

Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza. Proponowany projekt koncentruje się na teoretycznych i doświadczalnych badaniach procesów zachodzących przy integracji parowego rozkładu metanu do wodoru z anodą węglanowego ogniwa paliwowego (ang. Molten Carbonate Fuel Cell—MCFC). Głównym celem projektu jest opracowanie nowatorskiego sposobu realizacji elektrochemicznej konwersji metanu do wodoru. Ze względu na specyfikę modus operandi MCFC i reformera, badania te powinny mieć interdyscyplinarny charakter, uwzględniając zjawiska elektrochemiczne, katalityczne, oraz wymiany masy, energii i ładunku elektrycznego. Celem projektu są badania procesów elektrochemicznej generacji pary wodnej podczas pracy ogniwa paliwowego a następnie jej reakcja z metanem podczas rozkładu metanu do wodoru w reaktorze stanowiącym anodę ogniwa MCFC. Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych zostaną opracowane odpowiednie modele matematyczne opisujące te zjawiska. Stawiamy hipotezę badawczą, która zakłada możliwość samodzielnej pracy reformera na anodzie MCFC. Oczekuje się, że modele te pozwolą na opracowanie ogniw które będzie w stanie utrzymać reforming na odpowiednim poziomie konwersji, co pozwoli na rozdzielenie i identyfikację wpływu poszczególnych czynników na skład gazów na wyjściu z anody. Ponadto, możliwe, iż elektrochemiczne dostarczanie pary wodnej (poprzez utlenianie wodoru) może prowadzić do intensyfikacji reakcji oraz lepszej gospodarki cieplnej kanału anodowego. Należy podkreślić, że procesy będące przedmiotem proponowanego projektu są nowatorskie ponieważ dotychczas jeszcze nie były praktycznie badane, i nie można znaleźć żadnych szacunkowych informacji na temat wykonalności takiej hybrydowej reakcji.

Zastosowana metoda badawcza/metodyka. Metodyka proponowanego projektu polega na połączeniu badań doświadczalnych i odpowiednich technik modelowania matematycznego. Modelowanie będzie służyło do zaprojektowania doświadczeń i budowy stanowiska do pomiarów elektrochemicznych. Badania doświadczalne są zaplanowane tak, aby umożliwić potwierdzenie lub zaprzeczenie postawionej hipotezie badawczej oraz dostarczyć danych do modeli numerycznych. Modele te pozwolą zidentyfikować kluczowe procesy, które występują we wspólnym kanale anodowym wzdłuż porowatej elektrody MCFC oraz katalizatora w postaci kulek lub peletów umieszczonych na kolektorze prądowym (badania będą prowadzone w podwyższonej temperaturze) jak również określić odpowiednie warunki pracy takiego reaktora. W celu określenia tych warunków i przeprowadzenia odpowiednich obliczeń niezbędny jest odpowiedni model matematyczny takiego zjawiska. W rozwiązaniach dotychczasowych, ogniwa paliwowe mogły być zasilane węglowodorami przy zastosowaniu reformera zewnętrznego. Zastosowaną metodyką badań będzie modelowanie matematyczne, symulacja cyfrowa, oraz badania doświadczalne na stanowisku laboratoryjnym. Do modelowania wykorzystane będą zarówno autorskie programy komputerowe jak i narzędzia klasy AspenPlus, HYSYS czy GateCycle, do których autorzy projektu mają dostęp i umiejętności obsługi. Zostaną przeprowadzone szczegółowe badania symulacyjne za pomocą kodów autorskich i komercyjnych, które obejmą przygotowanie spójnych modeli, co oznacza zastosowanie modeli tej samej klasy dla wszystkich analizowanych urządzeń. Badania doświadczalne zostaną przeprowadzone na stanowisku badawczym będącym na wyposażeniu ITC PW i wykorzystywanym do badań wysokotemperaturowych ogniw paliwowych. Projekt przewiduje realizację następujących zadań: 1. Opracowanie modeli numerycznych umożliwiających analizę zjawisk zachodzących podczas parowego rozkładu metanu na anodzie ogniwa paliwowego – badania wpływu parametrów katalizatora na tempo reakcji; 2. Opracowanie modeli dyskretnych reakcji kinetycznych umożliwiających analizę pracy strony anodowej ogniwa w pełnym zakresie obciążenia – określenie wpływu parametrów geometrycznych katalizatora, oraz kolektora prądowego na charakterystyki zachodzących procesów; 3. Przeprowadzenie badań doświadczalnych dla wybranych wariantów katalizator vs. kolektor prądowy w pełnym zakresie obciążenia ogniwa – wyznaczenie charakterystyki ogniwa oraz określenie obciążenia granicznego; 4. Walidacja opracowanych modeli numerycznych wynikami badań doświadczalnych; 5. Analiza składów gazów wylotowych dla poszczególnych wariantów umożliwiająca ocenę stopnia reakcji katalitycznej newralgicznych stanów pracy ogniwa; 6. Analiza i opracowanie wyników badań.

Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki, cywilizacji, społeczeństwa. W ramach projektu zostanie opracowany model matematyczny procesu reformingu parowego metanu wewnątrz stosu ogniw paliwowych MCFC, przeznaczony do badania i symulacji dynamiki tego zjawiska. Realizacja projektu dotyczy badań podstawowych, które są kluczem do zrozumienia procesów chemicznych i fizycznych zachodzących w wysokotemperaturowych urządzeniach elektrochemicznych. Uzyskane wyniki pomogą określić możliwości, jakie daje hybryda MCFC i reformera parowego metanu w trakcie wysokotemperaturowego rozkładu gazu ziemnego na wodór w procesach elektrochemicznych. Wiedza ta będzie stanowić podstawę do dalszego rozwoju technologii ogniw paliwowych - konwersji energii chemicznej paliwa bezpośrednio na energię elektryczną. Poszerzy to wiedzę na temat opisanego powyżej zjawiska. Wyniki te można wykorzystać w przyszłości do ułatwienia stosowania gazu ziemnego do zasilania wysokotemperaturowych ogniw paliwowych.