



Politechnika Śląska w Gliwicach
Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych

**WYBRANA TEMATYKA BADAWCZA
KATEDRY MASZYN I URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH
W ZAKRESIE OCHRONY ŚRODOWISKA I KLIMATU ORAZ NOWOCZESNEJ
ENERGETYKI**

Prof. dr hab. inż. Andrzej Rusin



Politechnika
Śląska

www.kmiue.polsl.pl

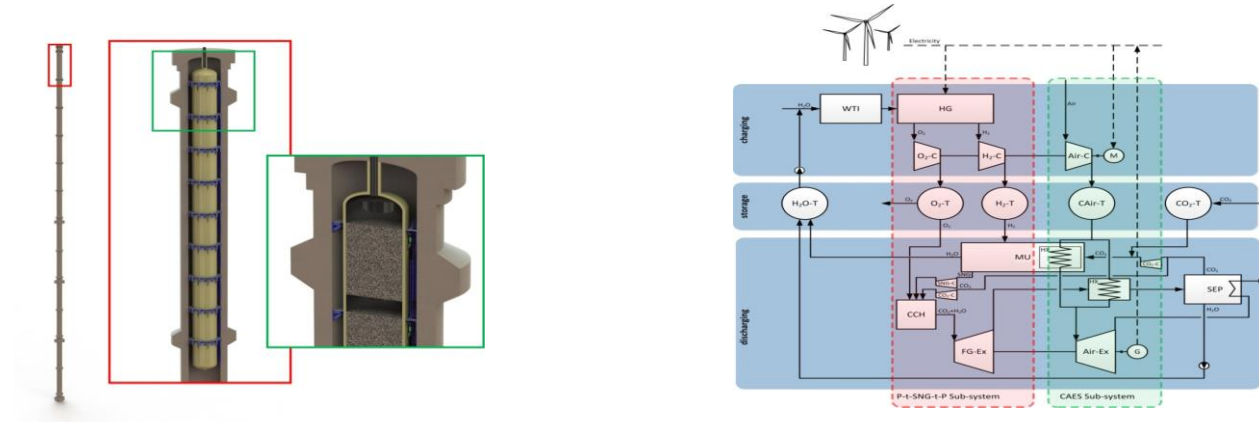
MAGAZYNOWANIE ENERGII

ENERGETYKA WODOROWA



Magazynowanie energii w sprężonych gazach

- Systemy magazynowania energii w sprężonych gazach wykorzystujące poeksploatacyjne wyrobiska pokopalniane
- Hybrydowe systemy magazynowania energii wykorzystujące jako nośniki energii sprężone gazy oraz wodór
- Integracja systemów wytwarzania energii elektrycznej z systemami magazynowania energii
- Wysokotemperaturowe zasobniki ciepła z zastosowaniem ciekłych nośników oraz stałych materiałów akumulacyjnych

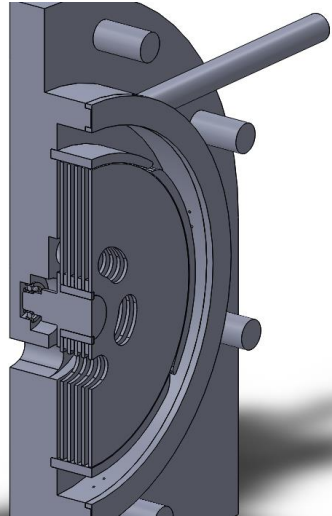


1. Bartela Ł., A hybrid energy storage system using compressed air and hydrogen as the energy carrier. Energy 2020;196:117088

2. Bartela Ł., Waniczek S., Lutyński M., Concept of the thermal integration of the compressed air energy storage system with the power plant. Journal Power Technologies 2019;99:176-186



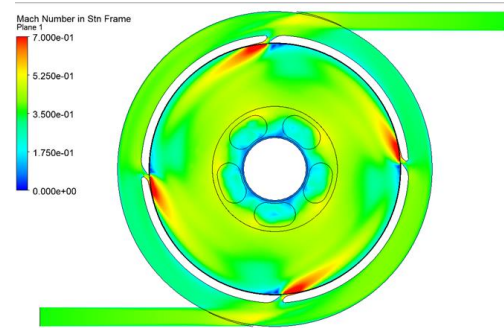
Magazynowanie energii w sprężonych gazach – ekspander bezłopatkowy



