

Karakteristike delovanja in proizvodnje vodika v elektrolizerju za elektrolizo alkalne vodne raztopine

Mitja Mori* – Tilen Mržljak – Boštjan Drobnič – Mihael Sekavčnik
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Vodikove tehnologije kažejo vse značilnosti, da bi lahko v prihodnosti postale pomemben dejavnik na področju oskrbe z energijo, saj je vodik energijski vektor, ki ga lahko proizvajamo po različnih metodah in iz različnih energentov (ne samo fosilnih), lahko ga transportiramo in skladiščimo, za razliko od obnovljivih virov energije (OVE) pa ga lahko porablamo nadzorovano takrat, ko obstaja potreba po energiji. Nove tehnologije seveda predstavljajo nove izzive in nove omejitve. Postavljen je bil vodikov laboratorij, ki je sestavljen iz elektrolizerja, rezervoarja za vodik, gorivne celice in električnega bremena, predstavlja pa napreden energetske sistem, ki ga lahko vključimo v obstoječo elektroenergetsko infrastrukturo.

Glavni cilj, predstavljen v prispevku, je bil eksperimentalno raziskati obratovalne in energijske karakteristike obravnavanega elektrolizerja. V ta namen smo določili bilančne meje elektrolitske celice in sistema kot celote, definirali enačbe za popis energijskih in obratovalnih karakteristik, preučili značilnosti obstoječega merilnega sistema ter zasnovali potek in izvedbo meritev.

Predstavljeni so rezultati meritev delovanja komercialnega elektrolizerja HySTAT-A-S za elektrolizo alkalne vodne raztopine proizvajalca Hydrogenics v njegovih značilnih obratovalnih točkah in pri stacionarnih delovnih pogojih. Njegova največja zmogljivost je 15 Nm³ vodika na uro pri tlakih do 25 bar. Določen je energijski izkoristek elektrolitske celice kot osnovne enote elektrolizerja in izračunan celotni energijski izkoristek sistema elektrolizerja z vsemi podsklopi. Identificirani so glavni energijski tokovi okrog bilančne lupine ter ovrednotene izgube vodika znotraj sistema. Raziskan pa je tudi vpliv temperature elektrolita na energijski izkoristek elektrolitske celice. Na podlagi eksperimentalnih podatkov so bile določene konstante empiričnega modela odvisnosti električne napetosti od električnega toka pri različnih vrednostih delovnega tlaka, ki predstavlja osnovno karakteristiko elektrolizerja.

Na podlagi rezultatov je bilo ugotovljeno, da je energijski izkoristek elektrolitske celice pri značilnih obratovalnih pogojih (jakost električnega toka med 180 in 400 A) med 73 in 83%, pri čemer z večanjem jakosti električnega toka izkoristek pada. Razširjena merilna negotovost energijskega izkoristka je pri konstantnih obratovalnih pogojih, relativno gledano, približno 0,2 %. Specifična raba električne energije v elektrolitskem skladu je med 4,2 in 4,8 kWh/Nm³H₂. Sprememba delovnega tlaka med 16 in 20 bar g v elektrolitskem skladu nima vpliva na karakteristike delovanja sklada, je pa očitno, da ima večja proizvodnja vodika za posledico večje energijske izgube. Temperatura elektrolita ima velik vpliv na proces v alkalnem elektrolizerju, saj nihanje temperature med 59 in 65 °C pri konstantnem električnem toku 266 A prinaša nihanje izkoristka med 77 in 79 %. Višje temperature elektrolita pomenijo večje energijske izkoristke. Energijski izkoristek celotnega sistema znaša med 50 in 60 % in je odvisen od delovnega tlaka, saj višji tlaki pomenijo večje izgube vodika v sistemu. Izgube vodika znotraj mej obravnavanega sistema so pri vseh eksperimentih med 10 in 25 %, pretvorjene v energijo pa znašajo do 7 kW (pri 16,9 bar → izgube H₂: 16,1 % ter pri 17,6 bar → izgube H₂: 18,1 %). Pri tem se poraja vprašanje, ali bi sistem z drugim načinom napajanja demi-vode (črpalka) imel višji energijski izkoristek. Specifična raba električne energije za celoten sistem je med 6,3 in 6,5 kWh/Nm³H₂. Delovanje elektrolizerja v primeru hitrih sprememb moči ima negativen vpliv na čistost proizvedenega vodika in posledično tudi na energijski izkoristek.

To delo je v primerjavi z ostalimi objavami s tega področja usmerjeno širše kot zgolj na sam elektrolizer in proces elektrolize. Tako je obravnavan celoten sistem z vso periferijo (izpihovanje, čiščenje, prenos toplote, polnjenje vode itd.), ki ima svojo naravo delovanja in značilnosti. Izpostavljene so značilnosti in omejitve celotnega realnega sistema glede na znano teorijo elektrolize, podani pa so tudi ustrezni zaključki in smernice.

Ključne besede: napredni energetske sistemi, obnovljivi viri energije, elektroliza bazične vodne raztopine, elektrolizer, proizvodnja vodika, energijske karakteristike