

Bilder: Mercedes-Benz, Yasa, ale

Schon der erste Generator des englischen Naturforschers Michael Faraday (1791–1867) war ein Scheibengenerator, in welchem eine Metallscheibe in einem U-förmigen Magneten gedreht wurde. Dabei floss das Statormagnetfeld axial durch den Rotor, also parallel zu der Rotorachse. Die englische Firma Yasa, aber auch der Flugzeugmotorenhersteller Rolls-Royce und das belgische Unternehmen Magnax BV forschen an Axialflussmotoren für den Strassenverkehr wie auch für die Luft- oder Schifffahrt. Die Yasa Ltd wurde 2009 gegründet und 2021 von Mercedes-Benz übernommen.

Aufbau

Bei Radialflussmotoren fliesst das Magnetfeld rechtwinklig zur Rotorachse und am ganzen Umfang. Um die erforderliche Felddichte für das gewünschte Drehmoment zu erreichen, ist eine gewisse axiale Länge erforderlich.

Damit beim Axialflussmotor das Magnetfeld axial wegfliessen kann, müssen auch die Elektromagneten parallel zur Rotorachse liegen (Bild 2). Je grösser ihr Abstand von der Rotorachse, desto grösser der Krafthebelarm und damit bei gleicher Kraft das Drehmoment.

Neben den Spulen liegen zwei Scheibensrotoren mit aufgeklebten Permanentmagneten. Je kleiner der Luftspalt zwischen Statorspulen und Rotormagneten, desto grösser die wirksame magnetische Kraft. Die Spulen sind auf dem Stator montiert, damit die hohen Ströme nicht auf drehende Teile übertragen werden müssen. Die Kühlung ist weder im Stator noch im Rotor einfach. Die Rotoren werden ölgekühlt. Im Gehäuse hat es Wasserkanäle, welche die Wärme abführen können.

Funktion

Die Funktion des Axialflussmotors ist jener der permanent erregten Synchronmaschinen (PSM) sehr ähnlich. Die Statorspulen werden ja bei allen Drehstrommaschinen von dreiphasigem Wechselstrom durchflossen. Aus diesem Grund weist die Anzahl der Spulen auch immer eine Dreierzahl auf. So wechseln sich die Phasen und damit die Polstärken immer im 120°-Abstand ab.

Ist der linke Anschluss in Bild 2 positiv, so liegt der Nordpol der Spule nach der Rechten-Hand-Regel auf der linken Seite. Somit wird eine Südpolplatte der linken

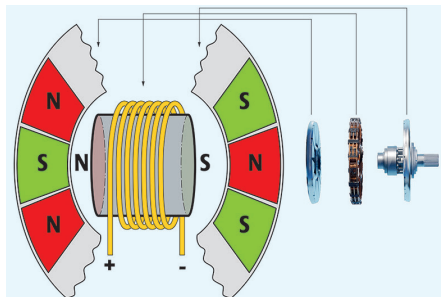


Bild 2: Schematische Funktionsweise. Stator- und Rotorteile aus Bild 4 verdeutlichen die Einzelteile.

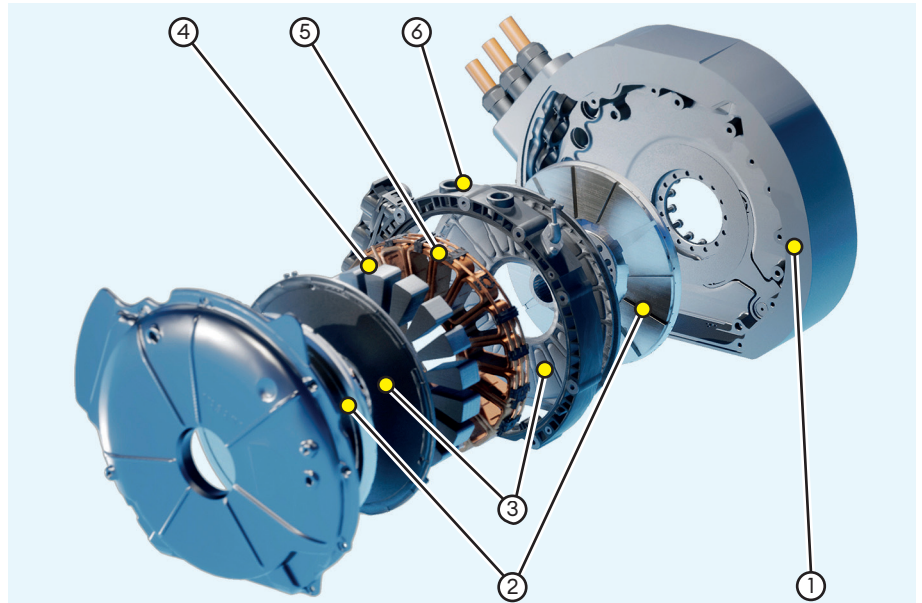


Bild 1: Der Aufbau des Axialflussmotors nach Mercedes-Benz und Yasa. 1 Gehäuse mit Drehstromanschlüssen - 2 Rotorscheiben mit Permanentmagneten - 3 Statorabdeckungen - 4 Weicheisenkerne - 5 Statorwicklung - 6 Statorgehäuse

