

# Synchronmaschinen 2

## E-Maschinen

Bilder: Volkswagen AG, die

Die Volkswagen AG hat den modularen Elektrobaukasten und den Antrieb des ID.3 am internationalen Motorsymposium in Wien vorgestellt. Der Antrieb für die Hinterachse erfolgt über eine permanenterregte, dreiphasige Synchronmaschine (PSM) mit vier Polpaaren. Er besteht aus den Hauptbaugruppen Pulswechselrichter, vierteiliges Gehäusekonzept (Lagerschild, E-Maschinen-, Zwischen- und Getriebegehäuse), Stator, Rotor, Resolver mit Temperatursensor sowie einem Einganggetriebe. Stator und Rotor sind in einem gegossenen Gehäuse untergebracht, in dem auch die Flüssigkeitskühlung integriert ist. Die Rotorlager befinden sich in Lagerschildern, die axial über die gesamte Länge des Maschinengehäuses miteinander verschraubt sind.

### Stator

Der Stator enthält die Wicklungen und besteht im Wesentlichen aus dem Blechpaket und der Dreiphasen-Formdrahtwicklung. Das Blechpaket zeichnet sich durch eine hohe magnetische Leitfähigkeit aus und ist aus einzelnen Blechlamellen mit einer Dicke von 0,27 mm zusammengebaut. Die Dicke stellt den Kompromiss zwischen guter magnetischer Leitfähigkeit und Größe der entstehenden Wirbelströme dar. Das gesamte Blechpaket besteht aus vier Teilpaketen, welche um je 90° versetzt zusammengebaut werden, damit sich die Walzrichtung des Grundbleches nicht negativ auf die Homogenität des Magnetfeldes auswirkt. Das Fügen der Hairpin-Spulen in die Statornuten und das Verschweißen der Spulenden geschieht automatisch. Zur zusätzlichen Isolierung, verbesserten thermischen Anbindung und Festigkeit der Wicklung erhält der Stator eine Imprägnierung in einem Tauchbad mit Spezialharz. Der fertige Stator wird in das Maschinengehäuse geschrumpft.

### Rotor

Der Rotor ist als Vollpol-Innenläufer ausgebildet und mit 96 Magneten aus einer Neodym-Legierung bestückt. Das Rotorblechpaket ist aus vier gestapelten

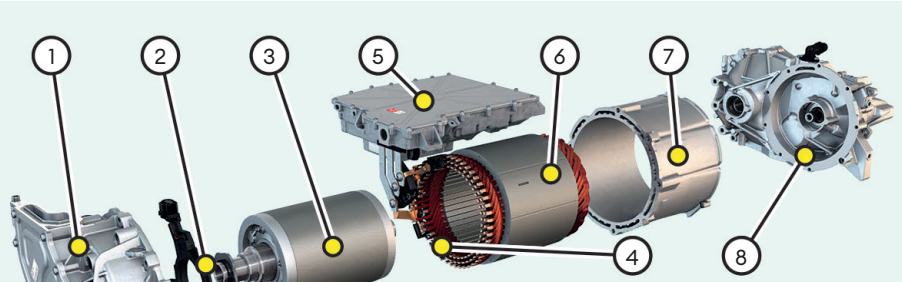


Bild 1: Die E-Maschine in der Explosionsdarstellung. 1 Getriebegehäuse, 2 Resolver (Lagesensor) - 3 Rotor - 4 Wicklungskopf - 5 Leistungselektronik - 6 Stator - 7 Motorgehäuse - 8 Zwischengehäuse

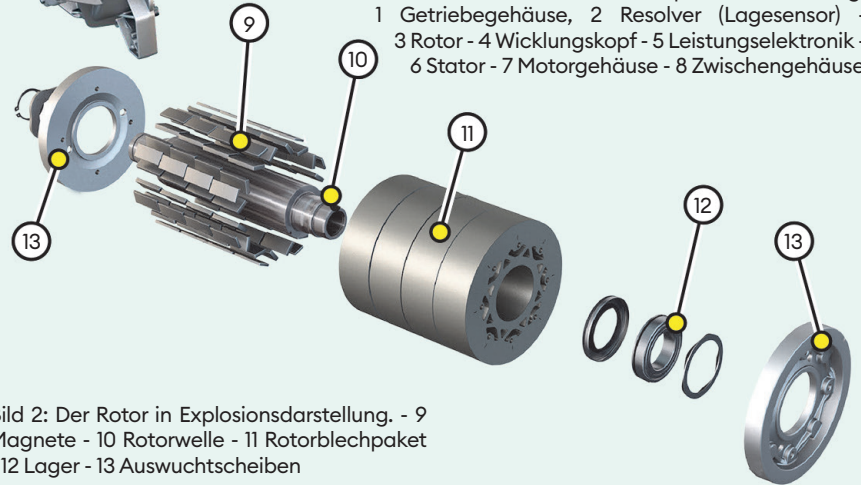


Bild 2: Der Rotor in Explosionsdarstellung. - 9 Magnete - 10 Rotorwelle - 11 Rotorblechpaket - 12 Lager - 13 Auswuchtscheiben

