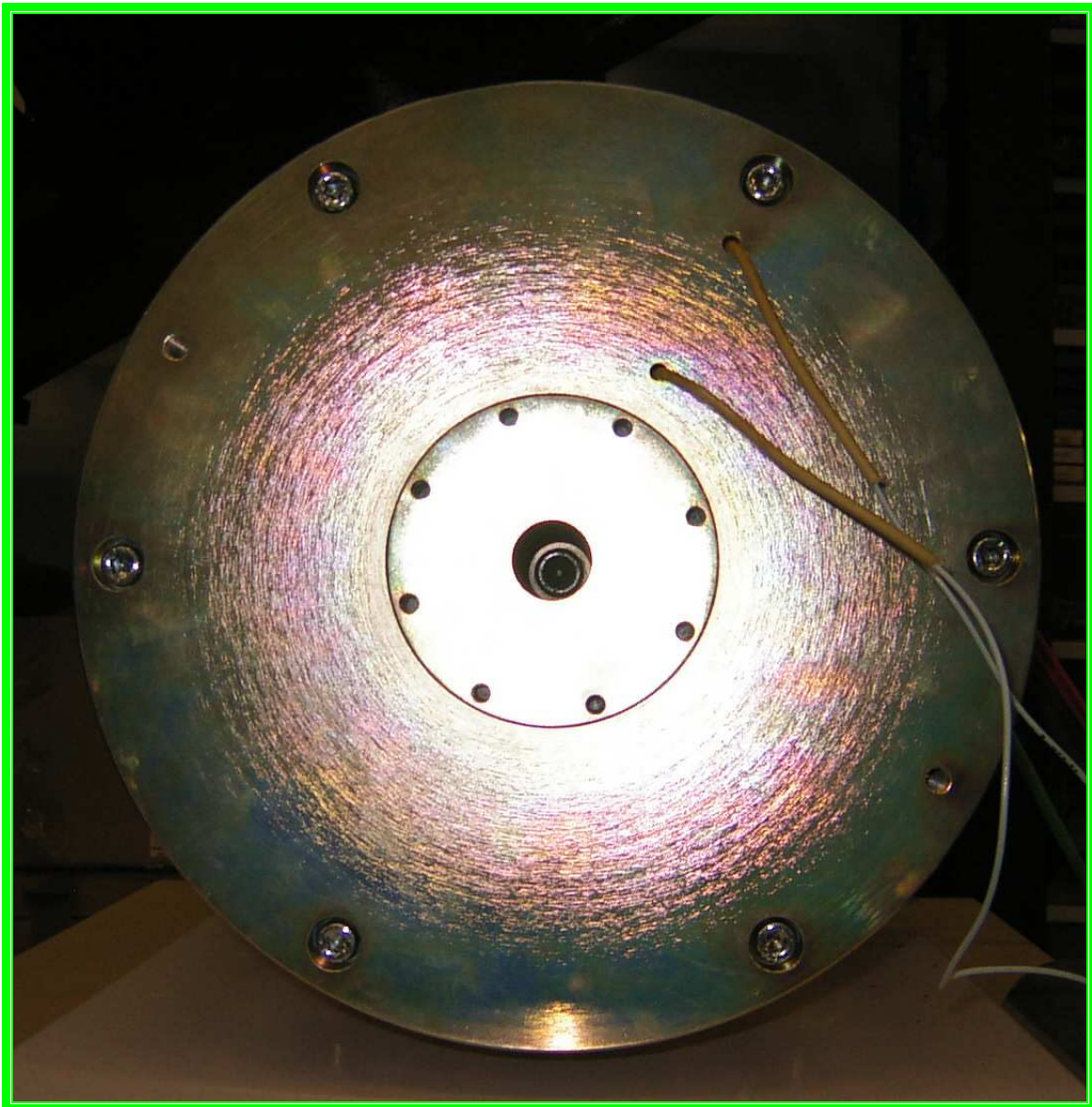


MACHINE ELECTRIQUE DS



Comment faire plus simple ?

