
Rapport SGC 189

Vinterström II – utveckling av klimattåligt
bränslecellsystem

©Svenskt Gastekniskt Center – Maj 2008

Joakim Nordlund
Cellkraft AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC's hemsida www.sgc.se.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Lunds Energikoncernen AB (publ), Göteborg Energi AB, och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Energimyndigheten
Cellkraft AB
AGA Gas AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

Sammanfattning

En bränslecell har integrerats i ett reservkraftssystem för telekom-applikationer som placerats i en standardcontainer för telekomutrustning som anpassats för uppgiften. Reservkraftsystemet har drifttestats ett 50-tal gånger från och med augusti 2007 till och med mars 2008. Systemet har startat som det ska och levererat full effekt, 2000 W, efter mindre än 20 sekunder samtliga gånger. Inget löpande underhåll har visat sig nödvändigt under perioden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning.....	1
Vad skulle uppnås i Vinterström II?	1
Vad utfördes i projektet, rent tekniskt?	3
Vad utfördes <i>inte</i> i projektet?	6
...och hur gick det?	6
Har det inte varit några problem alls?	8
...och hur gick det på Antarktis?	8
Slutsatser	9
Var står Cellkraft idag?	9
Kompakthet / integrerbarhet	9
Förmåga till start efter lång tids stillestånd	10
Direktkoppling utan DC-DC	11
Vidare arbete	11

Inledning

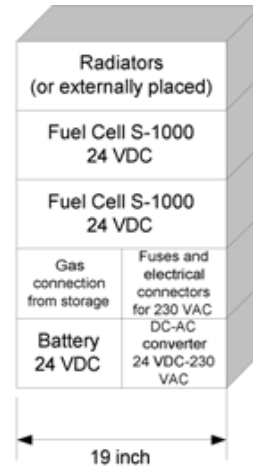
Föreliggande projekt utgör ett steg på vägen mot etablering av vätgasdriven bränslecellsteknik i riktiga tillämpningar. I en tidigare fas driftogs ett 50 W system som levererade 12 V likspänning under extremt kalla förhållanden. Detta projekt innebär utveckling av en modulär produktplattform i kilowattklassen. Nyttan med att utveckla ett modulärt koncept där bränsleceller kan behandlas ungefär som batterier – som kan seriekopplas och parallellkopplas är uppenbar. Den ökade storleken och systemkomplexiteten tillför nya svårigheter och det kommer att ta tid innan systemet kan betraktas som moget.

Flera applikationer är tänkbara där reservkraftsystem och elförsörjning på avlägset belägna platser är de i dagsläget mest uppenbara tillämpningarna. Dels är betalbarheten god och dels har de idag använda teknikerna en lägre tillförlitlighet än bränslecellsbaserade system och i dessa sammanhang är tillförlitlighet A och O.

Vad skulle uppnås i Vinterström II?

”Långtidsdrift med ett 1000 W bränslecellsbaserat kraftsystem för att ge statistiskt underlag gällande tillförlitlighet och eventuellt underhållsbehov.”

Så lydde målet med projektet. Enligt projektplanen skulle drift ske under fyra kvartal. En skiss på hur systemet skulle kunna se ut var också med i projektansökan.



Bilder från ansökan på bränslecell, skiss på rack och container för att visa hur testsystemet skulle kunna se ut.

Vad utfördes i projektet, rent tekniskt?

Fokus i detta projekt har tydligt legat på fälttestningen för att få statistik kring tillförlitlighet och underhållsbehov. För att nå hög tillförlitlighet och god funktion krävs arbete på flera nivåer. Hög tillförlitlighet uppnås då allt fungerar: Från varje enskild cell i bränslecellstacken, till kylfläktar och ventiler för att förse systemet med gas. På grundnivå har projektet inneburit testning av ett nytt tunnare membranmaterial som elektrolyt. Ett annat steg, var att dubblera uteffekten från 1000 W till 2000 W. Förutom detta anpassades systemet för spänningsnivån – 48 VDC som är standard inom telekomapplikationer.

