

Zero-emisyjna energetyka z magazynami energii elektrycznej

XVI Forum Klastra – Prosument, 20 maja 2015

Jarosław Milewski

Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska

Ogniwa paliwowe

Ogniwa paliwowe—Wprowadzenie

Ogniwa paliwowe

- ▶ produkują energię elektryczną w procesach elektrochemicznych
- ▶ MCFC separuje CO₂ ze spalin pochodzących z obiektów energetycznych
- ▶ Do swojej prawidłowej pracy potrzebuje dostarczenia mieszaniny tlenu i dwutlenku węgla

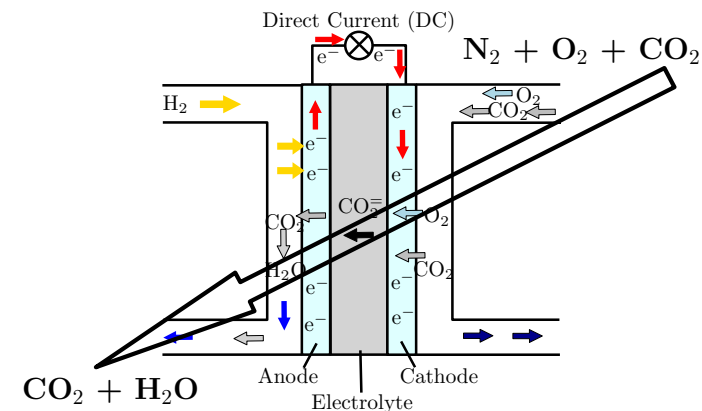
MCFC na tle innych ogniw

- ▶ MCFC pracuje w temperaturze 650°C
 - ▶ odpowiednio niska żeby stosować metale (vs. SOFC = 800–1,000°C)
 - ▶ wystarczająco wysoka żeby CH₄ → H₂ (można zasilać gazem ziemnym)
 - ▶ wystarczająco wysoka żeby nie stosować platyny do katalizy (vs. PEMFC/AFC/PAFC/...)
- ▶ MCFC parametry techniczne:
 - ▶ grubość elektrolitu 1 mm (vs. SOFC = 4...20 mikronów)
 - ▶ nikłowy katalizator (vs. platyna)
 - ▶ grubości elektrod ≈ 1 mm—metoda produkcji odlew z gęstwy



Wmurowanie kamienia węgielnego pod instalację 15 MW
Budowa elektrowni FCE

- ▶ FuelCell Energy
 - ▶ systematycznie rośnie moc zainstalowana
 - ▶ 2007: 11 MW
 - ▶ 2011: 46 MW
 - ▶ 2013: 150 MW
 - ▶ co 4 lata zwiększają moc 3...4 krotnie
- ▶ Brak obiegu cieplnego (nie ma ograniczenia sprawnością Carnota)
- ▶ Brak elementów ruchomych
- ▶ Brak hałasu
- ▶ Brak wibracji

Sposób separacji CO₂

Working principles of Molten Carbonate Fuel Cell

Zero-emisyjna energetyka z magazynami energii elektrycznej

Jarosław Milewski

Ogniwa paliwowe
 Ogniwa paliwowe—Wprowadzenie
 Ogniwa paliwowe
 MCFC na tle innych ogniw
 Sposób separacji CO₂
Status technologii w Polsce
 Podsumowanie
 Magazynowanie energii

Status technologii w Polsce

1999 – 2 Sub modules Proof of Concept - Milan (I)

2003

2004 - 2TWINSTACKS - Guadalix (Spain)

2005 - TECNODEMO- AL (I)

2006 - Mocami - Milan (I)

2007 - Tubitak-MRC - Turkey (fuelled by diesel oil)

2007 - NIC - Terni (I)

2008 - GP1 - AL (I)

2008 - GP2 - AL (I)

2009 - focus on CO2 capture with MCFC-CCS

2010 - MW class design

2010 - MCFC-CCS application

Ansaldo Experience, 12,000 hours of stable operation



Subscale stack test rig—Warsaw!