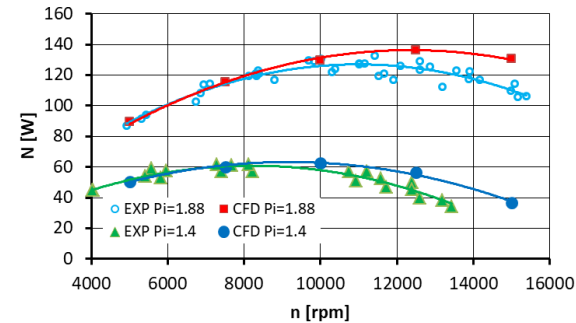
Projekt turbiny bezłopatkowej



Stanowisko badawcze turbiny bezłopatkowej



Symulacje numeryczne pracy turbiny bezłopatkowej

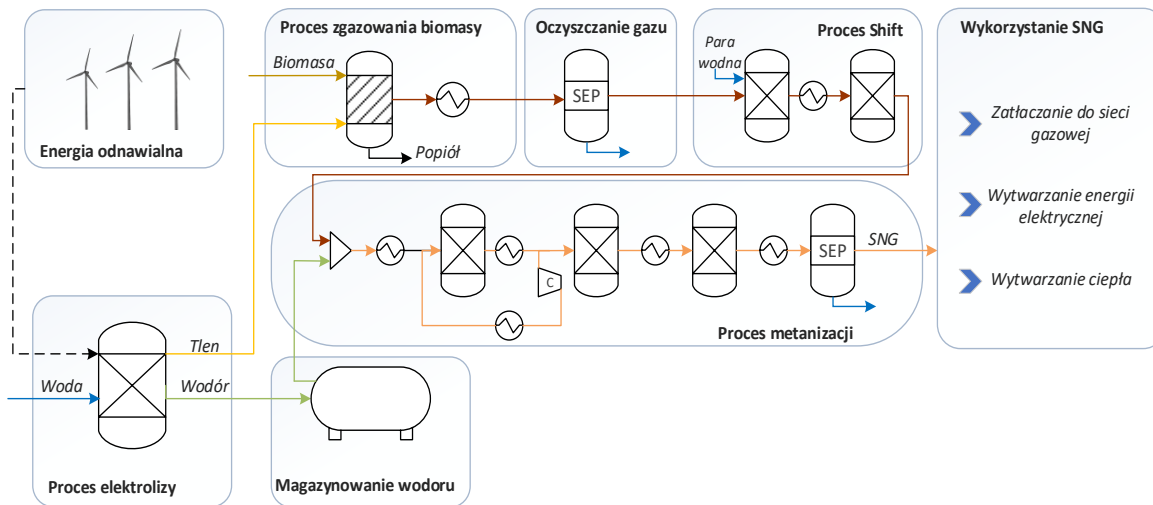


Porównanie wyników badań numerycznych i eksperymentalnych

1. Rusin K., Wróblewski W., Stozik M., Comparison of methods for determination of Tesla turbine performance, Journal of Theoretical and Applied Mechanics 57 (3), pp. 563-575, 2019
2. Rusin K., Wróblewski W., Rulik S., The evaluation of numerical methods for determining the efficiency of Tesla turbine operation, Journal of Mechanical Science and Technology 32 (12), pp. 5711-5721, 2018



Magazynowanie energii w postaci odnawialnego gazu ziemnego wytwarzanego w procesie metanizacji



Stanowisko laboratoryjne generatora metanu:

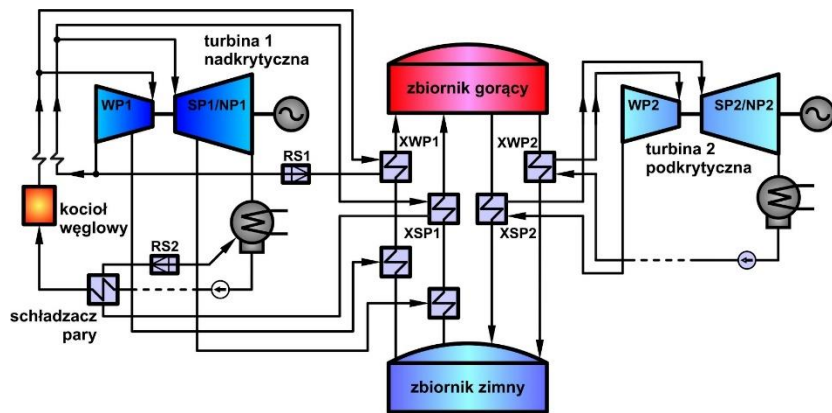


1. Skorek-Osikowska A., Martín-Gamboa M., Dufour J.: Thermodynamic, economic and environmental assessment of renewable natural gas production systems. *Energy Conversion and Management*: X 2020;7:100046.
2. Uchman W., Skorek-Osikowska A., Jurczyk M., Węcel D.: The analysis of dynamic operation of power-to-SNG system with hydrogen generator powered with renewable energy, hydrogen storage and methanation unit. *Energy* 2020;213:118802.
3. Katla D., Bartela Ł., Skorek-Osikowska A.: Evaluation of electricity generation subsystem of Power-to-Gas-to-Power unit using gas expander and heat recovery steam generator. *Energy* 2020;212:118600.
4. Bartela Ł., Katla, D., Skorek-Osikowska, A.: Evaluation of conceptual electrolysis-based energy storage systems using gas expanders. *Int. Journal of Hydrogen Energy* 2020; In press



