

Brint og brændselsceller til mikrokraftvarme

Kun en lille del af verdens brintforbrug går til direkte energianvendelse. Øget brug af brint er tæt koblet til udvikling af brændselscelleteknik. Brintdrevne brændselsceller kan eksempelvis anvendes både i transportsektoren, i vore huse og til en række andre formål

Af Jan de Wit, Mikael Näslund, Bjarne Spiegelhauer, Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC), Laila Grahl Madsen, IRD Fuel Cells, Jens Jakobsen, SEAS-NVE

Energistyrelsen publicerede i 2005 en "Brint-Strategi", og ud fra denne blev "Partnerskab for brint og brændselsceller" dannet. Offentlig støttet forskning inden for brint og brændselsceller tegner sig for over 100 mio. kr. årligt.

Danske firmaer og forskningsinstitutioner er langt fremme i et internationalt perspektiv med eksempelvis udrustning til demobiler på brint samt brændselscellebaserede power-backup-enheder til mobiltelefoni sendestationer/master. Endelig er danske firmaer og forskningsinstitutioner engageret i udvikling/demonstration af flere forskellige brændselscelletyper.

Her beskrives aktiviteter omkring det brint-net og de brintfyrede kraftvarmeanheder til enfamiliehuse ("mikrokraftvarme"), der testes i byen Vestenskov på Lolland. Projektet er en del af et større nationalt projekt, hvor flere brændselscellebaserede anlægstyper og flere brændsler testes, certificeres og demonstreres på forskellige lokaliteter og med forskellige brændsler.

Brintnettet i Vestenskov

Brintnettet i Vestenskov (nær Nakskov) består af elektrolysør til produktion af brint, kapacitet 10 Nm³ brint i timen. Der forefindes et mindre brintlager (4-6 bar, lagerkapacitet 150 Nm³ brint) ved elektrolyseanlægget (figur 1). Det er tanken, at brinten produceres, når der er overskud af vindmøllestrøm. Hermed kommer brinten til at udgøre en slags lager for strømmen, idet den ved slutanvendelse i brændselscellerne fører til el- og varmeproduktion.

Gasnettet til brint i Vestenskov er i øjeblikket ca. 500 meter (figur 2). Det er udført i coated rustfrit stål, og driftstrykket er ca. 4 bar. Brintnettet står foran udvidelse. Det overvejes p.t. om man, baseret på erfaringer med drift af brintnet hos DGC samt i Herning skal udføre det i plast (PE), der ved test har vist sig ganske anvendeligt og billigere.

Etablering af brintnettet i Vestenskov har givet værdifuld erfaring mht. udførelse, godkendelse, drift og tilsyn. Herunder også diskussion med relevante myndigheder om hvilke krav og forskrifter, der er gældende for sådanne anlæg.

Brændselsceller, egenskaber

Der benyttes lavtemperatur PEM-brændselsceller i mikrokraft-



Figur 1. Elektrolysør og lagertank.

Nøgletal for brint-elektrolysatoren i Vestenskov:

- Ilt og brint tryk ≤ 8 bar(g)
- Maks. H₂-produktion 20 Nm³/h
- Maks. O₂-produktion 10 Nm³/h
- Nominel H₂-produktion 16 Nm³/h
- Nominel O₂-produktion 8 Nm³/h
- Gasrenhed 99,5 $\pm$ 0,1%
- Maks. effektforbrug 104 kW

Nøgletal for brintlageret:

- 25 Nm³
- 0-6 bar(g)

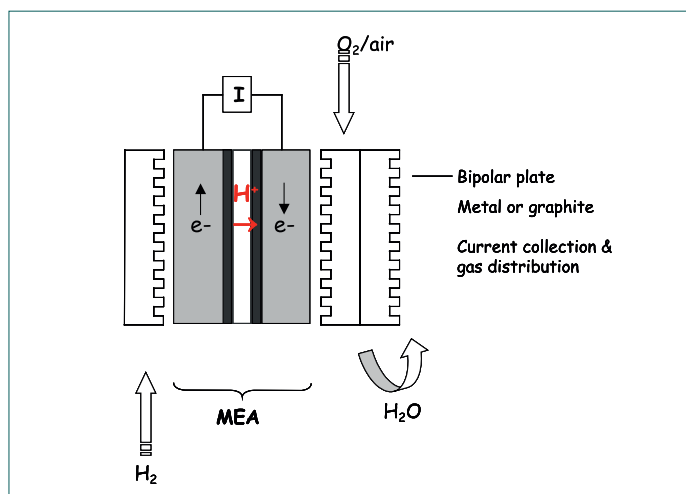
varmeanhederne i Vestenskov. Brændslet er brint. En principskitse, der viser en celledes forskellige lag, ses i figur 3.

Brændselsceller udmærker sig ift. anden kraftproduktion ved ikke at have bevægelige dele og er derfor støjsvage. Med brint som brændsel kan de startes hurtigt og lave meget hurtig lastregulering. Der er et nøje forhold mellem strømaftag og den leverede spænding (figur 4). Dette forhold påvirkes af driftstimetallet for enheden og den leverede effekt.

Cellerne leverer jævnspænding og sættes oftest sammen i stakke til den ønskede spænding opnås (figur 5, side 20). Skal enheden på elnettet, må der ske omformning til 230 volt og



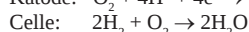
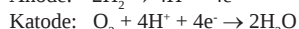
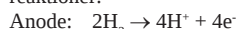
Figur 2. Brintnet.



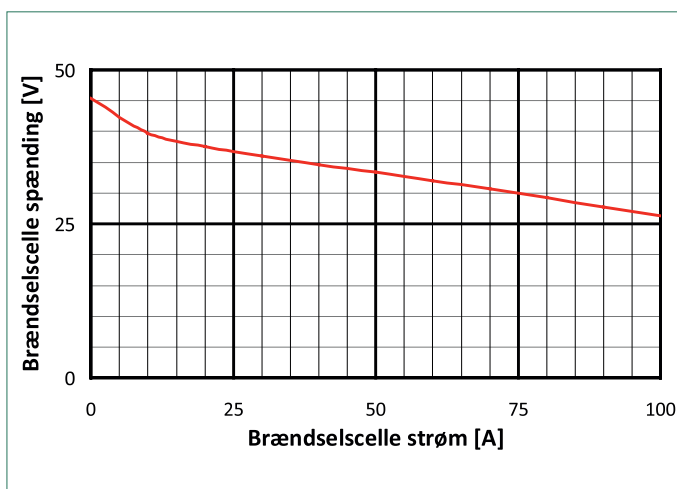
Figur 3. Principskitse-celle.

Brændselsceller omsætter kemisk energi til jævnstrøm og varme.

I PEM (Proton Exchangeable Membrane) brændselsceller foregår følgende reaktioner:



Hver celle (MEA: Membrane Electrode Assembly) leverer op til 1 V_{DC}. Cellerne kan seriekobles til den ønskede spænding i en brændselscellestak, som vist for stakken i figur 5 med 47 celler i serie.



Figur 4. PA-diagram.

AC-spænding via en inverter, på samme vis som strøm fra solceller.

Brændselsceller til kraftvarme

Bag udviklingen af mikrokraftvarmeanlæggene i det nationale projekt står et stærkt nationalt konsortium af danske energivirksomheder: Topsoe Fuel Cell, IRD Fuel Cells, Dantherm Power, DONG Energy, SEAS-NVE, Syd Energi, COWI samt Dansk Gasteknisk Center. Disse firmaer repræsenterer hele "kæden" fra forskning/udvikling, systemintegration og godkendelse til energiselskaber med kundekontakt. Der udvikles og testes nationalt flere typer af brændselsceller, f.eks. lav- og højtemperatur PEM-celler og SOFC-celler til brint og naturgas. Det sidste med anvendelse og test af flere brændsels-reformertyper og fabrikater.

Brændselscellerne i anlæggene i Vestenskov er produceret af IRD Fuel Cell. Samme firma har stået for systemintegrationen af de øvrige komponenter, der skal til for at gøre anlægget til et kraftvarmeanlæg (varmevekslere, styring, brændselsbefugtning, DC-→ AC strøm omformning).