Subscale stack test rig – Genova
 Subscale stack test rig—Genova



Stosy ogniw paliwowych

Zero-emisyjna energetyka z magazynami energii elektrycznej

Jarosław Milewski

Ogniwa paliwowe

Ogniwa paliwowe—Wprowadzenie

Ogniwa paliwowe

MFCF na tle innych ogniw

Sposób separacji CO₂

Status technologii w Polsce

Podsumowanie

Magazynowanie energii



Widok stanowiska laboratoryjnego do badań ogniw paliwowych
MFCF Montaż stanowiska badawczego



Zawartość paczki

Podsumowanie

- ▶ Sprowadziliśmy do Polski technologię węglanowych ogniw paliwowych
 - ▶ laboratoryjna skala
 - ▶ pół-komercyjna skala
 - ▶ Badania cieplno-przepływowe trwają już ponad 2 lata
 - ▶ Współpracujemy z wybranymi ośrodkami naukowymi na świecie
 - ▶ Korea
 - ▶ Deajon
 - ▶ Włochy
 - ▶ Terni (Terni stack)
 - ▶ Perugia
 - ▶ Rzym
 - ▶ Wydaje się, iż są szanse przy odpowiednim wsparciu (nie tylko finansowym) na rozwój tej technologii w kraju
1. Elektrownie oparte o węglanowe ogniwa paliwowe osiągają moce rzędu setek MW
 2. Węglanowe ogniwa paliwowe potrafią separować CO₂ ze spalin osiągając dużą wydajność
 3. „Know-how” 25 lat badań Ansaldo Fuel Cell jest u nas, jeszcze...
 - 3.1 W posiadaniu PW znajdują się dwa stosy ogniw paliwowych MCFC (jeden jeszcze nie uruchamiany)
 - 3.2 Dodatkowo mamy parowy reformer metanu (produkcja wodoru)
 - 3.3 oraz dodatkowe wyposażenie (elektrolizer, stacja demi, itp.)