Magazynowanie energii w ciekłej soli

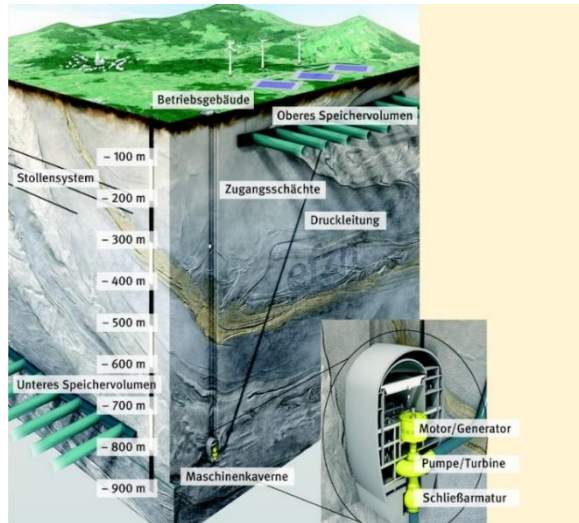
Ciekłą sól wykorzystuje się do magazynowania energii ze źródeł odnawialnych ze względu na niestabilny poziom dostarczanej mocy. W Polsce sól można dodatkowo wykorzystać do zapewnienia wybranym nowoczesnym blokom węglowym możliwości pracy przy stałym pełnym obciążeniu, co gwarantuje najwyższą sprawność produkcji energii elektrycznej z paliw kopalnych. Do rozładowania magazynów energii można wykorzystać turbiny parowe z likwidowanych starszych bloków węglowych.



Przykład optymalizacji struktury obiegu z turbiną nadkrytyczną pracującą przy pełnym obciążeniu, zasobnikiem soli ładowanym z wykorzystaniem nadmiarowej pary świeżej i wtórnej oraz turbiną podkrytyczną z wycofanego bloku energetycznego.

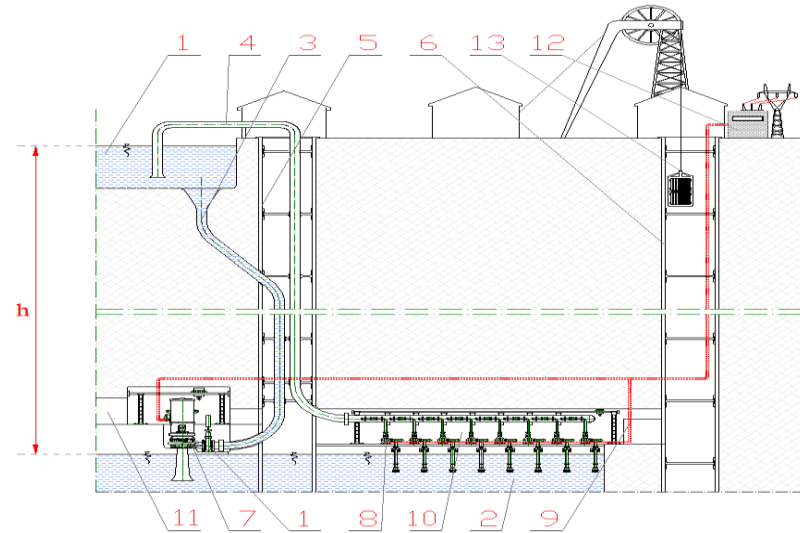
Kosman W., Rusin A.: The Application of Molten Salt Energy Storage to Advance the Transition from Coal to Green Energy Power Systems. Energies 2020, 13, 2222.

Badania koncepcyjne akumulacji energii w elektrowniach szczytowo-pompowych w likwidowanych kopalniach węgla kamiennego



Schemat elektrowni szczytowo-pompowej w zlikwidowanej kopalni rud metali.

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen. Autor dr Franz Meyer



Schemat elektrowni szczytowo-pompowej w infrastrukturze zlikwidowanej kopalni węgla kamiennego. 1-zbiornik górny 2-zbiornik dolny 3-kanal opadowy 4- kanał tłoczny 5- szyb przepływu wody 6-szyb transportowy 7-turbina wodna 8-pompy wirowe 9-przewody energetyczne 10-komora pomp 11-chodnik transportowy 12- stacja transformacji napięcia 13-klatka transportowa

Peczki G. Praktyczne możliwości realizacji elektrowni szczytowo-pompowych w likwidowanych kopalniach głębinowych (przygotowaniu)



Technologie wodorowe

CECHY

- Różnorodność (różne źródła napędowe procesów elektrolizy, termolizy, różne procesy konwersji paliw organicznych w wodór itd.)
- Hybrydowość (integracja różnych procesów fizyko – chemicznych i różnych technologii energetycznych wytwarzania elektryczności i ciepła)

