \right)^2$$

Exemples de performances de démarrage à différents couples de charge

Moteur 4 pôles, 160 kW, 1475 r/min

Couple du moteur :

$$C_N = 1040 \text{ Nm}$$

$$C_s = 1,7 \times 1040 = 1768 \text{ Nm}$$

$$C_{\max} = 2,8 \times 1040 = 2912 \text{ Nm}$$

Moment d'inertie du moteur : $J_M = 2,5 \text{ kgm}^2$

La charge est réduite à un rapport de 1:2

Couple de la charge :

$$C_L = 1600 \text{ Nm à } n_L = n_M/2 \text{ r/min}$$

$$C'_L = 1600 \times 1/2 = 800 \text{ Nm à } n_M \text{ r/min}$$

Moment d'inertie de la charge :

$$J_L = 80 \text{ kgm}^2 \text{ à } n_L = n_M/2 \text{ r/min}$$

$$J'_L = 80 \times (1/2)^2 = 20 \text{ kgm}^2 \text{ à } n_M \text{ r/min}$$

Moment d'inertie total :

$$J_M + J'_L \text{ à } n_M \text{ r/min}$$

$$2,5 + 20 = 22,5 \text{ kgm}^2$$

Exemple 1 :

$$C_L = 1600 \text{ Nm}$$

$$C'_L = 800 \text{ Nm}$$

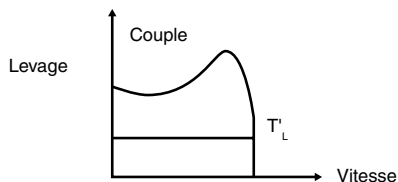
Constante pendant l'accélération

$$C_{acc} = 0,45 \times (C_s + C_{max}) - C'_L$$

$$C_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - 800 = 1306 \text{ Nm}$$

$$t_{dém} = \frac{(J_M + J'_L)}{C_{acc}} \times K_1$$

$$t_{dém} = \frac{22,5 \times 157}{1306} = 2,7 \text{ s}$$

**Exemple 2 :**

$$C_L = 1600 \text{ Nm } C'_L = 800 \text{ Nm}$$

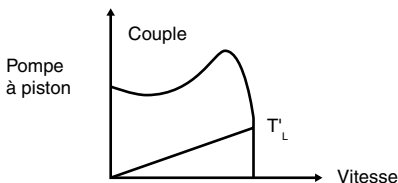
Augmentation linéaire pendant l'accélération

$$C_{acc} = 0,45 \times (C_s + C_{max}) - \frac{1}{2} \times C'_L$$

$$C_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - \frac{1}{2} \times 800 = 1706 \text{ Nm}$$

$$t_{dém} = (J_M + J'_L) \times K_1 / C_{acc}$$

$$t_{dém} = 22,5 \times \frac{157}{1706} = 2,1 \text{ s}$$

**Exemple 3 :**

$$C_L = 1600 \text{ Nm } C'_L = 800 \text{ Nm}$$

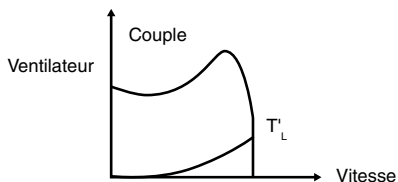
Augmentation quadratique pendant l'accélération

$$C_{acc} = 0,45 \times (C_s + C_{max}) - \frac{1}{3} \times C'_L$$

$$C_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - \frac{1}{3} \times 800 = 1839 \text{ Nm}$$

$$t_{dém} = \frac{(J_M + J'_L)}{C_{acc}} \times K_1$$

$$t_{dém} = \frac{22,5 \times 157}{1839} = 1,9 \text{ s}$$

**Exemple 4 :**

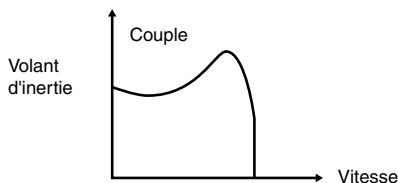
$$C_L = 0$$

$$C_{acc} = 0,45 \times (C_s + C_{max})$$

$$C_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) = 2106 \text{ Nm}$$

$$t_{dém} = \frac{(J_M + J'_L)}{C_{acc}} \times K_1$$

$$t_{dém} = \frac{22,5 \times 157}{2106} = 1,7 \text{ s}$$

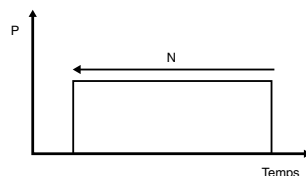


4.7 Services types

Selon les normes IEC 60034-1 et VDE 0530 Partie 1, les services types sont désignés par S1 à S9. Les valeurs de puissance figurant dans les catalogues sont basées sur un service continu S1 à puissance nominale. Lorsqu'aucun type n'est spécifié, on suppose un service continu.

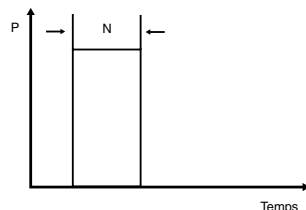
S1 Service continu

Fonctionnement à charge constante d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint. Désignation : S1.



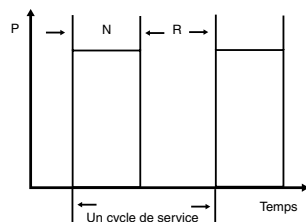
S2 Service temporaire

Temps plus court que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un temps de repos et de désexcitation d'une durée suffisante pour ramener la température du moteur à la température ambiante ou à la température de refroidissement. Les valeurs préconisées de durée nominale de cycle de service sont 10, 30, 60 et 90 minutes. Exemple de désignation : S2 60 min.



S3 Service intermittent

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à charge constante et un temps de repos et de désexcitation. Le cycle est trop court pour atteindre l'équilibre thermique. Le courant de démarrage n'affecte par l'échauffement de manière significative. Les valeurs préconisées pour le facteur de durée de cycle sont 15, 25, 40 et 60 %. La durée d'un cycle de service est de 10 min. Exemple de désignation : S3 25 %.



$$\text{Facteur de durée de cycle} = \frac{N}{N + R} \times 100 \%$$

Explication des symboles utilisés sur les figures

P = puissance utile

D = accélération

N = fonctionnement à charge nominale

F = freinage électrique

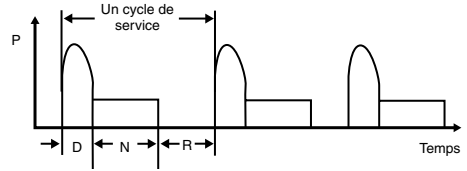
V = fonctionnement à vide

R = à l'arrêt et désexcité

P_N = charge maxi

S4 Service intermittent à démarrage

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps appréciable de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante et un temps de repos et de



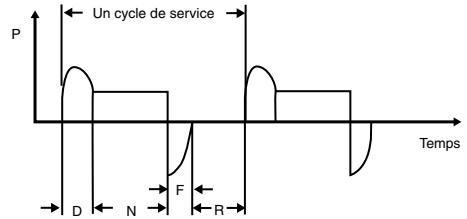
désexcitation. Les temps de cycle sont trop courts pour atteindre l'équilibre thermique. Dans ce type de service, le moteur est freiné par la charge ou par un frein mécanique, sans surcharge thermique appliquée au moteur. La désignation de ce service type doit être accompagnée des paramètres suivants : facteur de durée de cycle, nombre de cycles de service/heure (c/h), moment d'inertie de la charge (J_L) et moment d'inertie du moteur (J_M).

Exemple de désignation : S4 25 % 120 c/h $J_L = 0,2 \text{ kgm}^2$ $J_M = 0,1 \text{ kgm}^2$.

$$\text{Facteur de durée de cycle} = \frac{D + N}{D + N + R} \times 100 \%$$

S5 Service intermittent à démarrage et freinage électrique

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps appréciable de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante, un temps de freinage électrique rapide et un temps de repos et de désexcitation. Les temps de



cycle sont- trop courts pour atteindre l'équilibre thermique. La désignation de ce service type doit être accompagnée des paramètres suivants : facteur de durée de cycle, nombre de cycles de service/heure (c/h), moment d'inertie de la charge (J_L) et moment d'inertie du moteur (J_M).

Exemple de désignation : S5 40 % 120 c/h $J_L = 2,6 \text{ kgm}^2$ $J_M = 1,3 \text{ kgm}^2$.

$$\text{Facteur de durée de cycle} = \frac{D + N + F}{D + N + F + R} \times 100 \%$$

S6 Service ininterrompu périodique

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à charge constante, et un temps de fonctionnement à vide. Les temps de cycle sont- trop courts pour atteindre l'équilibre thermique. Les valeurs préconisées pour le facteur de durée de cycle sont 15, 25, 40 et 60 %. La durée d'un cycle de service est de 10 min.

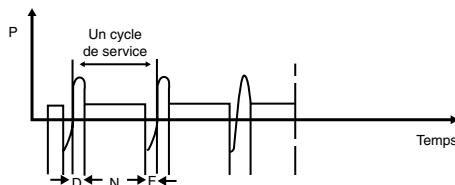
$$\text{Exemple de désignation : S6 40 \% . Facteur de durée de cycle} = 100 \% \times \frac{N}{N + V}$$

S7 Service ininterrompu périodique à freinage électrique

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante et un temps de freinage électrique

(ex. freinage par contre-

courant). Les temps de cycle sont trop courts pour atteindre l'équilibre thermique. La désignation de ce service type doit être accompagnée des paramètres suivants : nombre de cycles de service/heure (c/h), moment d'inertie de la charge (J_L) et moment d'inertie du moteur (J_M).



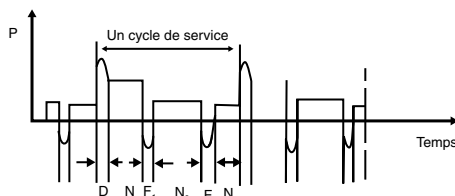
Exemple de désignation : S7 500 c/h $J_L = 0,08 \text{ kgm}^2$ $J_M = 0,08 \text{ kgm}^2$.

S8 Service ininterrompu à changement de vitesse périodique

Suite de cycles de service

identiques comprenant chacun un temps de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante correspondant à une vitesse prédéterminée, suivi d'un ou de plusieurs temps de fonctionnement

à d'autres charges constantes correspondant à différentes vitesses. Il n'y a pas de temps de repos ou de désexcitation. Les temps de cycle sont trop courts pour atteindre l'équilibre thermique. Ce service type est notamment utilisé par les moteurs à changement de nombre de pôles. La désignation de ce service type doit être accompagnée des paramètres suivants : nombre de cycles de service/heure (c/h), moment d'inertie de la charge (J_L), moment d'inertie du moteur (J_M), ainsi que la charge, la vitesse et le facteur de durée de cycle pour chaque vitesse de fonctionnement.



Exemple de désignation : S8 30 c/h $J_L = 63,8 \text{ kgm}^2$ $J_M = 2,2 \text{ kgm}^2$.

24 kW	740 r/min	30 %
60 kW	1460 r/min	30 %
45 kW	980 r/min	40 %

$$\text{Facteur de durée de cycle 1} = \frac{D + N_1}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \times 100 \%$$

$$\text{Facteur de durée de cycle 2} = \frac{F_1 + N_2}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \times 100 \%$$

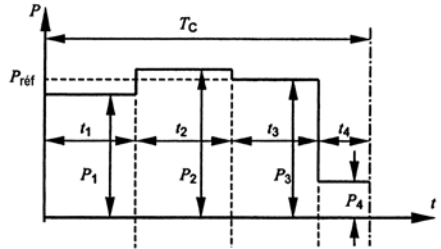
$$\text{Facteur de durée de cycle 3} = \frac{F_2 + N_3}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \times 100 \%$$

S9 Service à changement de vitesse et de charge non-périodique

Service dans lequel, en général, la charge et la vitesse varient de manière non-périodique dans la plage de fonctionnement admissible. Ce service inclut fréquemment des surcharges appliquées susceptibles d'être largement supérieures aux charges maximales. Pour ce service type, des valeurs appropriées de charges maximales doivent servir de base à la notion de surcharge.

S10 Service avec des charges et des vitesses constantes discrètes

Service constitué d'un nombre spécifique de valeurs discrètes de charge (ou de capacité de charge équivalente) et si nécessaire, de vitesse, chaque combinaison charge/vitesse étant maintenue sur une durée suffisante pour permettre à la machine



d'atteindre l'équilibre thermique. La charge minimum dans un cycle de service peut être à zéro (pas de charge ou période de repos et de désexcitation).

La désignation appropriée est S10, suivie des quantités par unité $pl\Delta t$ pour la charge respective et sa durée, et la quantité par unité TL pour la durée de vie thermique relative du système d'isolation. La valeur de référence pour la durée de vie thermique est la durée de vie thermique aux valeurs nominales pour un fonctionnement continu et des limites admissibles d'échauffement basées sur le type de service S1. Pour un temps de repos et de désexcitation, la charge doit être indiquée par la lettre r .

Exemple : S10 $pl\Delta t = 1,1/0,4 ; 1/0,3 ; 0,9/0,2 ; r/0,1$ $C_L = 0,6$

La valeur C_L doit être arrondie au multiple de 0,05 le plus proche.

Pour ce type de service, une charge constante sélectionnée de manière appropriée et basée sur le type de service S1 doit être utilisée comme valeur de référence (' P_{ref} ' sur la figure) pour les charges discrètes.

Remarque : les valeurs discrètes de charge sont généralement équivalentes à une capacité de charge basée sur une intégration sur une période de temps. Chaque cycle de charge ne doit pas nécessairement être exactement identique. En revanche, chaque charge dans un cycle doit être maintenue pendant une durée suffisante pour atteindre l'équilibre thermique, et chaque cycle de charge doit pouvoir être intégré pour obtenir la même durée de vie thermique relative.

Tableau 4.5
Puissance admissible en service S2 en % de la puissance nominale

4.8 Surdimensionnement

Du fait du moindre échauffement dans un moteur fonctionnant en service temporaire ou intermittent, le moteur peut en général fournir une puissance supérieure dans ces services types par rapport au service continu S1. Les tableaux ci-dessous donnent quelques exemples. Attention au couple maximal du moteur C_{max}/C_N qui doit être >1,8 par rapport à la puissance augmentée.

