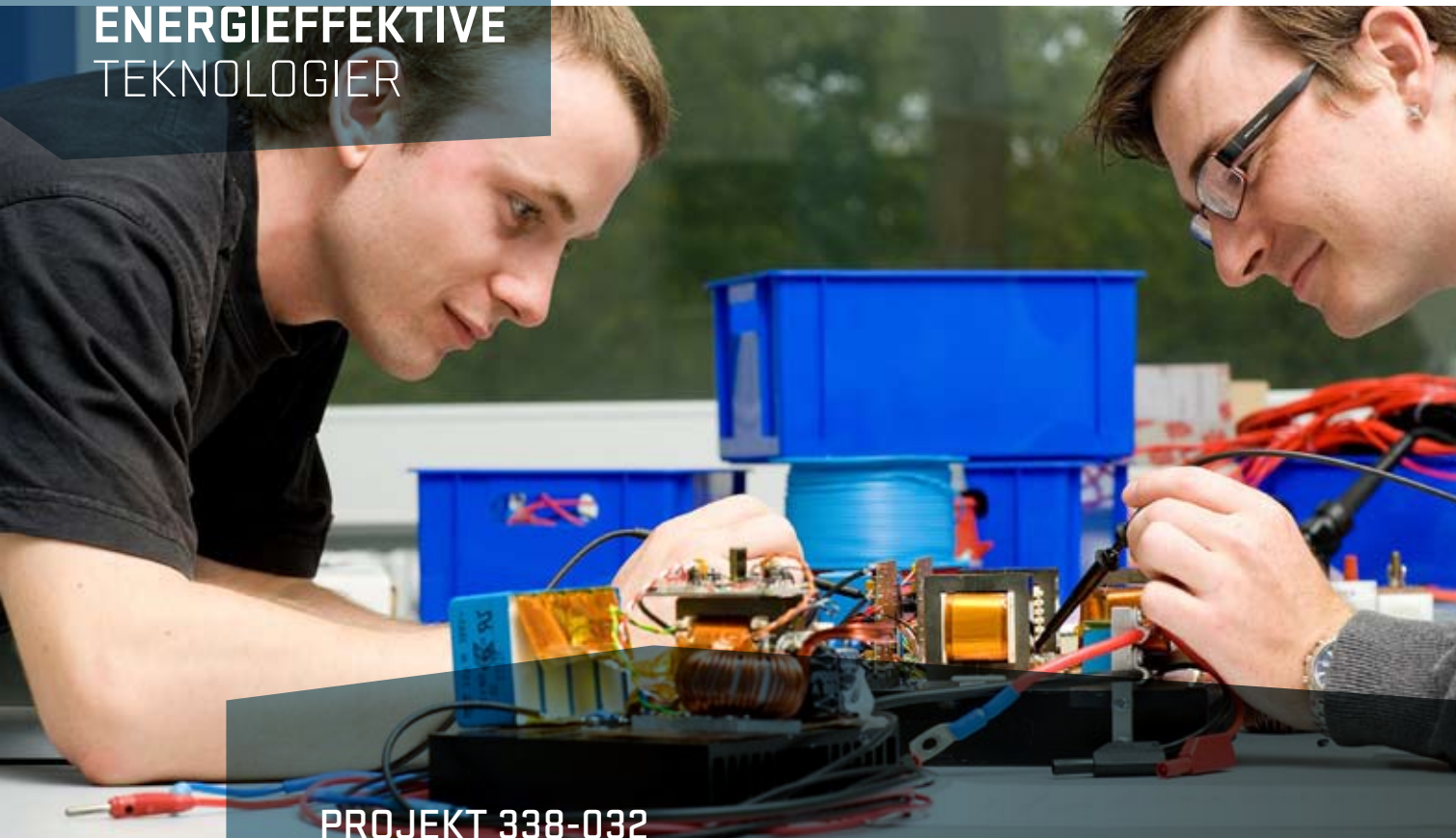


EFFEKT- OG STYRINGSELEKTRONIK

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



PROJEKT 338-032

Modulær opbygning af effektelektroniske konvertere i effektområdet 1-10 kW

Resultaterne fra DTU Elektros delprojekt videreføres i et effektelektronisk forskningsmiljø på Institut for Teknologi og Innovation på SDU under ledelse af Morten Nymand.
Foto: Energi Fyn

