

Termisk modellering av kraftelektroniska moduler i hybridfordonstillämpningar

Jonas Ottosson

Populärvetenskaplig sammanfattning

Intresset för hybrid- och renodlade elfordon har växt markant det senaste deceniet. Detta är en konsekvens av ett flertal faktorer, som tex en ökad oro för vår miljö, ökande oljepriser och vilja att bryta oljeberoendet. Hybridfordon har visat sig kunna ge rejäla bränslebesparingar, samtidigt som hybridiseringen kan ge förbättrad prestanda och körbarhet. För att hybridfordonen verkligen ska penetrera fordonsmarknaden, så måste merkonstanterna för hybridiseringen hållas så låg som möjligt utan att göra avkall på livslängden på fordonet generellt och de hybridspecifika systemen speciellt. Den kraftelektronik som används för att driva elmotorn i ett elektriskt drivsystem byggs oftast in i en separat kapsling i fordonet. Ett alternativ till detta är att integrera kraftelektroniken och elmotorn i en enhet, så att de kan ha ett gemensamt kylsystem. Detta har flera fördelar, som tex minskad packvolym och att antalet dyra kontakter och kablar kan reduceras kraftigt, vidare så behövs ingen separat kapsling för elektroniken. Detta minskar kostnaden för det elektriska drivsystemet och i förlängningen den totala kostnaden för fordonet. Dock så medför integrationen att den termiska designen av systemet försvåras. Avhandlingen fokuserar därför bland annat på att bestämma hur mycket kylning som krävs för att säkerställa en rimlig livslängd på den kraftelektroniska omvandlaren i det elektriska drivsystemet.

Att samtidigt utföra termiska och elektriska simuleringar av kraftelektronik är något problematiskt då dynamiken för de olika disciplinerna skiljer sig kraftigt åt. Om elektroniken skulle simuleras på en mycket hög detaljnivå så skulle det krävas väldigt små tidssteg, runt 1 microsekund. Detta i kombination med att systemsimuleringar för hybridfordon ofta utförs med hjälp av standardiserade körcykler som kan vara flera tusen sekunder långa, innebär orimligt långa simuleringstider. Avhandlingen presenterar en metod för att komma runt detta problem.

Ett flertal simuleringar har utförts för att försöka bestämma vilka kylnivåer som krävs för kraftelektroniken samt hur livslängden påverkas av kylningen. Grunden för dessa simuleringar är, som tidigare nämnts, en simuleringsmodell för det elektriska drivsystemet där fokus är på termisk modellering av kraftelektroniken. Simuleringsmodellen används framförallt för att bestämma chiptemperaturen på kiset i kraftelektronikens krafthalvledare. Avhandlingen presenterar en procedur för att ta fram termiska modeller för krafthalvledare som enkelt kan implementeras och användas i systemsimuleringar.

Termiska modeller för ett flertal olika kraftmoduler, baserade på både kisel och kiselkarbid, presenteras i avhandlingen. Olika integrationslösningar med både enkelsidig och dubbelsidig kylning studeras i detalj. Resultaten visar att integrationen av kraftmodulerna och typen av kylningen har stor påverkan på den termiska cyklingen av kraftmodulerna. Utöver olika kylalternativ och integrationslösningar så studeras den termiska responsen för olika körcykler, kylmediumtemperaturer och användandet av en variabel switchfrekvens för kraftelektroniken.