TEMATYKA BADAWCZA

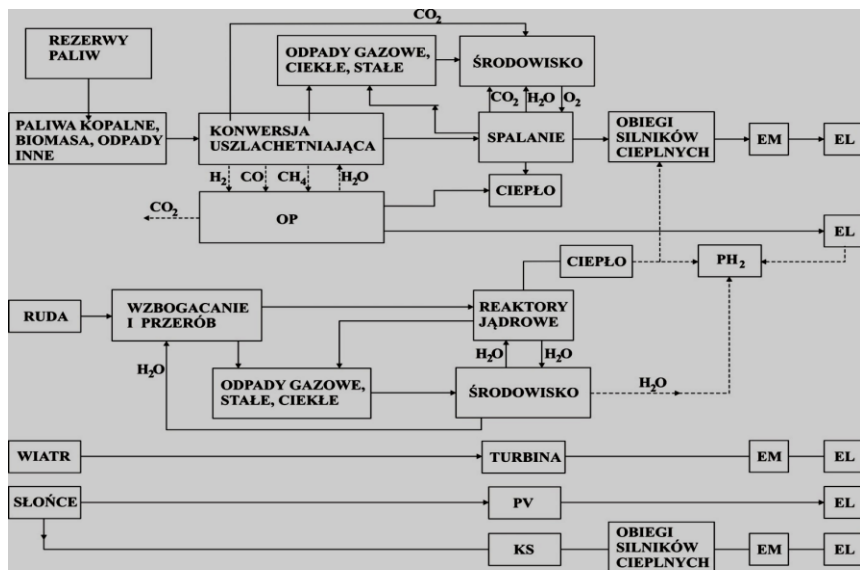
- Identyfikacja charakterystyk:
- Promieniowania słonecznego
- Energii wiatru i turbin wiatrowych
- Ogniw fotowoltaicznych
- Ogniw paliwowych
- Elektrolizerów
- Koelektrolizy
- Syntezy paliw
- Algorytmizacja integracji różnych technologii, optymalizacja hybrydowych układów energetycznych
- Modelowanie, skalowanie i optymalizacja układów *Power to gaz*, *Power to liquid*, *Power to power* dla różnych strategii eksploatacyjnych
- Modelowanie i optymalizacja układów hybrydowych w różnych zakresach mocy (np. ogniwo + turbina gazowa)
- Układy zgazowania odpadów komunalnych i biomasy zintegrowane z wytwarzaniem wodoru

1. Chmielniak Tadeusz, Chmielniak Tomasz : Energetyka wodorowa PWN 2020 W-wa

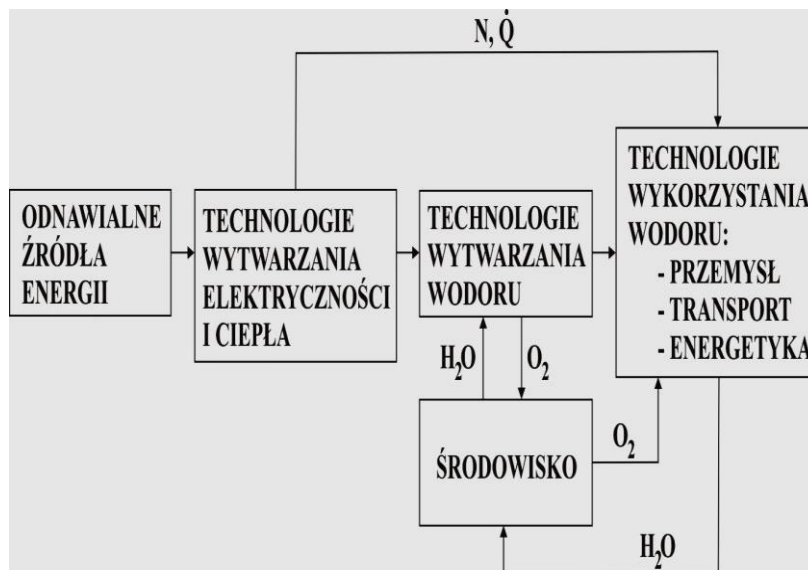
2. Chmielniak T., Remiorz L., Entropy analysis of hydrogen production in electrolytic processes. Energy 211 (2020)118468



Ewolucja struktur integracji technologii wodorowych z generacją wodoru

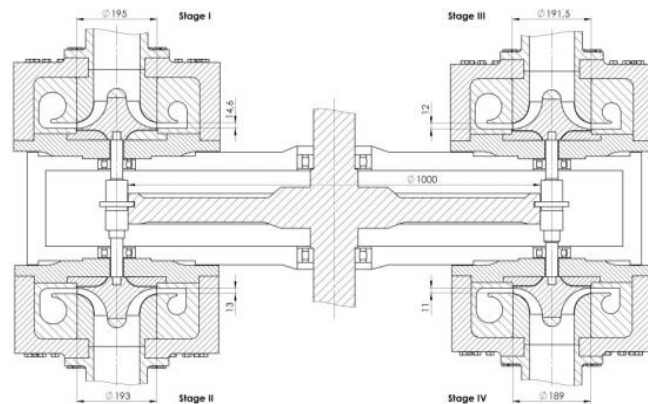
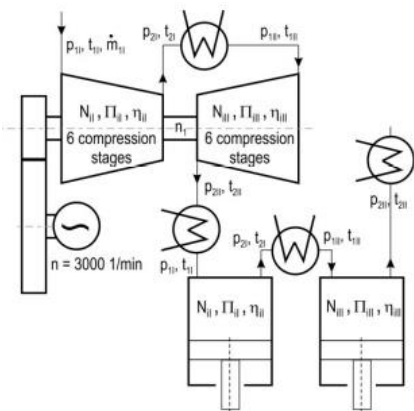
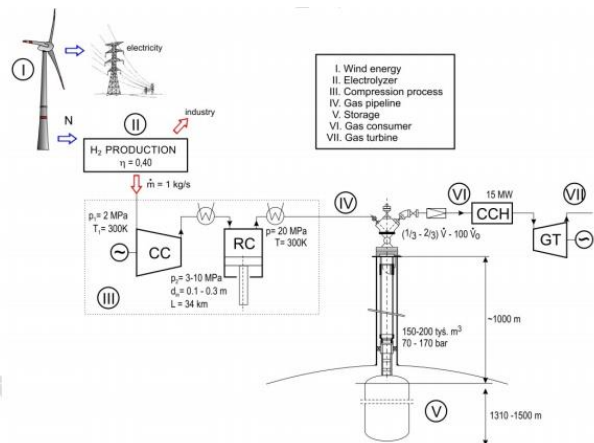