Service temporaire S2	Pôles	Puissance admissible en % de la puissance nominale en service continu S1 pour les hauteurs d'axe		
		56 – 100	112 - 250	280 - 450
30 min	2	105	125	130
	4 - 8	110	130	130
60 min	2 - 8	100	110	115

Tableau 4.5

Service intermittent S3	Pôles	Puissance admissible en % de la puissance nominale en service continu S1 pour les hauteurs d'axe		
		56 – 100	112 - 250	280 - 450
15 %	2	115	145	140
	4	140	145	140
	6, 8	140	140	140
25 %	2	110	130	130
	4	130	130	130
	6, 8	135	125	130
40 %	2	110	110	120
	4	120	110	120
	6, 8	125	108	120
60 %	2	105	107	110
	4	110	107	110
	6, 8	115	105	110

Tableau 4.6

4.9 Rendement et types de pertes

Le rendement d'un moteur est une mesure de sa capacité à convertir une énergie électrique en un travail mécanique. L'énergie perdue est émise sous forme de chaleur. Pour augmenter le rendement, les pertes doivent être réduites.

Les pertes du moteur peuvent être réparties en cinq catégories. La première catégorie concerne les pertes de fer dans le noyau, la seconde les pertes dans les enroulements et de frottement. Les pertes de charge, qui varient selon la charge, sont classées comme suit : pertes de cuivre dans le stator, pertes du rotor et pertes de charge variable. Toutes les pertes peuvent être influencées par les solutions de conception et de construction du moteur.

Pertes constantes

Les pertes de fer dans le noyau sont dues à l'énergie requise pour surmonter l'opposition avec les champs magnétiques changeants dans le matériau du noyau. Ces pertes peuvent être réduites en utilisant de l'acier de meilleure qualité et en allongeant le noyau pour réduire la densité du flux magnétique.

Les pertes dans les enroulements et de frottement sont dues à la résistance de l'air et au frottement des roulements. Une amélioration de la conception des roulements et du choix des joints d'étanchéité, le débit d'air et la conception du ventilateur affectent ces pertes. Le ventilateur doit être suffisamment grand pour fournir un refroidissement adéquat, mais pas trop grand pour ne pas réduire le rendement et augmenter le bruit. Pour atteindre un effet de refroidissement optimal dans chaque moteur ABB, les tailles des pales et les pas varient selon les modèles de ventilateurs.

Pertes de charge

Les pertes de charge et les pertes de cuivre du stator (également appelées pertes I²R) sont dues à l'échauffement du flux de courant via la résistance de l'enroulement du stator. Les techniques de réduction de ces pertes incluent l'optimisation de la conception des encoches du stator.

Les pertes du rotor dépendent du glissement. Ces pertes peuvent être réduites en augmentant la taille des barres conductrices et des cosses d'extrémité pour produire une résistance inférieure. Les pertes de charge variable résultent des flux de fuite induits par les courants de charge. Ceux-ci peuvent être réduits en améliorant la géométrie des encoches.

De nouvelles conceptions de moteurs sont également développées pour augmenter le rendement au-delà des limites connues. Le moteur à réluctance synchrone illustre ces nouvelles conceptions.

Les valeurs de rendement à puissance nominale figurent dans les tableaux des caractéristiques techniques des catalogues produits ABB.

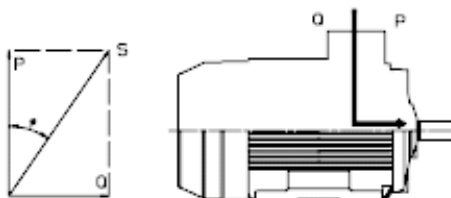
4.10 Facteur de puissance

Un moteur consomme de la puissance active (convertie en travail mécanique) et de la puissance réactive (nécessaire pour la magnétisation, mais ne produit aucun travail).

Les puissances active et réactive, symbolisées dans le schéma (ci-dessous) par les lettres P et Q, donnent ensemble la puissance apparente S. Le rapport entre la puissance active, mesurée en kW, et la puissance apparente, mesurée en kVA, est appelé facteur de puissance. L'angle entre P et S est généralement symbolisé par φ . Le facteur de puissance est égale au $\cos \varphi$.

Le facteur de puissance se situe en général entre 0,7 et 0,9. Il est plus faible pour les petits moteurs et plus élevé pour les gros moteurs.

Le facteur de puissance est déterminé par mesure de la puissance absorbée, de la tension et du courant à puissance nominale. Une tolérance de $(1 - \cos \varphi)/6$ s'applique aux valeurs de facteur de puissance énoncées.



Dans une installation avec de nombreux moteurs, beaucoup de puissance réactive sera consommée et le facteur de puissance sera alors plus faible. C'est la raison pour laquelle les fournisseurs d'électricité exigent parfois du consommateur qu'il relève le facteur de puissance de son installation. Pour ce faire, on connecte des condensateurs à l'alimentation pour absorber la puissance réactive et relever le facteur de puissance.

Compensation de la puissance réactive

En compensation de phase, les condensateurs sont en général connectés en parallèle avec le moteur ou le groupe de moteurs. Toutefois, dans certains cas, une surcompensation peut provoquer l'auto-excitation d'un moteur à induction qui se met à fonctionner en générateur. Ainsi, pour éviter les problèmes, il est de pratique courante de ne pas compenser plus que le courant à vide du moteur.

Les condensateurs ne doivent pas être connectés en parallèle avec chacune des phases de l'enroulement ; en effet, si tel était le cas, il serait difficile, voire impossible, de démarrer le moteur en mode étoile/triangle.

—
Tableau 4.7
Compensation
de phase

Pour un moteur bivitesse
à enroulements séparés avec
compensation de phase sur les deux
enroulements, les condensateurs ne
doivent pas rester en circuit sur
l'enroulement non utilisé.

Dans certains cas, ces condensateurs
peuvent être à l'origine d'un
échauffement supplémentaire de
l'enroulement et de vibrations.

**La formule suivante permet de
calculer la taille (par phase) d'un
condensateur pour une fréquence
réseau de 50 Hz :**

$$C = 3,2 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q}{U_2}$$

où :

C = capacité, μF

U = tension du condensateur, V

Q = puissance réactive, kvar.

La puissance réactive est calculée
avec la formule suivante :

$$Q = K \cdot P \frac{P}{\eta}$$

où :

K = constante reprise du tableau
ci-contre

P = puissance nominale du moteur, kW

η = rendement du moteur

cos φ sans compensation	Constante K Compensation à cos $\varphi =$			
	0.95	0.90	0.85	0.80
0.50	1.403	1.248	1.112	0.982
0.51	1.358	1.202	1.067	0.936
0.52	1.314	1.158	1.023	0.892
0.53	1.271	1.116	0.980	0.850
0.54	1.230	1.074	0.939	0.808
0.55	1.190	1.034	0.898	0.768
0.56	1.150	0.995	0.859	0.729
0.57	1.113	0.957	0.822	0.691
0.58	1.076	0.920	0.785	0.654
0.59	1.040	0.884	0.748	0.618
0.60	1.005	0.849	0.713	0.583
0.61	0.970	0.815	0.679	0.548
0.62	0.937	0.781	0.646	0.515
0.63	0.904	0.748	0.613	0.482
0.64	0.872	0.716	0.581	0.450
0.65	0.841	0.685	0.549	0.419
0.66	0.810	0.654	0.518	0.388
0.67	0.779	0.624	0.488	0.358
0.68	0.750	0.594	0.458	0.328
0.69	0.720	0.565	0.429	0.298
0.70	0.692	0.536	0.400	0.270
0.71	0.663	0.507	0.372	0.241
0.72	0.635	0.480	0.344	0.214
0.73	0.608	0.452	0.316	0.186
0.74	0.580	0.425	0.289	0.158
0.75	0.553	0.398	0.262	0.132
0.76	0.527	0.371	0.235	0.105
0.77	0.500	0.344	0.209	0.078
0.78	0.474	0.318	0.182	0.052
0.79	0.447	0.292	0.156	0.026
0.80	0.421	0.266	0.130	
0.81	0.395	0.240	0.104	
0.82	0.369	0.214	0.078	
0.83	0.343	0.188	0.052	
0.84	0.317	0.162	0.026	
0.85	0.291	0.135		
0.86	0.265	0.109		
0.87	0.238	0.082		
0.88	0.211	0.055		
0.89	0.184	0.027		
0.90	0.156			

—
Tableau 4.7

—
Tableau 4.8
Facteurs de
puissance pour
les moteurs
à induction

Valeurs de facteur de puissance

Les valeurs de facteur de puissance à puissance nominale figurent dans les tableaux des caractéristiques techniques des catalogues produits.

Le tableau suivant donne les valeurs types. ABB peut fournir les valeurs garanties sur demande.

Comme le montre le tableau, un moteur avec un facteur de puissance de 0,85 a une valeur de 3/4 de charge de 0,81, à 1/2 charge de 0,72 et à 1/4 de charge de 0,54.

Facteur de puissance cos φ				
2 - 12 pôles				
1.25 x PN	1.00 x PN	0.75 x PN	0.50 x PN	0.25 x PN
0.92	0.92	0.90	0.84	0.68
0.91	0.91	0.89	0.83	0.66
0.90	0.90	0.88	0.82	0.64
0.89	0.89	0.87	0.81	0.62
0.88	0.88	0.86	0.80	0.60
0.88	0.87	0.84	0.76	0.58
0.87	0.86	0.82	0.73	0.56
0.86	0.85	0.81	0.72	0.54
0.85	0.84	0.80	0.71	0.52
0.84	0.83	0.78	0.70	0.50
0.84	0.82	0.76	0.66	0.46
0.84	0.81	0.74	0.63	0.43
0.83	0.80	0.73	0.60	0.40
0.82	0.79	0.72	0.59	0.38
0.82	0.78	0.71	0.58	0.36
0.81	0.77	0.69	0.55	0.36
0.81	0.76	0.68	0.54	0.34
0.80	0.75	0.67	0.53	0.34
0.79	0.74	0.66	0.52	0.32
0.78	0.73	0.65	0.51	0.32
0.78	0.72	0.62	0.48	0.30
0.78	0.71	0.61	0.47	0.30
0.77	0.70	0.60	0.46	0.30

—
Tableau 4.8

Tableau 4.9
Débit et vitesse
de l'air

4.11 Débit et vitesse de l'air

Si le moteur est commandé sans auto-refroidissement, il convient de fournir un refroidissement suffisant par d'autres moyens. Le débit et la vitesse de l'air entre les nervures de la carcasse du moteur doivent au minimum répondre aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous. Les valeurs correspondent à une alimentation réseau à 50 Hz ; avec une alimentation à 60 Hz, une augmentation de 20 % est requise.

Hauteur d'axe	Nombre de pôles	Vitesse de l'air m/s	Débit de l'air m³/s
280	2	9.6	0.46
	4	8.5	0.39
	6	6.5	0.32
	8	7.6	0.36
315 SM, ML	2	8.3	0.46
	4	9.4	0.56
	6	7.5	0.4
	8	7.6	0.43
315 LK	2	7.8	0.47
	4	15	0.80
	6	9.5	0.53
	8	8.8	0.49

Hauteur d'axe	Nombre de pôles	Vitesse de l'air m/s	Débit de l'air m³/s
355	2	10	0.82
	4	13	1.1
	6	11.5	1.0
	8	8.5	0.7
400	2	15	1.4
	4	13	1.25
	6	11	1.1
	8	8	0.8
450	2	15	2.0
	4	15	2.0
	6	13	1.7
	8	10	1.25

Tableau 4.9

Figure 4.6
Couplage
des moteurs
triphasés
mono-vitesse

4.12 Schémas de couplage

Couplage des moteurs triphasés mono-vitesse

Figure 4.7
Options de
couplage
des moteurs
bivitesse

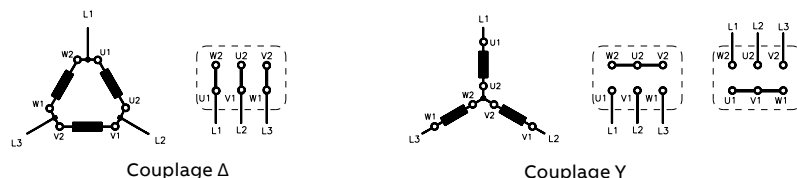


Figure 4.6

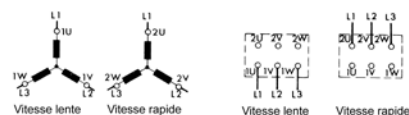
Couplage des moteurs bivitesse

Les moteurs bivitesse sont normalement couplés comme illustré ci-dessous (cf. sens de rotation dans le chapitre Normes). En exécution normale, la boîte à bornes des moteurs compte six bornes plus une borne de terre. Les moteurs à deux enroulements séparés sont généralement couplés Δ - Δ . Ils peuvent également être couplés Y/Y , Y/Δ ou Δ/Y . Les moteurs à enroulement unique (couplage Dahlander) sont couplés Δ/YY lorsqu'ils sont destinés à des entraînements à couple constant. Dans le cas d'un entraînement de ventilateur, le couplage sera Y/YY .

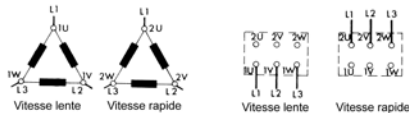
Un schéma de couplage accompagne chaque moteur livré.

Lors du démarrage d'un moteur en couplage $Y \Delta$, l'utilisateur doit toujours se conformer au schéma de couplage fourni par le constructeur du démarreur.

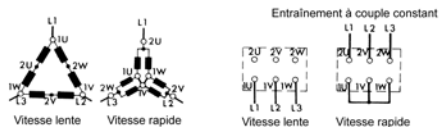
1. Deux enroulements séparés Y/Y



2. Deux enroulements séparés Δ/Δ



3. Couplage Dahlander Δ/YY



4. Couplage Dahlander Y/YY

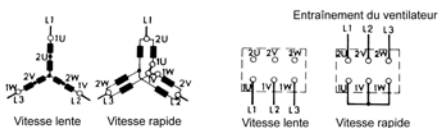


Figure 4.7



Conception mécanique

Ce chapitre présente les principales pièces d'un moteur à induction ainsi que la conception mécanique des pièces importantes pour l'utilisation du moteur : carcasse, boîte à bornes, roulements et trous de purge.