SOMMAIRE

1 -	PREAMBULE	3
2 -	GENERALITES	3
3 -	DEFINITIONS	4
4 -	HISTORIQUE.....	5
5 -	PRINCIPE	6
5-1-	Principe général.....	6
5-2-	Exemple d'application	7
5-2-1	Définition	7
5-2-2	Réalisation.....	8
6 -	INTERETS	9
6-1-	Intérêt du principe	9
6-2-	Intérêt de la réalisation simple.	9
6-3-	Intérêt des parties fixe et mobile séparées	10
6-4-	Intérêt du fonctionnement en moteur électrique.....	10
6-5-	Intérêt du fonctionnement en alternateur	10
6-6-	Intérêt du fonctionnement mixte.....	11
6-7-	Intérêt du nombre de pôles	11
6-8-	Intérêt de l'excitation fixe ou variable	11
6-9-	Intérêt de l'excitation variable en moteur.	12
6-10-	Intérêt de l'excitation variable en alternateur	12
6-11-	Intérêt de la ventilation de la partie mobile.....	12
7 -	APPLICATIONS.....	13
7-1-	Généralités	13
7-2-	Utilisations	13
7-2-1	Utilisation 1	13
7-2-2	Utilisation 2.....	13
7-2-3	Utilisation 3.....	13
7-2-4	Utilisation 4.....	13
7-2-5	Utilisation 5.....	14
7-2-6	Utilisation 6.....	14
7-2-7	Utilisation 7.....	14
7-2-8	Utilisation 8.....	14

MACHINE ELECTRIQUE DS

(DELTY Synchrone ou Dominique Sabadie
sinon Drôlement Simple)

1 - PREAMBULE

L'idée de cette machine est apparue par le plus grand des hasards devant la planche en coupe de l'alternateur radio de MM BETHENOD et LATOUR. Planche que vous retrouverez dans ce document.

Il nous semble difficile de comprendre pourquoi ça fonctionne. Le raisonnement habituel des machines électrique est un peu bousculé.

Un brevet a été déposé (WO 2008096062). Nous nous permettons de vous présenter cette machine.

2 - GENERALITES

Ce document à pour objet de présenter une machine électrique qui peut être un moteur ou un alternateur ou les deux à la fois.

Si son principe peut surprendre, le premier prototype fonctionne plutôt bien.

Les moteurs synchrones, asynchrone et continus actuels sont issus du principe fondateur de la machine de Zenobe GRAMME. Dans ces machines un pôle magnétique cherche en permanence à rattraper son pôle opposé créé (moteurs synchrones ou continus) ou induit (moteurs asynchrones).

La différence par rapport aux machines actuelles est que la machine électrique DS fonctionne avec présence – absence d'un pôle magnétique permanent fixe.

3 - DEFINITIONS

La machine électrique DS est un moteur et un alternateur électrique polyphasé fonctionnant de manière synchrone sur le principe de la variation de réluctance. C'est une machine comprenant un minimum de composants, simple et économique à réaliser. La partie feuilletée est limitée. Le rotor est massif sans bobinages ni aimant.

Le principe de fonctionnement de la machine électrique DS est la variation de présence à absence du flux d'aimantation. La plupart des machines électriques industrialisées actuelles sont basées sur l'attraction de pôles magnétiques nord par les pôles magnétiques sud.

Le moteur consomme de l'énergie électrique et il produit de l'énergie mécanique. L'alternateur consomme de l'énergie mécanique et il produit de l'énergie électrique.

Une source électrique est polyphasée quand elle comprend 2 ou plusieurs phases. Le triphasé comprenant 3 phases est couramment utilisé.

Une machine synchrone tourne à une vitesse de rotation fixe multiple de la fréquence fondamentale de son courant électrique d'alimentation.

La réluctance est le quotient de la force magnétomotrice d'un circuit magnétique par le flux d'induction qui le traverse.

