

Elektronik im Elektroauto

Hans-Jürgen Esch

Der atemberaubende Fortschritt der Elektronik veränderte unser Leben in den letzten Jahrzehnten grundlegend. Die Digitalisierung elektronischer Systeme und immer komplexere und schnellere elektronische Schaltkreise ermöglichten Computer, Mobiltelefone, Digitalkameras, neuartige Unterhaltungselektronik und Internet. Sensoren, Interfacebausteine und verbesserte Leistungshalbleiter verbanden die Intelligenz mikroelektronischer Systeme mit der realen Welt. Präzise Prozesssteuerungen, neue Fertigungsverfahren und Robotersysteme entstanden. Der ausgelöste tiefgreifende Wandel aller Lebensbereiche ähnelt denen der industriellen Revolution und markiert den Übergang zur postindustriellen Informationsgesellschaft.

Einem 125-jährigen verhalf jedoch die Elektronik zu einem erstaunlichen Weiterleben: das fossile Auto überlebte. Gleich einem Patienten auf der Intensivstation retteten elektronische Hilfssysteme den an Effizienz und Sauberkeit schwächelnden Verbrennungsmotor. Motorsteuergeräte und Sensornetzwerke verbesserten den Verbrennungsprozess und senkten den Verbrauch, leider unzureichend. Gegen Abgase, Lärm und die Abhängigkeit vom Öl mit den negativen Folgen für Volkswirtschaft und Umwelt ist Elektronik verständlicherweise machtlos.

Welche Rolle spielt Elektronik beim längst überfälligen Systemwechsel des Fahrzeugantriebs und wie könnte mit ihr die Mobilitätswende forciert werden?

Blicken 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 Elektronik 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 (vgl. Esch: »Die Batterie als Schlüssel zur eMobilität«, NEUE MOBILITÄT 2/2011).

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 elektromagnetische Drehfeld im Motor. Zur Umwandlung wird Puls-Weiten-Modulation (PWM) verwendet.

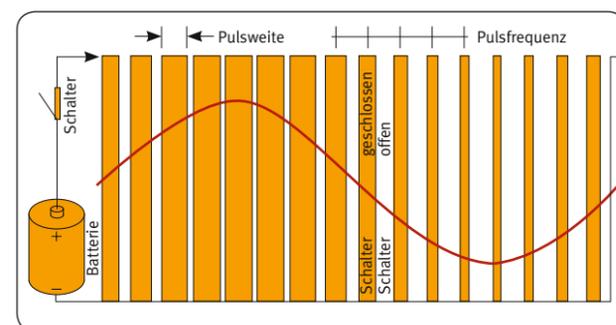


ABB.1: WANDLUNG DC/AC MITTELS PWM

Abb.1 illustriert, wie durch simple höherfrequente Schaltvorgänge aus der Batteriespannung variable Wechselströme

»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.«

entstehen. Moderne Leistungshalbleiter erledigen dieses Schalten verlustarm und stehen über Interfacebausteine mit der steuernden Mikroelektronik des Motorkontrollers in Verbindung.

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, wenn die Elektromaschine beim Bremsen in den Generatorbetrieb steuert. Die Bewegungsenergie lädt dann dosiert die Akkus, die mechanischen Bremsen werden entlastet. Die Steuerung des Nutzbremens erledigt auch der Motorkontroller. Um maximale Energie beim Bremsen zu gewinnen, werden im Generatorbetrieb gelieferte Wechselströme gleichgerichtet und in entsprechende La-

deströme umgewandelt. Für diese Wandlung verwendet der Motorkontroller die Wicklungen der Maschine selbst oder zusätzliche Spulen (Speicherdrosseln).

Drücken wir das »Gas«-Pedal, wird die Pedalstellung per Sensor erfasst und üblicherweise in einem extra 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 permanenten 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 berücksichtigt und entsprechende Sicherheitsfeatures vorgesehen werden.

Zusammenfassen lässt sich die Rolle der Elektronik für moderne Elektroautos so:

- Optimierung der Batterieperformance, Reichweiteanzeige
- Steuerung von Drehstromantrieben
- Steigerung des Teillast-Motorwirkungsgrades
- angepasstes Ansprech- und Beschleunigungsverhalten, Rekuperation
- Motorüberwachung, Sicherheit, Torque-Vectoring

Hans-Jürgen Esch
selbständiger Erfinder, Entwickler, Konstrukteur,
Inhaber der Esch Projekt Systementwicklung,
Geschäftsführender Gesellschafter ELAN Technologie GmbH
eMail office@esch-pro.com