Il présente également les éléments de base pour les efforts radiaux et axiaux ainsi que les normes définissant les exigences d'équilibrage du moteur, les mesures de vibrations et le traitement de surface.

Conception mécanique

5.1 Construction du moteur

Le moteur à induction est un moteur électrique qui utilise la puissance électrique pour induire la rotation du rotor. Les principales pièces du moteur à induction et leurs fonctions sont les suivantes.

Stator - partie stationnaire du moteur qui entoure le rotor. Le stator est constitué de fils de cuivre (enroulements) bobinés entre ses encoches pour transporter le courant d'alimentation et induire un champ magnétique rotatif et interagir avec le rotor.

Rotor - partie rotative du noyau du moteur fixée à l'arbre. Le rotor est constitué d'un empilement de fines tôles d'acier et d'une construction en cage de barres conductrices qui réagissent avec le champ magnétique du moteur et produisent le couple qui permet de faire tourner l'arbre.

Arbre - partie rotative la plus profonde du moteur qui transmet la puissance de rotation du moteur à l'application fixée côté accouplement du moteur.

Roulements - les roulements entourent l'arbre du moteur aux deux extrémités et réduisent le frottement entre la carcasse du moteur et l'arbre.

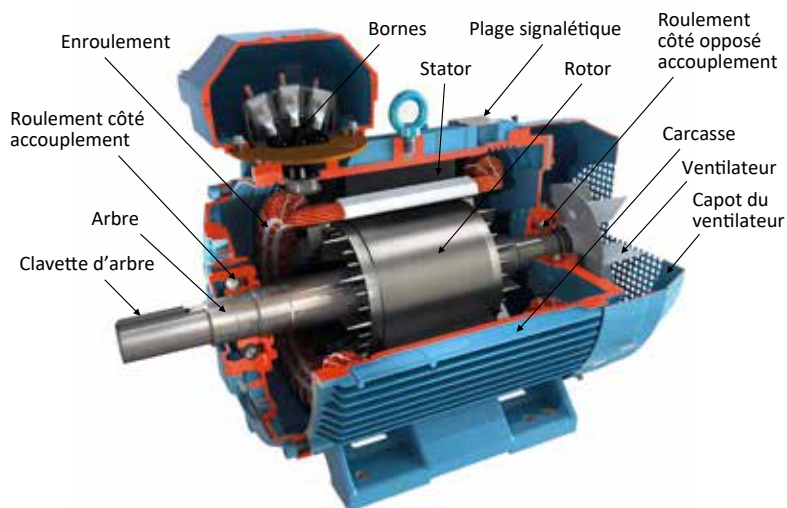
Carcasse – boîtier en fonte ou en aluminium qui couvre les pièces du noyau du moteur et fournit les raccords électriques.

Côté accouplement - extrémité d'entraînement du moteur.

Côté opposé à l'accouplement - extrémité isolée du moteur.

—
Figure 5.1
Section d'un
moteur fonte
à induction

Section d'un moteur à induction triphasé et de ses pièces principales.



—
Figure 5.1

5.2 Construction de la carcasse

Les moteurs électriques fermés sont disponibles avec carcasse aluminium et fonte pour différents domaines d'application. Les moteurs fonte sont généralement utilisés dans les industries lourdes exigeant une meilleure durabilité par rapport aux produits chimiques et à la corrosion, alors que les moteurs aluminium sont mieux adaptés aux applications plus légères telles que les pompes et les ventilateurs.

—
Figure 5.2
Bride de
raccordement
avec câble

—
Figure 5.3
Adaptateur
d'angle et
passes-câbles
étanches

5.3 Boîtes à bornes

Les boîtes à bornes sont montées sur le dessus du moteur ou sur le côté. Les détails techniques peuvent varier selon le type. Les informations les plus récentes sont disponibles dans les catalogues produits correspondants.

Les boîtes à bornes des moteurs aluminium en hauteurs d'axe 56 à 180 sont généralement dotées d'ouvertures prédécoupées. Les hauteurs d'axes 200 à 250 ont une boîte à bornes avec deux plaques d'entrée de câbles.

Les boîtes à bornes des moteurs fonte en hauteurs d'axe 71 à 250 sont équipées d'entrées pour presse-étoupes obturées par bouchon. Dans les moteurs en hauteurs d'axe 280 à 450, la boîte à bornes est équipée de presse-étoupes ou de boîtes de jonction (Figures 5.2 et 5.3). Une grande variété de presse-étoupes et de boîtes de jonction sont disponibles en option, également équipés de modules CEM et de serre-fils.

La boîte à bornes est en fonte ou en aluminium en fonction du type de moteur. La boîte à bornes principale est fixée sur le dessus, sur le côté, ou à un angle de 45 degrés sur le côté. Elle peut également être raccordée au moteur avec des câbles étendus, appelés « fils volants ». En cas d'accessoires (p. ex. thermistances ou éléments chauffants), une ou plusieurs boîtes à bornes supplémentaires peuvent être fixées sur le moteur. Les conceptions non standard des boîtes à bornes, telles qu'une taille non standard ou un degré de protection plus élevé, sont disponibles en option.

Un moteur standard est généralement doté de six raccordements de phase et d'au moins un raccordement de mise à la terre (Figures 5.4 et 5.5). Les pièces de raccordement nécessaires et un schéma de couplage sont fournis avec le moteur, sous le capot de la boîte à bornes.



Figure 5.2



Figure 5.3



Figures 5.4–5.5

Figures 5.4–5.5
Boîtes à bornes
types pour les
hauteurs d'axe
71 à 250 (5.4) et
280 à 315 (5.5)

Figure 5.6
Boîte à bornes
intégrée dans
la carcasse
du moteur

La boîte à bornes des moteurs aluminium permet l'entrée de câbles de deux côtés. Dans les petits moteurs, le boîtier est intégré dans la carcasse du moteur et est équipé d'une bride borgne avec ouvertures prédécoupées des deux côtés (Figure 5.6). Les moteurs aluminium plus grands sont équipés de deux brides de raccordement des deux côtés. Dans les moteurs fonte de hauteurs d'axe 71 – 132, la boîte à bornes est intégrée dans la carcasse, avec raccordement coté droit (vue depuis le côté accouplement). La boîte à bornes des hauteurs d'axe 160 – 355 est orientable dans les quatre directions ($4 \times 90^\circ$) et en hauteurs d'axe 400 – 450 dans deux directions ($2 \times 180^\circ$) pour permettre l'entrée de câbles des deux côtés du moteur. Le boîtier orientable $4 \times 90^\circ$ est disponible en option pour plusieurs autres types de moteurs également.

Le degré de protection de la boîte à bornes standard est IP 55.



Figure 5.6

Pour que la boîte à bornes soient équipées des raccordements adaptés, consulter le catalogue produit spécifique pour plus d'informations sur les ouvertures à brides, les diamètres des câbles, etc.

5.4 Roulements

Les moteurs sont normalement équipés de roulements à gorge profonde à une seule rangée de billes. Les références complètes des roulements figurent sur la plaque signalétique de la plupart des moteurs.

Lorsque le roulement côté accouplement du moteur est remplacé par un roulement à rouleaux de type NU- ou NJ-, des efforts radiaux admissibles plus élevés peuvent être gérés. Les roulements à rouleaux sont plus particulièrement adaptés aux entraînements à courroie.

En cas d'efforts axiaux importants, des roulements à billes à contact oblique doivent être utilisés. Ce type de roulement est généralement nécessaire lorsque les moteurs sont montés verticalement. Lors de la commande d'un moteur à roulements à billes à contact oblique, la position de montage ainsi que la direction et la valeur de l'effort axial doivent être précisées.

Les roulements à contact oblique simple ne sont pas adaptés aux moteurs montés horizontalement avec d'éventuels efforts axiaux faibles. Les roulements à billes à contact oblique double disposés dos à dos ou face à face sont recommandés en cas d'efforts axiaux bas dans un moteur monté horizontalement, ou si la direction de l'effort axial peut changer. Consulter le catalogue produit du moteur en question pour plus d'informations sur les roulements.

Durée de vie des roulements

La durée de vie normale d'un roulement (L10h) telle que définie et préconisée par l'ISO 281, correspond au nombre d'heures de fonctionnement atteint ou dépassé par 90 % des roulements identiques fonctionnant dans des conditions spécifiques. 50 % des roulements atteignent au moins cinq fois cette durée de vie.

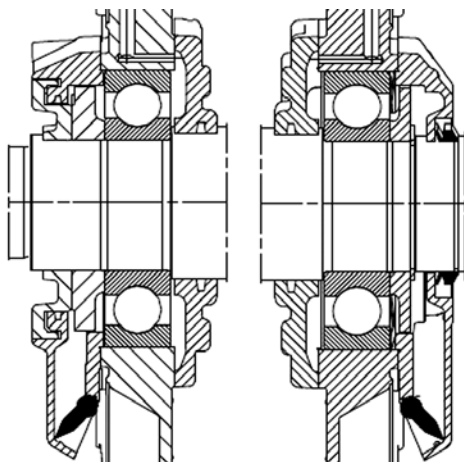
La durée de vie nominale des roulements est celle atteinte ou dépassée par 90 % des roulements identiques avant les premiers signes d'usure matérielle. Une couche suffisante de graisse dans le roulement et l'utilisation d'une application correcte sont des conditions essentielles pour garantir une durée de vie nominale. Par définition, 10 % des roulements peuvent tomber en panne avant d'atteindre leur durée de vie nominale. Par conséquent, la durée de vie des roulements ne doit jamais être confondue avec la période de garantie.

Les valeurs habituelles pour la durée de vie des roulements des moteurs standard sont de 40 000 h pour un entraînement par courroie et 100 000 h pour un couplage direct.

—
Figure 5.7
Dispositions
des roulements
dans les
moteurs
fonte Process
Performance
de hauteurs
d'axe 280 à 450

Taille des roulements

La fiabilité est le critère prioritaire de dimensionnement des roulements, établi sur la base des spécificités des applications les plus courantes, de la charge et de la taille du moteur. ABB utilise des roulements de la série 63 particulièrement robustes pour une durée de vie et des capacités de charge élevées. Les roulements de la série 62 sont caractérisés par des pertes et des niveaux de bruit inférieurs, et des vitesses maximales supérieures. Consulter les catalogues produits et les plaques signalétiques des moteurs pour les types exacts de roulements.



—
Figure 5.7

5.5 Trous de purge et humidité

L'humidité absolue correspond à la quantité d'eau (g/m^3) dans un certain volume d'air. Sa valeur, appelée valeur de saturation, augmente avec la température. L'humidité relative est le rapport entre l'humidité absolue de l'air et la valeur de saturation à une certaine température ambiante. Lorsque l'air refroidit sous la température à laquelle le point de rosée est atteint (humidité relative de 100 %), de la condensation se forme sur les surfaces froides.

L'humidité est un risque pour la surface externe du moteur, mais elle peut également entraîner une corrosion interne.

Lorsque des machines fermées chauffent, l'air à l'intérieur se dilate ; lorsqu'elles refroidissent, le volume d'air diminue. L'augmentation et la diminution de volume dépend de la différence de température avec l'air ambiant. Lorsque le moteur refroidit, il peut aspirer des particules et de l'humidité qui pourraient endommager les roulements et l'isolation. Les trous de purge permettent d'éviter la ventilation à travers les roulements et la boîte à bornes. Les trous de purge peuvent être ouverts et fermés avec des bouchons en plastique.

Lorsque la différence de température avec l'air ambiant est élevée, les éléments chauffants installés sur les têtes d'enroulement peuvent être nécessaires pour empêcher la corrosion des enroulements. Si la présence d'humidité dans le moteur est suspectée, des mesures spéciales, telles que les mesures de la résistance d'isolement ou le séchage dans un four, doivent être appliquées pour éviter un endommagement permanent du moteur.

5.6 Efforts radiaux et axiaux externes du moteur

Selon l'usage prévu, et outre le couple de rotation toujours présent lorsque le moteur tourne, l'extrémité de l'arbre peut être affectée par des efforts radiaux ou axiaux externes. Les efforts radiaux sont perpendiculaires à l'arbre, alors que les efforts axiaux sont linéaires avec l'arbre. Des efforts radiaux et axiaux peuvent également être exercés simultanément sur l'extrémité de l'arbre. Les efforts radiaux et axiaux maximum sont indiqués en Newton dans les catalogues produits pour chaque type de moteur. En cas d'efforts radiaux, il est essentiel de connaître la position exacte de la charge sur l'extension d'arbre. Si l'extension d'arbre est affectée simultanément par des efforts radiaux et axiaux, la capacité de charge du moteur doit être vérifiée au cas par cas avec ABB.

5.7 Équilibrage

Le rotor est équilibré dynamiquement dans la clavette de l'extension d'arbre avec une demi-clavette (équilibrage demi-clavette) conformément à la norme ISO 8821. L'équilibrage avec une clavette entière ou sans clavette est également disponible sur demande. Par défaut, les moteurs ABB sont équilibrés au grade G2.5 conformément à l'ISO 1940/1. L'équilibrage au grade G1 est disponible sur demande. Si le moteur est commandé avec une classe de vibrations plus élevée B (voir Vibrations), le grade d'équilibrage du rotor est G1 par défaut.

Deux possibilités permettent de vérifier la qualité de l'équilibrage par la suite : extraction du rotor en-dehors du moteur et installation sur une machine d'équilibrage, ou contrôle avec un outil de mesure des vibrations. Ce contrôle peut être effectué comme suit : Soulever le moteur avec un anneau de levage et le laisser suspendu, ou le placer sur un caoutchouc souple, par exemple. Faire tourner le moteur à la vitesse nominale et vérifier le niveau de vibration. Le niveau de vibration mesuré doit être inférieur à 1,5 mm/s (eff) pour un nouveau moteur.

Tableau 5.1
Limites de
l'amplitude
maximale de
vibration en
déplacement,
vitesse et
accélération
(eff) pour une
hauteur d'axe H

5.8 Vibrations

Les valeurs efficaces (eff) de vitesse de vibration sont définies dans la norme IEC 60034-14 (voir Tableau 5.1). Les exigences s'appliquent sur la plage de mesure de 10 à 1000 Hz. L'objectif de cette norme est de mesurer le comportement des vibrations d'une machine seule à vide, dans des conditions définies de manière reproductible et comparable, le moteur placé sur un support élastique. Toutefois, bien que la gravité des vibrations dépende du grade d'équilibrage utilisé, elle dépend également essentiellement des propriétés de couplage de la machine entraînée et des pièces de couplage utilisées.

Origines possibles de vibrations importantes des moteurs couplés : équilibrage incorrect (demi-clavette / clavette entière), alignement imprécis du moteur avec une machine couplée et résonance du système (moteur et fondation). Les moteurs ABB satisfont par défaut à un niveau de vibration de grade A.

Les vibrations sont exprimées en mm/s eff.

Grade de vibration	Hauteur d'axe, montage mm	56 ≤ H ≤ 132			132 < H ≤ 280			H > 280		
		Déplac. µm	Vit. mm/s	Acc. m/s²	Déplac. µm	Vit. mm/s	Acc. m/s²	Déplac. µm	Vit. mm/s	Acc. m/s²
A	Montage rigide	25	1.6	2.5	35	2.2	3.5	45	2.8	4.4
	Suspension libre	21	1.3	2.0	29	1.8	2.8	37	2.3	3.6
B	Suspension libre	11	0.7	1.1	18	1.1	1.7	29	1.8	2.8
	Montage rigide		-		14	0.9	1.4	24	1.5	2.4

Tableau 5.1

Tableau 5.2
Catégories
de corrosion at-
mosphérique et
environnement
recommandé

5.9 Traitement de surface

Le classement des traitements de surface des moteurs ABB se base sur la norme ISO 12944. La norme ISO 12994-5 divise la durabilité du système de peinture en 3 catégories : basse (L), moyenne (M) et haute (H). La durabilité basse (L) correspond à 2 - 5 ans, la durabilité moyenne (M) à 5 - 15 ans et la durabilité haute (H) à plus de 15 ans.

La durabilité ne représente pas une durée garantie. Il s'agit plutôt d'une considération technique permettant au propriétaire du moteur d'établir un programme de maintenance. La maintenance est souvent nécessaire à des intervalles plus fréquents en raison de la décoloration, du poudrage, d'une contamination, de l'usure et de la détérioration ou pour toute autre raison.

Le traitement de surface standard ABB applique la catégorie de corrosion C3, durabilité M (qui correspond à la corrosion moyenne et à une durabilité moyenne). Un traitement de surface spécial est disponible dans les catégories de corrosion.

C4 et C5-M, classe de durabilité M pour les deux. Voir le tableau ci-dessous pour plus de détails. Un traitement de surface conforme aux exigences NORSOK pour les environnements offshore est également disponible en option.

La couleur standard ABB pour les moteurs est le bleu Munsell 8B 4.5/3.25.

Catégories de corrosion	Atmosphères extérieures	Atmosphères intérieures	Moteurs ABB
C1 - Très basse	Non utilisé	Bâtiments chauffés avec atmosphères propres.	Indisponible
C2 - Basse	Atmosphères à faible degré de pollution, principalement les zones rurales.	Bâtiments non chauffés présentant de la condensation, par ex. dépôts, salles de sport.	Indisponible
C3 - Moyenne	Atmosphères urbaines et industrielles, pollution modérée au dioxyde de soufre. Zones côtières avec une faible salinité.	Centres de production avec une forte humidité et de la pollution atmosphérique, par ex. usines de transformation d'aliments, laveries, brasseries, laiteries.	Traitement de surface standard
C4 - Haute	Zones industrielles et zones côtières avec une salinité modérée.	Usines chimiques, piscines, chantiers navals côtiers.	Traitement optionnel, code option 115
C5-I - Très haute (industrie)	Zones industrielles et zones côtières avec une forte humidité et une atmosphère agressive.	Bâtiments ou zones avec une condensation quasiment permanente et une forte pollution.	Indisponible
C5-M - Très haute (marine)	Zones côtières et offshore avec une forte salinité.	Bâtiments ou zones avec une condensation quasiment permanente et une forte pollution.	Traitement optionnel, code option 754

Tableau 5.2

Bruit

Le bruit fait aujourd'hui l'objet d'une réglementation très stricte, avec des niveaux maximum autorisés. Ainsi, réduire le bruit de nos moteurs est pour nous un axe majeur de développement.

Bruit

—
Figure 6.1 Plage
d'audition
humaine

6.1 Niveau de pression acoustique et puissance acoustique

Le son est une onde de pression envoyée par une source à travers un milieu (généralement l'air) dans lequel il est immergé. La pression acoustique est mesurée en décibels (dB) lors d'un essai de bruit. Le rapport entre le seuil d'audition et le seuil de lésion est de 1:10 000 000. L'écart de pression étant trop énorme et le bruit mesuré augmentant de 10 dB à chaque doublement du niveau acoustique, une échelle logarithmique est utilisée :

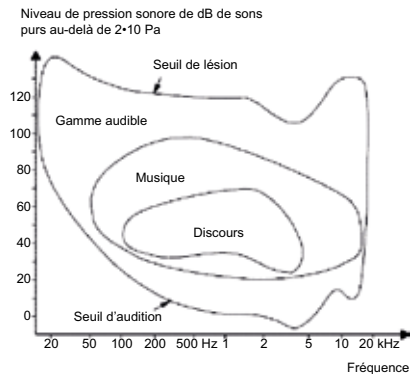
$$\text{Niveau de pression acoustique } L_p = 10 \log [(p/p_0)^2] \quad [\text{dB}]$$

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ est le seuil d'audition d'une personne moyenne

p = pression mesurée [Pa]

La pression acoustique est mesurée dans une salle d'essai pour éliminer l'effet du bruit réfléchi et des sources externes. Un microphone est placé en plusieurs points autour du moteur pour mesurer le bruit émis dans différentes directions. Généralement, la distance entre le microphone et la surface du moteur est de un mètre. Le niveau acoustique variant dans les différentes directions du fait de l'influence des sources internes, une tolérance de 3 dB est appliquée au niveau de pression acoustique moyen. Les informations sur le niveau de pression acoustique ont du sens uniquement si la distance à partir de la source acoustique est indiquée. Par exemple, $L_p = 80 \text{ dB}$ à une distance de un mètre d'une source acoustique correspond à 70 dB à trois mètres.

Le niveau de pression acoustique mesuré L_p peut être converti en puissance rayonnée par la source sonore, pour déterminer le niveau de puissance acoustique L_w . La formule est la suivante : $L_w = L_p + L_s$ (L_s est calculé à partir de la surface de mesure, conformément à l'ISO). Ainsi, le niveau de puissance acoustique est généralement supérieur au niveau de pression acoustique correspondant. Veiller à ne pas confondre les quantités.



—
Figure 6.1

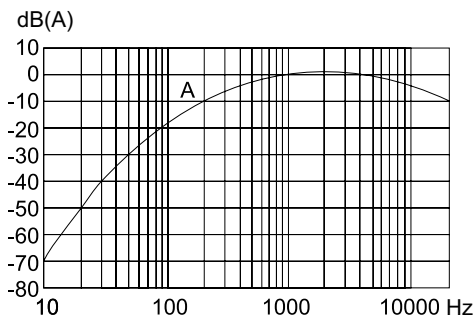
—
Figure 6.2
Caractéris-
tiques de
filtre pour une
pondération A

L'utilisation de la puissance acoustique au lieu de la pression acoustique pour décrire les émissions sonores d'un moteur est encouragée : car la pression acoustique dépend de la distance et des facteurs environnementaux (réflexions), alors que la puissance acoustique est fixe. Cela peut être comparé à l'utilisation d'un radiateur : si vous utilisez un radiateur électrique 1000 W pour chauffer une pièce, la température finale de la pièce dépend de l'isolation des murs, de la taille de la pièce, etc. Ici, la température est analogique à la pression acoustique.

6.2 Filtres de pondération

Des amplificateurs et différents filtres sont utilisés pour mesurer bruit global. Généralement, seul le chiffre LpA est indiqué. Il correspond le mieux à la perception auditive.

Les filtres couvrent la plage de fréquences complète, mais n'atténuent ou n'amplifient qu'une partie donnée. Les courbes de fréquence résultantes correspondent aux courbes 40, 70 et 100 pour les sons purs.



—
Figure 6.2

Figure 6.3
Courbes
d'évaluation
du bruit (NR)

6.3 Bandes d'octaves

Le niveau de pression acoustique moyen est mesuré avec un filtre large à bande couvrant la bande de fréquences complète. Les mesures sont également réalisées avec un filtre à bande étroite pour définir le niveau acoustique par bande d'octaves (bande de fréquences), car la sensibilité de l'oreille humaine dépend de la bande d'octaves.

Analyse en bande d'octaves

Pour avoir une idée des caractéristiques du bruit global, il s'est avéré utile de diviser la gamme de fréquences en bandes d'octaves avec un rapport de 1:2 entre les fréquences limites de la bande. En général, la gamme de fréquences est désignée par la fréquence centrale de la bande. Les valeurs dB mesurées pour toutes les bandes d'octaves sont généralement représentées sous la forme d'un abaque de bandes d'octaves.

Une série d'abaques de bruit, appelées abaques NR, a été définie par l'ISO pour exprimer le degré subjectif de gêne des différents bruits. Ces abaques sont destinés à être utilisés lors de l'évaluation du risque de lésion de l'oreille. D'autres systèmes existent. Les valeurs des abaques NR désignent le degré de bruit.

Pour la bande d'octaves d'une fréquence centrale de 1 000 Hz, la valeur est égale au niveau de pression acoustique en dB. L'abaque NR qui touche l'abaque acoustique du moteur en question détermine le niveau de bruit du moteur. Le tableau ci-dessous explique l'utilisation des valeurs de bruit. Il définit la durée pendant laquelle une personne peut rester dans un environnement bruyant sans souffrir de lésions irréversibles de l'ouïe.

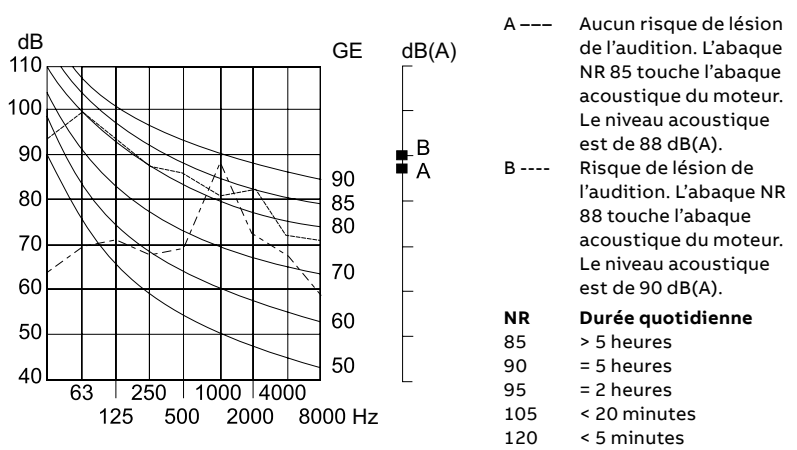


Figure 6.3

Figure 6.4 Effet des sources acoustiques sur le niveau totale de pression acoustique

6.4 Sources acoustiques supplémentaires

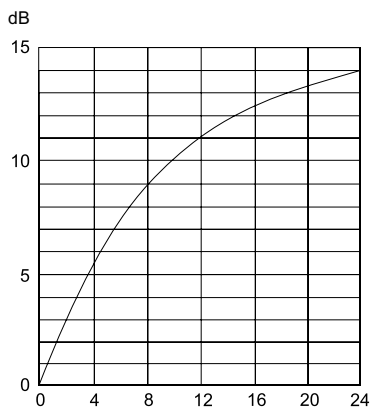
Perception des variations du niveau sonore

Une variation de 1 dB du niveau sonore est à peine perceptible, alors qu'une variation de 10 dB est perçue comme la moitié ou le double du niveau sonore.

Les abaques ci-dessous donnent le niveau total de pression acoustique lorsque plusieurs sources sonores sont présentes. Par exemple, l'abaque A montre que le niveau de pression acoustique sera supérieur de 3 dB si le niveau acoustique de deux sources sonores identiques sont ajoutés. L'abaque B montre la variation de la pression du niveau sonore lorsque les sources sonores sont caractérisées par différentes pressions.

Toutefois, pour pouvoir ajouter ou soustraire des valeurs logarithmiques, elles doivent être au préalable converties en valeurs absolues. Une méthode plus simple consiste à utiliser les abaques ci-dessous.

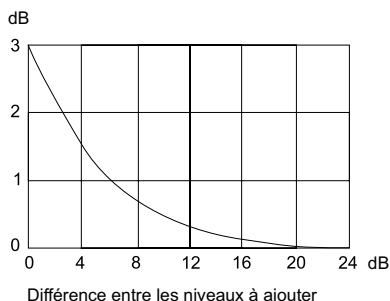
Augmentation du niveau de pression acoustique global



Nombre de sources sonores de puissance égale

Addition de plusieurs sources sonores équivalentes. L'addition de deux de ces sources augmente le niveau global de 3 dB ; l'addition de quatre sources l'augmente de 6 dB, etc.

Augmentation du niveau de pression acoustique global



Addition de deux niveaux différents. Lorsque l'écart entre les deux niveaux de pression sonore est supérieur à 10 dB, l'incidence du niveau le plus bas sur le niveau global est tellement minime qu'il peut ne pas être pris en compte.

Figure 6.4

6.5 Composantes de bruit d'un moteur

Les émissions de puissance acoustique totale d'un moteur peuvent être considérées comme une combinaison de trois sources non-corrélées agissant ensemble. Ces sources sont des sources sonores magnétiques, de refroidissement, et mécaniques ou rotationnelles. Le bruit magnétique provient des variations temporelles et spatiales de la répartition de l'effort magnétique dans l'entrefer. L'utilisation d'un ventilateur de refroidissement crée la plupart du bruit de refroidissement. Le bruit rotationnel est généré lorsque 1) un corps non lisse (rotor) tourne dans une cavité qui présente des obstacles et des discontinuités, et 2) l'arbre et les roulements interagissent. L'amplitude de chaque source dépend du type de moteur. Les principaux facteurs affectant chacune des sources dans un moteur sont :

Bruit magnétique P_{magn} [W]

- charge de l'arbre
- tension, courant, fréquence et type d'alimentation
- paramètres des enroulements
- géométrie des encoches
- saturation, excentricité, etc.

Bruit de refroidissement P_{refr} [W]

- type de ventilateur : axial, radial ou à courant mixte
- vitesse de rotation et diamètre du ventilateur
- vitesse du débit d'air
- méthode de refroidissement ; fermé par rapport à ouvert, eau par rapport à air

Bruit mécanique ou rotationnel P_{rot} [W]

- type de refroidissement : fermé ou ouvert
- type de roulements
- vitesse

Le niveau de puissance acoustique total L_{Wtot} d'une machine électrique en décibels peut être exprimé comme suit

$$L_{\text{Wtot}} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{magn}} + P_{\text{refr}} + P_{\text{rot}}}{P_{\text{réf}}} \right)$$

Où $P_{\text{réf}} = 1 \text{ pW}$ est la puissance acoustique de référence. L'équation montre que le niveau de puissance acoustique total d'une machine électrique est le résultat de toutes les sources.

L'équation est utile lorsqu'on considère la réduction de la puissance acoustique totale d'une machine électrique. Les mesures de réduction doivent d'abord être appliquées à la source dominante. Les exemples suivants clarifient ce concept :

- Pour un moteur 2 pôles à refroidissement direct, le bruit de refroidissement produit 99 % de la puissance acoustique totale, ce qui signifie que ni la capacité de charge ni l'alimentation du convertisseur n'augmenteront le niveau de puissance acoustique total de la machine.
- Pour une machine fermée 8 pôles avec refroidissement par eau, le bruit magnétique domine la puissance acoustique totale et ainsi, la capacité de charge et/ou l'alimentation du convertisseur augmenteront le niveau de puissance acoustique dans une certaine mesure.
- Avec une alimentation sinusoïdale, la capacité de charge de la machine peut augmenter la puissance acoustique magnétique de manière significative, mais avec l'alimentation du convertisseur de fréquence, l'augmentation de la puissance acoustique est généralement plus petite.
- Le bruit de refroidissement peut être réduit en optimisant la conception du ventilateur. De même, augmenter le rendement global du moteur permet de réduire le diamètre du ventilateur. Toutefois, la taille du ventilateur doit être suffisante pour que le débit d'air assure le bon refroidissement du moteur.
- Le niveau sonore des gros moteurs peut être réduit en installant un silencieux. Sur les gros moteurs 2 pôles, un ventilateur unidirectionnel qui tourne dans une direction seulement et est ainsi moins bruyant peut être utilisé.
- Avec un service de convertisseur MLI fixe, le bruit du moteur produit dans certaines bandes d'octaves peut varier considérablement en fonction de la fréquence de commutation du convertisseur. Le convertisseur ne produit pas de tension sinusoïdale. Toutefois, les convertisseurs de fréquence ABB à technologie DTC n'ayant pas de fréquence de commutation fixe, le niveau acoustique est beaucoup plus faible que si un convertisseur à fréquence de commutation fixe était utilisé avec le même moteur.

Tableau 6.1
Niveaux de
pression
acoustique pour
les moteurs
aluminium

6.6 Niveaux de pression acoustique

Les deux tableaux suivants présentent les niveaux de pression acoustique pour les moteurs Process Performance dans un réseau 400 V, à un service net de 50 Hz. Nous utilisons toujours la pression acoustique pour décrire les niveaux sonores dans les moteurs basse tension, car de nombreuses données de référence utilisent la même grandeur.

Pour convertir globalement le niveau de pression acoustique en puissance acoustique, ajouter simplement la valeur de référence dans la dernière colonne à la valeur de pression acoustique donnée. Les deux grandeurs sont indiquées en décibel. Les valeurs de conversion données sont uniquement approximatives et varieront également en fonction de la longueur et du type de moteur.

Hauteur d'axe	2 pôles dB(A)	4 pôles dB(A)	6 pôles dB(A)	8 pôles dB(A)	Ajouter pour obtenir la puissance acoustique
63	54	40	38	32	5
71	58	45	42	43	6
80	60	50	47	50	6
90	63	50	44	52	7
100	62	63	49	53	7
112	68	64	56	55	8
132	73	66	61	58	8
160	69	65	59	59	9
180	69	62	59	59	9
200	72	63	63	68	10
225	74	66	63	60	10
250	75	67	63	63	11
280	75	67	63	63	11

Tableau 6.1

Hauteur d'axe	2 pôles dB(A)	4 pôles dB(A)	6 pôles dB(A)	8 pôles dB(A)	Ajouter pour obtenir la puissance acoustique
71	58	45	42	43	6
80	60	50	47	50	6
90	69	56	44	53	7
100	68	58	49	53	7
112	70	59	66	55	8
132	70	67	57	58	8
160	69	62	59	59	9
180	69	62	59	59	9
200	72	63	63	60	10
225	74	66	63	63	10
250	75	67	66	65	11
280	77	75	70	72	12
315	78	78	70	72	13
355	83	78	75	75	14
400	82	78	77	71	15
450	85	85	81	80	15

Tableau 6.2

Installation et maintenance

Chaque moteur doit être installé et entretenu conformément au manuel inclus dans la livraison du moteur. Les instructions d'installation et de maintenance de ce chapitre sont génériques.

Installation et maintenance

7.1 Contrôle de réception

1. A la livraison, vérifiez l'état de l'équipement. Tout dommage doit être immédiatement signalé au transporteur.
2. Vérifiez les valeurs de la plaque signalétique, plus particulièrement la tension et le couplage (étoile ou triangle).
3. Démontez l'éventuel dispositif d'immobilisation, et tournez l'arbre à la main pour vérifier qu'il tourne librement.

7.2 Mesure de la résistance d'isolement

La résistance d'isolement du moteur doit être mesurée avant sa mise en service ou si les enroulements sont susceptibles d'être humides.

La résistance, corrigée à 25 °C, doit être supérieure à la valeur de référence, 10 M Ω (mesuré sous 500 V ou 1000 V DC). La résistance d'isolement est réduite de moitié pour chaque augmentation de 20°C de la température de l'enroulement.



ATTENTION : la carcasse du moteur doit être reliée à la terre et les enroulements doivent être déchargés par rapport à la carcasse immédiatement après les mesures pour éviter tout risque de choc électrique.

Si la valeur de résistance de référence n'est pas atteinte, l'enroulement est trop humide et doit être séché en étuve à 90 °C pendant 12 à 16 heures, puis à 105 °C pendant 6 à 8 heures. Les éventuels bouchons de trou de purge doivent toujours être retirés avant le séchage en étuve, et les vannes de fermeture, le cas échéant, doivent être ouvertes.

Les enroulements humides du fait de l'eau de mer doivent généralement être rebobinés.

Tableau 7.1
Couples de serrage des vis et écrous en acier

7.3 Couple de serrage sur les bornes

Le tableau suivant est donné uniquement à titre d'exemple. Le matériau de la carcasse du moteur et le traitement de surface doivent être pris en compte lors de la détermination du couple de serrage.

Pas	4.60 Nm	6.8 Nm	8.8 Nm	10.9 Nm	12.9 Nm
M2.5	0.24	-	-	-	-
M3	0.42	-	-	-	-
M5	2	4	5	8	9
M6	3	7	9	13	15
M8	8	16	21	33	37
M10	16	32	43	63	73
M12	27	55	73	108	126
M14	44	88	117	172	200
M16	67	134	180	264	309
M20	130	262	363	517	605
M22	176	353	495	704	824
M24	226	450	625	890	1040
M27	330	660	915	1300	1530
M30	450	900	1250	1780	2080
M33	610	-	-	-	-
M36	780	-	-	-	-

Tableau 7.1

7.4 Fonctionnement

Conditions d'exploitation

Les moteurs BT sont conçus pour les applications industrielles dans les conditions suivantes.

- Plage normale de température ambiante : - 20 °C à + 40 °C
- Altitude maximale : 1000 m au-dessus du niveau de la mer
- La tolérance pour la tension d'alimentation est de $\pm 5\%$ et de $\pm 2\%$ pour la fréquence conformément à la norme EN/IEC 600034-1.

Sécurité

Tous les moteurs doivent être installés et exploités par un personnel qualifié et familier avec les exigences en termes d'hygiène et de sécurité et la législation nationale. Les équipements et dispositifs de sécurité et de prévention des accidents exigés par la réglementation locale en vigueur doivent toujours être disponibles sur le site de montage et d'exploitation.



ATTENTION

Les petits moteurs dont le courant d'alimentation est directement établi par des interrupteurs thermosensibles peuvent démarrer automatiquement.

Prévention des accidents

Des instructions spéciales peuvent également s'appliquer à certaines applications de moteur, telles que l'alimentation par convertisseur de fréquence.

7.5 Manutention

Entreposage

- Les moteurs doivent toujours être entreposés dans un endroit protégé de l'humidité et des poussières, et exempt de vibrations.
- Les surfaces usinées non protégées (bouts d'arbres et brides) doivent être traitées avec un revêtement anticorrosion.
- Il est recommandé de tourner les arbres à la main à intervalles réguliers pour prévenir tout écoulement de graisse.
- Si le moteur est doté d'éléments chauffants anti-condensation pour éviter la condensation, il est conseillé de les mettre sous tension.
- Les caractéristiques des condensateurs électrolytiques sur les moteurs monophasés, le cas échéant, devront être « réactivées » si le moteur est entreposé plus de 12 mois.

Transport

Pendant le transport, les moteurs équipés de roulements à rouleaux cylindriques et/ou à contact oblique doivent être sécurisés par des dispositifs de verrouillage.

Masse du moteur

La masse totale et le centre de gravité des moteurs de hauteur d'axe identique peuvent varier en fonction de leur puissance, de leur disposition de montage et des équipements auxiliaires. La masse réelle du moteur est indiquée sur la plaque signalétique.

7.6 Fondations

La préparation du support de montage du moteur (fondations) incombe à l'utilisateur final.

Les fondations doivent être lisses, de niveau et, si possible, exemptes de vibrations. Des fondations en béton sont donc préconisées. Les fondations métalliques doivent être traitées au revêtement anticorrosion.

Les fondations doivent être suffisamment stables pour supporter les efforts imposés en cas de court-circuit. Le couple de court-circuit est principalement une oscillation de type sinusoïdale amortie, qui peut donc prendre des valeurs positives ou négatives. Les efforts imposés aux fondations peuvent être calculés au moyen des tableaux de valeurs du catalogue moteur et de la formule suivante.

$$F = 0,5 \times g \times m + \frac{4 \times C_{\max}}{A}$$

où

- F = effort sur chaque côté, N
- g = accélération gravitationnelle, 9,81 m/s²
- m = masse du moteur, kg
- C_{max} = couple maximum, Nm
- A = distance latérale entre les perçages dans les pattes du moteur, m.

La dimension A est indiquée en millimètres sur le schéma d'encombrement du moteur.

La fondation doit être dimensionnée pour offrir une barrière de résonance suffisamment importante entre la fréquence naturelle de l'installation et toute fréquence parasite.

Fixation du moteur aux fondations

Le moteur doit être fixé au moyen de tiges filetées ou d'une plaque d'embase. Les moteurs pour entraînements à courroie doivent être montés sur glissières.

Boulonnez les éléments de fixation aux pattes du moteur une fois les goupilles insérées dans les trous alésés à cet effet. Les éléments doivent être fixés avec une cale de 1 à 2 mm d'épaisseur entre la tige et la patte ; voir les marquages sur les tiges de fixation et sur les pattes du stator. Placez le moteur sur les fondations et alignez l'accouplement. Utilisez un niveau à bulle ou laser pour vérifier que l'arbre est horizontal. La hauteur du châssis du stator peut être ajustée en réglant les vis ou les cales. Lorsque l'alignement est correct, scellez les blocs.

7.7 Alignement des accouplements

Les moteurs doivent être alignés avec précision. L'alignement est particulièrement important dans le cas de moteurs à accouplement direct. Un défaut d'alignement peut provoquer la détérioration des roulements, des vibrations, voire la rupture des bouts d'arbres. En cas de détérioration d'un roulement ou de vibrations, vérifiez immédiatement l'alignement.

La meilleure méthode pour obtenir un alignement correct consiste à monter deux comparateurs à cadran comme illustré (page 100). Chaque comparateur est fixé sur un demi-accouplement et indique l'écart d'alignement radial et axial. En tournant lentement les arbres tout en relevant les valeurs des cadrans, vous saurez quels réglages sont nécessaires. Les demi-accouplements ne doivent pas être boulonnés à fond, mais suffisamment pour être solidaires lorsqu'ils sont tournés.

Pour vérifier si les arbres sont parallèles, mesurez avec une jauge d'épaisseur la distance entre les bords extérieurs des demi-accouplements sur un point de la circonférence : voir Figure 7.2. Tournez ensuite les deux demi-accouplements ensemble sur 90°, sans modifier la position relative des arbres et remesurez exactement au même point. Mesurez à nouveau la distance après rotation sur 180° et 270°. Pour des accouplements de taille type, l'écart entre la mesure maxi et la mesure mini ne doit pas dépasser 0,05 mm.

Pour vérifier si les deux arbres sont dans l'axe, placez une règle en acier parallèle aux arbres sur la circonférence tournée d'un demi-accouplement et mesurez le jeu entre la circonférence de l'autre demi-accouplement et la règle en quatre points comme pour vérifier le parallélisme. L'écart entre la mesure maxi et la mesure mini ne doit pas dépasser 0,05 mm.

Lorsque vous alignez un moteur sur une machine dont la carcasse atteint une température différente de celle du moteur en service normal, les écarts de hauteur d'arbre du fait de la différence de dilatation thermique doivent être pris en compte. Pour le moteur, l'augmentation de la hauteur est d'environ 0,03 % entre la température ambiante et la température de fonctionnement à puissance maxi. Les instructions de montage des constructeurs de pompes, réducteurs, etc., précisent souvent les valeurs de dilatation thermique verticale et latérale de l'arbre à la température de fonctionnement. Ces informations doivent être prises en compte pour éviter les vibrations et autres problèmes en service.

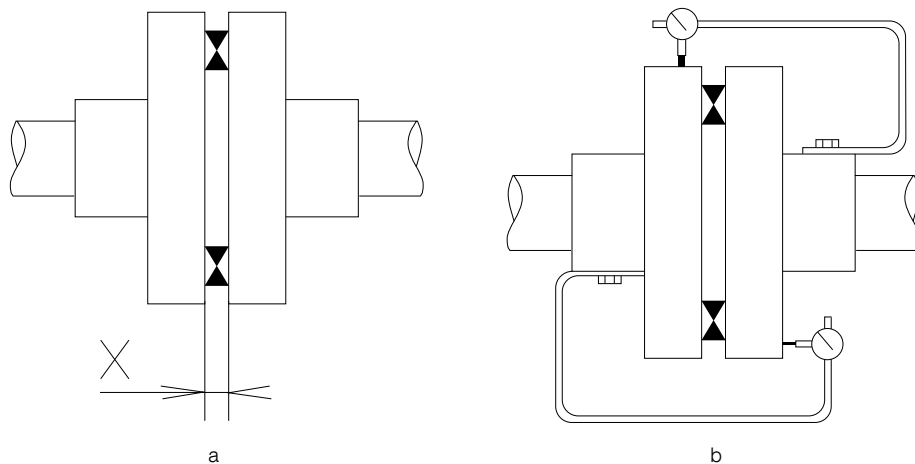


Figure 7.2

—
Figure 7.2 Écart
angulaire et
alignement
du moteur

7.7.1 Montage des poulies et des demi-accouplements

Lors du montage des poulies et des demi-accouplements, vous devez prendre les précautions nécessaires pour ne pas endommager les roulements. Vous ne devez jamais les monter de force ou par effet de levier. Les poulies et les demi-accouplements avec ajustement serré sont chauffés avant l'installation. Le chauffage de la poulie ou du demi-accouplement peut être effectué avec un chauffage par induction, un chalumeau ou dans un four.

Une poulie ou un demi-accouplement monté par ajustage gras sur l'arbre peut être inséré à la main sur environ la moitié de la longueur du bout d'arbre. Un outil spécial ou un boulon entièrement taraudé, un écrou et deux morceaux de tôle sont ensuite utilisés pour l'enfoncer complètement jusqu'à l'épaulement de l'arbre.

Figure 7.3
Fixation des
glissières

7.8 Glissières

Les moteurs d'entraînement à courroie doivent être montés sur des glissières comme illustrés à la Figure 7.3. Les glissières doivent être parfaitement horizontales et de niveau. Posez ensuite le moteur et les glissières sur les fondations en les alignant pour que le milieu de la poulie du moteur coïncide avec le milieu de la poulie de la machine entraînée. Vérifiez que l'arbre du moteur est parallèle à l'arbre de la machine et tendez la courroie conformément aux instructions du fournisseur. Ne pas dépasser les efforts maximum sur la courroie (efforts radiaux sur les roulements) indiqués dans le catalogue produit. La glissière côté courroie doit être positionnée pour que la vis de tension se trouve entre le moteur et la machine entraînée. La vis de l'autre glissière doit être de l'autre côté. Après avoir réalisé l'alignement, scellez les boulons de fixation des glissières.



ATTENTION

Ne pas tendre la courroie à l'excès. Une courroie trop tendue peut endommager les roulements et provoquer la rupture de l'arbre.

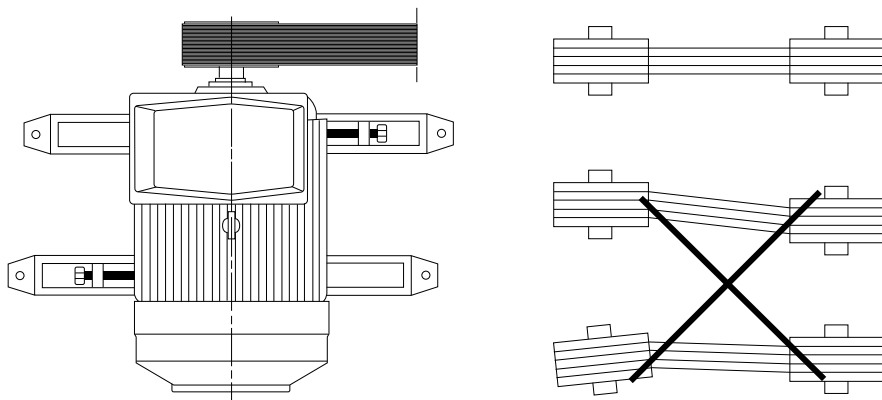


Figure 7.3

7.9 Montage des roulements

Les roulements doivent toujours faire l'objet d'une attention particulière.. Ils doivent être montés après réchauffage ou avec un outillage spécial et être démontés avec des extracteurs. La température maximale de chauffage est de 100 °C. Pour plus d'informations, contactez le fournisseur des roulements.

Le montage d'un roulement sur un arbre moteur peut se faire à froid ou à chaud. Le montage à froid convient uniquement aux petits roulements et aux roulements qui ne doivent être emmanchés que sur une courte longueur d'arbre. Pour le montage à chaud et lorsque le roulement est à emmanchement serré sur l'arbre, il doit au préalable être chauffé dans un bain d'huile ou avec un appareil de chauffage spécial. Il est ensuite emmanché sur l'arbre au moyen d'un manchon ou d'un outil spécial de montage prenant appui sur la bague interne du roulement. Les roulements remplis de graisse, généralement équipés de plaques d'étanchéité ou de plaques de blindage, ne doivent pas être chauffés.

7.10 Lubrification

Le choix des roulements de même que leur système de lubrification sont des composantes essentielles de la fiabilité du moteur. C'est pour cette raison qu'ABB applique, en standard, le principe L_1 : 99 % des moteurs sont sûrs d'atteindre l'intervalle. Les intervalles peuvent également être calculés selon le principe L_{10} qui veut que 90 % des moteurs satisfont l'intervalle de lubrification. Les valeurs L_{10} qui sont normalement le double des valeurs L_1 , peuvent être obtenues auprès d'ABB sur demande.

Moteurs avec roulements graissés à vie

Les moteurs jusqu'à hauteur d'axe 250 sont normalement dotés de roulements graissés à vie de type Z ou ZZ. Les moteurs Process Performance sont généralement dotés de graisseurs.

Directives pour la durée de vie des roulements

- Moteurs 4 pôles : 20 000 – 40 000 heures de fonctionnement¹⁾
- Moteurs 2 et 2/4 pôles : 10 000 – 20 000 heures de fonctionnement¹⁾
- Des intervalles plus rapprochés s'appliquent aux moteurs plus grands.

¹⁾ en fonction de l'application et des caractéristiques de charge

Moteurs avec système de lubrification

La lubrification se fait avec le moteur en marche. Si me moteur comporte un bouchon d'évacuation de la graisse, celui-ci doit être ouvert temporairement pendant la lubrification ou de manière dans le cas d'un système de lubrification automatique. Si le moteur comporte une plaque de lubrification, utilisez les quantités spécifiées sur celle-ci ; dans le cas contraire, utilisez les valeurs du principe L_1 .

Table 7.2
Tableau de
calibre des
fusibles

7.11 Calibre des fusibles

Le tableau suivant fournit des informations sur la sélection d'un fusible et d'un interrupteur à fusibles pour un moteur à couplage direct dans un réseau 400 V, 50 Hz.

p kW	I _N (A) selon la vitesse de rotation du moteur				Interrupteur à fusibles	Fusible standard
	750	1000	1500	3000		
0.09	0.53	-	-	-	OS 32 D12	2aM
0.12	0.63	0.59	-	-	OS 32 D12	2aM
0.18	0.90	0.75	0.72	-	OS 32 D12	2aM
0.25	1.18	0.92	0.83	0.70	OS 32 D12	2aM
0.37	1.6	1.25	1.12	0.93	OS 32 D12	2aM
0.55	2.4	1.78	1.45	1.33	OS 32 D12	2aM
0.75	2.7	2.4	1.9	1.7	OS 32 D12	4aM
1.1	3.35	3.3	2.55	2.4	OS 32 D12	4aM
1.5	4.5	4.1	3.4	3.3	OS 32 D12	6aM
2.2	5.9	5.4	4.8	4.5	OS 32 D12	10aM
3.0	7.8	6.9	6.5	6.0	OS 32 D12	10aM
4.0	10.0	8.7	8.6	7.4	OS 32 D12	16aM
5.5	13.4	11.9	11.1	10.5	OS 32 D12	16aM
7.5	18.1	15.4	14.8	13.9	OS 32 D12	20aM
11	25	23	22	20	OS 32 D12	32aM
15	29	31	29	27	OS 63 D12	40aM
18.5	36	36	37	33	OS 63 D12	50aM
22	45	43	42	40	OS 63 D12	63aM
30	60	59	56	53	OS 125 D12	80aM
37	74	69	68	64	OS 125 D12	100aM
45	90	82	83	79	OS 125 D12	125aM
55	104	101	98	95	OS 250 D03P	160aM
75	140	140	135	131	OS 250 D03P	200aM
90	167	163	158	152	OS 250 D03P	200aM
110	202	199	193	194	OS 400 D03P	250aM
132	250	238	232	228	OS 400 D03P	315aM
160	305	280	282	269	OS 630 D03P	355aM
200	395	355	349	334	OS 630 D03P	500aM
250	470	450	430	410	OS 630 D03P	630aM
315	605	565	545	510	OS 800 D03P	800aM
355	680	635	610	580	OS 800 D03P	800aM

Tableau 7.2

Systeme SI

Ce chapitre présente les unités du Système d'unités International (SI) utilisées avec les moteurs électriques et leurs applications.

Une distinction doit être faite entre les notions de grandeur, de valeur de cette grandeur, d'unité et de quantité mesurée, ainsi qu'entre la désignation et le symbole de l'unité. Ces distinctions sont illustrées dans l'exemple suivant.

Exemple : $P = 5,4 \text{ W}$ signifie que la puissance est de 5,4 Watts, où :

Désignation de la grandeur = puissance

Symbole de la grandeur = P

Valeur de la grandeur = 5,4 Watts

Désignation de l'unité = watt

Symbole de l'unité = W

Valeur numérique = 5,4

Désignation de la grandeur	Symbole	Désignation de l'unité	Symbole	Remarques
Espace et temps				
Angle plan	$\alpha \beta \gamma$	Radian	rad	$1^\circ = \pi/180 \text{ rad}$
		Degré	$^\circ$	
		Minute	$'$	
		Seconde	$''$	
Longueur	l	Mètre	m	
Surface	A	Mètre carré	m ²	
Volume	V	Mètre cube	m ³	
		Litre	l	
Temps	t	Seconde	s	
		Minute	min	
		Heure	en h	
Fréquence	f	Hertz	Hz	
Vitesse	v	Mètre par seconde	m/s	km/h est l'unité multiple la plus utilisée
Accélération	a	Mètre par seconde au carré	m/s ²	
Accélération de la pesanteur	g	Mètre par seconde au carré	m/s ²	
Energie				
Active	W	Joule	J	1 J = 1 Ws = 1 Nm
Watt seconde	Ws			
Watt heure	Wh			
Réactive	Wq	Var seconde	vars	
		Var heure	varh	
Apparente	Ws	Volt-ampère seconde	VA _s	
		Volt-ampère heure	VA _h	
Puissance				
Active	P	Watt	W	1 kW = 1.34 hp ¹⁾ = 102 kpm/s = s = 10 ³ Nm/s = 10 ³ J/s
Réactive	Q, Pq	Var	var	
Apparente	S, Ps	Volt-ampère	VA	

¹⁾ kW = 1.34 hp (UK, US) donné par la publication IEC 72
1 kW = 1.36 hp (cheval métrique)

Désignation de la grandeur	Symbole	Désignation de l'unité	Symbole	Remarques
Mécanique				
Masse	m	Kilogramme	kg	
		Tonne	t	1° = π/180 rad
Densité	ρ	Kilogramme par mètre cube	kg/m³	
Force	F	Newton	N	1 N = 0.105 kp
Moment d'une force	M	Newton-mètre	Nm	1 Nm = 0.105 kpm = 1 Ws
Moment d'inertie	J	Kilogramme-mètre	kgm²	J = G x D²
Pression	p	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m²
		Newton par mètre carré	N/m²	1 N/m² = 0.102 kp/m² = 10-5 bar
		Bar	bar	1 bar = 105 N/m²
Chaleur				
Température thermodynamique	T, θ	Kelvin	K	Anciennement : température absolue
Température Celsius	θ, t	Degré Celsius	°C	0 °C = 273.15 K
Température	ΔT, Δθ	Kelvin	K	Un intervalle de 1 K est identique à un intervalle de 1 °C
		Degré Celsius	°C	
Energie thermique	Q	Joule	J	
Électricité				
Potentiel électrique	V	Volt	V	1 V = 1 W/A
Tension électrique	U	Volt	V	
Courant électrique	I	Ampère	A	
Capacité	C	Farad	F	1 F = 1 C/V
Réactance	X	Ohm	Ω	
Résistance	R	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
Impédance	Z	Ohm	Ω	Z = √ R²+X²

8.2 Préfixes

Les multiples des unités SI sont indiqués par les préfixes suivants. L'utilisation des préfixes entre parenthèses doit être évitée, car elle n'est pas bien connue.

10 ³	kilo	k	10 ⁻⁶	micro	μ
(10 ²)	(hecto)	(h)	10 ⁻⁹	nano	n
(10 ¹)	(deca)	(da)	10 ⁻¹²	pico	p
(10 ⁻¹)	(deci)	(d)	10 ⁻¹⁵	femto	f
(10 ⁻²)	(centi)	(c)	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ⁻³	milli	m			

8.3 Facteurs de conversion

Les unités normalement utilisées dans les applications techniques sont les unités SI.

Toutefois, d'autres unités peuvent être utilisées dans les descriptions, schémas, etc., plus particulièrement pour des produits basés sur le système anglo-saxon.

Noter que le Gallon n'a pas la même valeur aux USA qu'au Royaume-Uni.
Pour éviter toute confusion, nous conseillons l'emploi du suffixe pour les unités (US ou UK). Le tableau suivant liste les facteurs de conversion les plus courants.

