



dr inż. Marcin Moździerz

Rozmowa z autorem pracy:

“Multiscale modeling of Solid Oxide Fuel Cell stack”

W jaki sposób przybliżyłby Pan zagadnienie ogniw paliwowych osobie nie związanej z dziedziną?

Największym obecnie wyzwaniem w dziedzinie produkcji energii jest osiągnięcie generacji neutralnej dla środowiska naturalnego oraz wysokiej sprawności. Ogniw paliwowe są urządzeniami łączącymi obie te cechy. Konceptyjnie są podobne do baterii litowo-jonowych czy akumulatorów ołowiowych. Jednak, w przeciwieństwie do klasycznych ogniw galwanicznych, należy do nich dostarczać paliwo. Sama zasada działania ogniwa paliwowego jest prosta: dostarczane w sposób ciągły paliwo jest utleniane elektrochemicznie, wskutek czego powstaje różnica potencjałów, czyli napięcie. Produktami ubocznymi procesu (przy użyciu czystego wodoru) są tylko woda oraz ciepło.

Jakie są zalety tego rozwiązania w stosunku do szeroko dostępnych źródeł energii?

Przede wszystkim są to urządzenia produkujące mniej zanieczyszczeń. Pomimo tego, że wodór na skalę przemysłową produkuje się głównie w procesie reformingu węglowodorów, co prowadzi do powstania pewnych ilości CO i CO₂, ilość wytwarzanych przy produkcji ogniw paliwowych związków szkodliwych dla ludzi i środowiska liczona na jednostkę wyprodukowanej energii jest niższa. To dzięki wyższej sprawności ogniw niż konwencjonalnych metod produkcji energii. Jest ona związana z ograniczeniem do minimum łańcucha przemian energetycznych: energia chemiczna zawarta w paliwie jest przekształcana bezpośrednio w energię elektryczną. Ogniw paliwowe typu SOFC zachowują dużą sprawność w generatorach energii każdej skali, od małych układów do zasilania gospodarstw domowych (ok. 50%) po duże elektrownie kombinowane z turbinami gazowymi i parowymi (ok. 70%). W przypadku elektrowni węglowych ta sprawność wynosi ok. 40%. Ponadto, ogniw paliwowe umożliwiają wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do czystej produkcji wodoru (na przykład za pomocą elektrolizy), a w ten sposób wyeliminowania niestabilności dostaw. Wodór może służyć jako „magazyn energii”, natomiast ogniwo paliwowe jako urządzenie pozwalające w zależności od aktualnych potrzeb przekształcać energię chemiczną wodoru w energię elektryczną i ewentualnie ciepło. Dodatkowo, ponieważ produkcja wodoru może odbywać się lokalnie, ogniw paliwowe mogą służyć do rozproszonej generacji energii elektrycznej, na przykład w miejscach trudno dostępnych.

Na czym polega innowacyjność analizowanych w Pana zespole ogniw SOFC typu EAST?

Ogniw paliwowe dzielą się na wiele typów. Jednym z nich jest wysokotemperaturowe ogniwo paliwowe z elektrolitem stałym, nazywane w skrócie SOFC (z ang. *solid oxide fuel cell*). Jest to typ ogniwa paliwowego, który najczęściej jest przywoływany jako podstawa dużych systemów energetycznych. Ogniw paliwowe typu SOFC charakteryzują się niską gęstością mocy. Dlatego

też pojedyncze jednostki łączy się w tak zwane stosy, które pozwalają generować duże moce. Łączenie ogniw w stosy związane jest z różnymi problemami natury technicznej. Na przykład wyzwaniem jest spiekanie elektrod o dużej powierzchni czy uszczelnianie stosów. Podczas przygotowywania pracy doktorskiej miałem przyjemność pracować przy działaniach związanych z realizacją grantu Pana dr. hab. inż. Grzegorza Brusa „Opracowanie nowego typu stosu ogniw paliwowych na potrzeby polskiego sektora energetycznego”, finansowanego przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej. Celem projektu jest opracowanie tak zwanego stosu typu EAST (z ang. *Easy-to-Assemble Stack Type*). W porównaniu do klasycznych konstrukcji stosów ogniw paliwowych typu SOFC, stos EAST pozwala na łatwe uszczelnianie oraz projektowanie mikrostruktury na potrzeby konkretnego miejsca w stosie.