Struktura integracji obecnych technologii z generacją wodoru i jego wykorzystaniem



Struktura oczekiwana (pożądana)

Transport i magazynowanie wodoru w kawernach solnych



System produkcji wodoru z OZE, ze stacją sprężania, transportem rurociągowym i składowaniem w kawernach solnych

Koncepcja dwusekcyjnej 12 stopniowej sprężarki

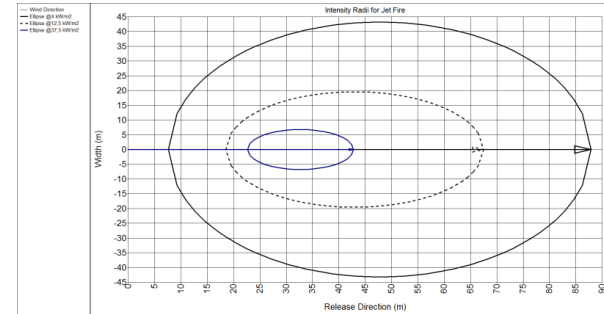
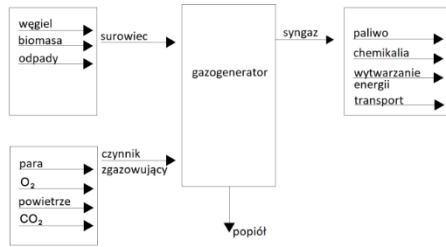
Koncepcja konstrukcji pierwszych 4 stopni sprężarki przeznaczonej do sprężania wodoru

1. Witkowski A., Rusin A., Majkut M., Stolecka K.: Analysis of compression and transport of the methane/hydrogen mixture in existing natural gas pipeline, International Journal of Pressure Vessels and Piping, 166, 2018, p. 24-34
2. Witkowski A., Rusin A., Majkut M., Stolecka K.: Comprehensive analysis of hydrogen compression and pipeline transportation from thermodynamics and safety aspects, Energy, 141, 2017, p. 2508-2518



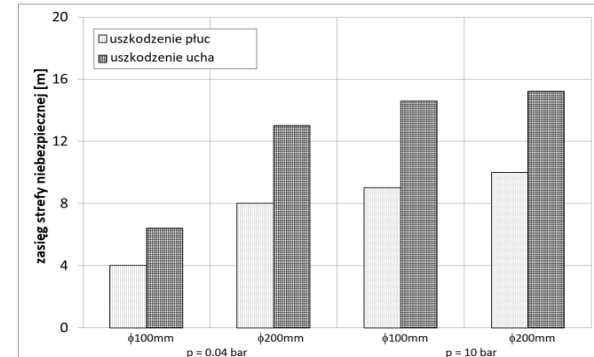
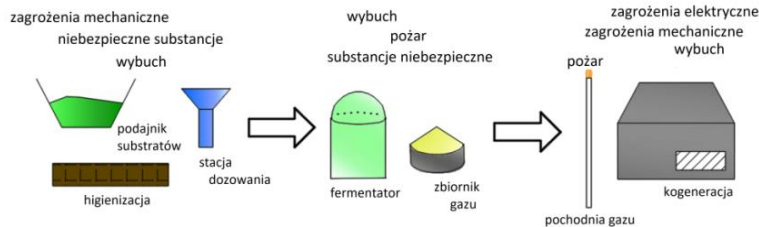
Badania nad zagrożeniami związanymi z użytkowaniem paliw alternatywnych

GAZ SYNTEZOWY (SYNGAZ)



Strefy zagrożenia dla pożaru strumieniowego gazu syntezowego otrzymanego ze zgazowania węgla

BIOGAZ



Strefy zagrożenia dla wybuchu biogazu

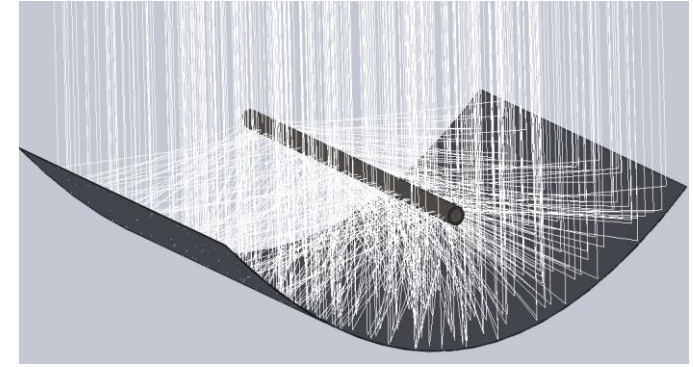
1. Stolecka K., Rusin A.: *Potential hazards posed by biogas plants*, Renewable & Sustainable Energy Review, 135, 2021
2. Stolecka K., Rusin A.: *Analysis of hazards related to syngas production and transport*, Renewable Energy, 146, 2020