Longueur	
1 nm = 1.852 km	1 km = 0.540 nm
1 mile = 1.609344 km	1 km = 0.621 mile
1 yd = 0.9144 m	1 m = 1.09 yd
1 ft = 0.3048 m	1 m = 3.28 ft
1 in = 25.4 mm	1 mm = 0.039 in
Vitesse	
1 knot = 1.852 km/h	1 km/h = 0.540 knot
1 m/s = 3.6 km/h	1 km/h = 0.278 m/s
1 mile/h = 1.61 km/h	1 km/h = 0.622 mile/h
Surface	
1 acre = 0.405 ha	1 ha = 2.471 acre
1 ft² = 0.0929 m²	1 m² = 10.8 ft²
1 in² = 6.45 cm²	1 cm² = 0.155 in²
Volume	
1ft³ = 0.0283 m³	1 m³ = 36.3 ft³
1 in³ = 16.4 cm³	1 cm³ = 0.0610 in³
1 gallon (UK) = 4.55 l	1 l = 0.220 gallon (UK)
1 gallon (US) =3.79 l	1 l = 0.264 gallon (US)
1 pint = 0.568 l	1 l = 1.76 pint
Débit	
1 m³/h = 0.278 x 10-3 m³/s	1 m³/s = 3600 m³/h
1 cfm = 0.472 x 10-3 m³/s	1 m³/s = 2120 cfm
Masse	
1 lb = 0.454 kg	1 kg = 2.20 lb
1 oz = 28.3 g	1 g = 0.0352 oz
Force	
1 kp = 9.80665 N	1 N = 0.105 kp
1 lbf = 4.45 N	1 N = 0.225 lbf
Pression	
1 mm vp = 9.81 Pa	1 Pa = 0.102 mm vp
1 kp/cm² = 98.0665 kPa	1 kPa = 0.0102 kp/cm²
1 kp/cm² = 0.980665 bar	1 bar = 1.02 kp/m²
1 atm = 101.325 kPa	1 kPa = 0.00987 atm
1 lbf/in² = 6.89 kPa	1 kPa = 0.145 lbf/in²

Energie	
1 kpm = 9.80665 J	1 J = 0.102 kpm
1 cal = 4.1868 J	1 J = 0.239 cal
1 kWh = 3.6 MJ	1 MJ = 0.278 kWh
Puissance	
1 hp = 0.736 kW	1 kW = 1.36 hp
1 hp (UK, US) = 0.746 kW	1 kW = 1.34 hp (UK, US)
1 kcal/h = 1.16 W	1 W = 0.860 kcal/h
Température	
0 °C	= 32 °F
°C	= 5/9 (°F - 32)
0 °F	= -17.8 °C
°F	= 9/5 (°C + 32)

Tableau d'équivalence des températures

°F	°C
0	-17.8
10	-12.2
20	-6.7
30	-1.1
32	0
40	4.4
50	9.9
60	15.5
70	21.0
80	23.6
90	32.1
100	37.8

Hauteurs d'axe NEMA par rapport à IEC

NEMA			IEC		
Carcasse	Hauteur d'arbre (in)	Hauteur d'arbre (mm)	Carcasse	Hauteur d'arbre (in)	Hauteur d'arbre (mm)
			63	2.48	63
42	2.625	66.675	71	2.795	71
48	3	76.2	80	3.15	80
56/140T	3.5	88.9	90	3.543	90
			100	3.937	100
180T	4.5	114.3	112	4.409	112
210T	5.3	133.35	132	5.197	132
250T	6.3	158.75	160	6.299	160
280T		177.8	180	7.087	180
320T	8	203.2	200	7.874	200
360T	9	228.6	225	8.858	225
400T	10	254	250	9.843	250
440T	11	279.4	280	11.024	280
5000	12.5	317.5	315	12.402	315
5800	14.5	368.3	355	13.976	355
			400	15.748	400



Commande

La force de ventes d'ABB joue un rôle clé dans la détermination du bon produit avec le client et dans la transmission de la commande aux sites de production. Les spécifications de la commande sont initialement définies dans la phase d'offre, mais elles seront affinées, voire modifiées lors de la confirmation de la commande. Pour permettre aux sites de production de livrer des moteurs conformes aux spécifications et besoins du client, il est primordial que toutes les informations indiquées dans la commande soient correctes et qu'aucune information pertinent ne manque.

Ce chapitre explique comment sélectionner un moteur et quels outils utiliser à cet effet. Il présente également les exigences permettant de créer une commande valide.

Commande

9.1 Choix du moteur

Les trois paramètres de base à prendre en compte lors du choix d'un moteur sont :

- Alimentation électrique auquel le moteur sera raccordée
- Type d'enveloppe ou de boîtier du moteur (classe IP)
- Mode de démarrage (voir Conception électrique)

La tension et la fréquence réseau varient selon les régions et les pays. Par ailleurs, les industries et les applications peuvent avoir besoin de tensions non liées au pays d'utilisation ou d'achat du moteur, alors que la fréquence dépend généralement de la région. Le tableau en page suivante présente les tensions de réseau et les fréquences dans un certain nombre de pays et de régions du monde. Les tensions indiquées ici sont les plus courantes ; veuillez à vérifier la tension exacte requise pour chaque client.

Type d'enveloppe

On distingue essentiellement deux types de matériaux : moteur fermé en aluminium ou fonte.

Le moteur fermé autoventilé (TEFC, équivalent à 'IP55 et IC411') est le type de moteur le plus répandu dans le secteur industriel. La version TEFC est entièrement fermée et est refroidie par air par un ventilateur monté sur l'arbre.

Outils en ligne

Des outils de ventes en ligne pour la sélection et le dimensionnement d'un moteur sont disponibles sur la page web <https://new.abb.com/motors-generators/iec-low-voltage-motors>.

Tableau 9.1.
Tensions et
fréquences du
réseau mondial

Région/pays	Tension V	Fréquence Hz
Europe		
UE	220, 230, 400, 500, 690	50
Russie	220, 380	50
Afrique		
Majorité de l'Afrique	220, 380, 400, 415	50
Afrique du sud	220, 230, 380, 400, 500	50
Moyen-Orient		
Israël	220 230, 280, 400, 415	50
Arabie Saoudite	220, 230, 380, 400, 440	50, 60
Inde	220, 230, 400, 415	50
Amérique du Nord		
Canada	230, 460, 575, 600	60
États-Unis	230, 460, 480	60
Mexique	220, 480	60
Amérique centrale		
Cuba	220, 440	60
Costa Rica	240, 440	60
Amérique du Sud		
Brésil	220, 380, 440	60
Chili	220, 380, 400, 500	50, 60
Argentine	220, 380, 440	50
Asie du Nord-Est		
Chine	380, 400	50
Japon	200, 220, 400, 440	50, 60
Corée du Sud	220, 380, 440	60
Asie du Sud-Est		
Philippines	115, 380, 440	60
Malaisie	240, 415	50
Indonésie	220, 380, 400	50
Océanie		
Nouvelle Zélande	230, 240, 400, 415	50
Australie	230, 240, 415, 440	50

Tableau 9.1.

9.2 Capacité de charge (kW)

La capacité de charge est déterminée en fonction de la machine à entraîner et du couple disponible à l'arbre.

Les moteurs électriques IEC sont caractérisés par des puissances normalisées par hauteur d'axe. Consulter les chapitres « Normes » et « Ratio puissance - hauteur d'axe » pour plus d'informations sur comment la norme détermine les combinaisons puissance - hauteur d'axe.

Tableau 9.2.
Vitesses du
moteur

9.3 Vitesse

Le moteur à induction est une machine mono-vitesse fixe. Sa vitesse de rotation dépend de la fréquence du réseau d'alimentation et de la conception des enroulements du stator.

La vitesse à vide est légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme du fait des pertes à vide de la machine. La vitesse à charge maxi est en général inférieure de 3 à 4 % à la vitesse à vide.

Vitesse synchrone r/min = Fréquence x 120 / nombre de pôles

Nombre de pôles	50 Hz vitesse r/min	60 Hz vitesse r/min	
	Synchrone	Synchrone	Charge maxi type
2	3000	3600	3450
4	1500	1800	1740
6	1000	1200	1150
8	750	900	850
10	600	720	700
12	500	600	580
16	375	450	430

Tableau 9.2.

9.4 Démarrage du moteur

Le couple et la charge moteur disponibles peuvent varier avec la vitesse de rotation. Le couple d'accélération résultant dans une certaine période de temps dépend de la vitesse. Le mode de démarrage est un critère important lors de la sélection d'un moteur. Il doit être analysé avec soin.

Entre la vitesse de démarrage et la vitesse nominale, il convient de s'assurer que, même en conditions défavorables (p. ex. basse tension sur les bornes du moteur), le couple du moteur est toujours suffisamment supérieur au couple de charge maximal possible. Ce point doit être pris en compte lors de la sélection du mode de démarrage.

Par ailleurs, en cas de fréquence de démarrage élevée ou de démarrage lourd, une éventuelle surchauffe et ses conséquences doivent être pris en compte.

9.5 Environnement d'exploitation

L'environnement d'exploitation du moteur est un autre facteur important à prendre en compte lors de la commande. En effet, la température ambiante, l'humidité et l'altitude peuvent affecter les performances.

Avoir un moteur IP55 ne signifie pas qu'il restera étanche quelles que soient les conditions de fonctionnement extérieures. Le domaine d'application du moteur, la position de montage et l'exposition réelle aux facteurs externes sont autant de facteurs à prendre en compte. Par exemple, des températures ambiantes supérieures à 40 °C ou des altitudes au-delà de 1000 m réduisent la capacité de charge. De la même manière, pour une installation au plafond, des trous de purge non-standard doivent être commandés.

Tous les métaux se corrodent avec une intensité variable sous l'influence de produits chimiques et de l'humidité. Par exemple, l'aluminium pur et la plupart de ses alliages, sans traitement de surface spécial, sont très sensibles à l'eau de mer. D'un autre côté, la fonte résiste à de nombreux produits chimiques, à l'exception des pièces usinées telles que les trous ou les limites de centrage. Le choix d'un traitement de surface adapté permet d'allonger la durée de vie du moteur et de réduire la maintenance. Pour plus d'informations, consulter les chapitres « Conception mécanique » et « Traitement de surface ».

9.6 Commande et liste de contrôle

Les éléments suivants doivent être connus lorsque vous passez une commande :

- type de moteur, tension d'alimentation et fréquence, code produit
- position de montage
- codes options pour la conception du moteur ou appareils, tels que :
- passe-câbles et autres pièces de raccordement, sauf standard
- isolation spéciale et roulements isolés, sauf standard
- type de service et conditions ambiantes
- valeurs nominales
- nombre de moteurs commandés
- prix, délai de livraison et adresse lieu de livraison
- numéro de référence du devis

Le système de gestion des commandes (OMS) est un système complet de gestion de commandes et de logistique pour les moteurs basse et haute tension. Il est utilisé par les sites de production ABB. Des fonctionnalités spéciales peuvent être fournies si elles se basent sur l'offre réelle. Si aucun code option n'est précisé pour une fonctionnalité particulière, vous pouvez vérifier sa disponibilité, son prix et son délai de livraison auprès du personnel de ventes ABB.



Variateurs de vitesse

Les moteurs à induction à cage offrent d'excellentes performances en termes de disponibilité, de fiabilité et de rendement. Cependant, ils ont deux points faibles : leurs performances au démarrage et une régulation de vitesse peu précise sur une large plage. Leur mise en vitesse variable, avec commande par un convertisseur de fréquence, permet de résoudre ces deux problèmes. Un moteur commandé en vitesse variable peut être démarré sans à-coup avec un faible courant de démarrage et sa vitesse peut être contrôlée et régulée avec précision et en continu pour chaque application.

Les avantages des variateurs de vitesse (VSD) sont largement reconnus : vitesse optimale et précision de la régulation ; maintenance réduite grâce à des vitesses de fonctionnement plus basses ; meilleure qualité de production. En conséquence, de nombreuses applications VSD sur le marché, et près de la moitié de nouvelles installations de moteurs sont équipées d'un VSD.

Variateurs de vitesse

10.1 Types de variateurs

Les variateurs de vitesse sont des dispositifs à électronique de puissance qui convertissent la tension d'entrée fixe, AC ou DC, en tension et fréquence variables côté sortie. L'application détermine l'utilisation d'un convertisseur direct ou indirect.

Convertisseur

Un convertisseur convertit l'alimentation AC fixe en tension et fréquence variables. Il est constitué de quatre pièces principales : redresseur, circuit DC, onduleur et unité de commande. Les convertisseurs sont raccordés à une alimentation AC.

Onduleur

Un onduleur convertit l'alimentation DC fixe en tension AC et fréquence variables. Il est constitué de deux pièces principales : onduleur et unité de commande. Les onduleurs sont raccordés à une source DC et sont parfois appelés entraînements avec bus DC commun.

Convertisseurs directs

Les convertisseurs directs tels que les cycloconvertisseurs et les convertisseurs matriciels convertissent la tension et la fréquence d'entrée directement en puissance de sortie sans circuits DC intermédiaires. Les cycloconvertisseurs sont utilisés dans les applications de forte puissance (gamme des mégawatts) et aux basses fréquences.

Convertisseurs indirects

Les convertisseurs indirects sont soit à source de courant, soit à source de tension. Dans un convertisseur à source de tension, topologie la plus courante dans les applications basse tension, le circuit intermédiaire joue le rôle de source de tension DC et la sortie est constituée d'impulsions de tension commandées en fréquence qui varient en continu et transmises aux différentes phases du système triphasé. On obtient ainsi une régulation de vitesse en continu du moteur.

Dans un convertisseur à source de courant, le circuit intermédiaire joue le rôle de source de courant DC et la sortie est une impulsion de courant ou une série d'impulsions de courant.

10.2 Modulation de largeur d'impulsions (MLI)

Les variateurs de vitesse basse tension ABB sont des variateurs à modulation de largeur d'impulsions (MLI) avec des convertisseurs à fréquence de commutation variable, configuration la mieux adaptée à la plupart des besoins. La méthode de régulation utilisée, tels que DTC, contrôle vectoriel ou contrôle scalaire, dépend du produit et de l'application.

Dans un variateur MLI, le redresseur convertit l'alimentation réseau de tension et fréquence assignées fixes en tension DC fixe. Cette tension DC fixe est ensuite filtrée pour réduire la tension d'ondulation résultant du redressement de l'alimentation AC. L'onduleur convertit ensuite la tension DC fixe en alimentation de sortie AC tension et fréquence variables.

10.3 Dimensionnement de l'entraînement

DriveSize, un programme complet de dimensionnement des variateurs et des moteurs, peut être téléchargé depuis www.abb.com/motors&generators. Ce chapitre décrit brièvement la sélection des moteurs et convertisseurs avec le logiciel DriveSize.

Choix du moteur

Le couple de charge réel doit rester sous la courbe de capacité de charge de référence de la combinaison moteur/convertisseur sélectionnée (voir Figure 10.2 en Section 10.4). Toutefois, si le moteur ne doit pas tourner en service continu dans toute la plage de vitesse, la courbe de charge peut dépasser la courbe de référence. Dans ce cas, un dimensionnement spécial est nécessaire.