Modelowanie ogniw w multiskali wymagało dużej ilości obliczeń. W jaki sposób wykorzystał Pan w ich zakresie zasoby Cyfronetu?

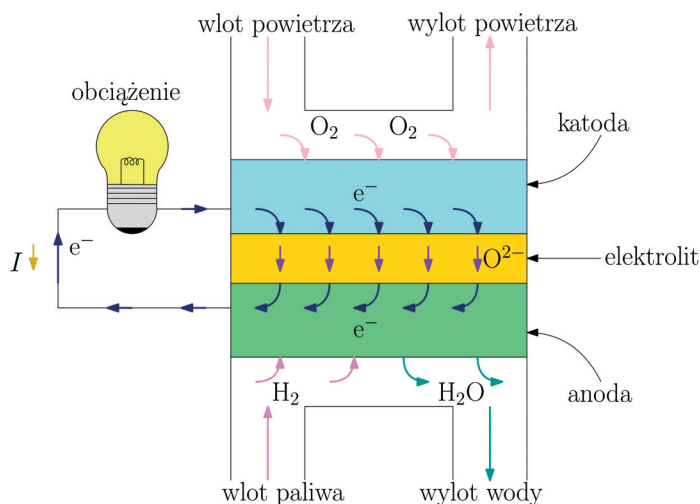
Podczas swojej pracy przygotowywałem autorskie kody obliczeniowe w językach C++ i Python, pozwalające symulować zachowanie się pojedynczych ogniw paliwowych oraz stosów metodami powiązanych z tymi znanymi z obliczeniowej mechaniki płynów. Symulacje komputerowe są grupą tanich metod pozwalających znajdować słabe punkty i proponować ulepszenia w każdej skali, od kwantowo-chemicznych symulacji własności materiałów po symulacje dużych układów bazujących na ogniwach paliwowych typu SOFC. Najbardziej obciążającym obliczeniowo problemem było budowanie i rozwiązywanie układów równań z ogromnymi macierzami rzadkimi. Rozwiązania takich problemów wymagają potężnych zasobów obliczeniowych i bez nowoczesnych superkomputerów, takich jak Prometheus, nie byłoby to możliwe.

Jak ocenia Pan realność szerszego wykorzystania ogniw paliwowych SOFC w gospodarce?

Uważam, że ogniwa paliwowe pozwolą wytwarzać energię w sposób wysokosprawny i bardziej neutralny dla środowiska, niż obecnie. Dodatkowo myślę, że pomogą rozwiązać problem związany z magazynowaniem energii. Obecnie większość energii elektrycznej jest wytwarzana wskutek zapotrzebowania, natomiast ogniwa paliwowe w połączeniu z odnawialnymi źródłami energii pozwalają magazynować energię w wodorze i wykorzystywać ją w razie potrzeby. Nie jest to pieśń przyszłości – wiele firm sprzedaje ogniwa paliwowe typu SOFC na potrzeby domowej produkcji energii. Jednak wciąż jest wiele problemów stojących na przeszkodzie do szerokiej komercjalizacji. Najważniejszym wyzwaniem jest wysoka temperatura pracy, która skutkuje stosunkowo długim czasem potrzebnym na rozruch układu oraz determinuje stosunkowo krótki czas życia elektrod wskutek naprężeń termicznych. Problemem jest też brak infrastruktury wodorowej na dużą skalę.

Broniąc rozprawę zamknął Pan pewien etap. Jakimi wskazówkami mógłby się Pan podzielić z osobami, które dopiero ten etap otwierają?

Była to trudna, lecz niezwykle ciekawa droga. Koleżankom i Kolegom rozpoczynającym doktorat mógłbym poradzić, aby nie zniechęcali się, niezależnie od tego, jakie przeszkody administracyjne i problemy badawcze napotkają podczas swoich studiów.



Zasada działania ogniwa paliwowego typu SOFC