zylindrischen Teilen aufgebaut. Die Stirnseiten sind mit den Auswuchtscheiben abgeschlossen und mit vier durch das Blechpaket hindurchgeführten Spannschrauben verbunden. Das Rotorblechpaket enthält vergrabene Magnete und der Motor weist aus diesem Grund auch einen gewissen reluktanten Drehmomentanteil auf. Die einzelnen Magnete erhalten eine spezielle Beschichtung, welche durch die Fügwärme aktiviert wird, dabei aushärtet und sie fixiert (Positionssicherung).

Die vier zylindrischen Teile werden so gestapelt, dass die Magnettaschen um wenige Grad verschoben positioniert sind. Auf diese Weise ergibt sich eine Schrägung der Lage der Magnete entlang der Längsachse (Bild 2). Dies führt zu einer akustischen Optimierung. Die Permanentmagnete bringen der E-Maschine viele positive Eigenschaften, sie sind aber teuer und die benötigten

Rohstoffe machen die Industrie von Lieferanten (Ländern) abhängig.

### Leistungsdaten

Speziell bei E-Maschinen ist das hohe und vor allem das gleichbleibende Drehmoment im Grunddrehzahlbereich. Dazu wird die Betriebsspannung beeinflusst. Steht der E-Motor, weist er nur ohmsche Widerstände auf. Sobald er dreht, wird die angelegte Spannung von der Selbstinduktionsspannung abgeschwächt und muss deshalb erhöht werden. So bleibt das Drehmoment konstant. Wird die Spannung nicht weiter erhöht, beginnt der Feldschwächebereich und das magnetische Feld wird schwächer. Die Drehmomentkurve lässt sich auch im Wirkungsgraddiagramm erkennen. Deutlich ist, dass im tiefen Drehzahlbereich der Wirkungsgrad etwas schwächer ist als im optimalen mittleren Betriebsbereich.

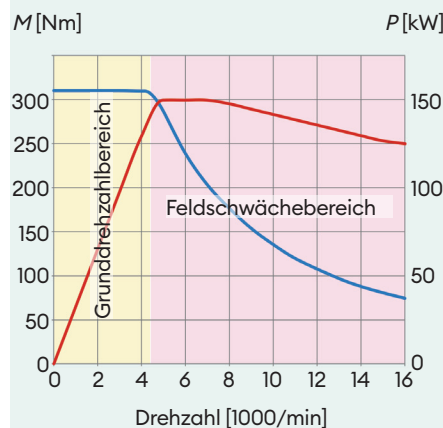


Bild 4: Das typische Drehmoment-Leistungs-Drehzahldiagramm für E-Maschinen.

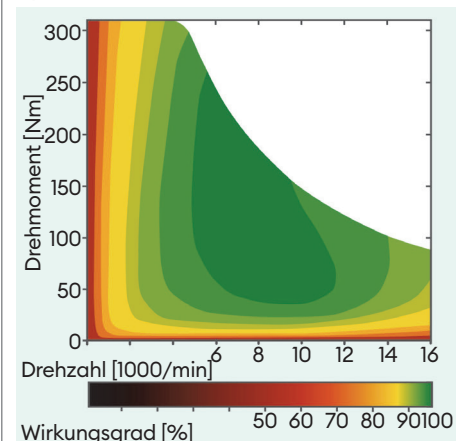


Bild 5: Das Muscheldiagramm zeigt die einzelnen Wirkungsgradbereiche.

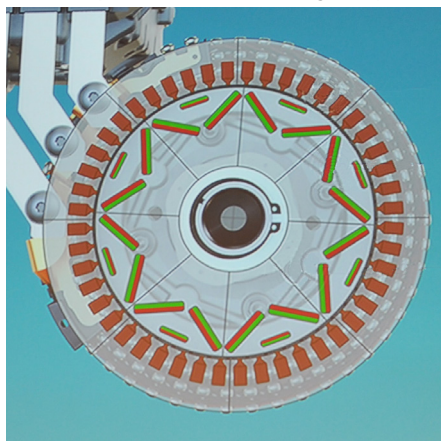


Bild 3: Die Statorwicklungen und die vergrabenen Rotormagnete sind gut sichtbar.

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