

TermoElektrisk Generator (TEG) för återvinning av spillvärmeenergi, förstudie

Att utvinna elektricitet ur värme genom att använda en så kallad TermoElektrisk Generator (TEG) baseras på den effekt som upptäcktes av Thomas Seebeck 1821. Termoelektrisk elektricitetsgenerering bygger på samma fysikaliska princip som termoelement. Genom att utsätta lämpliga material för en varm och en kall sida, kan en elektrisk ström genereras. Historiskt har verkningsgraden för att omvandla värme till elektricitet legat på upp till 5%. Sedan mitten av 1990-talet har stora framsteg på materialforskningsområdet gjorts och omvandlingsgraden har ökat fyrfaldigt. Det finns nu potential att nå 20% verkningsgrad och kanske till och med ännu mer på längre sikt.

Större delen av energin i bränslet som tillförs en förbränningsmotor förloras som värmeförluster (kyl-, avgas- och friktionsförluster). Om en del av den förlorade värmemängden kan återvinnas kan den totala verkningsgraden ökas. En metod för värmeåtervinning är att utvinna elektricitet direkt från spillvärme med en TEG. Den bedöms fortfarande befinna sig långt från en tillämpning i fordonsammanhang, men materialutvecklingen går fort framåt och fordonsindustrin behöver utreda potentialen för att kunna väga dess förutsättningar och konkurrenskraft mot andra metoder att återvinna spillvärmeenergi, som till exempel Turbo Kompound (avgasturbin) och Rankinecykeln (ångcykel där media (etanol, vatten eller liknande) upphettas och förångas av avgasvärme för att sedan expanderas och då uträtta arbete).

Förstudien har undersökt olika spillvärmekällors potential för energiåtervinning, till exempel avgaser och kylvatten. Det har gjorts för att förstå den termoelektriska generatorns dimensioner, systemens komplexitet och olika spillvärmekällors potential att generera elektricitet under varierande körsituationer med de TEG-material som finns kommersiellt tillgängliga idag. Potentialen och mognadsgraden hos de nya TEG-materialen har också studerats. Eftersom spänningsnivån ut från de termoelektriska modulerna varierar beroende av tillgången på spillvärmeenergi och spillvärmens temperatur samt vilken kylkapacitet som finns tillgänglig, har spänningsomvandlingsutrustningens konfiguration undersökts för att se hur verkningsgrad och robusthet påverkas när spänningen konverteras till fordonets spänningsnivå

Förstudien har resulterat i ett samarbete mellan fordonsindustri och akademien och en bra kunskapsbas och verktyglåda för fortsatt arbete i ett eventuellt fortsättningsprojekt.

Syfte

Förstudien syftade till att undersöka förutsättningarna för ett projekt som ingående undersöker återvinningspotentialen i att omvandla spillvärme, från tunga lastbilar och bussar, till elektricitet med hjälp av en TermoElektrisk Generator (TEG) som utnyttjar Seebeck-effekten och förstå systemens komplexitet, robusthet och kostnadsnivåer.

Förstudien har också kartlagt olika TEG-materials verkningsgrad, långtidsegenskaper, mognadsgrad och kostnadsnivå, för att förstå vad ett projekt behöver utföra för att djupare undersöka vilka TEG-material som är lämpliga i den här typen av applikationer och vilken omvandlingsgrad man kan uppnå.

För att bedöma den totala komplexiteten av att generera och distribuera elektricitet från en termoelektrisk generator, behövde spänningsomvandlingsutrustningen analyseras. Resultatet av detta bildar grunden för att kunna specificera vad ett fortsättningsprojekt behöver innehålla.

VINNOVA Dnr: 2009-01428
Projektledare: Jan Dellrud

Resultat

- Olika konceptförslag på spillvärmekällor i kombination med olika placeringskoncept för termoelektriska generatorn är framtagna.
- En TEG-prototyp och en DC/DC-konverter för riggprov har tagits fram.
- Litteraturstudie om materialegenskaper för TEG har utförts.
- Matematiska ekvationer som används för simulering och optimering har satts ihop. Simulerings- och optimeringsmetod har arbetats fram.
- För de vanligaste TEG-materialen har simuleringar gjorts för att undersöka effekt och verkningsgrad kontra temperatur och tillgänglig värmeeffektthet.
- Undersökning har utförts för olika materials optimala material tjocklek för att maximera uteffekt, ström och effektivitet.
- Undersökning och utvärdering av segmenterade (termiskt och elektriskt) och stackade (termiskt anslutna och elektriskt isolerande) TEG-material har utförts.
- Förslag på DC/DC-konverternätverk har tagits fram.
- Utveckling av designmetod för DC/DC-konverternätverk har utförts.
- Impedansmatchning hos DC/DC-nätverk har undersökts.

Genomförande

Projektet har genomförts från april 2009 till februari 2011 som ett samarbete mellan Scania CV AB och Kungliga tekniska högskolan i Stockholm för att dra nytta av varje parts specifika kompetens.

Utförandet planerades för att ett så stort kunskapsutbyte och informationsöverföring som möjligt skulle ske. Detta åstadkoms genom regelbundna projektmöten och genom studiebesök på såväl Scania R&D som KTH i Kista.

Projekteffekter

Förstudien har resulterat främst i kompetensutveckling och kunskapsspridning, inom industrin och akademien och mellan industri och akademi.

Den nyförvärvade kunskapen om forsknings- och utvecklingsområdet har möjliggjort planeringen av ett fortsättningsprojektet, som beräknas startas inom något år.

Resultat i form av TEG-modell för spillvärmeåtervinning på tunga fordon och DC/DC-konverteringsmodell kan nu användas för fortsatt forskning och utveckling inom parternas organisationer. Nya undersökningar i form av examensarbeten planeras även efter att förstudien avslutats.

Deltagande parter och kontaktperson

Scania CV AB
Jan Dellrud, projektledare
jan.dellrud@scania.com
08-553 50882

Kungliga Tekniska Högskolan
Dr Qiang Chen
qiangch@kth.se
08-790 417208

VINNOVA Dnr: 2009-01428
Projektledare: Jan Dellrud

Publikationer och resultatspridning

Examensarbetsrapport 1:

The Thermoelectric Generator; an analysis of seebeck-based waste heat recovery in a Scania R-series truck.

Henrik Schauman,

Fordonsdynamik, Kungliga Tekniska Högskolan.

TRITA-AVE 2009:97

ISSN 1651-7660

Examensarbetsrapport 2:

Optimization of the electric properties of thermoelectric generators

Adham Shawwaf,

Master's Thesis ISRN LUTFD2/TFRT--5873--SE, Department of

Automatic Control, Lund University, Sweden, December 2010.

Examensarbetsrapport 3:

Thermoelectric-Generator-Based DC-DC Conversion Networks for Automotive Applications.

Molan Li,

Skolan för informations- och kommunikationsteknik, Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm.

Publiceringen planeras ske i mars 2011.