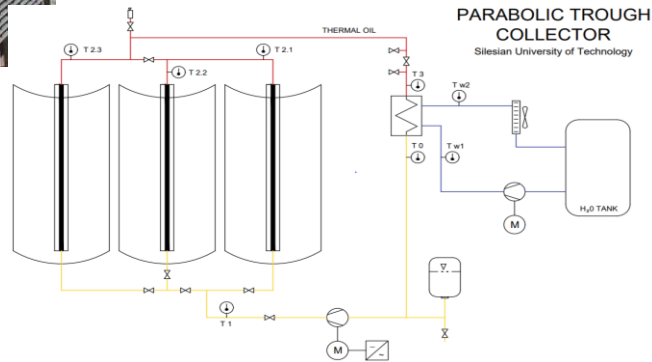
ŹRÓDŁA ODNAWIALNE ENERGETYKA PROSUMENCKA



Energetyka słoneczna - hybrydowy absorber promieniowania słonecznego

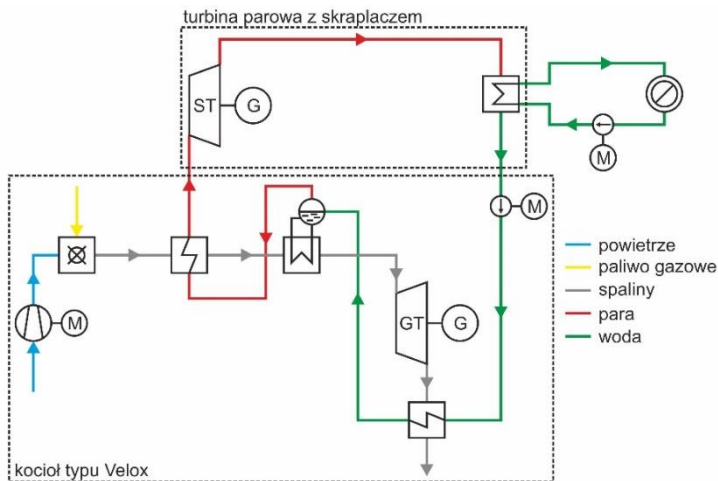


Instalacja fotowoltaiczna 15 kW
składająca się z: 78 szt.
monokrystalicznych paneli
fotowoltaicznych umieszczonych na
dachu CNT (30° SE i 60° SW,
pochylenie 45°)



Badania układów elektrociepłowni małej mocy jako elementu rozwoju energetyki prosumenckiej

Układ elektrociepłowni małej mocy oparta na układzie typu Velox



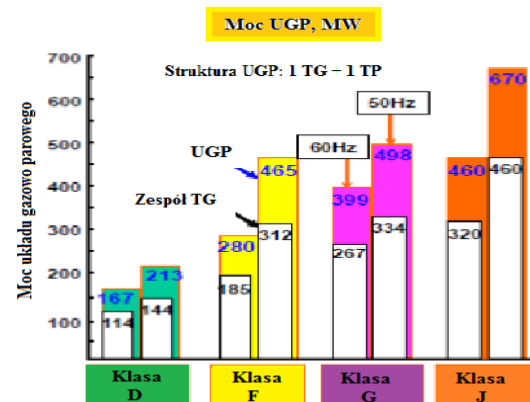
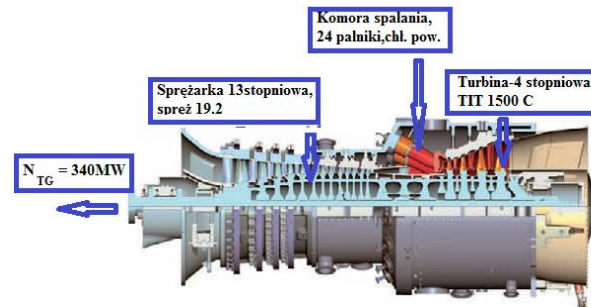
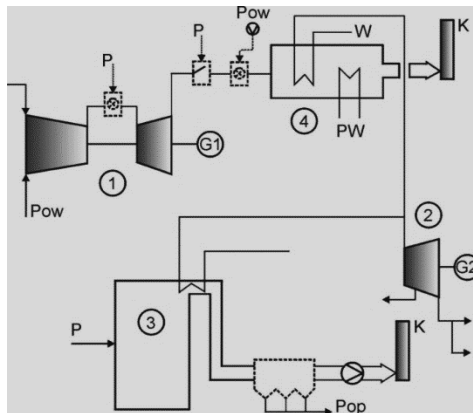
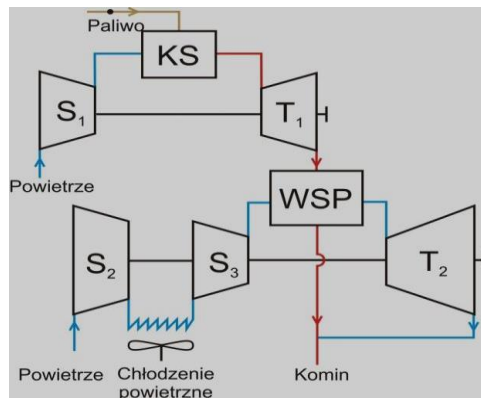
Motywacja wykorzystania układu elektrociepłowni parowo-gazowej typu Velox:

