

Asynchronmaschinen 2

E-Maschinen

Bilder: Audi, ale

Die Audi AG hat in den letzten Jahren sowohl auf die permanenten Synchronmotoren (PSM) als auch auf die Asynchronmotoren (ASM) gesetzt und Erfahrungen mit beiden Maschinentypen gesammelt. Im Q5 e-tron wurde an der Hinterachse eine PSM und an der Vorderachse eine ASM montiert. Auch im gemeinsam mit Porsche entwickelten Baukasten PPE (Premium Platform Electric) werden für die Hinterachse verschiedene PSM, aber für die Vorderachse PSM oder ASM vorgesehen. Begründet wird die Entscheidung vor allem mit der höheren Drehmomentdichte. Asynchronmaschinen bauen deshalb grösser und benötigen zudem deutlich höhere Anfahrströme. Dafür eignen sie sich sehr gut zum Zuschalten: Werden sie nicht angesteuert, laufen diese Maschinen fast reibungsfrei mit, da sie über keine Permanentmagnete verfügen, welche bei jedem Mitlaufen sofort eine Spannung in die Statorwicklungen induzieren.

Stator

Das Statorgehäuse besteht aus lamellierten Elektroblechen von 0,35 mm Dicke, die durch eine Lackschicht voneinander isoliert sind. Je grösser die Blechdicke, desto besser wird die magnetische Leitfähigkeit (Permeabilität). Je besser die Leitfähigkeit, desto grösser die Induktion in den Elektroblechen und damit die wirkungsgradmindernden Wirbelströme. Es ist aus diesem Grund sehr wichtig, dass mit der Blechdicke ein möglichst guter Kompromiss zwischen Leitfähigkeit und Wirbelstromverlusten gefunden wird. Die Statorwicklungen sind bei dieser Maschine nicht im Hairpin-Verfahren gestossen, sondern mit Runddraht gewickelt. Die redundanten Temperatursensoren befinden sich in den Wickelköpfen. Dort können die Wicklungsstränge die Temperatur nicht mehr an das Eisen abgeben, deshalb treten an diesen Stellen die höchsten Temperaturen auf.

Je kleiner der Luftspalt zwischen Stator und Rotor, desto effizienter wird die Übertragung des Magnetfeldes.

Rotor

Auf der Rotorwelle (Bild 2) befindet sich das Zahnrad zur Drehmomentweiterleitung, zwei Rillenkugellager, der Resolverrotor, welcher zum Positionssensor

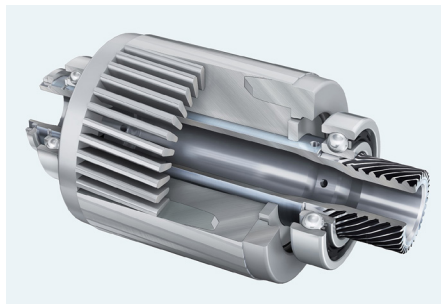


Bild 2: Der Käfigläufer ist aus Aluminium und im Druckgussverfahren hergestellt.

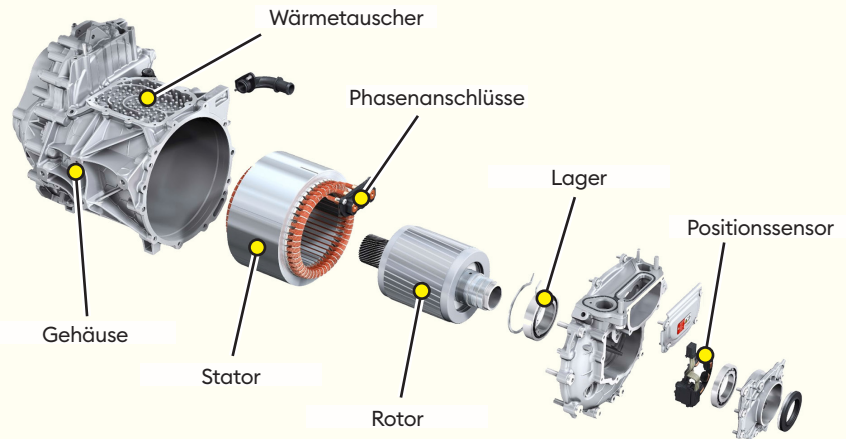


Bild 1: Die Drehstrom-Asynchronmaschine (ASM) für die Vorderachse des Audi Q5 aber auch für den VW ID4.

