

ESM ou EESM signifie machines synchrones excitées électriquement. Celles-ci sont aujourd'hui tout aussi fréquemment utilisées pour la propulsion des véhicules que les machines synchrones à excitation permanente (PSM), les machines asynchrones (ASM), les machines à réluctance (RM) ou les moteurs à flux axial.

Afin de pouvoir installer différents types de motorisation, BMW a doté la Série 7, lancée sur le marché en 2022, d'une architecture de véhicule flexible. Cela permet d'installer une technologie hybride légère de 48 V, un hybride rechargeable ou un entraînement entièrement électrique sur la même chaîne de montage de l'usine du groupe BMW à Dingolfing.

Les ESM sont excités électriquement. Cela signifie qu'il n'y a pas d'aimants permanents logés dans le rotor, mais plutôt des enroulements électriques. Grâce à un apport d'énergie électrique finement régulé, ces enroulements créent un champ magnétique qui réagit avec le champ tournant du stator. D'un point de vue écologique et économique, il est certainement logique de ne pas compter sur des aimants permanents, car l'extraction et la production de cuivre sont moins problématiques que celles de certains métaux des terres rares.

Stator

Le stator est fabriqué chez BMW selon le procédé Hair-Pin. Cela signifie que les différents enroulements passent à travers le stator (voir article : e-machines, stator). Avec cette technologie, le cuivre est mieux utilisé et une plus grande conductivité électrique ou magnétisme peut être absorbée avec moins de volume. L'inconvénient de cette technologie est le nombre important de points de soudure nécessaires. Étant donné que le courant alternatif triphasé (courant triphasé) circule dans les enroulements du stator, au moins trois circuits doivent être connectés. En règle générale, il n'y a pas trois circuits, mais des multiples de 3.

Rotor

BMW fait profil bas sur le rotor et on ne peut pas voir grand-chose sur la photo. Il s'agit d'un rotor à pôles lisses et non à pôles saillants, comme le montre une représentation simplifiée de la fig. 4. Les

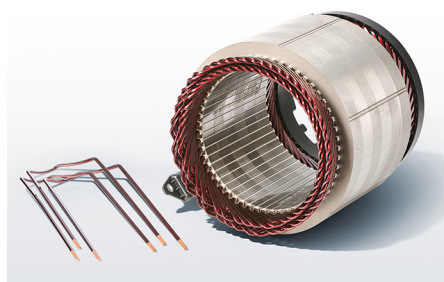


Fig. 2 : Le stator est fabriqué par BMW en utilisant la technologie Hair-Pin.

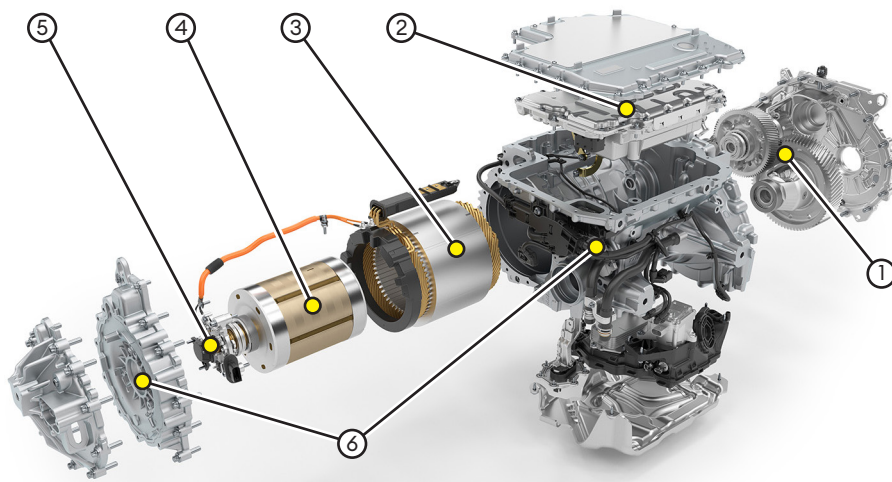


Fig. 1 : La propulsion électrique de la BMW Série 7. 1 Boîte de vitesses - 2 Électroniques de puissance - 3 Stator - 4 Rotor - 5 Bague collectrice et capteur de position - 6 Carter.

rotors à pôles lisses sont généralement utilisés pour les régimes élevés. Les enroulements ne sont pas en surface, mais sont intégrés, comme les aimants permanents du PSM, et permettent ainsi une combinaison entre les effets de Lorentz et de réluctance.