- poszukiwania konfiguracji elektrociepłowni o małej mocy (do 500 kW) i jednocześnie wysokiej sprawności całego układu,
- możliwość produkcji pary technologicznej o wysokiej temperaturze,
- możliwość eksploatacji elektrociepłowni w szerokim zakresie obciążeń (10 - 100%),
- budowa elektrociepłowni w oparciu o niedrogie i łatwo dostępne maszyny i urządzenia energetyczne,
- możliwość szybkiego i niedrogiego zaadoptowania układu do pracy z alternatywnymi paliwami gazowymi lub ciepłem odpadowym.

1. Smółka K., Dykas S., *The performance of a steam-gas power unit of a Velox-type cycle*, Journal of Power Technologies, vol. 97, no. 5 (2017), 343-348.
2. Smółka K., Dykas S., *The analysis of a Velox-type CHP plant for various gaseous fuels*, E3S Web of Conferences, vol. 137 (2019), 01001.

Technologie gazowe

- Jednostki autonomiczne
- Układy gazowo- parowe małej i dużej mocy
- Układy kombinowane
- Układy gazowo-powietrzne



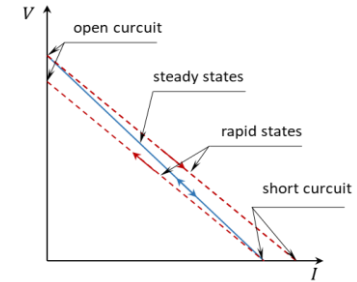
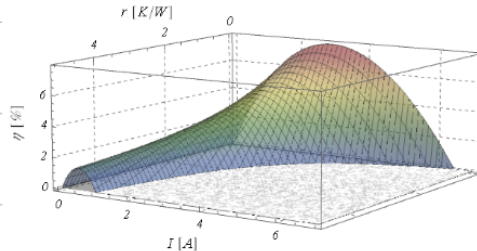
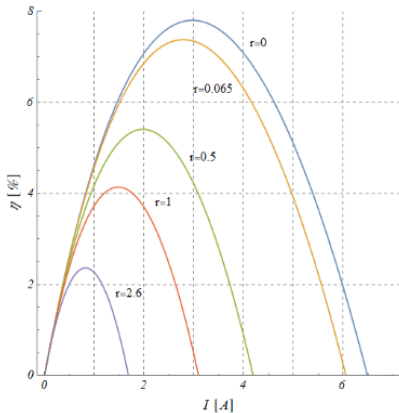
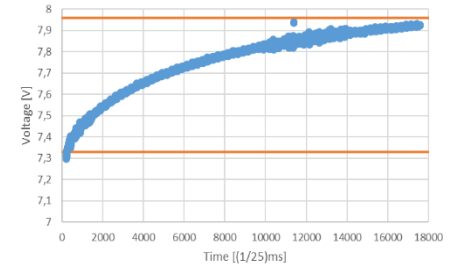
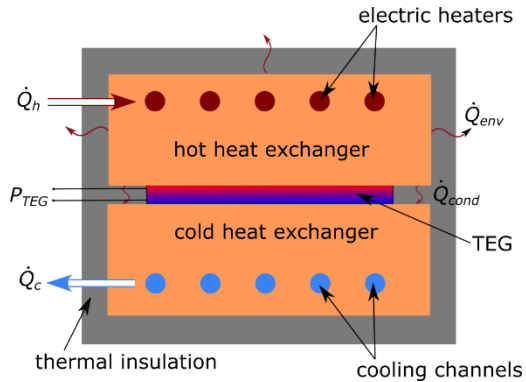
1. Chmielniak T., Czaja D., Lepczyński S., Stępczyńska-Drygas K.: Thermodynamic and economic comparative analysis of air and steam bottoming cycle. Energy 2015 , 92, 189-196
2. Sebastian Lepczyński: Analysis of the storage capacity and charging and discharging power in energy storage systems based on historical data on the day-ahead energy market in Poland. Energy 2020 , 213, 15 , 118815