gehört und dann die beiden hauptsächlichen Bauteile: der Kurzschlussläufer, welcher aus Aluminiumdruckguss gefertigt ist, und die Elektroblechlamellen, welche das Magnetfeld optimal leiten. Da die Maschinen für Drehzahlen bis 13'500/min ausgelegt sind, müssen auch Auswuchtelemente angebaut werden. Der Käfig- oder Kurzschlussläufer wird in der Regel aus Kupfer oder Aluminium gefertigt. Dabei ist es wichtig, dass der elektrische Widerstand der einzelnen Stäbe genau auf die Leistungsdaten der Maschine abgestimmt sind. Ein bestimmtes Magnetfeld und eine gewisse Differenzdrehzahl zwischen Drehfeld und Rotorstäben induzieren eine definierte Spannung. Ist der Stabwiderstand zu gross, wird die Spannung hauptsächlich in Wärme umgewandelt, ist er aber zu klein, fliesst ein zu grosser Strom, welcher ein zu starkes Magnetfeld hervorruft und damit die Drehung des Motors behindert. Die Aluminiumstäbe sind auf beiden Seiten durch Kurzschlussringe miteinander verbunden. Damit ergeben sich theoretisch beliebig viele Spulenschleifen, welche durch den Stromfluss eben ein Magnetfeld aufbauen und den Rotor zum Drehen bringen.

Über ein einstufiges 1-Gang-Getriebe mit schrägverzahnten Stirnrädern mit einem Übersetzungsverhältnis von 9,953 : 1 wird die mechanische Leistung zum Differenzial und Achsantrieb geleitet.

Das Ölniveau im verbundenen Getriebe-Motorgehäuse darf unter keinen Umständen so hoch sein, dass der Rotor

im Öl panscht. Das Öl würde sonst den kleinen Luftspalt zwischen Rotor und Stator füllen, den magnetischen Fluss behindern und den Rotor abbremesen.

Leistungskurve

Drehmoment und Leistungskurve über der Drehzahl sehen ähnlich aus wie bei Synchronmaschinen. Im Grunddrehzahlbereich (hier bis knapp 5000/min) kann das Drehmoment durch Spannungssteigerung konstant gehalten werden und im Feldschwächbereich sinkt dann das Drehmoment proportional zum Anstieg der Drehzahl, so dass die Leistung konstant bleibt. Wie Verbrennungsmotoren können auch die E-Maschinen leistungsstärker oder -schwächer konzipiert und gebaut werden. Die Formen der Kurven bleiben ähnlich, einfach die Höhe des Kurvenausschlags verändert sich.

Drehzahlmessung

Damit die Asynchronmaschine für den Fahrer unbemerkt zugeschaltet werden kann, aber auch damit sie korrekt rekurrieren kann, muss ein Drehzahl- und Positionssensor die genaue Rotorlage dem Steuergerät mitteilen, damit es das Drehfeld mit der korrekten Frequenz einspeisen kann und so der korrekte Schlupf eingestellt wird. Wie im Beitrag E-Maschinen, Asynchronmaschinen 1 festgehalten wurde, verhalten sich - zumindest im unteren Drehzahlbereich - Schlupf und Drehmoment einigermassen parallel zueinander.

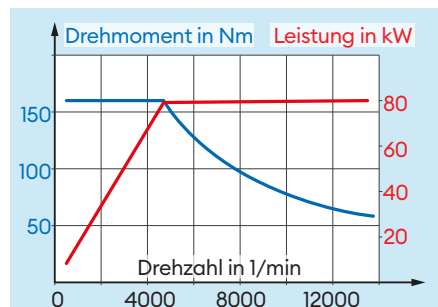


Bild 3: Typischer Drehmoment- und Leistungsverlauf über der Drehzahl



Bild 4: Statorteil des Resolverensors, welcher die exakte Position des Rotors ermittelt.

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