

La fonte n'est guère employée pour la construction des circuits magnétiques à cause de sa faible perméabilité. Qui est environ de deux fois plus faible que celle de l'acier, de son champ coercitif élevé, plus grand que 400 A/m.

L'acier coulé utilisé pour les circuits magnétiques est à faible teneur en carbone inférieure à 0,2 % comme pour la fonte.

Il existe une variante de matériaux magnétiques qui sont :

- Matériaux ferromagnétiques à très haute perméabilité ;
- Matériaux ferromagnétiques à saturation magnétique élevée ;
- Matériaux magnétiques à cycle d'hystérésis rectangulaire.

II.9.1.2.2 Matériaux électriques

Ces matériaux sont caractérisés par une résistivité électrique qui s'exprime en $\Omega \cdot m$. m conditionne les pertes ohmiques, c'est-à-dire que la puissance dissipée par l'effet joule dans l'enroulement parcouru par un courant I : [10]

Afin de réduire ces pertes on utilise pour les enroulements des métaux de résistivité aussi faible.

Les matériaux électriques plus utilisés sont :

- Cuivre ;
- Aluminium.

Les matériaux électriques moins utilisés :

- Or ;
- Argent.

II.9.1.3 Matériaux isolants

Les pertes d'énergie électriques et mécaniques dans les machines électriques se produisent par la transformation de ses formes de l'énergie thermique, ce qui chauffe certaines parties de la machine. Pour assurer la fiabilité des machines électriques, l'échauffement des différentes parties de la machine doit être limitée.

La tâche la plus difficile et la plus importante est d'assurer la bonne tenue de l'isolation des enroulements ; pour cette raison la charge admissible d'une machine est déterminée tout d'abord par la température admissible des isolants utilisés. Tableau. (II.1).

Classe	Temps limite	Constitution
y	90°C	Fibreux en cellulose et soie imprégnés et plongée dans un isolant liquide.
A	90°C	Fibreux en cellulose ou soie imprégnés, ou plongés dans un isolant liquide.
E	120°C	Pellicules organiques synthétisables
B	130°C	à base de mica, et de fibre de verre utilisés avec des liants organiques.
F	155°C	à base de mica, et de fibre de verre combinés avec des liants et des compositions d'imprégnation synthétique.
H	180°C	à base de mica et de fibre de verre utilisés en combinaison avec les silicones
C	Plus de 180°C	Le mica, les céramiques, le verre, quartz utilisé sans liants organiques

Tableau 1 : Classe des isolants.

II.9.2 Protection des machines électriques

La protection des moteurs est assurée par un disjoncteur magnéto-thermique, placé entre le sectionneur et le moteur. Ces équipements de protection assurent une protection globale individuelle des moteurs contre les surcharges à variation lente. Si l'on veut diminuer le temps de réaction, si l'on veut détecter une surcharge instantanée, si l'on veut suivre l'évolution de la température aux « points chauds » du moteur ou à des points caractéristiques pour la maintenance de l'installation, il est conseillé d'installer des sondes de protection thermique placées aux points sensibles. [7]

- Bilame à chauffage indirect avec contact et relais associé
- Résistance variable R à chauffage indirect avec électronique associé :
- Thermocouple type T ou K à chauffage indirect avec électronique associé

II.9.2.1 Degrés de protection des machines électriques

Pour une protection du personnel contre les contacts avec des pièces tournantes ou sous tension et contre la pénétration des corps étrangers et la pénétration de l'eau, il est

nécessaire de définir le degré de protection qui sera symbolisé par les lettres IP, suivais de deux ou trois chiffres caractéristiques. Tableau. (II.2). [10]

Protection contre les solides		Protection contre les liquides		Protection mécanique	
IP	Définition	IP	Définition	IP	Définition
0	Pas de protection	0	Pas de protection	0	Pas de protection
1	Protégée contre les corps solides supérieur a 50mm	1	Protégée contre les chutes verticale des gouttes d'eau (condensation)	1	Energie de choc 0.225j
2	Protégée contre les corps solides supérieur a 12mm	2	Protégée contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale	2	Energie de choc 0.375j
3	Protégée contre les corps solides supérieur a 2.5mm	3	Protégée contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale	3	Energie de choc 0.500j
4	Protégée contre les corps solides supérieur a 1mm	4	Protégée contre la projection d'eau de toute la direction	4	Energie de choc 2j
5	Protégée contre les poussières (pas de dépôt nuisible)	5	Protégée contre les jets d'eau de toutes directions a la lance	5	Energie de choc 0.6j
6	Totalement protégé contre les poussières ne concerne pas les machines tournantes	6	Protégée contre les projections d'eau assimilés aux paquets de mer	6	Energie de choc 20j
		7	Protégée contre les effets de l'immersion entre 0.1 et 1m		
		8	Protégée contre les effets prolongés de l'immersion sous pression		