Første generation af anlæggene var alene beregnet til testformål i laboratorie og blev testet hos DGC i 2006. Næste generation af anlæggene blev også indledningsvis ydelsestestet hos DGC. Siden fulgte CE-certificering hos DGC-Notified Body, og fem anlæg blev opstillet til test i Vestenskov. Tredjegeration (Gamma-versionen) er nu klar, og der er opnået betragtelig volumenreduktion/enkel betjening og drift. Et større antal af disse er nu under opstilling på Lolland efter CE-certificering hos DGC-Notified Body samt acceptance test hos det firma, der skal stå for service og vedligehold på samme. På figur 6, side 20 kan 1., 2. og 3. generation af IRD-mikrokraftvarmeanlæggene ses.

Øgede krav til bygningsopvarmning gør, at selv højeffektive kedler (inkl. kedler, der udnytter kondensvarmen i røgens vanddampindhold) ikke nødvendigvis i fremtiden anses for tilstrækkeligt effektive. Det har fået kedelfabrikanter (og andre) til bl.a. at udvikle mikrokraftvarmeprodukter, hvor der ud over varme også produceres el. Brændselscellebaserede enheder udmærker sig ved støjsvaghed og høje elproduktionsvirkningsgrader sammenlignet med Stirling-motorer eller mere traditionelle motorer. De brændselscellebaserede anlæg som p.t. er testet, har en elvirkningsgrad omkring 45%.

Brændselsceller udmærker sig ved at kunne starte meget hurtigt, når brændslet er brint. Netop derfor sælges og anvendes

disse i enheder til strøm-backup. Der er ikke nødvendigvis en fast kobling mellem el- og varmeproduktion, som der er ved en række øvrige teknologialternativer.

Den tekniske udfordring ved anvendelse i mikrokraftvarmeanheder er at vælge og fastholde en strømproduktion pr. cm², der både giver en høj virkningsgrad, men også en acceptabel degradering af cellen over den planlagte driftstid/levetid. Udsætter man cellerne for en for høj strømstyrke eller har enheden eksempelvis mange start/stop, vil der ske en hurtigere degradering. Enheden vil kræve service/celleudskiftning uacceptabelt hyppigt ift., hvad kunderne er vant til mht. service på et kedelanlæg. Til kraftvarmeanlæg og dermed som opvarmningsbasis i huse, får enhederne et markant højere driftstimental end eksempelvis som Power Back-up.

Installation

Når anlæggene installeres i husene, installeres der også et varmelager. Varmelageret sikrer optimale driftsbetingelser for mikrokraftvarmeanlægget ved mulighed for forskydning af el- og varmeproduktion ift. forbrug. Et varmelager giver også mulighed for eksempelvis (tidsbegrænset) tapning af en varmeeffekt, der er væsentligt højere end, hvad mikrokraftvarmeanheden aktuelt leverer, f.eks. til varmtvandsproduktion.

I fremtiden kan det meget vel tænkes, at elpriser også for mindre forbrugere afregnes til forskellig pris over døgnet. Her vil et varmelager også udgøre en stor fordel for optimal driftsplanlægning. Anlæggene kan, med intelligent styring også deltage i balancering af national elproduktion ift. forbrug; en service som systemoperatørerne allerede i dag betaler større anlæg for at levere.

Udfordringerne

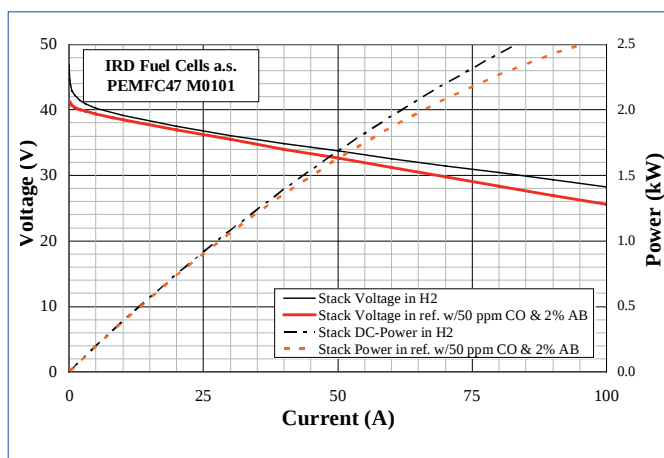
Der er følgende tekniske udfordringer ved at bruge brændselscelleanlæg til mikrokraftvarme:

- Omkostningsniveau (effektiv serieproduktion) skal bringes ned til konkurrencemæssigt niveau. Omkostningerne er bragt flerfold ned men skal fortsat reduceres mere end en faktor 2-4.
- Levetid skal forøges, gerne til over 40.000 timer.

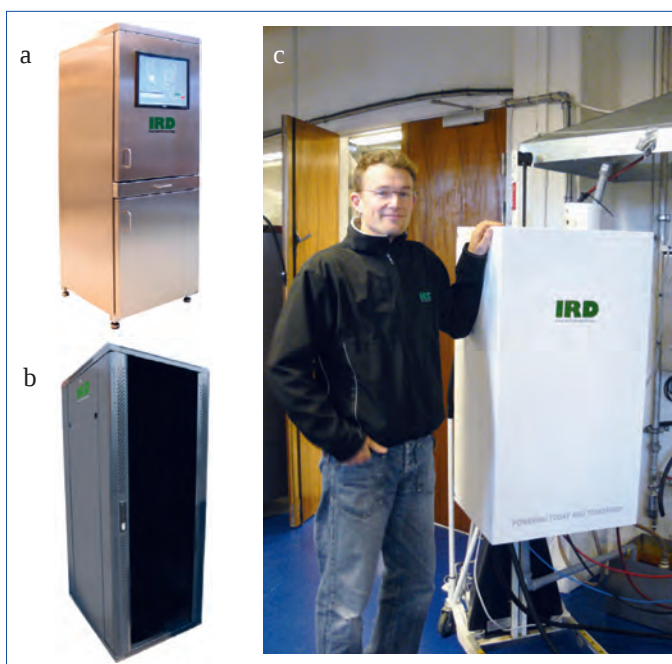
Disse mål søges generelt opnået gennem

- Komponentforbedring, forenkling og billiggørelse af de mange øvrige komponenter, der indgår i et kraftvarmeanlæg (såkaldt Balance of Plant komponenter)
- Forenklet proces-/systemintegration
- Overvågningssystem der sikrer, at fejl på øvrige komponenter ikke fører til beskadigelse af cellestak
- Pålidelige, mere effektive og mere prisbillige elektrolytører
- Et stort hollandsk ledet EU-projekt med 8 forskellige deltagere der har som mål at øge levetid på PEM-brændselsceller.

Ovenstående erkendelser er delvis et resultat af afprøvningerne på brintnettet i Vestenskov. Teknologien viser grundlæggende sin duelighed i demonstrationsprojektet. Dette projekt slutter 2012. Den følgende markedsmodning kræver en mere storstilet demonstration (flere enheder) efterfulgt af en opbygning af en egentlig serieproduktionsfacilitet.



Figur 5. Stak (IRD).



Figur 6. Tre generationer af IRD-enheden, hvor a er den ældste og c den nyeste.

Disse forhold arbejdes der intensivt med i projektet "Demonstration af mikrokraftvarme baseret på danske brændselsceller".

E-mail-adresser

Jan de Wit: jdw@dgc.dk

Laila Grahl-Madsen: lgm@ird.dk

Jens Jakobsen: jja@seas-nve.dk

Kilder:

Demonstration of Micro CHP Based on Danish Fuel Cells (Dansk mikrokraftvarme), www.dmkv.dk

Partnerskabet for brint og brændselsceller, www.hydrogennet.dk

Brintteknologier – strategi for forskning, udvikling og demonstration, Energi-styrelsen 2005

L. Grahl-Madsen, M. Odgaard, M. Näslund, PEM Fuel Cell Power for Stationary Applications, Hydrogen & Fuel Cells 2007 – Conference and Trade Show, Vancouver 2007

H2 College, brintforsynede ungdomsboliger i Herning, se mere på www.h2college.dk

EU projekt: "Knowledge to Enhance the Endurance of PEM fuel cells by Accelerated Lifetime Verification Experiments" (www.keepemalive.eu)