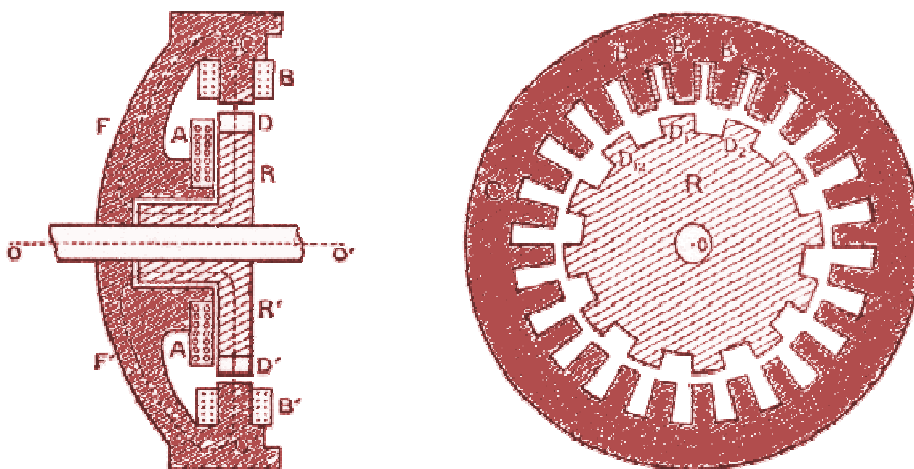
La variation de réluctance crée donc une variation de flux d'induction et de force magnétomotrice. La variation de flux d'induction magnétique crée au travers d'une bobine une variation de courant. La force magnétomotrice crée un déplacement linéaire ou une rotation sur un rotor.

4 - HISTORIQUE

Le principe de fonctionnement de la machine électrique DS s'inspire de l'alternateur de BETHENOD-LATOURE réalisé avec une seule phase pour des applications radio.

La disposition proposée du stator de cet alternateur dit à fer tournant, permet d'augmenter le nombre d'encoches et ainsi de produire, sans augmenter la vitesse de la machine, un courant de fréquence plus haute.

Le schéma de principe de l'alternateur BETHENOD-LATOURE est présenté ci-dessous :



Cet alternateur est basé sur la modification périodique de la réluctance du circuit magnétique.

Dans cette machine l'inducteur et l'induit sont tous les deux immobiles. Le stator est un disque massif pourvu à sa périphérie d'encoches usinées.

Le flux magnétique est produit par une bobine inductrice fixe AA'. Le circuit magnétique est constitué de la roue mobile en fer RR', le noyau d'induit entouré des bobines induites BB' et un flasque FF' qui constitue le corps de la machine.

La roue mobile comporte un nombre N de dents et le noyau d'induit 2N encoches dans lesquelles sont disposées 2N bobines reliées entre elles en série et avec les enroulements successifs bobinés en sens inverse de façon à ce que les forces électromotrices soient en phase et s'ajoutent.

Lorsque la roue en fer passe devant une encoche fixe de l'induit, le flux varie de 0 à une valeur maximale puis revient à 0 donnant ainsi à chaque passage de dent naissance à une tension alternative dans la bobine.

La fréquence du courant est fonction de la vitesse de rotation.

5 - PRINCIPE

5-1- Principe général

La machine électrique DS est moteur ou un alternateur polyphasé tournant ou linéaire à P phases et N pôles. Elle est constituée d'une partie fixe 1 appelée "induit" comprenant un multiple M de $(2N \times P)$ encoches bobinées 3. Chaque ensemble de bobines d'une phase est décalé du multiple M d'encoches. La partie fixe 1 est face à une partie mobile 2 comprenant N encoches. Un circuit magnétique d'"excitation" 4 fait circuler un flux magnétique continu entre la partie fixe 1 et la partie mobile 2. L'excitation 4 est assurée par un aimant ou une bobine électroaimant placée dans le circuit magnétique au point le plus adapté sur la partie fixe 1 ou mobile 2. (cf. figure 3)