Fuel Cell Modeling Group,
www.facebook.com/FuelCellsGroup

Zero-emisyjna energetyka z magazynami energii elektrycznej

Jarosław Milewski

Ogniwa paliwowe

Magazynowanie energii

CAES

CAES—Wprowadzenie

Status technologii

Lokalizacja

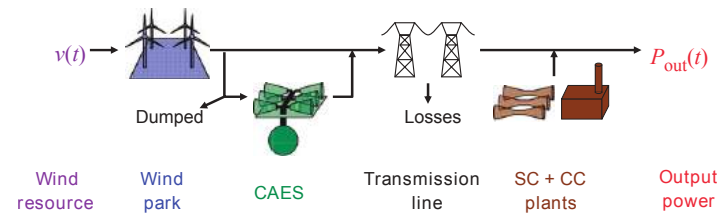
Podsumowanie

Elektroliza

Magazynowanie energii

CAES

CAES—Wprowadzenie



Schematic diagram of model of 2.0 GW of baseload power



Elektrownia McIntosh—widok z lotu ptaka



Elektrownia Huntorf - widok z lotu ptaka



Components of an underground CAES system

Zero-emisyjna energetyka z magazynami energii elektrycznej

Jarosław Milewski

Ogniwa paliwowe

Magazynowanie energii

CAES

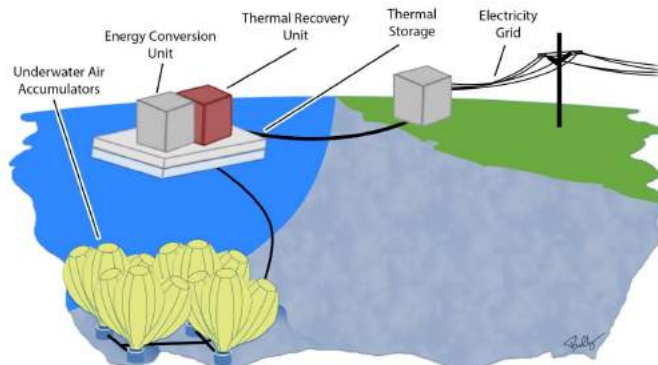
CAES—Wprowadzenie

Status technologii

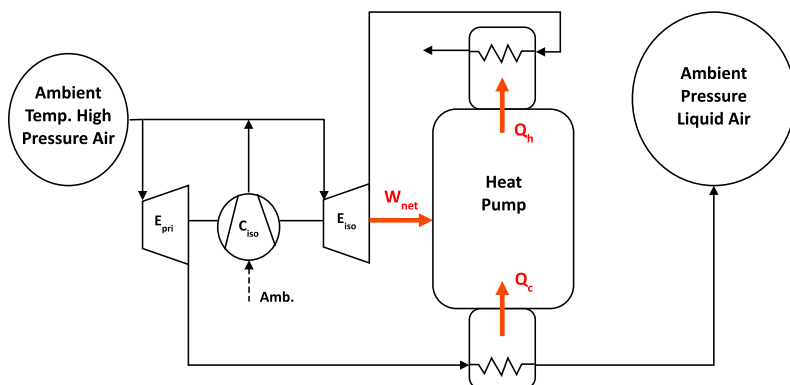
Lokalizacja

Podsumowanie

Elektroliza

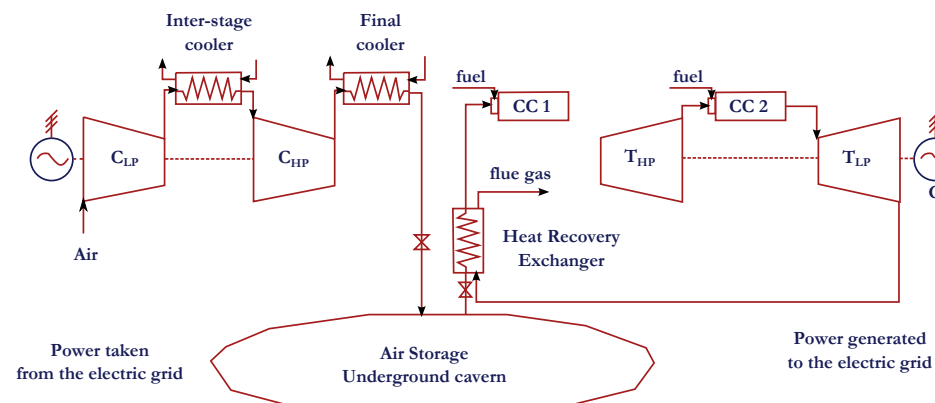


An Under Water CAES with on-shore equipment

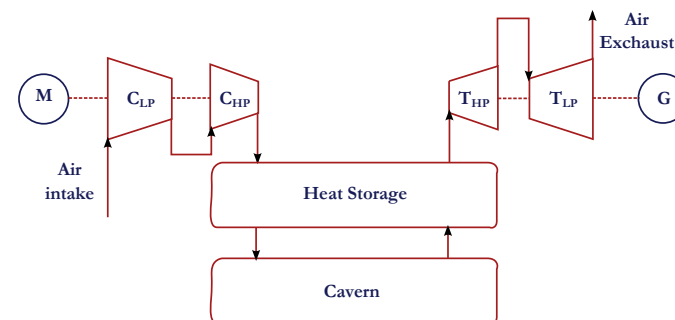


Schematic for the ideal (reversible) hybrid liquid air—CAES

Status technologii



The operating principle and the basic elements of the CAES power plant: C_{LP} , C_{HP} —low pressure and high pressure compressors, respectively; T_{HP} , T_{LP} —high pressure and low pressure part of the turbine, respectively; CC 1, CC 2—combustion chamber