Tab. (II.2) Indices de protection des enveloppes des matériels électriques

II.9.3 Types de refroidissement

La commission électrotechnique international (CEI) a publié une recommandation intitulée ; mode de refroidissement des machines tournantes ; donne des symboles et des désignations abrégées qui peuvent être utilisées pour tous les modes d'usage courant.

Tableau. (II.3). [10]

Code de ventilation	Caractéristique
IC 011	machine ouverte auto ventilée. ventilation montée sur l'arbre.
IC 0141	machine fermée. carcasse ventilée lisse ou nervurée. ventilateur externe.
IC 0151	machine fermée. carcasse à tubes. deux ventilateurs, un externe et un interne.
IC 161	machine fermée auto ventilée. deux ventilateurs, un externe et un interne. échangeurs monté sur la machine
IC 37	deux canalisations machine ventilée par un groupe moto ventilateur, non monté sur la machine.
IC W37A71	machine refroidie par air hydro réfrigérant sur la machine circulation d'eau par pompe séparée ou par distribution

Tab. (II.3) Exemple de systèmes courants de ventilation

Quelques exemples du système complet décrivant deux circuits de refroidissement

- Le premier chiffre indique la disposition du circuit de refroidissement.
- La première lettre indique la nature du fluide primaire.
- Le deuxième chiffre indique le circuit de refroidissement primaire dans la machine.
- La deuxième lettre indique la nature de fluide secondaire.

- Le troisième chiffre indique le circuit de refroidissement secondaire, qui est à la température la plus basse dans l'échangeur thermique.

L'air et l'eau, les fluides de refroidissement les plus usuels, sont symbolisés respectivement par les lettres A et w. La lettre A est supprimée lorsque l'air est le seul fluide de refroidissement employé. Tableau. (II.4). [10]

IC4 A1 A0 OU IC411	Machine fermée refroidie par sa surface. Pas de ventilateur externe. L'air à l'intérieur circule en circuit fermé sous l'effet de moyens propres à la machine et cède sa chaleur à travers la surface de la carcasse.
IC4 A1 A1 OU IC411	Machine fermée à carcasse ventilée. La ventilation externe est propre à la machine. L'air à l'intérieur circule en circuit fermé sous l'effet de moyens propres à la machine et cède sa chaleur à travers la surface de la carcasse.
IC5 A1 A1 OU IC511	Machine fermée avec échangeur de chaleur incorporé (Exp : carcasse à tube) refroidi par air ambiant. Deux ventilateurs propres à la machine, l'un extérieur, l'autre intérieur, font circuler respectivement l'air ambiant de refroidissement et l'air chaud interne à travers l'échangeur.
IC4 A1 A6 OU IC416	Machine fermée à carcasse ventilée au moyen d'un système de ventilation indépendant monté sur la machine. L'air à l'intérieur circule en circuit fermé sous l'effet de moyens propres à la machine et cède sa chaleur à travers la surface de la carcasse.
IC3 A1 W7	Machine refroidie par air avec hydroréfrigérant incorporé. La circulation de l'air chaud interne à travers l'échangeur est obtenue par une ventilation propre à la machine celle de l'eau par pompe ou par distribution.

Tab. (II.4). Exemple de systèmes courants de ventilation.

II.2.4 Formes constructives pour les machines électriques

La désignation d'une machine électrique comprend deux lettres **IM** suivies de quatre chiffres. Le premier chiffre est le numéro du groupe de la machine suivant sa forme constructive. Tableau. (II.5). [10]

Symboles du groupe	Forme constructive des machines
IM1	Machines a pattes et paliers flagues.
IM2	Machines a pattes, à paliers flasques et bride sur un plier.
IM3	Machines sans pattes, a paliers flasque et bride sur un plier.
IM4	Une machine sans pattes, a palier flasque et bride sur la carcasse.
IM5	Machines à paliers lisses.
IM6	Machines à paliers flasques et bâtis de palier.
IM7	Machines à bâtis de palier (sans palier flasque).
IM8	Machines à axe vertical non comprisses dans les groupes de IM1et IM4.
IM9	Machines à organes de fixation spéciaux

Tab. (II.5) Groupes courants de formes constructives pour machines électriques.