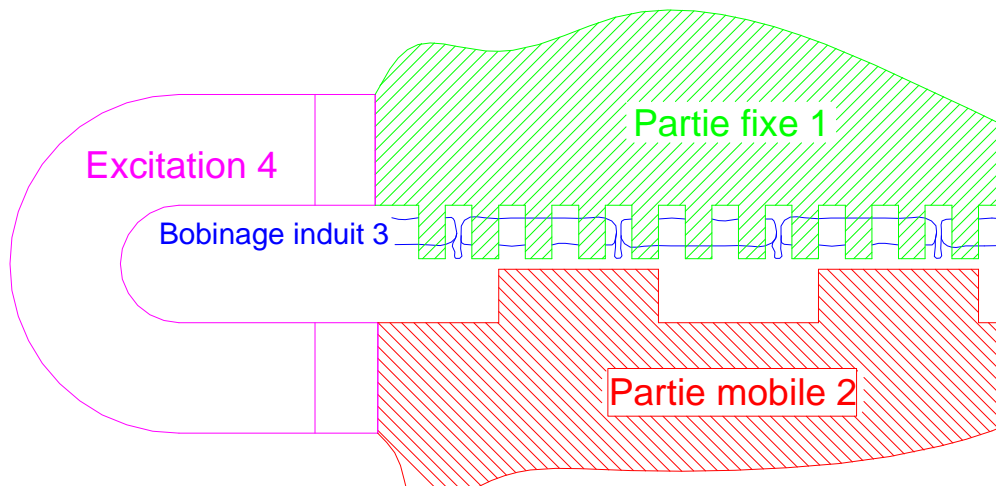


Figure 3 : principe général

Le flux magnétique généré par l'excitation 4 se referme entre la partie fixe 1 sur le haut des encoches de la partie mobile 2.

Lors d'un déplacement de la partie mobile 2 une bobine induit 3 passe d'un flux d'induction magnétique maximal en haut des encoches à un flux minimal en bas des encoches de la partie mobile 2.

Quand une bobine est au flux maximal, la bobine suivante est au flux minimal. Comme la bobine suivante est bobinée en sens inverse, les flux vus par chaque bobine sont donc mis en phase. Les courants induits s'ajoutent donc de bobine en bobine.

En mode alternateur cette variation de flux dans le bobinage induit 3 crée un courant qui s'ajoute en parallèle aux autres bobines pour créer un courant alternatif.

En mode moteur, du courant alternatif est envoyé dans le bobinage 3. Ce courant alternatif fait varier le flux d'induction de l'excitation 4. La réluctance du circuit fait que cette variation de flux d'induction se traduit par l'apparition d'une variation de force magnétomotrice qui agit sur la partie mobile 2.

5-2- Exemple d'application

5-2-1 Définition

Cet exemple est présenté pour illustrer le principe d'une machine électrique DS. C'est une machine rotative, moteur et alternateur. Cet exemple a été réalisé en prototype.

Dans le principe de la machine électrique DS, le nombre de phases étant P , la partie mobile appelée rotor comporte N dents et la partie fixe appelée stator un multiple de $2N \times P$ encoches dans lesquelles sont disposées $2N$ bobines par phases reliées entre elles en série et avec les enroulements successifs bobinés en sens inverse de façon à ce que les forces électromotrices soient en phase et s'ajoutent.

Dans cet exemple le nombre de pôle N sur la partie mobile appelée le rotor est de 8 et le nombre de phases P est de 3 pour la partie fixe appelée le stator. Pour simplification nous prendrons 3 encoches par phases soit un multiple M de 1. Ce qui donne un stator à $1 \times 2 \times 8 \times 3$ soit 48 encoches.

Le développé simplifié est présenté en figure 4.

