

**Bild:** Motorkontroller für PSM-Maschinen mit fünf Kilowatt (Entwicklung des Autors)



# Leistung und Sicherheit

Welche Rolle spielt Elektronik beim längst überfälligen Systemwechsel des Fahrzeugantriebs? Und wie lässt sich mit ihr die allseits diskutierte Mobilitätswende überhaupt forcieren?

**B**licken wir zunächst zurück – schließlich existierten Elektroautos, bevor es Elektronik gab. Energiespeicher waren schwere Bleiakkus, deren Lade- und Entladevorgänge manueller Überwachung bedurften. Die historischen Gleichstrommotoren arbeiteten direkt mit dem Batteriegleichstrom. Sie besaßen Schleifkontakte als Polwender, die im Rotor magnetische Wechselfelder erzeugten. Diese schweren Maschinen wurden elektrisch oder elektromechanisch mit mäßigem Wirkungsgrad in der Leistung verändert. Wesentliche Verbesserungen bei Akkus und Motoren ermöglichten erst Halbleiterschaltkreise.

Im modernen Elektroauto sind Steuerung und Überwachung von Akku und Antrieb zentrale Aufgaben. Ferner vernetzt Elekt-

ronik Fahrzeug und Ladeinfrastruktur, mindestens um den Ladevorgang zu optimieren, künftig auch zur Interaktion mit intelligenten Netzen. Bleiben noch, vergleichbar mit bisherigen Autos, Fahrerinformationssysteme sowie diverse Sicherheits- und Steuerfunktionen. In Lithium-Batterien sorgt elektronische Assistenz für Performance, Sicherheit und Lebensdauer der Zellen und informiert über den Ladezustand. Heute favorisierte Elektromotoren besitzen keine Schleifkontakte, benötigen jedoch mehrphasige Wechselströme variabler Frequenz und Stärke.

Motorkontroller, auch als Pulswechselrichter oder Main Inverter bezeichnet, wandeln den Gleichstrom (DC) der Batterien in meist drei Phasenwechselströme (AC) und steuern das elektro-



magnetische Drehfeld im Motor. Zur Umwandlung wird Puls-Weiten-Modulation (PWM) verwendet. Höherfrequente Schaltvorgänge lassen hierbei aus der Batteriespannung variable Wechselströme entstehen. Moderne Leistungshalbleiter erledigen dieses Schalten verlustarm und stehen über Interfacebausteine mit der steuernden Mikroelektronik des Motorkontrollers in Verbindung.

### Motortemperatur und Ströme messen

Asynchronmaschinen kommen mit relativ einfachen Motorkontrollern aus, die den Frequenzumrichter stationärer Industrieantriebe ähneln. Werden die kompakteren und leichteren dauermagneterregten Synchronmaschinen (PSM) eingesetzt, wächst der Aufwand, da die Phasenströme mit der über Sensoren erfassten Position des Rotors zu synchronisieren sind. Synchronmaschinen können kurzzeitig extreme Drehmomente erzeugen, erhitzen sich jedoch wegen der dazu nötigen hohen Ströme.

Eine wichtige Zusatzaufgabe des Motorkontrollers ist deswegen, Motortemperatur und Ströme zu messen, um Überlastungen entgegenzuwirken. Gegenüber Verbrennungsmotoren, die ihre maximale Leistung nur in einem Arbeitspunkt erreichen, liefert ein gut abgestimmtes Elektrotraktionssystem kurzzeitig ein mehrfaches der Nennleistung. Moderne Fahrzeugantriebe sind komplexe Systeme aus Elektromechanik, Sensorik, Mikro- und Leistungselektronik mit hohem Optimierungspotential.

Mit geeigneter Programmierung des Motorkontrollers lässt sich die Energieeffizienz im Teillastbereich deutlich steigern. Beispielsweise kann eine feldorientierte Vektorkontrolle, eine komplexe transformatorische Modulation, die Magnetfelder im Motor an wechselnde Bedingungen des Fahrbetriebs besser anpassen. Beim Bremsen wird gewöhnlich Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt. Elektroautos können diese Bewegungsenergie teilweise rekuperieren (lat. recuperare, „wie-

dergewinnen“), wenn die Elektromaschine beim Bremsen in den Generatorbetrieb steuert. Die Bewegungsenergie lädt dann dosiert die Akkus, die mechanischen Bremsen werden entlastet. Die Steuerung des Nutzbremsens erledigt auch der Motorkontroller.

Um maximale Energie beim Bremsen zu gewinnen, werden im Generatorbetrieb gelieferte Wechselströme gleichgerichtet und in entsprechende Ladeströme umgewandelt. Für diese Wandlung verwendet der Motorkontroller die Wicklungen der Maschine selbst oder zusätzliche Spulen (Speicherdrosseln).

### Programmierte Steuer- und Regelalgorithmen

Drücken wir das Gaspedal, wird die Pedalstellung per Sensor erfasst und üblicherweise in einem gesonderten Steuergerät aufbereitet, bevor der Motorkontroller sie erhält. Hier wird der Fahrerwunsch über programmierte Steuer- und Regelalgorithmen nach vorgegebenem oder über Fahrprofile wählbarem Ansprech- und Beschleunigungsverhalten im Sinne optimaler Energieeffizienz oder auch Sportlichkeit beeinflusst.

Bei Radnabenmotoren übernimmt dieses Steuergerät auch die Drehmomentverteilung und kann mit Torque-Vectoring mehr als ein mechanisches Differential leisten. Ein Problem bei permanenterregten Synchronmaschinen liegt im hocheffizienten Generatorbetrieb und sei noch erwähnt. Funktionsstörungen im Motorkontroller oder Defekte im Motor selbst blockieren schlimmstenfalls den Antrieb. Die fatalen Folgen müssen beim Systemdesign berücksich-

tigt und entsprechende Sicherheitsfeatures vorgesehen werden. Zusammenfassend lässt sich die Rolle der Elektronik für moderne Elektroautos so:

- Optimierung der Batterieperformance, verlässliche Tankanzeige
- Erschließung von (permanenterregten) Drehstrommaschinen für den Antrieb
- Steigerung des Motorwirkungsgrades, besonders im Teillastbereich
- angepasstes Ansprech- und Beschleunigungsverhalten, Rekuperation
- Motorüberwachung, Fahrzeugsicherheit, gegebenenfalls Torque-Vectoring

[www.esch-pro.com](http://www.esch-pro.com)



Autor: Hans-Jürgen Esch, Entwickler, Konstrukteur und Berater im Bereich Elektromobilität, Esch Projekt

Anzeige



gegr. 1901  
Dr. Siebert & Kühn GmbH & Co. KG

## Zwei intelligente Messverfahren zur Durchflussmessung

**NEU**



**Magnetisch-Induktiv**

- ✓ freier Rohrquerschnitt - keine hineinragenden Teile
- ✓ kein zusätzlicher Druckverlust
- ✓ Vorteile bei verschmutzten Flüssigkeiten
- ✓ sechs unterschiedliche Messbereiche

**Vortex**

- ✓ integrierter Temperatursensor
- ✓ hohe Störfestigkeit & weiter Messbereich
- ✓ komplett in Kunststoff gekapselter Kraftsensor
- ✓ 2 elektrische Steckverbindungen zur Auswahl



**NEU**

[www.sika.net](http://www.sika.net)