II.10 COMPARAISON ENTRE LES TROIS TYPES DE MOTEURS

Comparaison entre les trois types de moteurs. Dans le tableau suivant, on indique les rendements, les facteurs de puissances, les moments de couple de démarrage, les courants de démarrage et le degré de qualité des trois types de moteurs. Le rotor en court circuit usuel a un meilleur facteur de puissance et un meilleur rendement que les deux types de rotor à effet pelliculaire de courant, mais en revanche de moins bonnes conditions de démarrage. Les bonnes conditions de démarrage s'obtiennent au détriment du facteur de puissance et dans la mesure moindre du rendement. Il faut encore noter que l'encoche choisie ci-dessus pour le rotor à double cage n'est pas la plus avantageuse. La fente entre les deux cages implique, spécialement avec les rotors rapides, des inductions relativement élevées dans la culasse, si on ne choisit pas, comme dans le cas précédent, des dimensions d'encoches moins d'avantages en obtenant moins bonnes les conditions de démarrage. Si au lieu de fente, on introduit un pont de court-circuit entre les deux cages, ou si l'on exécute la cage inférieure avec un nombre d'encoches égale à la moitié de celui de l'encoche supérieure, on peut obtenir de meilleurs conditions de démarrage. Tableau. (II.6). [9]

	$\eta \%$	$\cos \alpha$	M (Nm)	I (A)	Degré de qualité. q_M
Rotor usuel en court circuit	90,6	0,925	92,8	158	0,162
Rotor à effet pelliculaire de courant avec barres hautes et étroites	89,7	0,86	127	114	0,335
Rotor à double cage	89,6	0,85	207	114	0,554

Tab. (II.6) Comparaison entre les trois types de moteurs.

NB : Notre travail basé sur le rotor en court circuit

II.10.1 Moteur à cage d'écureuil

L'enroulement est remplacé par des barres de cuivre ou d'aluminium logées dans des encoches. Ces cages comportent généralement des barreaux décalés afin de réduire les harmoniques d'encoches. Il en résulte une légère diminution de la f.é.m induite par le champ tournant statorique dans ces barreaux. [11]

II.10.2 Démarrage des moteurs à cage

II.10.2.1 Moteur à simple cage

Avec ce type de moteur, le démarrage direct ne peut être envisagé que s'il s'agit d'un moteur de petite puissance qui démarre à vide.

En effet, par construction, la cage du moteur est de faible résistance pour que le glissement en marche normale soit faible ce qui donne un bon rendement ($\eta = 1 - g$).

Au démarrage, le moteur est assimilable à un transformateur dont le secondaire alimente une résistance faible. Dans ces conditions le courant de démarrage est considérable, il peut atteindre dix fois le courant nominale.

II.10.3 Emploi du moteur à cage

En raison de ses qualités (facilité de construction, robustesse, facilitées de démarrage, réglage de sa vitesse par la commande électronique....) le moteur à cage et tout particulièrement le moteur de déplacement de courant est utilisé de préférence au moteur à bagues, pour tous les entraînements depuis quelques kilowatts jusqu'à plusieurs milliers de kilowatts.

Une application importante, réclame une très grande fiabilité concerne l'entraînement des pompes primaires permettant d'évacuer la chaleur du cœur d'un réacteur nucléaire.

Le moteur à cage est en démarrage direct son arbre qui est vertical, est directement accouplé avec la pompe tandis qu'il possède à sa partie supérieure un volant d'inertie de 6 tonnes. [11]

II. 10.4 Avantages des machines à cage d'écureuil

- 1- Moteur peu coûteux ;
- 2- Simple c'est à dire pas d'enroulements rotoriques (cage d'écureuil) ;
- 3- Pas de balais par rapport à l'alternateur synchrone ;
- 4- Machine robuste supporte une surtension de 200% sans danger ;
- 5- Pas d'entretien.

II.11 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons établi une description de la machine asynchrone et sa structure (les différents types du rotor et la considération technique).

La machine asynchrone qui fait actuellement l'objet d'un intérêt accru dans plusieurs applications, ceci étant dû essentiellement à sa fiabilité, son coût relativement faible, sa robustesse et sa simplicité de construction, malheureusement sa commande est relativement complexe ; le couple et le flux sont fortement couplés car les deux grandeurs dépendent à la fois des courants statoriques et rotoriques. Ceci donne à la machine son caractère de processus multi-variables et non linéaire. [11]

Dans le chapitre suivant, nous exploitons le calcul du circuit magnétique.