Comme la polarité magnétique des machines synchrones excitées électriquement et à excitation permanente ne peut pas être modifiée (le champ tournant se trouve dans le stator), le rotor doit être alimenté en courant continu. Cela signifie que les rotors des machines synchrones à excitation électrique ne doivent pas nécessairement être laminés car le champ du rotor reste assez constant et les pertes par courants de Foucault ont donc peu d'impact.

Les enroulements du rotor sont alimentés via des balais de charbon et des bagues collectrices (Fig. 3). Les balais de charbon sont frittés et une certaine quantité de poudre métallique peut y être incorporée pour réduire la résistance électrique. Cela permet d'une part de contrôler la chute de tension et la température dans cette zone. Cependant, la température ne dépend pas seulement de la résistance de contact, mais également du frottement mécanique entre le balai de charbon et la bague collectrice. Étant donné que les surfaces des deux pièces présentent une certaine rugosité, la surface de contact réelle est constituée de nombreux petits points de contact.

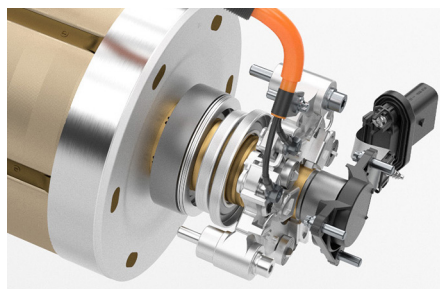


Fig. 3 : Le câble orange transporte le courant continu vers les balais de charbon.

Malheureusement, BMW ne précise pas quelle quantité de courant circule vers le rotor, à quelle tension et dans quels états de fonctionnement. Dans tous les cas, en régulant le courant du stator et du rotor, la machine peut être contrôlée avec précision et avec une bonne efficacité. Le ralenti et la récupération de cette machine peuvent également être réglés de manière très sensible car le courant continu du rotor peut également être modulé. Néanmoins, l'ESM présente toujours un désavantage en termes de rendement par rapport au PSM, car aucun courant d'excitation n'est nécessaire avec le PSM.

Fonctionnement

Si une machine synchrone fonctionne au ralenti sans charge, le pôle nord du stator est toujours opposé au pôle sud du rotor (et vice versa) (Fig. 4a). Le nom synchrone indique que la vitesse du rotor est toujours synchrone avec le champ tournant, ce qui signifie qu'il n'y a pas de glissement. Lorsqu'une charge est appliquée et que le couple est transmis aux roues via le rotor, le rotor glisse légèrement avant le stator. Le pôle nord du stator n'est plus exactement opposé au pôle sud du rotor. Le rotor et donc son pôle sud sont quelque peu ralentis par la charge. Nous parlons alors de couple magnétique. Cela dépend de la charge ou du couple. Si la charge et donc le couple magnétique deviennent trop importants, le moteur se désynchronise (couple de décrochage) et s'arrête.

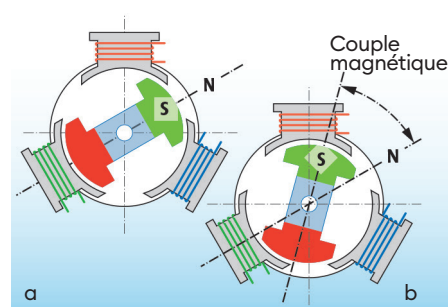


Fig. 4 : a) Moteur au ralenti et b) Moteur en charge.