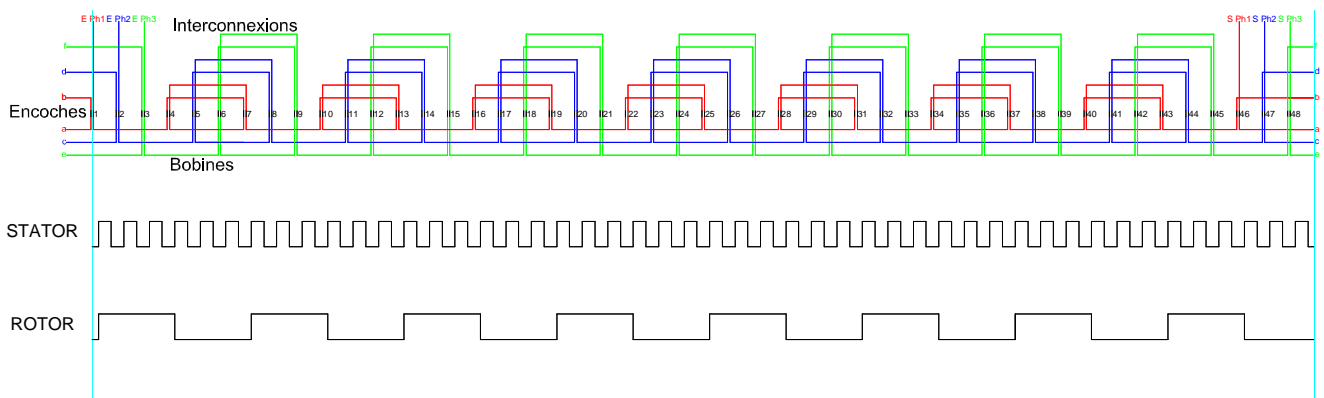


Figure 4 : développé de l'exemple choisi

Dans cette machine électromagnétique seules les parties soumises au champ magnétique haute fréquence peuvent être constituées par des tôles minces feuilletées afin de limiter les pertes de rendement par les courants de Foucault. Les autres parties peuvent être massives. Outre sa simplicité c'est aussi tout l'intérêt d'une telle machine.

5-2-2 Réalisation

Le schéma de définition décrit au paragraphe précédent peut se réaliser suivant le modèle en vue en coupe ci-dessous :

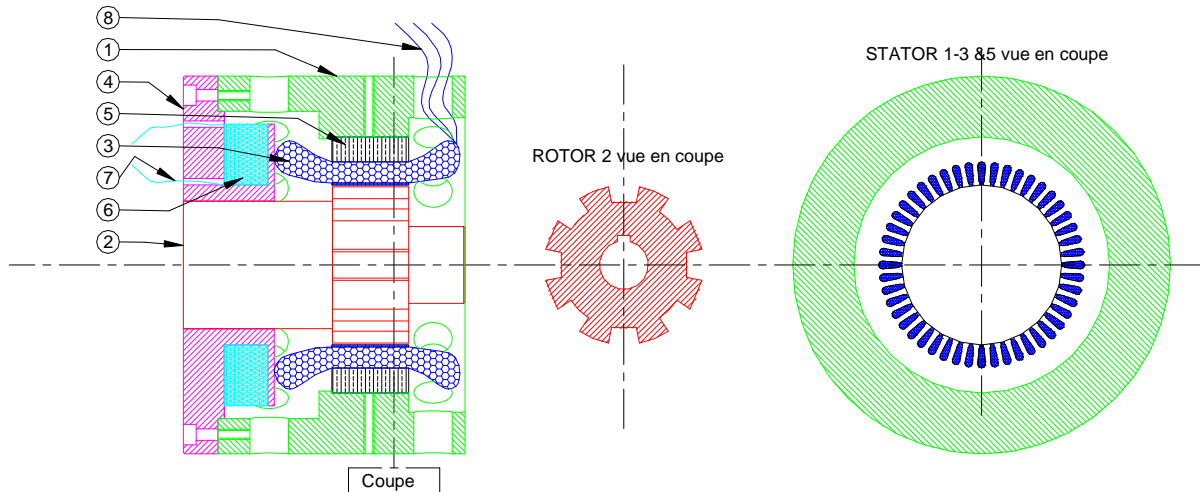


Figure 5 : Plans en coupes de l'exemple défini

- 1- Partie fixe 1 ou stator.
- 2- Partie mobile 2 ou rotor.
- 3- Bobinage induit 3.
- 4- Support bobine excitation 4.
- 5- Tôles feuilletées du stator.
- 6- Bobinage d'excitation 4.
- 7- Connexions électriques de l'excitation 4 (courant continu).
- 8- Connexions électriques du bobinage induit 3 (courant alternatif).

Dans cette machine l'excitation 4 et l'induit 1 & 3 sont fixés au stator et sont tous les deux immobiles. Il n'y a donc pas de bobinages embarqués en rotation.

En mode moteur un courant triphasé piloté à fréquence et tension variable est envoyé sur les bobines de l'induit 3 par l'intermédiaire des connexions électriques 8. Le rotor 2 tourne proportionnellement à la fréquence du pilotage.

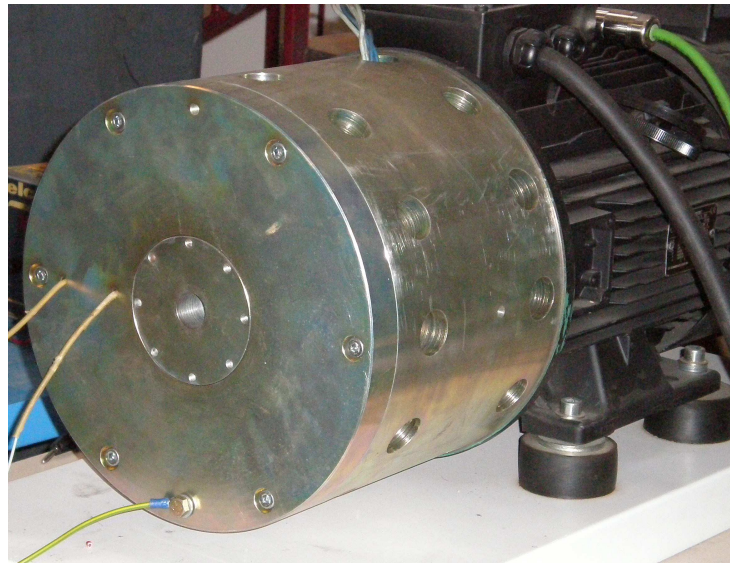
En mode alternateur le rotor 2 tourne. La variation de réductance devant chaque bobine d'induit 3 crée un courant alternatif récupéré sur les connexions 8. La fréquence du courant est fonction de la vitesse de rotation.

Dans le cas de l'exemple avec une vitesse de rotation de 3 000 t/min (50 tours par seconde), la fréquence du courant induit sera de : $50 \times 8 = 400$ Hz

En alimentant avec une fréquence de 400 Hz le moteur tourne à 3000 tours par minutes.

Inversement en faisant tourner le rotor à 3000 tours par minutes la fréquence observée sera de 400 Hz.

Réalisé :



6 - INTERETS

6-1- Intérêt du principe

La machine électrique DS est un moteur et un alternateur polyphasé tournant ou linéaire à P phases et N pôles. Elle est composée d'une partie fixe appelée "induit" comprenant un multiple de $(2N \times P)$ encoches bobinées. La partie fixe est face à une partie mobile comprenant N encoches. Un circuit magnétique d'"excitation" fait circuler un flux magnétique continu entre la partie fixe et la partie mobile. L'excitation est assurée par un aimant ou une bobine électroaimant placé dans le circuit magnétique au point le plus adapté sur la partie fixe ou mobile.

L'intérêt de cette machine réside dans le fait de réaliser une machine électrique moteur et alternateur réversible avec un minimum de 3 ou 4 pièces.

6-2- Intérêt de la réalisation simple.

La machine électrique DS est constituée d'une partie fixe appelée "induit" comprenant un multiple de $(2N \times P)$ encoches bobinées. Cet induit est soumis au champ magnétique à plus ou moins haute fréquence. En pratique seul l'induit est constitué de tôles minces afin de limiter les pertes par courants de Foucault.

L'intérêt de cette machine réside dans le fait que pratiquement toutes les pièces de la machine peuvent être réalisées avec des éléments massifs. L'avantage principal est donc une réalisation simple et économique.

6-3- Intérêt des parties fixe et mobile séparées

La machine électrique DS est constituée d'une partie fixe et d'une partie mobile séparée et sans contact mécanique. Le circuit excitation fait circuler un flux magnétique continu entre les deux parties.

L'intérêt de cette machine réside dans le fait de réaliser une transmission de puissance électrique ou mécanique sans aucun contact entre les deux parties et avec une partie mobile particulièrement simple et robuste. Par exemple la transmission peut s'envisager au travers d'une paroi amagnétique entre 2 milieux incompatibles. La partie mobile peut être plongée dans un milieu hostile.

6-4- Intérêt du fonctionnement en moteur électrique.

La machine électrique DS est utilisable en moteur linéaire ou rotatif. Un courant polyphasé, par exemple triphasé, à fréquence et tension variable est envoyé sur les bobines de l'induit. La partie mobile se déplace à une vitesse proportionnelle à la fréquence du courant d'induit et inversement proportionnelle à son nombre d'encoches. La partie mobile est donc synchrone à la fréquence du courant d'induit. Dans l'exemple du moteur rotatif l'induit fixe et l'excitation continue sont au stator tandis que le rotor tourne à la vitesse de rotation multiple de la fréquence du courant.

L'intérêt de cette machine réside dans le fait de réaliser simplement un moteur électrique synchrone sans aucune bobine ni aucun aimant sur la partie mobile.

6-5- Intérêt du fonctionnement en alternateur

La machine électrique DS est utilisable en alternateur polyphasé. La partie mobile magnétisée par le circuit d'excitation "balaye" les bobines d'induit. La variation de flux ainsi créée génère un courant alternatif dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de déplacement relatif des parties fixes et mobiles. La tension qui apparaît est une fonction de la vitesse relative et du flux de l'excitation.

L'intérêt de cette machine réside dans le fait de réaliser un alternateur simplifié et économique avec un minimum de composants. Cette particularité est intéressante par exemple pour réaliser des alternateurs automobiles plus fiables et plus performants. Un autre exemple d'utilisation est la réalisation d'alternateurs tachymétriques permettant de mesurer vitesse et position d'un mobile ou d'un rotor.

6-6- Intérêt du fonctionnement mixte

Les paramètres de fonctionnement de la machine électrique DS sont un équilibre mécanique et électrique. Mécaniquement il s'agit de la vitesse et de la force en déplacement linéaire ou du couple en rotation. Électriquement il s'agit de la tension, du courant et de la fréquence. La modification des paramètres de fonctionnement fait passer sans heurts du mode moteur au mode alternateur et réciproquement.

C'est tout l'intérêt de cette machine. Par exemple cette technologie permet de réaliser très simplement un dispositif de stockage / restitution d'énergie cinétique. Autre exemple : l'utilisation du moteur en démarreur pour lancer un moteur thermique. Une fois le moteur thermique démarré son utilisation en alternateur.

6-7- Intérêt du nombre de pôles

La machine électrique polyphasée DS est constituée de pôles simples à réaliser. Le choix optimal du nombre de pôles permet d'obtenir à basse vitesse des fréquences basses ou hautes.

L'intérêt de cette machine réside dans l'avantage de pouvoir supprimer des multiplicateurs ou des réducteurs. Par exemple dans les éoliennes de supprimer le multiplicateur et d'obtenir directement la fréquence souhaitée. Autre exemple un moteur DS peut remplacer un motoréducteur pour diminuer la cinématique et augmenter la fiabilité.

L'autre intérêt de cette machine est, en couplant des machines électriques DS entre elles, de pouvoir transmettre un mouvement de rotation ou linéaire à un mouvement de rotation ou linéaire. Par exemple il est possible de réaliser aussi bien un arbre électrique qu'un multiplicateur ou un réducteur électrique.

6-8- Intérêt de l'excitation fixe ou variable

La machine électrique DS comprend un circuit magnétique d'"excitation" qui fait circuler un flux magnétique continu entre la partie fixe et la partie mobile. L'excitation est assurée par un aimant ou une bobine électroaimant placé dans le circuit magnétique sur la partie fixe ou mobile.

L'intérêt de l'excitation par un aimant est économique car il simplifie l'électronique de pilotage.

L'intérêt de l'excitation par un électroaimant donne plus de souplesse et de variables pour le pilotage de la machine DS. D'autre part les aimantations atteintes peuvent être supérieures à celle des aimants. La force ou le couple en résultant en est d'autant amélioré.