MÅLSÆTNING:

På grundlag af lovende forskningsresultater inden for effektelektroniske konvertere var det projektets mål at udvikle to nye typer konverter-designs for at kunne øge virkningsgraden i konvertering af jævnspænding til vekselspænding. Det ene design med galvanisk adskillelse sigtede efter anvendelse i effektområdet over 1 kW, mens designet uden galvanisk adskillelse skulle kunne anvendes ved lavere effekt.

Som forberedelse til projektet var der udviklet en pilotkonverter, der havde demonstreret en virkningsgrad på 96 % ved lav indgangsspænding og høj udgangsspænding. ELFORSK-projektet skulle gennem to parallelle ph.d.-studier udmønte den opnåede viden i konverter-designs, der var egnet til at sætte i kommerciel produktion.

MÅLGRUPPE:

Effektelektroniske konvertere er en vital komponent i bl.a. brændselscelleanlæg, solcelleanlæg, nødstrømsanlæg, eldrevne trucks og lign. Danske virksomheder har betydelige kompetencer inden for disse typer energianlæg, og effektelektroniske konvertere med særlig høj virkningsgrad kan være med til at styrke disse virksomheders konkurrenceevne på nogle markedssegmenter med et stort internationalt potentiale.

PROCESSEN:

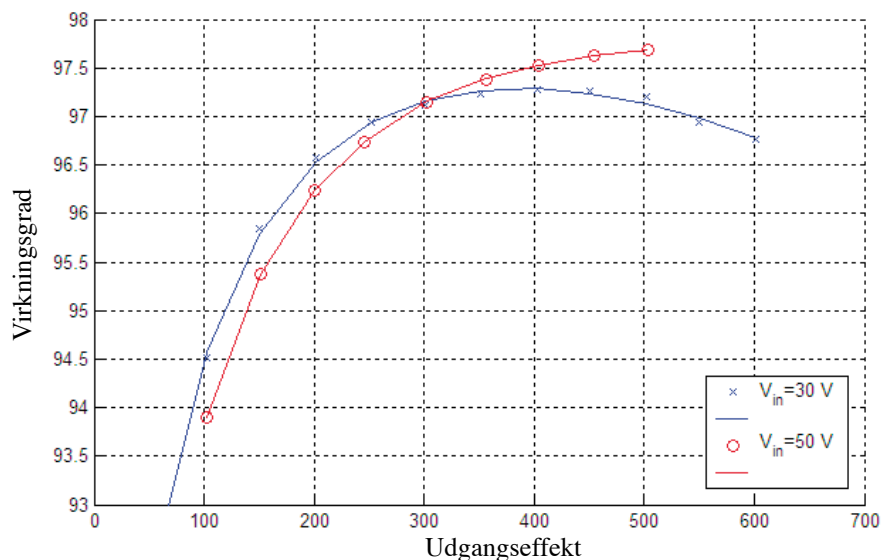
Projektet blev organiseret som to parallelle ph.d.-studier på hhv. Institut for Energiteknik på Aalborg Universitet v/Pawel Klimczak med professor Stig Munk-Nielsen som vejleder og på DTU Elektro v/Morten Nymand med professor Michael A.E. Andersen som vejleder. Som udgangspunkt for den anvendelsesorienterede forskning i projektet var der i et forprojekt på AAU udviklet en pilotudgave af en 1 kW dc-dc konverter, hvor det var lykkedes at opnå en virkningsgrad på 96 % ved en indgangsspænding på 17 V og en udgangsspænding på 384 V. Det var opnået ved at parallelkoble 10 stk. 100 W moduler.

Projektet blev indledt med omfattende litteraturstudier af kendte konverter-topologier. Det viste sig, at de mest effektive konvertere nok kunne præstere rimeligt høje virkningsgrader ved høje indgangsspændinger og lavere effekter, men når konverterne skal bruges i brændselscelle- og solcelleanlæg, er det virkningsgraden ved minimal indgangsspænding og maksimal udgangseffekt, der er afgørende for den samlede systemvirkningsgrad.

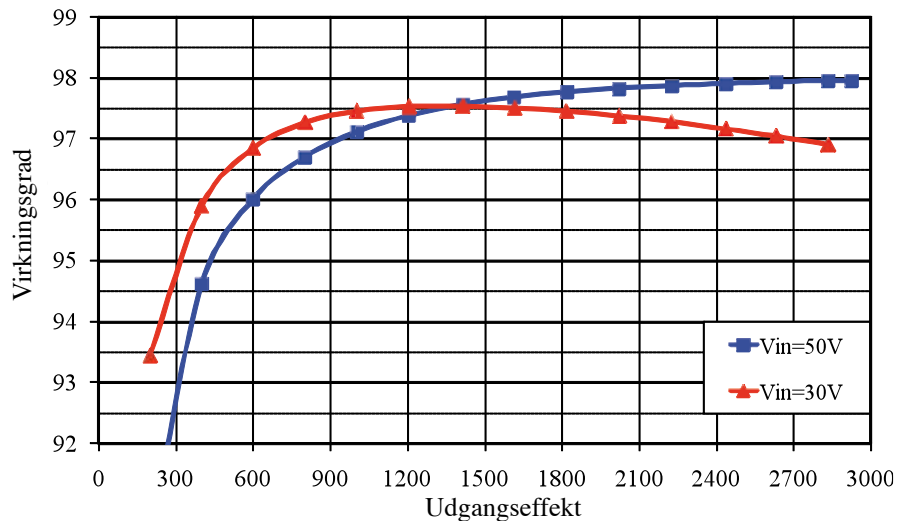
Under projektet blev der også foretaget detaljerede analyser af de faktorer, der forårsager tab i konvertere, der arbejder med lav

indgangsspænding og høj udgangseffekt.

Projektgruppen omfattede også repræsentanter for industrielle slutbrugere af højeffektive konvertere, Danfoss Solar Inverters, IRD Fuel Cells, Grundfos, KK Electronic og Center for Elektriske Energisystemer (CEES), der løbende gav feedback til de to ph.d.-studerende.



Sammenhæng mellem indgangsspænding, udgangseffekt og virkningsgrad for konverter med ikke galvanisk adskillelse. Blå kurve: 30 V, rød kurve: 50 V.



Sammenhæng mellem indgangsspænding, udgangseffekt og virkningsgrad i boost-konverter med galvanisk adskillelse. Rød kurve: 30 V, blå kurve: 50 V.

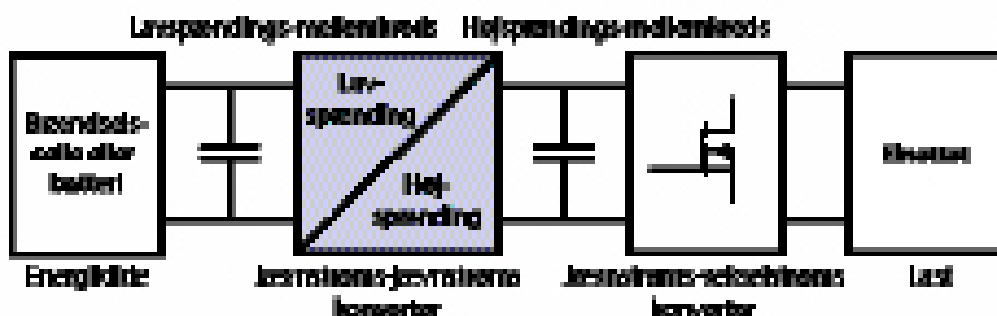


Diagram over designprincip for energieffektiv konverter.

RESULTATER:

Litteraturstudierne afdækkede nogle grundlæggende fejl i den hidtidige internationale forskning, og på grundlag af den erkendelse blev der udviklet nye kompakte konverterdesigns med anvendelse af et nyt halvleder-materiale SiC og magnetiske komponenter. Det lykkedes i begge delprojekter at udvikle en demonstrations-konverter med magnetiske designs, som omtrent var uden de parasitiske egenskaber, der forårsager tab i virkningsgrad, og der blev også fundet hensigtsmæssige effektelektroniske kredsløb. I designet er den magnetiske komponent brugt til at skabe lav spænding ved høj strøm og høj spænding ved lav strøm.

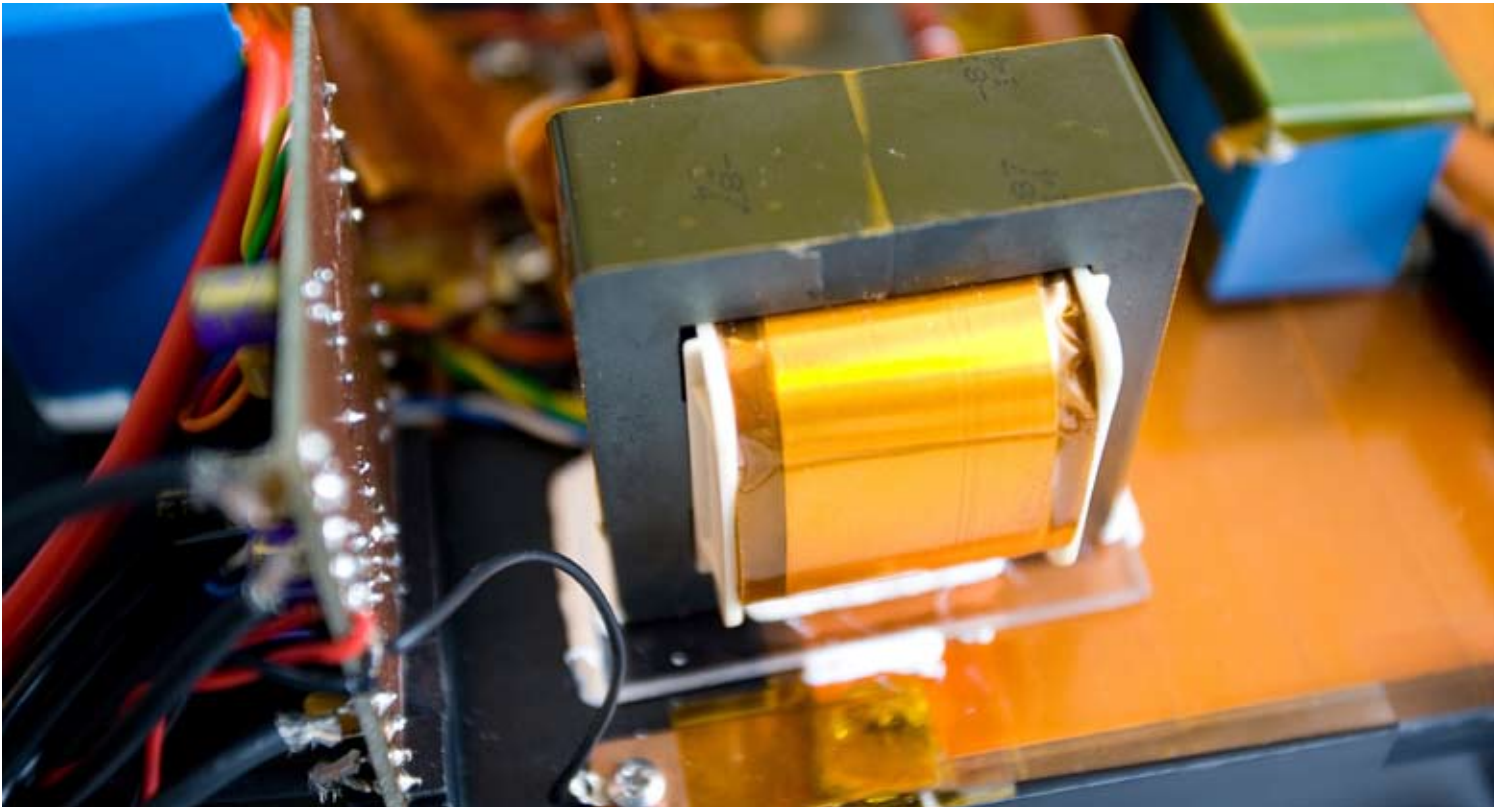
Med dette nyskabende design blev det ikke nødvendigt at benytte soft switching til at

begrænse de parasitiske egenskaber, og det blev derfor muligt at overskride en ellers magisk grænse for konverter-virkningsgrader på 96 %. I den ikke-galvanisk isolerede konverter fra AAU ser alle komponenter både den høje strøm fra indgangssiden og den høje spænding fra udgangssiden. Det betyder, at der opstår et uforholdsmæssigt højt stress på alle komponenter. Denne type konverter er derfor mest velegnet til lave effekter, dvs. mindre end 1 kW.

Den galvanisk isolerede konverter fra DTU har et design, der betyder, at komponenterne på indgangssiden ser den lave spænding og den høje strøm og kan optimeres hertil. Komponenterne på udgangssiden ser den høje spænding og den lave strøm. Det betyder, at

det bliver lettere at optimere anvendelsen af komponenterne, så de kan benyttes, hvor de er bedst egnede. Topologien for den galvanisk isolerede konverter er efterfølgende blevet patenteret. Den er skalerbar og kan derfor tilpasses en vilkårlig udgangseffekt. I projektet er der demonstreret konvertere med hhv. 1,5 kW, 3 kW og 10 kW effekt.

Ved afslutningen af de to delprojekter blev der for den galvanisk isolerede konverter målt virkningsgrader på op til 98,2 %, hvilket er ny verdensrekord, og selv i det kritiske arbejdsområde ved lav indgangsspænding og højeste udgangseffekt var virkningsgraden over 96,5 %. Den ikke-galvanisk isolerede konverter opnåede en virkningsgrad på mere end 97,5 %.



En 3 kW-konverter med galvanisk adskillelse, der har sat verdensrekord i virkningsgrad. Foto: Energi Fyn

EFFEKT:

Forudsætningen for at få maksimalt udbytte af elproduktionen fra miljøvenlige produktionsanlæg med brændselsceller og solceller er, at systemerne forsynes med konvertere, der med høj virkningsgrad kan omforme anlæggenes jævnstrøms-produktion til den vekselspænding, der skal sendes ud på nettet. En forøgelse af konverterens virkningsgrad betyder – alt andet lige – at man enten kan levere den samme elproduktion til elnettet med et mindre og billigere anlæg, eller at det samme anlæg kan levere en større netto elproduktion til nettet.

Det giver ejerne af anlægget en driftsøkonomisk fordel, og når danske leverandører kan tilbyde konvertere med meget høj virkningsgrad, kommer de til at stå endnu stærkere i den internationale konkurrence. Solcelle- og brændselscelleanlæg med en højere samlet systemvirkningsgrad vil også blive økonomisk mere fordelagtig i forhold til konventionel elproduktion på anlæg med fossile brændsler.

BRUG AF NYT HALVLEDER-MATERIALE OG ET KOMPACT DESIGN GØR DEN EFFEKTELEKTRONISKE KONVERTER MED GALVANISK ADSKILLELSE MERE EFFEKTIV OG BILLIGERE AT PRODUCERE.

ANBEFALING FOR VIDERE ANVENDELSE AF FORSKNINGRESULTATERNE

Resultaterne fra ph.d.-studiet på DTU Elektro har ført til, at Morten Nymand har kunnet opbygge et nyt effektelektronisk forskningsmiljø på Syddansk Universitet, der allerede efter få år har skabt sig en stærk position blandt virksomheder og slutbrugere i regionen. Forskningsmiljøet omfatter omkring 40 svagstrøms- og stærkstrøms-ingeniørstuderende, og der er skaffet finansiering til knap en halv snes ph.d.-studerende.

På DTU Elektro blev forskningen i første omgang fulgt op med et Proof-of-Concept projekt, der mandede ud i, at der er solgt licens til den patenterede konverter til en amerikansk virksomhed. Der er efterfølgende startet EU- og EUDP-finansierede projekter, der sigter efter at udvikle kommercielle konvertere til brændselscellesystemer.

På AAU var projektet med til at cementere Institut for Energitekniks internationalt førende

position. Instituttet er efterfølgende blevet projektleder på to meget ambitiøse strategiske satsninger på udvikling af effektelektronik: Det strategiske forskningscenter CORPE, medfinansieret af Det Strategiske Forskningsråd, der har et samlet budget på ca. 80 mio. kr., og Højteknologifondens platform IEPE (Intelligent and Efficient Power Electronics), der med et samlet budget på 108 mio. kr. i de næste fem år skal udvikle løsninger til fremtidens intelligente og energieffektive produkter.

Projektledelse:

Stig Munk-Nielsen
Institut for Energiteknik-AAU
Pontoppidanstræde 101
9220 Aalborg
E-mail: smn@et.aau.dk
Telefon: 9940 9242
Web: www.et.aau.dk

Morten Nymand
Institut for Teknologi og Innovation-SDU
Niels Bohrs Allé 1
5230 Odense M.
E-mail: mny@isi.sdu.dk
Telefon: 6550 7427
Web: www.sdu.dk

Projekt:

Titel: Modulær opbygning af effektelektroniske konvertere i effektområdet 1-10 kW
Nr. 338-032
PSO Program 2006
Budget: 6.242.920 kr., hvoraf 2.844.000 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.04.2006-31.03.2011

Program-koordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk

SÅDAN KOMMER PROJEKTRESULTATERNE I ANVENDELSE

Med de to nye store og ambitiøse forsknings- og udviklingsprojekter er der skabt grundlag for, at den tidlige satsning fra ELFORSK på at skabe et dansk teknologisk forspring inden for effektelektronik kan give danske leverandører af avanceret energiteknologi en meget stærk position på et kraftigt voksende marked for energieffektive og miljøvenlige teknologier.

De udviklede effektelektroniske løsninger kan både bidrage til at gøre elforbruget i apparater mere effektivt, styrke systemvirkningsgraden

i brændselscelle- og solcellesystemer og gøre de nye MW-vindmøller lettere at indpasse i reguleringen af elsystemet.

SDU's effektelektroniske forskningsgruppe arbejder på komponenter til bl.a. en lydsvag og miljøvenlig skraldebil, og der er flere nyudviklede produkter og løsninger på vej inden for rammerne af Lean Energy Cluster, der bakkes op af Region Syddanmark, kommuner og energiselskaberne SE og Energi Fyn.



De effektelektroniske forskningsresultater fra ELFORSK-projektet vil blandt andet blive udnyttet i løftesystemet på denne støjsvage og miljøvenlige skraldebil. Foto: Frederikke Hoeg

DE NYE DANSKE KONVERTER-DESIGNS VIL FORBEDRE SYSTEMVIRKNINGSGRADEN OG DERMED DRIFTSØKONOMIEN I BÅDE BRÆNDELSCELLESYSTEMER OG SOLCELLEANLÆG.