Rotorscheibe angezogen. Auf der anderen Seite weist die Spule einen Südpol auf, wodurch sie einen Nordpol auf der rechten Rotorplatte anzieht. Geht die Phase in den negativen Bereich, dreht sich auch die Polarität der Spule und der Nordpol liegt auf der rechten Seite.

Da der Stator am Umfang mehrere Spulen aufweist und auch mehrere Permanentmagnete in abwechselnder Polarität am Umfang der Rotorplatten aufgebracht sind, drehen die Rotoren mit einer der Wechselstromfrequenz proportionalen Drehzahl.

Die 12 Permanentmagnete sind segmentartig auf den Rotorflächen verteilt und flächenmässig grösser als die 18 ebenfalls segmentartig verteilten Spulen und Weicheisenkerne des Stators. Damit sind die Flächen von Rotor und Stator voll belegt und können mit ihren Magnetfeldern grosse Kräfte erzeugen.

Eigenschaften

Zwei wichtige Eigenschaften sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt. Axialflussmotoren bauen kürzer als Radialflussmotoren. Die Hersteller sprechen von einer Längenreduktion von mehr als 60 %. Auch bei der Masse soll sich die neue Motorenart mit einem Drittel begnügen. Es ist offensichtlich, dass die beiden Rotorplatten des Axialflussmotors viel

weniger wiegen als der lange zylindrische Rotor des Radialflussmotors, der erst noch aus massivem Stahl und Permanentmagneten besteht. Damit wird viel Masse eingespart.

Beim Stator ist es ähnlich. Die kleinen Spulen im Axialflussmotor sind leichter als die grossvolumigen Statorwicklungen von Radialflussmotoren. Zwar kann dort mit der Hairpin-Technologie einiges verbessert werden, aber der Massenschonung wird damit nicht aufgeholt.

Auch die Gehäuse und die Kühlkanäle sind beim Axialflussmotor kleiner und damit wird das Gesamtpaket tatsächlich bedeutend leichter.

Drehmoment und Leistung

Da die magnetische Statorfläche beidseitig genutzt werden kann, sprechen die Hersteller von Axialflussmotoren gar von doppelter Drehmoment- bzw. dreifacher Leistungsichte. Alle diese Vorteile zusammen mit viel eingesparter Kupfermasse, müssten eigentlich einen durchschlagenden Markterfolg ergeben. Im Moment findet man das Aggregat neben anderen bei Mercedes-Benz (AMG), Ferrari, Jaguar und Königsegg im Einsatz, was aber noch nicht nach den richtig grossen Stückzahlen aussieht. Dieser Schritt muss jedoch gelingen, wenn der Marktdurchbruch erfolgen soll.

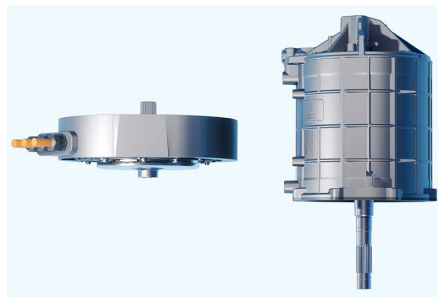


Bild 3: Grössenvergleich zwischen der sehr kurz bauenden Axial- (links) und der Radialflussmaschine (rechts).

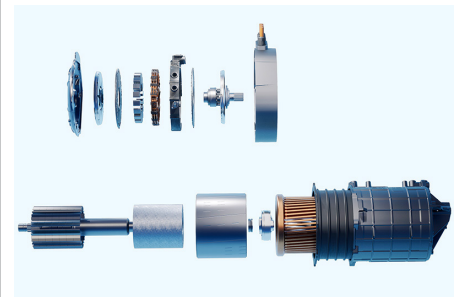


Bild 4: Bauteilvergleich. Oben die kleine und leichte Axialflussmaschine, unten die Radialflussmaschine.

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

DERENDINGER

Sponsor: