

Effektelektronik

– en nøgleteknologi i energisystemet

I enhver sammenhæng, hvor elektrisk energi skal omsættes fra en form til en anden, er der brug for effektelektronik. Og det bliver en nøgleteknologi i en fremtid, hvor vi skal frigøre os fra fossile brændsler.

Af Frede Blaabjerg

Menneskehedens behov for energi vil stige meget de kommende årtier. Dels fordi jordens befolkning stiger kraftigt, og dels fordi mange mennesker heldigvis får en bedre levestandard. Menneskets umættelige behov for energi udgør på langt sigt en udfordring for det globale energisystem, som i dag stadig overvejende er baseret på fossile brændsler. Det er et problem, fordi de fossile brændsler er en begrænset ressource, og derudover belaster de klimaet og miljøet.

Der findes umiddelbart to teknologiske strategier til at angribe udfordringerne med. Man kan udvikle teknologi, der kræver mindre energi, og som derved giver energibesparelser, eller man kan omstille energiproduktionen, så den baseres på vedvarende energikilder. I begge tilfælde spiller den såkaldte effektelektronik en væsentlig rolle for fremtidens energiløsninger. Effektelektronik er elektronik, der effektivt og hurtigt kan omsætte elektrisk energi fra en form til en anden med det formål at kunne styre energi-flowet i eksempelvis et elektrisk apparat og styre en proces.

Princippet i effektelektronik

Effektelektronik er i stand til at omsætte den elektriske energi med små tab og dermed en meget høj virkningsgrad. Samtidig bliver stadig mere energi produceret, transporteret og forbrugt som elektrisk energi, da det er en effektiv måde at håndtere energien på. En elektrisk energiomsætning via effektelektronik kan fx være at omsætte en vekselspænding fra nettet til en jævnspænding, som oplader et batteri. Det foregår i stor stil i dag, fx til opladning af vore bærbare computere eller mobiltelefoner.

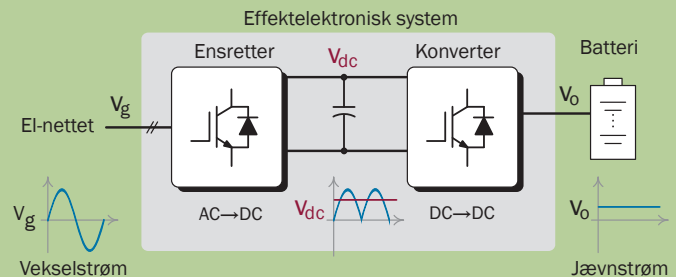
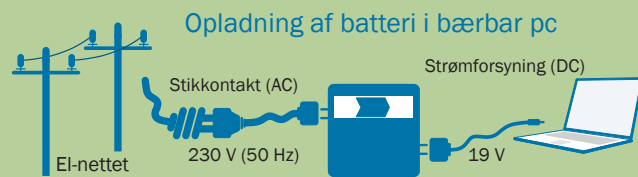
Her kan det også ses, at net-spændingen ensrettes til en jævnspænding, hvorefter spændingen til batteriet styres af transistorer (effektelektronik) ved at være tændt i et vist interval for dermed at styre spændingen til batteriet. Spændingen skal løbende tilpasses, når batteriet oplades, hvilket effektelektronikken sikrer ved en smart styring. Det vigtige er, at de effektelektroniske komponenter kan tænde og slukke uden større effekttab, og at de heller ikke har meget tab, når de er tændte og leder strøm. Dette er blot et eksempel af rigtig mange, hvor effektelektronikken gør forbruget styrbart.

Brug af effektelektronik

Effektelektronik bruges i alle sammenhænge, hvor der er brug for at ændre en elektrisk energi (fx ændre dens spænding, strøm, fase eller frekvens). Effektområderne, der skal konverteres, spænder fra nogle få milliwatt (som i en mobiltelefon) til hundrede af megawatt. I moderne systemer udføres omsætningen i halvlederkomponenter som dioder, thyristorer og transistorer.

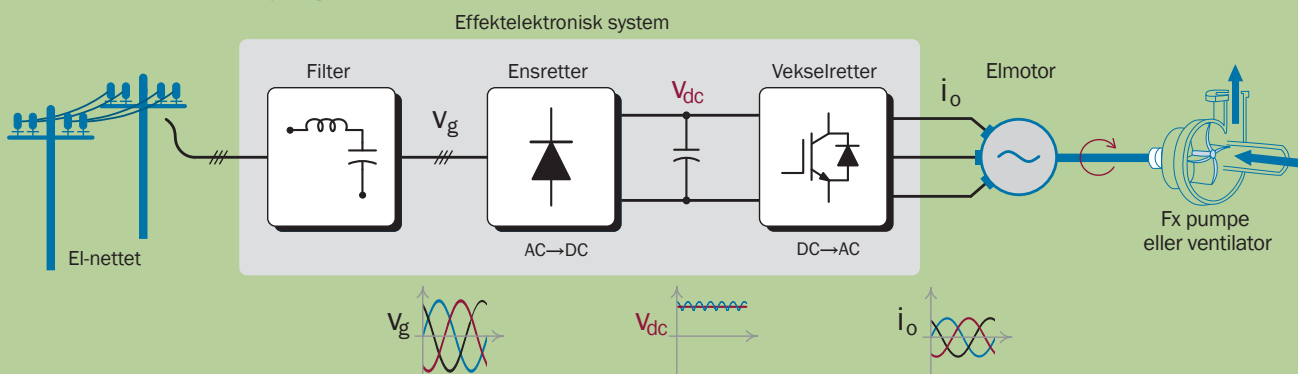
En såkaldt ensretter (eller AC/DC-konverter), som omsætter vekselstrøm til jævnstrøm, er et eksempel på en effektelektronisk enhed. Det meste elektronik kører på jævnstrøm, og derfor findes der ensrettede indbygget i mange elektroniske apparater i hjemmet, fx i fjernsyn, PC'er og mobilopladere. Batterier er udelukkende jævnstrømskilder.

Et eksempel på en effektelektronisk enhed er strømforsyningen til en bærbar pc, som automatisk tilpasser sig spændingen i stikkontakten, hvad enten den er 230 V eller 110 V etc. Vekselstrømmen omformes alligevel til stabile 19 V jævn-



strøm eller hvad spænding pc'en nu er bygget til. Selvom strømforsyningen ikke fylder meget, kan den samtidig oplade batteriet. Opladningen styres også vha. effektelektronik.

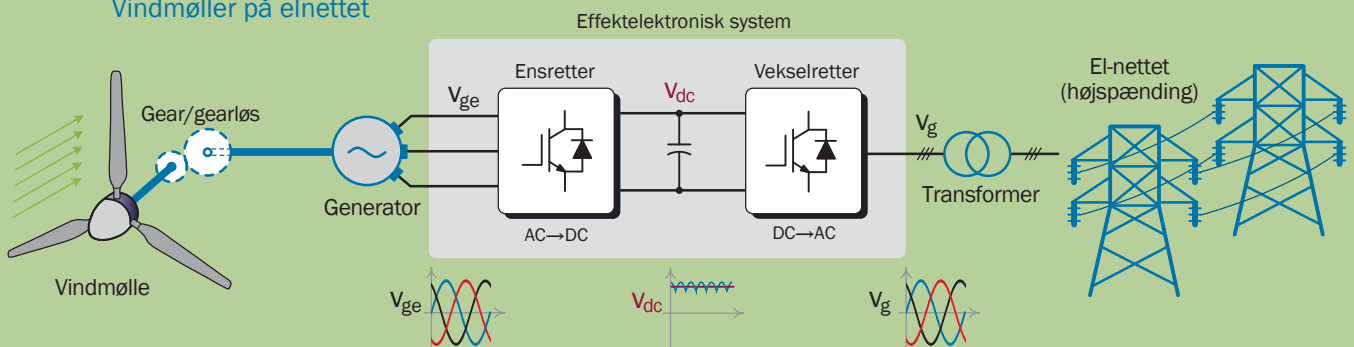
Styring af elmotorer



En anden meget udbredt brug af effektelektronik er til styring af elmotorer i alle størrelser. På figuren er vist et system, som omformer tre-faset-vekselstrøm fra elnettet til jævnstrøm og derefter til trefaset-vekselstrøm igen, men med en spænding

og frekvens, som kan styres. Dermed kan elmotorens kraft og omdrejninger kontrolleres. Dvs. man får præcis den motorydelse, som er krævet, uden at elmotoren bruger mere strøm end nødvendigt.

Vindmøller på elnettet



De store møller rummer effektelektronik i stor skala. Det bruges til styring af belastningen af generatoren i møllen samt til at tilpasse den producerede strøm til elnettet. På figuren er vist et system, som omformer tre-faset-vekselstrøm fra

generatoren til jævnstrøm og derefter til trefaset-vekselstrøm igen, men med en spænding og frekvens, som passer til elnettet. De fleste møller er koblet direkte på højspændingsnettet via en alm. transformer til vekselstrøm.



En strømforsyning til en notebook. Udviklingen inden for effektelektronik gør det muligt at lave disse forsyninger både mindre og billigere.

Foto: Colourbox

Om forfatteren



Frede Blaabjerg, professor Institut for Energiteknik Aalborg Universitet fbl@et.aau.dk

Frede Blaabjerg modtog i 2014 Villum Kann Rasmussens Årslegat til teknisk og naturvidenskabelig forskning. Artiklen her er en redigeret version af en artikel bragt i Årsskrift for VILLUM FONDEN og VELUX FONDEN, 2014.

Et andet hovedområde for effektelektronikken er styring af elektromotorer. Elektromotorer – som man fx finder i kompressorer til et køleskab eller i ventilatorer – står for mere end halvdelen af det elektriske energiforbrug i den industrielle verden. I elektromotorer er effektelektronikken i stand til at styre motorens omløbstal, så det tilpasser sig belastningen i stedet for, at motoren blot kører på “fuld kraft” hele tiden. Via sådanne løsninger er der set eksempler på energibesparelser på mere end 50 % og gør derfor en stor forskel i bestræbelserne på at gøre vores energisystem langt mere effektivt i fremtiden.

Effektelektronik og vedvarende energiproduktion

Som nævnt spiller effektelektronik også en stor rolle i den vedvarende energiproduktion. De seneste 20 år er der både i Danmark og på globalt plan blevet installeret en stor mængde vedvarende energi i el-nettet i form af vindmøller og solceller. I begge tilfælde sikrer effektelektronikken, at energien, der kommer fra solen og vinden, bliver optimeret og sikkert sendt ind i el-nettet med en høj grad af styrbarhed. Solceller producerer en jævnspænding, som skal omsættes til en vekselspænding for at kunne tilsluttes el-nettet. Og i vindmøller skal generatoren i vindmøllen hastighedsstyres, så den maksimalt mulige energi trækkes ud af møllens rotor, samti-

dig med at energien via vekselspænding sendes ind i nettet. Her laver vi altså først en omformning fra vekselspænding til jævnstrøm (ac/dc) og dernæst en omformning fra jævnstrøm til vekselspænding for at tilslutte en vindmølle til el-nettet. I vindmøllerne er effektelektronikken et stort elektrisk apparat, der har en virkningsgrad på mere end 98 %.

Nye komponenter styrer den fortsatte udvikling

Selv om den effektelektroniske energiomsætning er effektiv – som nævnt nogle gange højere end 98 % – forsøger vi fortsat at gøre den endnu mere effektiv. Hvis man fx ser på den samlede danske kapacitet inden for vedvarende energi på ca. 5 GW, vil 2 % stadig være en stor mængde energi, der går tabt. Og for en enkelt vindmølle på 1 MW vil det betyde, at der går 20 kW tabt i form af varme, der skal transporteres væk fra vindmøllen i form af køling.

Den vigtigste “driver” i udviklingen er naturligvis prisen for komponenterne, men også alt det, der skal til for at fremstille det endelige elektriske apparat. Det er kølesystemer, printplader, elektriske komponenter herunder spole og kapacitor, styringsenhed og naturligvis også en indkapsling. Jo højere virkningsgrad, der kan opnås, jo mindre køling er der behov for. Dermed bliver der et mindre volumen og mindre brug af materialer, og i sidste ende er det også en vigtig faktor på prisen. De effektelektroniske komponenter bliver stadig bedre (så de kan tænde og slukke hurtigere og tabe mindre spænding, når de er tændte), hvilket alt sammen peger i den rigtige retning for at gøre apparatet endnu billigere.

Den primære udvikling har været at lave transistorer og dioder baseret på silicium, men i de seneste år er det blevet muligt at basere disse komponenter på silicium-carbid eller gallium-nitrid. Det har gjort det muligt at tænde og slukke komponenterne mindst en faktor ti hurtigere og derved langt bedre at kunne mindske tabene. Det har medført lidt af et paradigmeskift indenfor apparatdesign, idet vi nu ser tænde- og slukke-tider af transistorer på under 10 nanosekunder. Det stiller helt nye krav til, hvordan apparaterne skal designes, og hvordan komponenterne pakkes effektivt.

En anden fordel ved denne nye teknologi er, at den kan arbejde ved højere driftstemperaturer. Men om den også kan gøres lige så pålidelig og holde i lige så lang tid som traditionel siliciumbaseret effektelektronik er endnu åbne spørgsmål, som vi i min forskningsgruppe bl.a. arbejder med. Her arbejder vi med at kunne beregne, hvor mange fejl vi over en tyveårig periode kan forvente i eksempelvis et apparat til solceller. Og hvis beregningerne viser, at man kan forvente uacceptabelt

Jævnstrøm og vekselspænding

Jævnstrøm (DC – engelsk for *Direct Current*) er elektrisk strøm, der altid løber i samme retning, dvs. fra plus til minus. I modsætning hertil vendes retningen i vekselspænding hyppigt – i det danske elsystem sker det 50 gange i sekundet (dvs. det har en frekvens på 50 Hz). Der kan både løbe jævnstrøm og vekselspænding på samme tid i den samme leder.

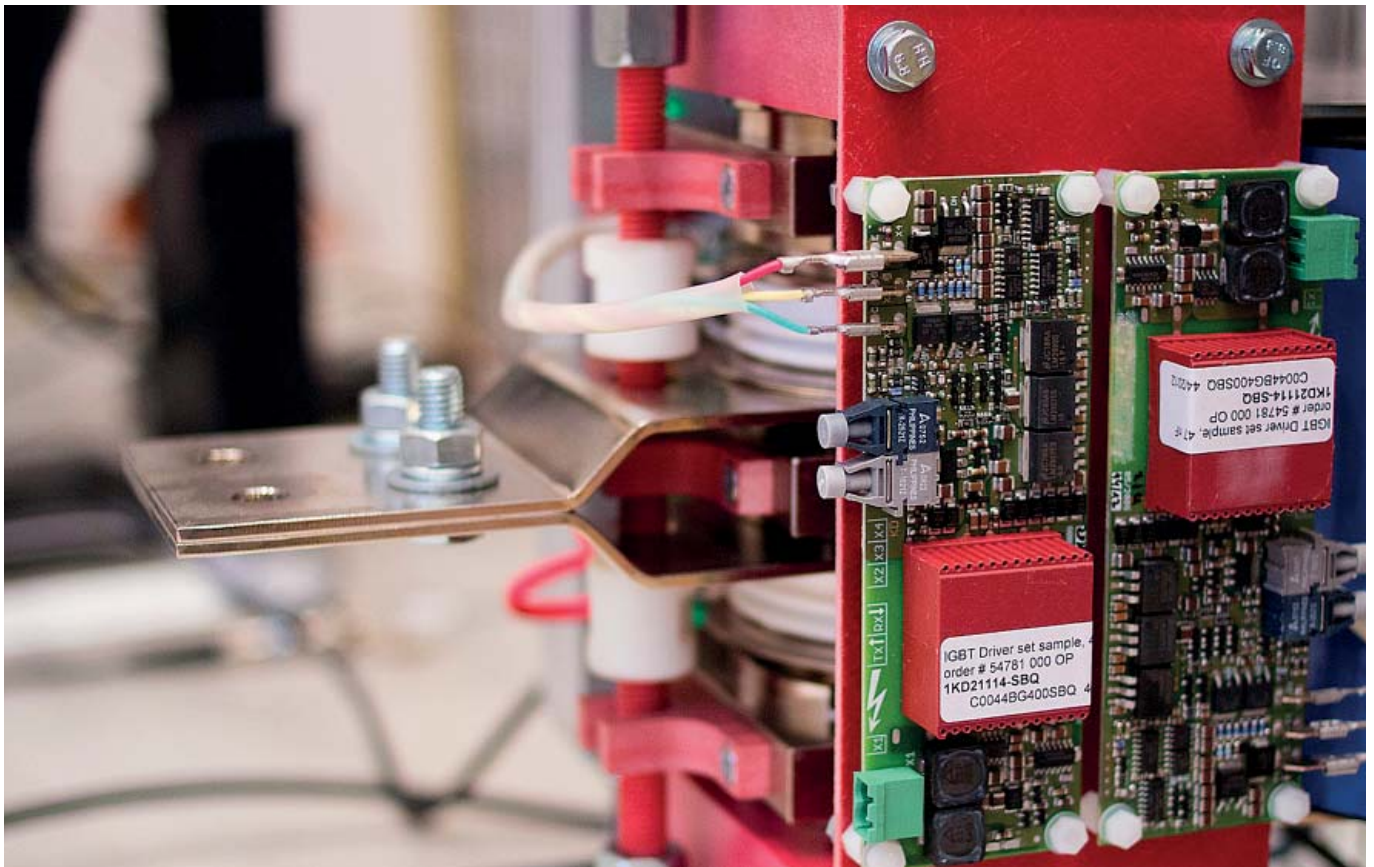


Foto: AAU.

Eksempel på effektelektronik. Typisk vil det kunne kendes på nogle store tilslutningsterminaler i metal, hvis det er lavet til større strømstyrker. Men som meget andet elektronik, er det modulopbygget.

mange fejl i det anvendte design, kan vi komme med forslag til, hvorledes fejlraten kan reduceres via et nyt design.

Det rykker på mange fronter

Som vi har set, anvender man effektelektronik til både at producere elektricitet og til at forbruge elektricitet på en effektiv måde. I fremtidens energisystem vil såvel produktion som forbrug variere meget, og udfordringen i sådant system er at opnå en balance imellem produktion og forbrug. En af måderne at gøre det på er at supplere elsystemet med energilagere, hvor den mest nærliggende mulighed er batterier. El-biler kan dermed naturligt tænkes at indgå som en del af et sådant batteribaseret energilager, og i større skala kan man tænke sig energilagring baseret på vandkraftanlæg, hvor vand pumpes op, eller man kan via elektrolyse omdanne overskuds-elektricitet til brint, som kan lagres. For at kunne styre et elsystem med energilagere kræves også effektelektronik.

Man kan også forestille sig, at vi vil gå fra et elsystem med vekselspænding til et elsystem med jævnspænding, således at der måske om 20 år er jævnspænding i stikkontakterne i vores huse. Dermed vil der være brug for færre energiomsættende omformere, og energisystemet vil samlet kunne opnå en højere virkningsgrad.

Endelig er der ingen tvivl om, at den dag el-bilen

virkelig slår igennem, vil effektelektronikken få et endnu større boost. For i elbiler er effektelektronik ikke kun involveret i fremdrift af bilen, men også til at styre batteri-lageret og ikke mindst til at lade batterierne op, hvilket i fremtiden helst skal foregå ved trådløs effekt-overføring. Effektelektronik anvendes allerede meget i hybrid-bilerne, da det er afgørende for at kunne dele energien fra henholdsvis el-motor og forbrændingsmotor under drift. En fuld batteribaseret el-bil som den amerikanske Tesla, kræver endnu mere effektelektronik, og derfor er der store muligheder for effektelektronik-industrien i fremtiden. Allerede nu kender vi de væsentligste teknologier. Så det er primært prisen, der skal ned, samtidig med at man ikke giver køb på pålideligheden.

Det ultimative mål

I idealernes verden vil den ultimative effektelektronik have en effektivitet på 100 %. Skulle den dag komme, hvor det lykkes os at opnå det, vil vi forskere indenfor effektelektronik sat lidt på spidsen have gjort os selv overflødige. Men selvom vi for øjeblikket ser ret bemærkelsesværdige resultater i forbindelse med anvendelsen af de helt nye komponenter, hvor størrelsen på nogle apparater kan reduceres med op til 75 %, er der stadig meget lang vej til det ultimative mål. Oftest opstår der nye problemer, når tingene bliver gjort mindre og giver nogle uforudsete tab, der skal håndteres. Derfor vil der uden tvivl være behov for masser af forskning i effektelektronik de næste årtier. ■