

Detekcija poplavljanja in izsuševanje sklada PEM gorivnih celic

Andrej Debenjak^{1,*} – Matej Gašperin^{1,2} – Boštjan Pregelj^{1,3} – Maja Atanasijević-Kunc⁴ –
Janko Petrovčič^{1,3} – Vladimir Jovan^{1,3}

¹ Institut "Jožef Stefan", Slovenija

² Zahodnočeška univerza Plzen, Fakulteta za elektrotehniko/RICE, Češka

³ Center odličnosti nizkoogljene tehnologije – CO NOT, Slovenija

⁴ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Slovenija

Vodikove gorivne celice s protonsko prevodno membrano (angl. Proton Exchange Membrane – PEM) so elektrokemične naprave, ki z visokim izkoristkom pretvarjajo kemično energijo vodika v električno energijo. Edini produkt pretvorbe je voda, poleg električne energije pa se sprošča tudi toplota. Z okoljevarstvenega vidika so gorivne celice zanimive, ker med delovanjem ne proizvajajo onesnaževalcev okolja in toplogrednih plinov. V primerjavi z ostalimi tipi gorivnih celic odlikujejo PEM gorivne celice razmeroma nizke obratovalne temperature med 50 in 120 °C, visoka specifična moč (kg/kW), zmožnost delovanja s kisikom iz zraka ter kratki zagonski ter ustavljajni časi. Vse te lastnosti PEM gorivnih celic govorijo v prid njihovi uporabi v mnogih stacionarnih in transportnih aplikacijah ter tako predstavljajo možno alternativo današnjim motorjem z notranjim izgorevanjem.

Kljub vsemu pa PEM gorivne celice še niso našle svojega mesta v vsakodnevnih aplikacijah. Vzroke za to gre iskati predvsem v nekaterih težavah, povezanih z zanesljivostjo in vzdržljivostjo te tehnologije, ki jih je nujno odpraviti za uspešno masovno uporabo. Študije so pokazale, da na kakovost delovanja PEM gorivnih celic močno vpliva upravljanje z vodo znotraj celic, kjer je treba vzdrževati natančno ravnovesje plinaste in utekočinjene vode. Neustrezno ravnovesje namreč vodi v neželene pojave, ki imajo neposreden negativen vpliv na delovanje. V primeru nezadostnega odvajanja nastale vode se le-ta začne kondenzirati v dovodnih plinskih kanalčkih, kar povzroči poplavljanje gorivnih celic ter onemogoči dovod reaktantov do mesta reakcije. V nasprotnem primeru pa se zaradi prekomernega odvajanja vode PEM membrana izsuši, to pa posledično poveča notranjo upornost celice. Z namenom izboljšanja zanesljivosti in vzdržljivosti je torej treba diagnosticirati in klasificirati ti dve napaki, nato pa izvesti ustrezno regulacijsko akcijo, ki odpravi napake in hkrati prepreči nastanek poškodb.

V članku smo se posvetili diagnosticiranju poplavljanja in izsuševanja PEM gorivnih celic z uporabo Elektrokemične Impedančne Spektroskopije (EIS). Metoda je že bila uspešno uporabljena za diagnosticiranje posameznih laboratorijskih gorivnih celic, pri čemer je bila uporabljena namenska strojna in programska oprema. Naš namen je bil razširiti uporabnost metode na večje, komercialno zanimive sisteme, ki imajo sklad celic, sestavljen iz več deset PEM gorivnih celic, pri čemer morajo biti vse potrebne meritve in obdelava podatkov opravljene s splošno namensko opremo. Največja prednost takšnega pristopa je, da je treba meriti le tok in napetost celotnega sklada gorivnih celic. Hkrati pa ravno to prinaša tudi največje težave pri sami diagnostiki. Težava se namreč skriva v tem, da v danem trenutku niso vse celice v skladu podvržene določeni napaki, ampak se napaka pojavlja le v nekaterih celicah. Ker pa se meritve opravljajo na celotnem skladu, je napako mnogo težje zaznati, saj se napaka izredno šibko odraža v impedanci celotnega sklada.

S študijo smo pokazali, da je z metodo EIS mogoče uspešno diagnosticirati poplavljanje in izsuševanje tudi znotraj večjega sklada PEM gorivnih celic. Impedančne meritve so bile opravljene v frekvenčnem področju od 1 Hz do 1 kHz. Izkazalo se je, da je reprezentativno frekvenčno območje, kjer je možna diagnostika, le med 30 in 300 Hz. V tem področju se impedanca sklada ob prisotnosti poplavljanja ali izsuševanja zaznavno spreminja, pri čemer je vpliv poplavljanja nekoliko izrazitejši od vpliva izsuševanja. Članek razen podrobnega opisa načina in parametrov meritve podaja tudi postopek obdelave podatkov ter odločitvenega algoritma za končno klasifikacijo napak. Le-ta je osnovan na podlagi statističnih lastnosti izmerjenih impedanc ter na podlagi vhodnih impedančnih podatkov določi, ali se v skladu dogaja poplavljanje ali izsuševanje.

Nadaljnje delo bo usmerjeno predvsem v širitev splošnosti metode. Največjo oviro splošnosti predstavlja odvisnost impedančne karakteristike od bremenskega toka. To bomo skušali rešiti z opazovanjem relativnih sprememb impedance in ne absolutnih vrednosti, kot je izvedeno sedaj. Nadalje pa se bomo posvetili tudi možnosti kvantitativnega ocenjevanja vlažnosti znotraj sklada, saj trenutna zasnova omogoča le ugotavljanje ali je določena napaka prisotna ali ne. Dolgoročni cilj je usmerjen v zasnovo celostnega diagnostičnega sistema, ki bo v realnem času spremljal delovanje sklada PEM gorivnih celic.

Ključne besede: PEM gorivne celice, elektrokemična impedančna spektroskopija, diagnostika, poplavljanje, izsuševanje