

Synchronmaschinen 1

E-Maschinen

Bilder: Mercedes-Benz, dle

Bei Synchronmaschinen wirkt ein statisches Magnetfeld im Rotor der Maschine auf ein Drehfeld, dessen Spulen sich im Stator befinden. Bewegen sich die drei um 120° versetzten Magnetfelder des Drehfeldes, ziehen sie die entsprechenden Pole des Rotors drehgleich mit. Natürlich hängt der Rotor bei höheren Belastungen ein bisschen hinten nach. Dabei wird vom Polradwinkel ϑ (griech. klein Theta) gesprochen. Das Nachhängen darf nicht zum Überspringen von Polen kommen, sonst fällt der Motor aus dem Takt und kann Schaden nehmen. Deshalb muss die Belastung des Motors so geregelt werden, dass es unter keinen Umständen zu diesem Effekt kommt. Die Drehzahl dieser Motoren wird mit der Frequenz des Drehfeldes geregelt, das Drehmoment mit der Stärke des Drehfeldes bzw. mit der Amplitude des Drehstromes.

PSM

Bei permanenterrregten Synchronmaschinen (PSM) wird das gleichbleibende magnetische Feld von starken Dauermagneten gebildet. Diese weisen eine konstante magnetische Kraft auf, was regelungstechnisch berücksichtigt werden muss. Die Rekuperation gestaltet sich einfach, nur muss die entstehende Spannung auf die Ladespannung der Batterie angepasst werden. Problematisch ist der Leerlauf, da das permanente Magnetfeld in jedem Fall eine Induktion in den Statorwicklungen bewirkt. Angewendet werden PSM beispielsweise bei VW in den ID.3-Modellen, im Porsche Taycan und in P2-Hybridfahrzeugen.

Aussenläufermaschinen

Synchronmaschinen werden als Innenläufer oder als Aussenläufer gebaut. Die typischen Aussenläufermaschinen (Bild 1) sind häufig vielpolige Schenkelpolmaschinen. Schenkelpolmaschinen weisen in der Regel typische Einzelspulen als Pole am Umfang des Stators auf. Da diese mit dreiphasigem Wechselstrom versorgt werden, ist die Gesamtzahl der Spulen auch durch drei teilbar, häufig auch durch sechs, weil sich am Umfang gegenüber einer bestimmten Spule eine zweite Spule mit umgekehrtem Wicklungssinn befindet, welche von der gleichen Phase bestromt wird. Auf diese Weise entsteht auf der einen Seite ein Nord-, auf der anderen ein Südpol.

Die mit dem Drehstrom verbundenen Spulen müssen im Stator verbaut sein, da die grossen Ströme, welche bei Traktionsmotoren fließen, kaum auf einen Rotor übertragen werden können. Werden aber die starken Permanentmagnete auf einen innenliegenden Rotor geklebt, müssen sie mit Bändern gegen die Fliehkräfte gesichert werden. Liegt dagegen der Läufer trommelförmig um den Stator, werden die Magnete durch die Fliehkraft gegen aussen, also in die Trommel gedrückt und brauchen nicht zusätzlich gesichert zu werden.

Innenläufermaschinen

Bei vielen Innenläufermaschinen sieht der Rotor wie ein geblechter Zylinder aus, also ein Zylinder, welcher aus einem Stapel von gegeneinander isolierten Elektroblechen aufgebaut ist. Die Bleche vermindern die Wirbelstromverluste (siehe Beitrag: E-Maschinen, Stator). In diesen Elektroblechen sind die Permanentmagnete in verschiedenen Formen und Lagen vergraben. Dadurch wird es schwierig, bei Innenläufern zwischen PSM, ESM oder Asynchronmaschinen zu unterscheiden. Mit einem Schraubenzieher kann bei einem PSM-Anker aber ein Magnetfeld festgestellt werden.

ESM

Elektrisch erregte Synchronmaschinen (ESM) werden in der Regel als Innenläufer gebaut. Der Rotor kann dabei als Schenkelpolläufer (Bild 3a) oder aber zylindrisch aufgebaut sein. Beim zylindrischen Aufbau werden die Spulen in Nuten der Elektrobleche gelegt oder aber - ähnlich wie die Permanentmagnete - vergraben. Wichtig ist dabei, dass die Spulen im Rotor auch bestromt werden. Da sich die Magnetfelder analog der PSM nicht verändern dürfen, müssen die Spulen über Schleifringe mit Gleichspannung versorgt werden. Die Schleifringe sind vom Klauenpolläufer des Alternators bekannt. Da die Magnetfeldstärke auch mit der Windungszahl beeinflusst werden kann, ist es möglich die Stromübertragung und damit die Belastung der Kohlebürsten exakt zu bestimmen. Regelungstechnisch sind bei ESM sowohl das Drehfeld wie auch das Statorfeld beeinflussbar. Auf diese Art können die gewünschten Drehmomente sehr präzise abgebildet werden.