6-9- Intérêt de l'excitation variable en moteur.

La machine électrique DS fonctionnant en moteur avec une excitation variable par électroaimant permet une maîtrise de la force électromotrice en tout point de fonctionnement en vitesse et force ou couple de la partie mobile.

Cet avantage permet d'augmenter notablement la plage de vitesses du moteur synchrone ainsi constitué par rapport aux moteurs actuels.

6-10- Intérêt de l'excitation variable en alternateur

La machine électrique polyphasée DS fonctionnant en alternateur avec une excitation variable par électroaimant permet une maîtrise de la tension de sortie pour une vitesse donc une fréquence. D'autre part, si l'alternateur est couplé à un réseau cette excitation permet d'agir sur le facteur de puissance (ou : cosinus phi, $\cos \varphi$) du réseau.

Cet avantage permet par exemple de réguler la tension de sortie de l'alternateur indépendamment de la charge.

L'intérêt de cette excitation variable permet d'envisager l'utilisation de la machine électrique DS en compensateur synchrone d'énergie réactive sur réseaux de distribution électriques.

6-11- Intérêt de la ventilation de la partie mobile

La partie mobile de la machine électrique DS est constituée d'encoches qui ont un effet naturel de radiateur. Sur les machines tournantes, par un montage adapté elles permettent de créer une ventilation naturellement forcée.

L'intérêt de cette machine réside dans le fait de pouvoir évacuer simplement et les calories de la machine. Par exemple sur les machines tournantes, le rotor peut servir de ventilateur ou de pompe car les encoches peuvent se comporter comme des pales.

7 - APPLICATIONS

7-1- Généralités

L'intérêt de la machine électrique DS réside dans le faible nombre de pièces, la simplicité de réalisation et donc la fiabilité et les économies en résultant.

La machine électrique DS peut être utilisée de multiples façons dans différentes activités. Elle est une alternative de plus aux machines électrique existant sur le marché. De part ses avantages elle ouvre des voies à des applications ou les machines actuelles trouvent leurs limites.

7-2- Utilisations

La description des utilisations ci-dessous n'est ni exhaustive ni ordonnée. Les numéros donnés à chaque sous-chapitre utilisation ne sont là que pour distinguer les utilisations possibles les unes des autres.

7-2-1 Utilisation 1

La machine électrique DS associée a un pilotage simples déjà existant ou à développer, remplace avantageusement les moteurs ou motoréducteurs asynchrones, synchrones ou continus existant dans toutes les applications où ils sont aujourd'hui utilisés.

7-2-2 Utilisation 2

La machine électrique DS associée à des pilotages remplace avantageusement les générateurs électriques existants dans toutes les applications où ils sont utilisés.

7-2-3 Utilisation 3

Grâce à la simplicité de son rotor et de son refroidissement, la machine électrique DS est particulièrement adaptée à la réalisation de moteurs électrique tournant a des vitesses supérieures à 8000 tours/minutes.

7-2-4 Utilisation 4

Grâce a la possibilité qu'à la machine électrique DS d'avoir simplement beaucoup de pôles elle est particulièrement adaptée à la réalisation de moteurs électriques tournant a des vitesses inférieures à 400 tours/minutes.

7-2-5 Utilisation 5

La machine électrique DS est particulièrement adaptée à la réalisation d'alternateurs de fréquence supérieure à 100 Hz.

7-2-6 Utilisation 6

Grâce au pilotage de l'excitation et à sa robustesse, la machine électrique DS peut servir de compensateur synchrone d'énergie réactive sur réseaux alternatifs

7-2-7 Utilisation 7

La réversibilité naturelle de la machine électrique DS permet de réaliser:

- Des démarreur - alternateurs.
- Des dispositifs de stockage / restitution d'énergie cinétique.
- Des accouplements synchrones.
- etc...

7-2-8 Utilisation 8

Le synchronisme naturel de la machine électrique DS permet aussi de réaliser:

- Des arbres électriques.
- Des réducteurs électriques
- Des multiplicateurs électriques
- Des capteurs de vitesse.
- Des capteurs de position.
- etc...