Working principles of an adiabatic CAES plant operation

Zero-emisyjna energetyka z magazynami energii elektrycznej

Jarosław Milewski

Ogniwa paliwowe

Magazynowanie energii

CAES

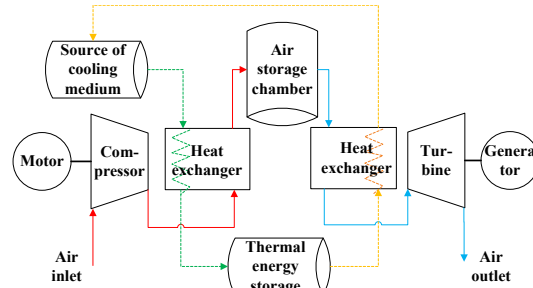
CAES—Wprowadzenie

Status technologii

Lokalizacja

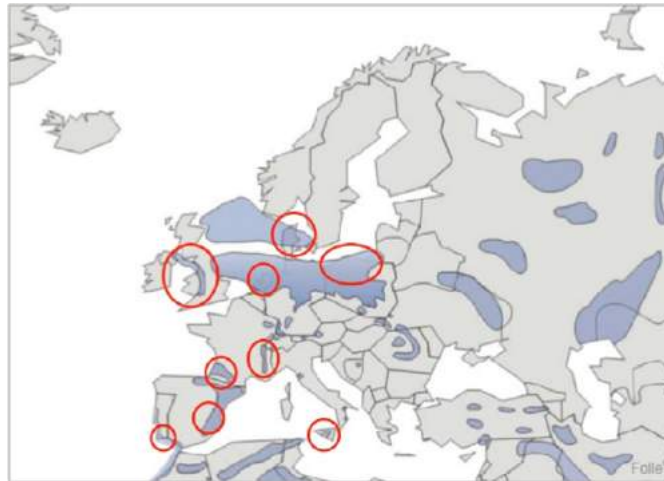
Podsumowanie

Elektroliza



Scheme of Advanced Adiabatic-CAES system

Lokalizacja

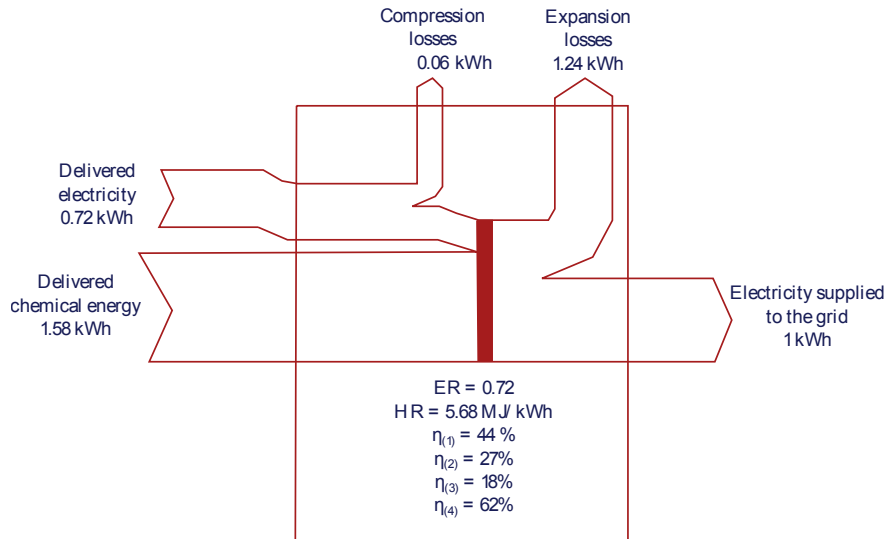


Coincidence of high wind potential and salt dome in Europe



Wind projects in Poland (as of 2007, according to PGE). The map does not reflect the actual status of projects, and the only areas of activity concentration developers. Also at issue is not marked the location of offshore wind farms

Podsumowanie



Sankey diagram showing the main flows of energy during charging and discharging processes. Also shows the efficiencies of the whole cycle in accordance with the definitions

Elektroliza



Elektrolizer Piel M 5.1 o wydajności 3,400 I_{H2}/h

Lokalizacja	Huntrf, Niemcy	Mc Intosh, USA
Rok uruchomienia	1978	1991
Magazyn spręż. pow. (kawerny solne)	objętość: 2x 150 000m ³ głębokość: 600-800m	538 000 m ³ 450-750m
Moc	290MW przez 2h	110MW przez 26h
Sprawność energetyczna	42%	54%
Zapotrzebowanie dla wytworzenia 1kWh _{el}	0,83 kWh _{el} 1,56 kWh _{gr}	0,69 kWh _{el} 1,17 kWh _{gr}
Ciśnienia robocze	50-70 bar	45-76 bar
Niezwodność	99%	99,5%
Usługi	Pierwsza elektrownia CAES	Pierwsza elektrownia CAES z rekuperatorem

Elektrownie Huntrorf oraz Mc Intosh—porównanie danych technicznych