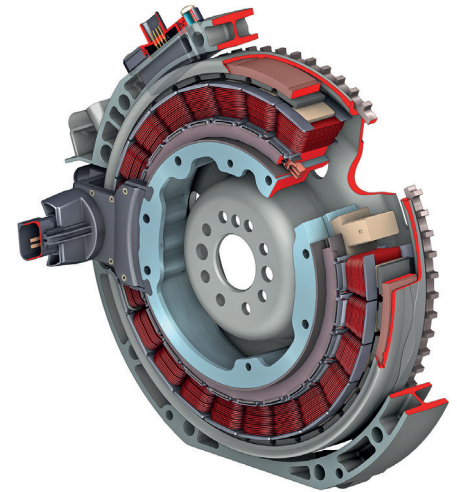


Bild 1: Typische vielpolige permanenterrregte Aussenläufersynchronmaschine für einen P2-Hybrid.

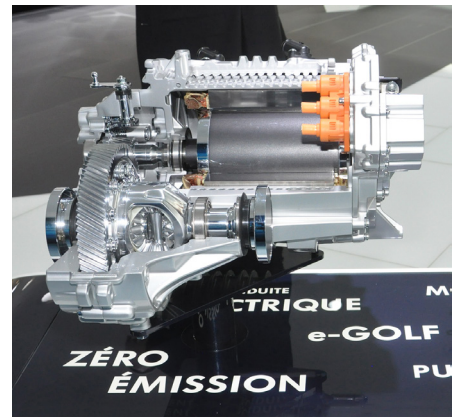


Bild 2: Viele Traktionsmotoren im Achsantrieb weisen vergrabene Magnete auf und sehen den Vollpolmaschinen ähnlich.

Elektrisch erregte Synchronmaschinen finden sich zum Beispiel im Renault Zoe oder Kangoo E-Tech.

Rotorbauarten

Je nach Rotorbauart nutzen die Synchronmaschinen nicht nur das Synchronmoment aus der Lorentzkraft, sondern auch ein Reluktanzmoment (siehe Beitrag: E-Maschinen, Magnetische Kraft). Durch den Einbezug der Reluktanzkraft gelingt es, den oberen Drehzahl- und Lastbereich der Motoren besser zu nutzen.

Im Bild 3 sind Beispiele von vierpoligen Innenläufern gezeigt. Bei Traktionsmaschinen sind aber sechs bis acht Pole geläufig.

Bei der permanent erregten Synchronmaschine mit einem gewissen Reluktanzanteil wirken die vergrabenen Magnetaschen wie vergrösserte Luftspalte und beeinflussen auf diese Art den magnetischen Widerstand. Sobald das Magnetfeld aktiv beeinflusst wird, verändert sich auch die Reluktanz. Damit die Drehmomentgenauigkeit bei Parallelhybriden, welche an den Verbrennungsmotor gekoppelt sind, eingehalten werden kann, arbeiten die vielpoligen Synchronmaschinen mit einem geringen Reluktanzanteil.

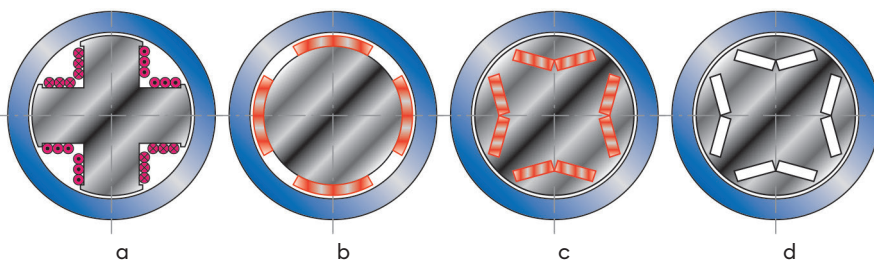


Bild 3: Verschiedene Rotorbauformen: a Elektrisch erregter Synchronmotor - b Permanent erregter Synchronmotor ohne Reluktanz - c Permanent erregter Synchronmotor mit Reluktanz - d synchronlaufende Reluktanzmaschine.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Andreas Lerch

TECHNOMAG

Derendinger

Sponsoren: