



Bilag 1

Teknisk notat vedr. TRU spm. 1163 og 1212

Beregning af hydrogenproduktion og virkning af elektrolyseanlæg fra H2O-go Generator Tech og Miljø

Anlægget

Anlægget er beskrevet i brochurer og instruktionsbog fra H2O-go Generator Tech og Miljø. Anlægget producerer hydrogen (brint) og oxygen (ilt) ved en elektrolyse, der får strøm fra bilens batteri, der lades op på normal vis af bilens generator – ikke at forveksle med "brintgeneratoren", som H2O-go Generator Tech og Miljø kalder elektrolysecellen. Anlægget har en beholder med en elektrolyt, der blandes af almindelige kemikalier (natrium- eller kaliumhydroxid og eddikesyre).

Ifølge oplysningerne tilsluttes anlægget batterispænding på 12,45 Volt og forbruger ca. 3 Ampere, idét oplysningerne om strømforbruget varierer lidt fra 2,5 – 4 Ampere, 2,5 – 3 Ampere og 3 Ampere. Dette er ikke afgørende for funktionen.

I de følgende beregninger forudsættes, at der ikke er sket ændringer i bilens brændstofsysteem eller –regulering i forbindelse med montering af anlægget.

Beregning af hydrogenproduktion

Hydrogenproduktion ved elektrolyse kan beregnes fra Faraday's lov, der ved konstant strømstyrke i en given tidsperiode kan udtrykkes:

$$(1) \quad Q = I \cdot t = n \cdot z \cdot F = (z \cdot m/M) \cdot F$$

hvor:

Q er elektricitetsmængden målt som elektrisk ladning i Coulomb

I er strømstyrken målt i Ampere

t er tiden målt i sekunder

n er antal ækvivalentmængder produceret

z er valenstallet

Center for Grøn Transport

Adelgade 13
Postboks 9039
1304 København K.

Telefon 33 92 91 00
E-mail: fstyr@fstyr.dk
Hjemmeside:
www.centerforgrontransport.dk

Dato: 21. juni 2010
Sagsnr.: FS315-000766
Sagsbehandler: Ulrich Lopdrup
Teknisk notat: Niels Frees



F er Faraday's konstant = 96.485 Coulomb

m er den producerede mængde målt i gram

M er molvægten

Fra (1) kan den producerede mængde beregnes:

$$(2) \quad m = (I \cdot t \cdot M) / (z \cdot F)$$

Hydrogen produceres ved elektrolyse fra hydrogenioner, H^+ , der har valensen, z, 1 og molvægten, M, 1,008. Beregnet fra (2) produceres der i løbet af en time (3.600 sekunder) ved 3 Ampere 0,113 gram hydrogen.

Med en brændværdi på 120 kJ/gram giver dette 13,56 kJ svarende til 3,77 Wh. Et anlæg med 12,45 Volt og 3 Ampere jf. H2o-GO Generator Tech & Miljø's oplysninger bruger 37,5 W. I løbet af en time er strømforbruget 37,5 Wh (135 kJ) og virkningsgraden af anlægget er derfor 3,77 Wh/37,5 Wh = 10 %. Teoretisk kan elektrolyse af vand til hydrogen og oxygen ske ved det standard elektrokemiske potentiale, der er 1,23 Volt for denne proces. Dette teoretiske potentiale tager dog ikke højde for modstand i elektrolytten og andre tab. Ifølge US Department of Energy kan 1,75 Volt regnes for teknisk nødvendigt for at drive hydrogen elektrolysen ved industriel produktion. Dette svarer til en virkningsgrad på 70 %. Dertil kommer tab i energiforsyningen til elektrolysen, der for H2o-GO Generator Tech & Miljø's anlæg er bilens generator.

Virkning på brændstofforbrug

Hvis man går ud fra, at 3 Ampere giver 0,113 g/time svarende til 13,56 kJ, kan man regne på størrelsesordenen af bidraget fra hydrogentilførelsen til motorens brændstofforbrug. ECE testcyklens gennemsnitsfart er 33,6 km/t. En gennemsnitsdiesebil med et forbrug på 19,5 km/l vil på en time efter cyklusen have forbrugt 1,72 l diesel á 36 MJ/l, hvilket svarer til 62.000 kJ. Hydrogeneratoren producerer altså 13,56/62.000 kJ = 0,022 % af energiforbruget og forbruger selv ca. 0,2 % ved virkningsgraden 10 %. Dertil kommer en yderligere stigning i brændstofforbruget grundet tab i elgeneratoren. Anlægget bruger altså mere energi end det



leverer og kan derfor ikke reducere energiforbruget eller CO₂ udledningen.

En motors brændstofforbrug mindskes hvis man kan øge virkningsgraden af motoren. Forbrændingsmotoren er en termodynamisk maskine, hvis virkningsgrad bl.a. bestemmes af tryk og temperatur i motoren, der genereres ved forbrændingen. Tryk og temperaturforholdene i en motor afhænger bl.a. af brændstoffet, men skal dette udnyttes til en virkningsgradsforbedring kræves konstruktiv ændring af motoren.

Motor med styret tænding fra tændrør (benzinmotor)

Hydrogen har et højt oktantal¹, hvilket kan udnyttes i en benzinmotor til at øge motorens kompressionsforhold. DTU Mekanik har stor erfaring med hydrogen som brændstof i motorer, og jfr. deres referencer kan virkningsgraden øges med op til 15 % ved at køre på rent hydrogen i en benzinmotor. En iblanding af ca. 0,02 % vil ikke have målelig indflydelse på motorens virkningsgrad, og igen gælder, at en forbedring af motorens virkningsgrad via fx en større brintproduktion og konstruktiv ændring af motoren aldrig vil kunne kompensere for hydrogenanlæggets ekstra brændstofforbrug. For biler der kører på hydrogen, såkaldte brintbiler, er hydrogenet produceret udenfor bilen og medbringes i en tryktank. Selv med en øgning af benzinmotorens virkningsgrad på 15 % vil dieselmotoren have bedre virkningsgrad.

Motor med kompressionstænding (dieselmotor)

Hydrogen har en høj selvantændelsestemperatur og et lavt cetantal² og er som sådan et dårligt brændstof i dieselmotorer. Ifølge DTU Mekanik har man arbejdet med hydrogen-diesel blandinger i såkaldt dual fuel biler. Brændstoffet medbringes i separate tanke og blandes umiddelbart før det sprøjtes ind i

¹ Evne til at undgå "tændingsbankning" på grund af selvantændelse af brændstoffet, altså en ukontrolleret forbrænding der ikke styres af tændrørsgnisten.

² Udtryk for, hvor hurtigt et brændstof begynder at brænde efter at det er sprøjtet ind i en dieselmotor, altså et udtryk for villigheden til selvantændelse, der er nødvendig i en dieselmotor.



motoren. Der ingen forbedring af motorens virkningsgrad i forhold til kørsel på almindelig diesel. Så vidt DTU Mekanik er orienteret arbejdes der ikke længere med hydrogen-diesel dual fuel, da teknologien ikke er hverken økonomisk eller miljømæssigt konkurrencedygtig i forhold til andre alternative brændstofteknologier.

Virkning på klima og miljø

En øget andel af hydrogen i brændstof medfører generelt en mindre udledning af partikler, HC (uforbrændte kulbrinter) og NOx. Benzin og diesel indeholder i forvejen 12 – 14 % hydrogen idet de resterende 86 – 88 % er kulstof. En ekstra tilførsel af hydrogen på 0,022 % af den samlede brændstofmængde må formodes kun at have en ubetydelig indflydelse på udledningen.

Der vil være mulighed for at forbedre anlæggets virkningsgrad. Som tidligere nævnt bør 70 % virkningsgrad af anlægget være opnåeligt. Med en virkningsgrad af generatoren, der også typisk er 70 %, opnås en samlet virkningsgrad på ca. 50 %. Forbedringen ændrer ikke på det faktum, at der stadigvæk skal produceres mere energi til hydrogenproduktionen end hvad man energimæssigt får ud af den. Det kan ikke afvises, at anlægget med en optimering vil kunne have en beskeden positiv virkning på partikler, HC og NOx, men altså ikke på CO₂ udledningen.

I instruktionsbogen findes nogle emissionsmålinger, der viser en vis effekt; men disse målinger er foretaget ved tomgang, hvor motorens brændstofforbrug er meget lavt, og hvor andelen af den producerede mængde hydrogen derfor er væsentligt større end under kørsel. Resultaterne målt i tomgang siger derfor ikke noget om anlæggets virkning under kørsel.

Kun en nærmere afprøvning på rullefelt i et anerkendt prøvningslaboratorium kan afgøre anlæggets virkning med forbehold for måleusikkerhed i forhold til de små mængder hydrogen og afledte virkninger der er tale om. Det forlyder, at H2O-go Generator Tech og Miljø har fået udført målinger på rullefelt, og det ville kunne oplyse sagen hvis de blev lagt frem.



Konklusion

Selv med en optimering af anlægget opnås ingen positiv effekt på brændstofforbrug og CO₂ udledning, men muligvis en beskedent positiv virkning på partikler, HC og NOx.