—
Figure 10.1
Principe de
fonctionnement
d'un moteur
à entraînement
VSD

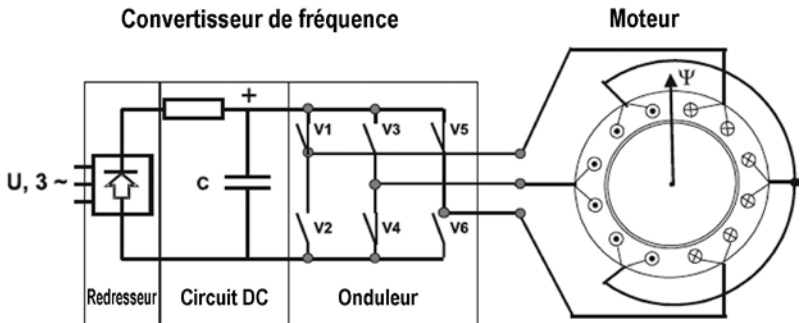
Par ailleurs, le couple maximum du moteur doit être au moins supérieur de 40 % au couple de la charge à n'importe quelle fréquence et la vitesse maximum admissible du moteur ne doit pas être dépassée.

Conception du moteur

Des convertisseurs mettant en œuvre différents modes de fonctionnement, techniques de modulation et fréquences de commutation obtiendront des performances différentes d'un même moteur. Les performances et le comportement de l'entraînement variant également en fonction de la conception et de l'exécution du moteur, les moteurs de même taille et de même puissance nominale mais de conception différente peuvent se comporter de manière très différente lorsqu'ils sont commandés par le même convertisseur. Ainsi, les instructions de sélection et de dimensionnement sont spécifiques au produit.

Choix du convertisseur

Le convertisseur doit être choisi en fonction de la puissance nominale P_N et du courant assigné du moteur. Une marge de courant suffisante doit être réservée au contrôle et à la gestion des situations dynamiques.



—
Figure 10.1

Figure 10.2.
Courbe de
référence pour
la capacité de
charge d'un
moteur avec
convertisseurs
de fréquence
ABB (moteurs
Process
Performance)

10.4 Capacité de charge (couple)

A la fois les calculs théoriques et les essais en laboratoire montrent que la capacité de charge maxi permanente (couple) d'un moteur alimenté par un convertisseur dépend essentiellement de la technique de modulation et de la fréquence de commutation du convertisseur. Les courbes ci-dessous vous aideront à sélectionner le moteur.

Ces courbes donnent le couple de charge maxi permanent pour un moteur en fonction de la fréquence (vitesse) pour un échauffement identique à celui à tension sinusoïdale nominale, fréquence nominale et charge maxi nominale.

Les moteurs ABB sont généralement conçus pour un échauffement de classe B. Les moteurs Process Performance (contrairement aux moteurs pour zones dangereuses), par exemple, peuvent dans ces cas être dimensionnés en fonction de la courbe d'échauffement de classe

B, ou de la courbe d'échauffement F, selon la capacité de charge la plus élevée. Si le catalogue produit indique qu'un échauffement de classe F s'applique sur l'alimentation sinusoïdale, si le moteur est utilisé avec un convertisseur de fréquence, il peut uniquement être dimensionné en fonction de la courbe d'échauffement B.

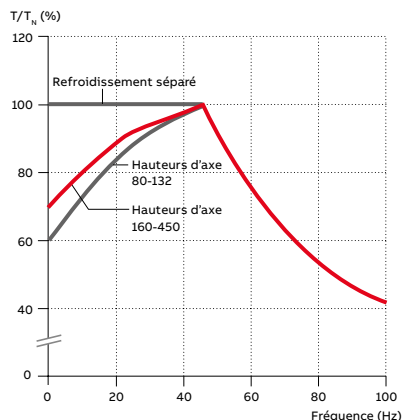


Figure 10.2.

Les moteurs ABB suivants peuvent être utilisés avec des convertisseurs de fréquence :

- Moteurs Process Performance (conçus pour les applications industrielles exigeantes)
- Moteurs General Performance aluminium et fonte (pour les applications générales)
- Moteurs pour atmosphères explosives : antidéflagrants, anti-étincelles et moteurs DIP pour atmosphères poussiéreuses
- Remarque : les moteurs spéciaux, tels que les moteurs à réductance synchrone, les moteurs à vitesse élevée et les moteurs à aimant permanent sont toujours entraînés par un VSD. Certaines d'entre eux nécessitent un logiciel spécifique.

10.4.1 Amélioration de la capacité de charge

Le couple de sortie des moteurs avec convertisseur de fréquence est généralement légèrement réduit du fait d'un échauffement lié aux harmoniques et à une diminution du refroidissement à tension réduite et fréquences basses. Toutefois, la capacité de charge du moteur peut être améliorée par les moyens suivants.

Refroidissement plus efficace

L'efficacité du refroidissement est améliorée en montant un ventilateur de refroidissement séparé et tournant à vitesse constante, plus particulièrement pour les petites vitesses. En sélectionnant une vitesse de rotation et un motoventilateur de conception spécifique avec une capacité de refroidissement supérieure à celle du moteur à vitesse nominale, vous améliorez le refroidissement sur toute la plage de vitesses.

Le refroidissement par liquide (moteurs refroidis à l'eau) est également très efficace. Dans certaines applications contraignantes, les flasques-paliers doivent également être refroidis, par exemple, en ajoutant des disques de refroidissement sur l'arbre.

Filtrage

Le filtrage de la tension de sortie du convertisseur réduit la teneur en harmoniques de la tension et du courant moteur, et réduit donc les pertes supplémentaires dans le moteur et le besoin de déclassement. La puissance totale de l'entraînement et la plage de vitesse du moteur doivent être prises en compte pour le dimensionnement des filtres (réactances supplémentaires). Toutefois, les filtres peuvent limiter le couple maximum et la vitesse du moteur. Les filtres peuvent également atténuer le bruit électromagnétique, les problèmes de CEM et les pointes de tension.

10.5 Niveau d'isolement

Dans un convertisseur de fréquence, la tension (ou le courant) de sortie est le plus souvent une impulsion de tension (de courant) ou une série d'impulsions. En fonction du type de composants de puissance et de la conception de l'étage de puissance, une suroscillation importante accompagne le front montant de l'impulsion de tension. Le niveau d'isolement doit, par conséquent, toujours être vérifié selon les directives spécifiques du produit. Règles simples pour les applications standard :

- Pour une tension nominale réseau jusqu'à 500 V, aucun isolement spécial ni filtre n'est requis pour les moteurs à induction standard ABB.
- Pour une tension réseau nominale entre 501 et 600 V, un isolement spécial du moteur ou des filtres dU/dt sont requis. Toutefois, si les câbles d'alimentation du moteur font plus de 150 m, aucun isolement spécial ou filtre n'est requis.
- Pour une tension réseau nominale entre 601 et 690 V, un isolement spécial du moteur et des filtres dU/dt sont requis. Toutefois, si les câbles d'alimentation du moteur font plus de 150 m, seul l'isolement spécial est requis.

Consulter les catalogues produits ABB pour les directives exactes spécifiques aux produits.

10.6 Mise à la terre

Avec un convertisseur, une attention particulière doit être accordée à la mise à la terre pour garantir :

- un fonctionnement correct de tous les dispositifs de protection et des relais assurant la sécurité générale
- un niveau minimum ou acceptable de perturbations électromagnétiques
- un niveau acceptable de tensions dans les roulements pour éviter les courants parasites et la détérioration des roulements

ABB recommande d'utiliser des câbles blindés symétriques avec des presse-étoupes fournissant une connexion 360 degrés (presse-étoupes CEM).

10.7 Fonctionnement à grande vitesse

Dans un convertisseur, la vitesse réelle du moteur peut être très différente de sa vitesse nominale. Pour le fonctionnement à grande vitesse, la vitesse maximum admissible pour le type de moteur et la vitesse critique de l'ensemble de l'équipement ne doit pas être dépassée.

Si le moteur tourne à des vitesses supérieures à la vitesse nominale, le couple maximum et la construction des roulements doivent également être vérifiés. Noter que si un ventilateur standard est utilisé, les pertes par frottement et par refroidissement ainsi que le niveau sonore vont augmenter.

Couple maximum

Dans la zone d'affaiblissement de champ, la tension du moteur est constante, mais le flux moteur et sa capacité à développer un couple diminuent d'environ le carré de la fréquence après le point d'affaiblissement du champ (point après lequel la tension de sortie reste constante même si la fréquence augmente). A la vitesse la plus élevée (ou en tout autre point de service continu dans la zone d'affaiblissement de champ), le couple maximum doit au moins être supérieur de 40 % au couple de la charge pour éviter une surchauffe du rotor.

Si des filtres ou des réactances supplémentaires sont placés entre le convertisseur et le moteur, la chute de tension de la tension fondamentale au courant de charge maxi doit être prise en compte.

Construction des roulements

La vitesse de fonctionnement des roulements à rouleaux est limitée. Type et taille des roulements, conception interne, charge, mode de lubrification et de refroidissement, ainsi que conception de la cage, précision et jeu interne : tous ces paramètres ont une incidence sur la vitesse maximum admissible.

Hauteur d'axe	Vitesse r/min	
	Moteur 2 pôles	Moteur 4 pôles
71-100	6000	6000
112-200	4500	4500
225-250	3600	3600
280 SM	3600	2600
280 ML	3600	2300
315 SM, ML	3600	2300
315 LK	3600	2000
355 SM	3800	2000
355 ML	3800	2000
355 LK	3600	2000
400	3600	2000
450	3600	1800

Tableau 10.1

Lubrification

En général, les intervalles de lubrification sont affectés par les températures de fonctionnement et ambiantes du lubrifiant et du roulement. Des vitesses supérieures sont possibles en remplaçant les roulements et/ou le lubrifiant. Toutefois, dans ce cas, la combinaison correcte doit être vérifiée avec ABB.

La résistance à la rupture du lubrifiant est fonction de la viscosité de son huile de base et de son épaississant qui déterminent, à leur tour, la vitesse de fonctionnement admissible d'un roulement. La vitesse maximum peut être augmentée avec des graisses spéciales grande vitesse ou une lubrification à l'huile. Une lubrification bien faite avec de petites quantités réduit également le frottement et l'échauffement des roulements.

Bruit du ventilateur

Le bruit émis par le ventilateur augmente avec la vitesse du moteur et est en général élevé à 50 Hz pour les moteurs 2 et 4 pôles. Si la vitesse du moteur augmente encore, il en sera de même du niveau de bruit du ventilateur. L'augmentation du niveau de bruit peut être calculée approximativement avec la formule suivante :

$$\Delta L_{sp} = 60 \times \log \frac{n_2}{n_1} \text{ dB(A)}$$

où ΔL_{sp} = augmentation du niveau de pression acoustique lorsque la vitesse passe de n_1 à n_2 .

Le bruit émis par le ventilateur est typiquement du 'bruit blanc', à savoir du bruit qui contient toutes les fréquences de la gamme de fréquences audibles.

Plusieurs solutions permettent de réduire le bruit du ventilateur :

- Remplacer le ventilateur (et son capot) par un ventilateur de diamètre externe réduit
- Utiliser un ventilateur unidirectionnel
- Monter un capot insonorisant

10.8 Équilibrage

La précision d'équilibrage et la résistance mécanique de toutes les pièces tournantes doivent être vérifiées en cas de dépassement de la vitesse maximum admissible du moteur. Tous les autres organes montés sur l'arbre du moteur, tels que les demi-accouplements et les poulies, doivent être parfaitement équilibrés.

10.9 Vitesses critiques

La première vitesse critique de l'ensemble du système d'entraînement ou de ses composants ne doit jamais être dépassée, et une marge de sécurité de 25 % doit être autorisée.

Des systèmes d'entraînement supercritiques peuvent également être utilisés, mais ils doivent être dimensionnés au cas par cas.

10.10 Garnitures d'étanchéité à l'arbre

Toutes les garnitures d'étanchéité (joints en V, joints d'étanchéité à l'huile, etc.) ont également une vitesse limite maximum recommandée. Si elle est inférieure à la vitesse de fonctionnement envisagée, vous devez utiliser des chicanes sans contact.

10.11 Fonctionnement à petite vitesse

Lubrification

Aux très petites vitesses, la capacité de refroidissement du ventilateur du moteur diminue. Si la température de fonctionnement des roulements du moteur est $\geq 80\text{ °C}$, (vérifiez en mesurant la température de surface des flasques-paliers), vous devez raccourcir les intervalles de lubrification ou utiliser de la graisse spéciale (graisse extrême pression (EP) ou lubrifiant haute température).

Les intervalles de lubrification seront réduits de moitié pour chaque augmentation de 15 °C de la température des roulements au-dessus de $+ 70\text{ °C}$.

Capacité de refroidissement d'un ventilateur

Le débit d'air et la capacité de refroidissement dépendent de la vitesse du ventilateur. Un ventilateur externe tournant à vitesse constante peut être utilisé pour accroître la capacité de refroidissement et la capacité de charge du moteur aux petites vitesses. Le refroidissement interne n'étant pas affecté par un ventilateur externe séparé, une petite réduction de la capacité de charge est toujours nécessaire aux très petites vitesses.

Bruit électromagnétique

Les harmoniques de la tension du convertisseur de fréquence augmentent le niveau de bruit magnétique du moteur. La gamme de fréquences de ces ondes de force magnétique peut être à l'origine du phénomène de résonance structurelle dans le moteur, plus particulièrement dans les moteurs à carcasse acier.

Vous pouvez réduire le bruit magnétique en :

- augmentant la fréquence de commutation, ce qui engendre des harmoniques de rangs supérieurs et des amplitudes réduites, avec un bruit moins inconfortable pour l'oreille humaine D'un autre côté, une fréquence de commutation élevée peut réduire le courant de sortie de l'entraînement.
- filtrant les harmoniques au niveau du filtre de sortie du convertisseur ou dans des réactances supplémentaires
- en montant un capot insonorisant

Pour plus d'informations sur la réduction du bruit, consulter le chapitre « Bruit ».



—
Pour en savoir plus, contactez votre représentant
local ABB ou rendez-vous sur le site :

abb.com/motors&generators