En fördel med det nya membranmaterialet sades vara att behovet av en fuktare i systemet skulle försvinna. Efter inledande tester kunde Cellkraft konstatera att för denna tillämpning kvarstår behovet av viss fuktning, men att fuktningkonceptet kraftigt kunde förenklas.

Effektfördubblingen bestod i att helt enkelt fördubbla antalet celler i bränslecellstacken och att på systemnivå tillse att pumpar och fläktar räckte till för att förse stacken med tillräckligt mycket luft och kylmedium. Spänningsnivån ut från bränslecellstacken blir för 2000 W-systemet väl anpassat för direkt koppling mot batteribussen – utan behov av DC/DC-omvandling. Eftersom de systemkomponenter som används i bränslecellen inte finns att tillgå i 48 V-utförande integrerades en DC/DC-omvandlare i bränslecellen som omvandlar ingående 48 V-matning till 24 VDC.

Projektet har även inneburit utveckling av lösningar för säker och smidig gashantering. Detta alternativ har utvecklats av Cellkraft i samarbete med teknikhustillverkaren Mavab i Mariefred. Konceptet är baserat på en teknikbod med 6 stativplatser för teleutrustning. Gasen har placerats i det utrymme som i andra fall hyser en dieselgenerator. Bränslecellen är placerad i det kraftstativ som upptar en av de sex stativplatserna. Här följer en kort beskrivning av hur dieselmotorutrymmet har modifierats för att utgöra gaslager:

Gasutrymme: Kraftfulla dubbeldörrar ger god tillgänglighet att byta gas. Gaspaketet är placerat på en vagn som kan rullas ut på utfällbara skenor. Säkerhetsnivån är mycket hög. I detta utrymme är gascentralen placerad där trycket reduceras ned till ca 3 bar. Det gas som leds vidare in till bränslecellen har alltså ett lågt tryck (vattenledningstryck är ca 6 bar). I detta utrymme finns trycksensor och säkerhetsventil. Om vätgasdetektorn i angränsande teknikutrymme detekterar en läcka så stängs tillförseln av den fjäderbelastade ("normally closed") säkerhetsventil som finns i gasutrymmet. Gastillförseln stängs alltså utanför själva teknikutrymmet. Utrymmet har en helsvetsad och brandklassad (EI 60) vägg som skiljer den från teknikutrymmet. I gasutrymmet finns belysning. Belysning och strömställare och andra elektriska don (trycksensor, säkerhetsventil) i gasutrymmet är Ex-klassad för att eliminera ev. tändkällor. Utrymmet är ventilerat med ventiler i nederkant av dörrar och i övre delen av utrymmet



Bild: Leverans av container av telekomtyp för projekt



Bild: Leverans av gas från AGA för placering i gasutrymme på container. Skenor utfällda för rullvagn.

En vätgasdetektor placerad i taket av det utrymme där bränslecellen är installerad är ett sätt att höja säkerheten. Detektorn ansluts till en signalingång på bränslecellen. Om vätgas detekteras så leder det till att den säkerhetsventil som finns installerad på gasledningen till systemet (placerad i gasutrymmet) stängs. Denna ventil är fjäderbelastad i stängt läge och öppnas endast vid drift.



Bild: Teknikutrymme med vätgasdetektor i tak.



Bild: Cellkraft/AGA gaspanel. Till vänster tas gas in från gaslager. På ledning till bränslecell, till höger på panelen, sitter den säkerhetsventil som styrs av vätgasdetektorn.

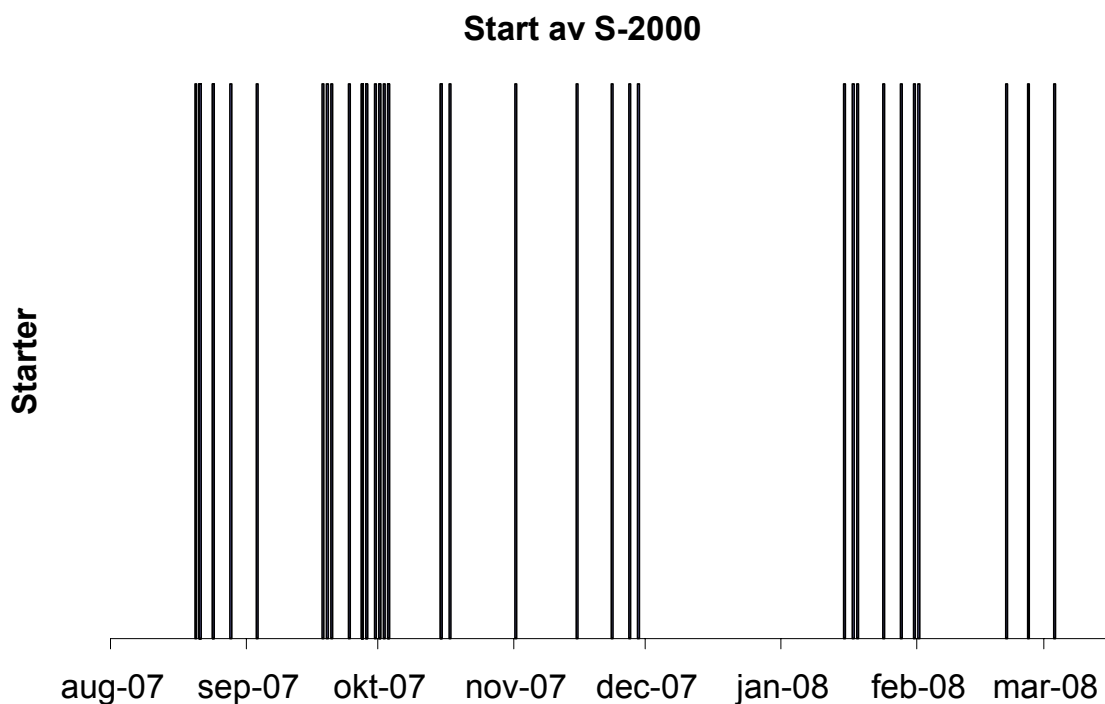
Vad utfördes *inte* i projektet?

Efter att detta projekt beslutats fick Cellkraft insikter om att startrutinen för bränslecellsystemet är långt viktigare än vad som tidigare anats, särskilt för reservkraftapplikationer. Som en konsekvens har Cellkraft parallellt med detta projekt bedrivit ett stort utvecklingsarbete med att utveckla en robust och säker startrutin för reservkraftstillämpningen. Detta arbete har skett i ett separat, ännu pågående, Energimyndigheten-finansierat projekt ”Start av bränslecell”.

Den startrutin som använts i detta projekt var det aktuella projektresultatet i ovan nämnda projekt augusti 2007 när systemet placerades i containern och fältförsöket påbörjades. Arbetet i det projektet har grundlagt det lyckosamma fältförsöket i detta projekt.

...och hur gick det?

Systemet som driftsattes i augusti 2008 testades som reservkraftkälla ett 40-tal gånger under perioden fram till och med sista februari 2009. Startfrekvensen varierades enligt figuren nedan.



Figur: startfrekvens under fältmässig reservkraftsdrift

Ingen av alla starter misslyckades – i samtliga fall levererade bränslecellen full reservkraftseffekt inom 20 sekunder efter att nätavbrott skett. Inget underhåll av systemet har varit nödvändigt under perioden. Dessa resultat är viktig input till det statistiska underlag som Cellkraft bygger upp kring sina bränsleceller. Nedan bilder på bränslecell, rack och container för att jämföra med hur det såg ut i ansökan.



Bilder: Hur bränslecell, rack och container kom att se ut i projektet.

Har det inte varit några problem alls?

Systemet tog längre tid än planerat att få igång på plats i containern, mycket på grund av att det tänkta S-1000 systemet ersatts av Cellkrafts nya S-2000-system som var under utveckling. Som en konsekvens av detta hann systemet bara vara i drift under tre kvartal i stället fyra enligt ursprunglig tidplan.

Under drift har det hänt i några av körningarna att enstaka celler tappat spänning, på grund av cellen inte klarat av att driva ut allt vatten som produceras i cellen. Detta är ett vanligt fenomen i PEM-bränsleceller, men något man vill undvika då det sänker verkningsgraden. I samtliga fall där detta inträffat kunde systemet leverera 2000 W nettoeffekt med god marginal. Cellkraft kommer att arbeta vidare med att försöka eliminera denna effekt.

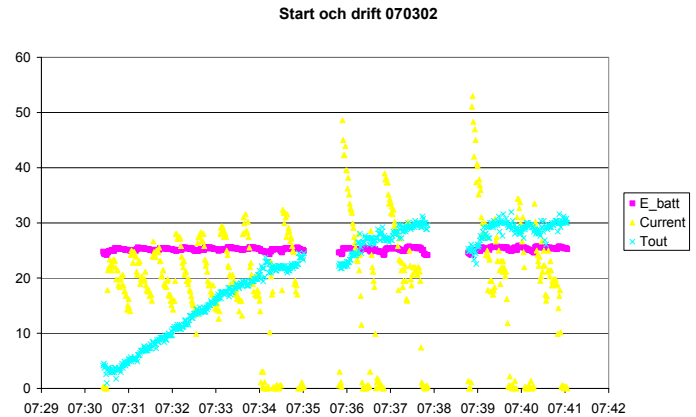
...och hur gick det på Antarktis?

Artonde maj 2006 läggs officiellt beställningen på ett komplett bränslecellsystem baserat på Cellkrafts köldtåliga bränslecell S-1000 i kombination med batterier, växelriktare och distributionsenheter för leverans till Antarktis. Eftersom intresset från AAD flaggades upp i ansökan om medel för detta projekt kommer här en snabbgenomgång om hur det projektet fortlöpte.

Eftersom produkten S-1000 med köldtålighet var under utveckling var det ett stort arbete att bygga 3 st S-1000-enheter som vidareutvecklas under projektets gång. Samtidigt var det första gången Cellkrafts bränsleceller skulle monteras i ett 19" rack och där integreras med batterier till en direkthybrid. Leveransen får en tydlig deadline, 12:e oktober lämnar fartyget "Aurora Australis" hamnen i Hobart på Tasmanien med riktning Antarktis. Om bränslecellsystemet inte är på plats i Hobart då dröjer det ett år innan ny möjlighet att skeppa systemet finns.

Tidspressen till trots kunde Cellkraft slutteta den kompletta systemlösningen i en fryscontainer, skeppa systemet till Tasmanien för att på plats där montera upp och driftsätta systemet i en utbildningsfas. Det sistnämnda var mycket viktigt eftersom personal från Cellkraft inte kunde finnas tillgänglig vid installationen på Antarktis.

Planenligt lämnade "Aurora Australis" hamnen den 12/10-06, men fastnade i isen tvärt mot planen innan den kunde anlända till sin slutdestination på Antarktis där bränslecellen skulle installeras. Omlastning fick ske på isen till flygplan som skötte transporten fram till sista basen. Väl på plats installerades systemet av lokala tekniker och kunde driftsättas. På nästa sida bild av systemet på plats på Antarktis samt resultatet från en av de första körningarna.



Slutsatser

Projektet har givit viktig kunskap om vilken tillförlitlighet och vilket underhållsbehov som kan förväntas av PEFC-bränsleceller i reservkraftstillämpningar. Tillförlitligheten för systemet under perioden var 100 %-ig, med 50 utförda starter fördelade på olika tidsintervall under 9-månaders perioden. Under perioden har inget behov av underhåll förekommit.

Var står Cellkraft idag?

Cellkrafts S-2000 bränslecell är en komplett enhet för omvandling av vätgas till -48 VDC (-55 VDC). En S-2000 enhet ger 2000 W. Enheten består alltså av själva bränslecellstacken samt system för kylning, styrning, luft- och vätgasförsörjning. Bränslecellstacken är Cellkrafts egen konstruktion, etablerad sedan flera år. Stacken är baserad på membran av Nafiontyp och är alltså en bränslecell av typen polymerelektrolyt (PEFC alt PEM). Denna bränslecelltyp är den mest mogna på marknaden och karakteriseras generellt av kompakthet, snabb uppstart och robusthet. Alla system som utvecklats för applikationen reservkraft inom telekom bygger på denna teknik och stora likheter finns mellan de olika produkterna. Cellkraft har tidigt gjort vissa vägval och utvecklat en produkt som på vissa punkter utmärker sig i. Här följer en kort beskrivning av dessa utmärkande egenskaper:

Kompakthet / integrerbarhet

S-2000 är det mest kompakta och lättaste systemet på marknaden. Enheten passar för 19" rackmontage och har höjden 266 mm och djupet 494,5 mm. Vikten på senaste versionen är ca 32 kg. Alla anslutningar sker på systemets baksida och här sker inkoppling av vätgas, kylvatten, avgas, DC_{ut} och signaler från extern vätgasdetektor etc. Utöver själva bränslecellen tillkommer en extern radiator som kan monteras i samma rack eller externt för att avge värmen externt. Vätskekylning kan spontant ses som mer komplex än luftkylning, men faktum är att det ger en stor frihet i installationen. Cellkrafts S-2000 ställer inga krav på snävt avvägd omgivningstemperatur eller fuktighet. Luftkylda system kan kräva avancerade ventilationslösningar för att säkerställa tillförlitlig drift. S-2000 innehåller inget batteri och skall kopplas parallellt med ett batteri för att säkra helt avbrottsfri strömförsörjning. Tankegångarna bakom systemets kompakta och standardmässiga utformning är att bränslecellen skall kunna integreras som en byggkloss i kraftstativet sida vid sida med DC-DC omvandlare och batteri. En komponent för att ge lång reservkraftstid, en H₂-DC omvandlare!



Bild: Bränslecell S-2000 i kraftstativ. Ovanför bränslecell syns litiumjonbatteri, växelriktare och likriktare.

Förmåga till start efter lång tids stillestånd

Cellkrafts S-2000 kan starta efter lång tids stillestånd och inom 15 till 300 sekunder leverera full prestanda. Cellkraft har därmed valt en annan strategi än de tillverkare som kräver regelbundna starter för att ”hålla membranen fuktiga”. Byggstenarna i Cellkrafts system är hårdvara för att återföra fukt från bränslecellstackens utlopp och algoritmer som känner av och rampar upp effekten varefter fuktigheten tilltar efter lång tids stillestånd. Metoden har prövats i laborieförsök där stacken torkats till extrema torrheter (daggpunkt -20 °C) och i fältförsök efter stillestånd i 3 månader.

Direktkoppling utan DC-DC

Cellkrafts S-2000 enhet kopplas direkt till -48 VDC. Det finns ingen DC-DC omvandlare i systemet. Bränslecellstacken har 40 celler och ger en spänning som ligger inom ETSI normen (-40,5 VDC till -57,0 VDC). Spänningen från stacken kommer att ligga vid ca -52 VDC vid 100% effektuttag. Det innebär i realiteten att batterier som finns i systemet kommer att ligga under spänningen för underhållsladdning. Så kommer det att vara under perioden med nätavbrott. Batterierna kommer sedan att laddas upp när likriktarna åter träder i drift och etablerar systemspänning kring -55 VDC. Vid låga effektuttag kommer spänningen från bränslecellen att öka så att spänningen kan ligga vid -55 VDC. Om effektuttaget är mycket lågt kan bränslecellens utspänning göra att gränsen för ETSI normen tangeras (-57,0 VDC). För att skydda utrustning mot höga spänningar och batterier mot överladdning så går bränslecellen då in i ett tidsmodulerat arbets sätt. Bränslecellen stoppar och levererar ingen effekt för att återigen leverera effekt då spänningen sjunker. Vid mycket låga laster kommer därför bränslecell och batteri att arbeta i ett hybridförfarande. Idén bakom detta direktkopplingskoncept är att undvika kostnader, tillförlitlighetsproblem och verkningsgradsförluster förknippade med en DC-DC omvandlare kopplad till bränslecellen.

Vidare arbete

Det är nu viktigt att följa upp detta lyckosamma projekt med att få ut ett antal bränsleceller till kunder där de kan generera viktiga data på tillförlitlighet och underhållsbehov. I samband med detta bör ett system skapas för att automatiskt lagra denna statistik samt att från distans kunna göra både teststarter och utföra eventuella uppgraderingar av mjukvara.



Hemsida www.sgc.se • epost info@sgc.se
