

Vor ungefähr 20 Jahren - da war der hochvoltige Toyota Prius schon einige Jahre auf dem Markt - versuchten sich einige Hersteller mit der 42-Volt-Technik. Es wird gesagt, dass sie den Durchbruch aus Kostengründen nicht geschafft haben, heute hätten wir jedoch eine ganz andere Situation: Die nächsten Abgashürden können ohne Elektrifizierung nicht mehr erreicht werden und so wäre ein 48-Volt-Hybridantrieb gegenüber einer Hochvoltanlage eine kostengünstige Alternative. So ändern sich die Zeiten. 48-V-Anlagen verfügen in der Regel über eine E-Maschine mit 10 - 20 kW und liegen damit eine Leistungsstufe über der Mikrohybridtechnologie. Ein weiterer Vorteil - und dieser macht die 48-V-Spannungslage derart interessant - liegt in der Sicherheit. Da die Spannung unterhalb von 60 V liegt, gelten nicht die gleichen Sicherheitsvorschriften wie bei der Hochspannung.

Schaltungstechnik

Die einfachste Art, einen 48-V-Mildhybrid in ein Fahrzeug zu applizieren, stellt wahrscheinlich die P0-Topologie dar. Dabei wird der 12-V-Drehstromgenerator durch eine 48-V-E-Maschine ersetzt. Die Energie wird nicht mehr im Alternator gleichgerichtet, sondern in der Leistungselektronik, welche ebenfalls den Wechselrichter enthält. Auf diese Art kann die E-Maschine nicht nur generatorisch, sondern auch motorisch betrieben und zum Boosten eingesetzt werden. Die Mehrrippenriemen sind heute fähig, mehr als 20 kW zu übertragen. Wenn die E-Maschine auch zum Boosten eingesetzt wird, muss aber der Riemenspanner auf beide Seiten arbeiten können, denn im motorischen Betrieb liegt die Zugseite anders als im generatorischen Betrieb (Bild 1).

P1-Topologie

Mercedes-Benz hat mit der P1-Topologie schon früh begonnen und hat sie auch in die 48-Volt-Phase miteinbezogen (Bild 2). Der Nachteil der koaxial montierten, direkt mit dem Verbrennungsmotor verbundenen E-Maschinen ist die Drehzahl-lage. E-Maschinen drehen gut und gern



Bild 2: Die koaxiale P1-Lösung, welche Mercedes-Benz in der 48-Volt-, aber auch in der Hochvolttechnik einsetzt.

doppelt so hoch wie Benzin- oder dreibis viermal so hoch wie Dieselmotoren. Aus diesem Grund sind sie etwas weniger effizient. Zudem drängen sich permanent erregte Synchronmaschinen auf, da diese in den unteren Drehzahlbereichen drehmomentstärker sind.

P2-Topologie

Continental hat eine raumsparende P2-Lösung für achsparallele 48-Volt-Maschinen vorgestellt (Bild 3). Die E-Maschine kann über eine Riemenübersetzung in den Antriebsstrang eingreifen und aus diesem Grund höhere Drehzahlen fahren. Im Antriebsstrang baut dieser Hybridantrieb axial sehr schmal. Bei Fahrzeugstillstand kann der Klimakompressor elektrisch betrieben werden, dazu müssen beide Kupplungen geöffnet und die E-Maschine bestromt werden.

P4-Topologie

Die Schaeffler-Gruppe hat für ihr Portfolio eine interessante 48-V-Hinterachse entwickelt, welche bereits in einer Hochvoltvariante existiert. Da die Prototypvariante in ein allradgetriebenes Fahrzeug eingebaut wurde, enthält das Getriebe ebenfalls ein konventionelles Achsantrieb mit Kegelrad und Tellerrad. Drehzahlangepasst wird das Drehmoment aus dem Elektromotor, welcher an die 20 kW leistet, dem Drehmoment des Verbrennungsmotors überlagert. Damit können bei einem B-Segment-Fahrzeug aber auch ungefähr 80 % der Bremsenergie rekuperiert werden. Während der mechanische Antrieb in konventioneller Art direkt auf das Differenzialgehäuse geleitet wird, sind beim E-Antrieb einige Stirnradstufen plus drei einfache Planetensätze dazwischengeschaltet. Im ersten Gang wird ein Spitzendrehmoment von 1200 Nm (dauerhaft 800 Nm) dem Achsantrieb zugeführt. Das wird möglich, weil der erste Gang 42,25 : 1 übersetzt ist, dafür erreicht die E-Maschine drehzahlmässig bereits bei ca. 30 km/h ihre Grenze. Der zweite Gang ist lediglich mit 12,27 : 1 übersetzt. Der grosse Übersetzungssprung wird gerechtfertigt, weil der erste Gang zum An-



Bild 3: Eine achsparallele 48-Volt-Lösung von Continental. Der Riemen treibt ebenfalls den Klimakompressor an.



Bild 1: Renault zeigte am Automobilsalon in Genf 2016 einen frühen P0-Hybrid mit 48 V und 10 kW.

fahrboosten benutzt wird, während der zweite Gang vor allem zum aktiven Segeln und zum Rekuperieren vorgesehen ist.

Funktion

Im ersten Gang erreicht das Drehmoment vom E-Motor über eine Stirnradübersetzung das Sonnenrad des Planetensatzes (b). Über den Planetenträger und eine schaltbare weitere Stirnradübersetzung erreicht das Drehmoment das Sonnenrad des Planetensatzes (a). Ebenfalls über den Planetenträger wird danach das Differenzialgehäuse angetrieben. Im zweiten Gang wird einfach der Planetensatz (b) überbrückt. Über die dritte Schaltstellung kann zusätzlich ein Torque-Vectoring geschaltet werden. Dazu werden unterschiedliche Drehzahlen vom den Planetensatz (c) auf die rechte Antriebswelle (über den Planetenträger) und das Differenzialgehäuse

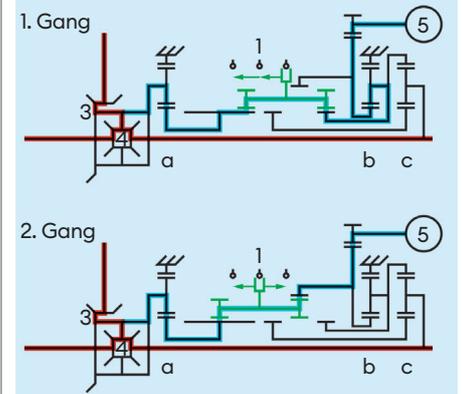
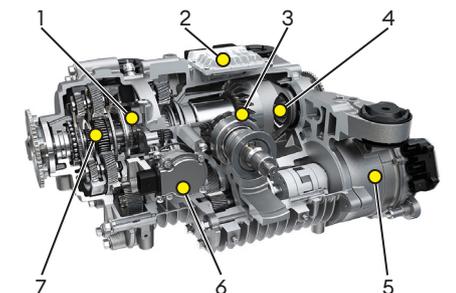


Bild 4: Der P4-Antrieb mit 48-V-Anlage von Schaeffler: 1 Schaltaktor - 2 12-V-Aktorsteuergert - 3 Achsantrieb - 4 Differenzial - 5 48-V-Motor - 6 12-V-Schaltaktormotor - 7 Zweigang-Planetengetriebe und Torque-Vectoring-Getriebe - a-c Planetensätze