INTENSYFIKACJA PROCESÓW WYMIANY CIEPŁA WYKORZYSTANIE CIEPŁA ODPADOWEGO



Badania eksperymentalne zjawisk termoelektrycznych

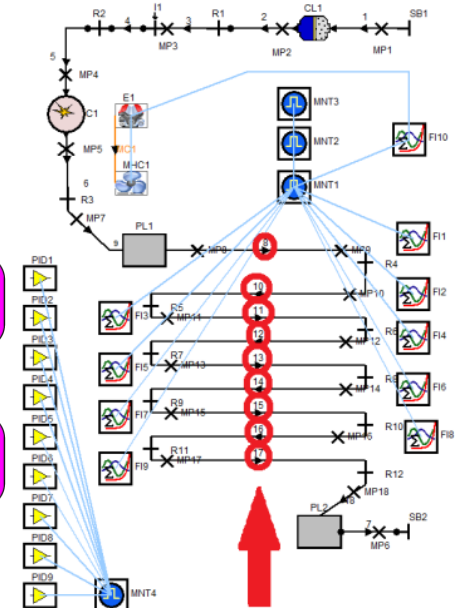
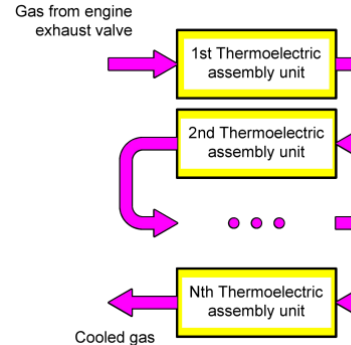
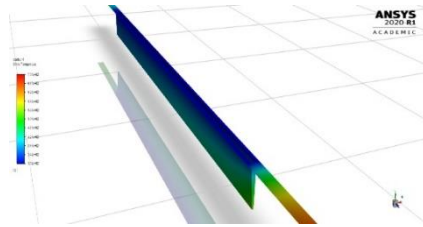
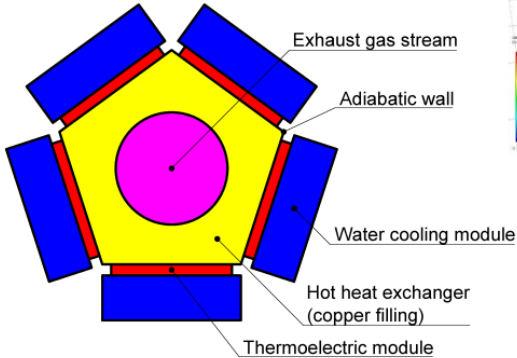
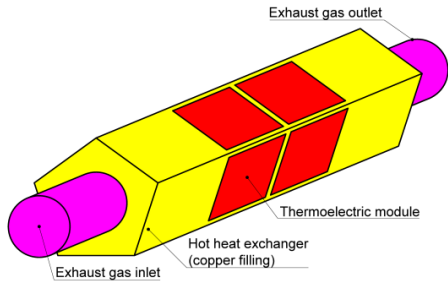


Stanowisko do kompleksowej oceny ogniw termoelektrycznych, gdzie istnieje możliwość wykonania nowatorskich pomiarów w stanach szybkozmiennych obciążeń.



Modelowanie odzysku ciepła odpadowego ze spalin za pomocą ogniwa termoelektrycznego

Symulacja zabudowy systemu odzysku ciepła w układzie wylotowym silnika spalinowego



1. Buchalik R., Nowak I., Rogozinski K., Nowak G. *Detailed Model of a Thermoelectric Generator Performance*. ASME. J. Energy Resour. Technol., Vol. 142(2), 2020
 2. Nowak I. Buchalik R. Nowak G. *Reconstruction of Selected Operating Parameters of a Thermoelectric Device*. CAMES, Vol. 26, no. 1, p. 35-46, 2019



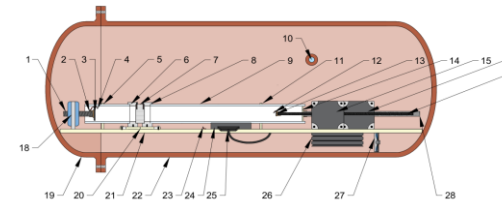
Chłodzenie termoakustyczne

Badania w obszarze chłodnictwa termoakustycznego:

- obliczeniowa i eksperymentalna analiza wpływu cech konstrukcyjnych i parametrów środowiskowych na parametry operacyjne kompaktowego urządzenia chłodniczego,
- obliczeniowe oszacowanie możliwości wykorzystania zjawiska termoakustycznego w układach regulacji i pomiaru parametrów pracy urządzeń energetycznych, w tym wymienników ciepła,
- porównanie parametrów operacyjnych urządzeń chłodniczych, funkcjonujących w warunkach fali stojącej i biegnącej, w oparciu o model uproszczony,

Tabela A. Wybrane wyniki analiz obliczeniowych

Ciśnienie, bar	Gaz roboczy	Różnica temperatur, K
1,5	dwutlenek węgla	61,1
1,5	powietrze	75,7
4,2	dwutlenek węgla	37,5
4,2	powietrze	35,1



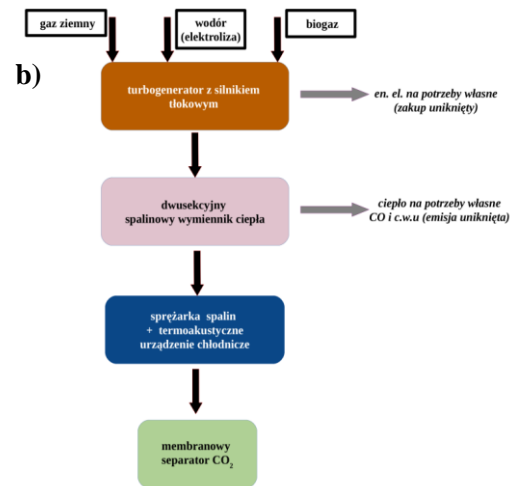
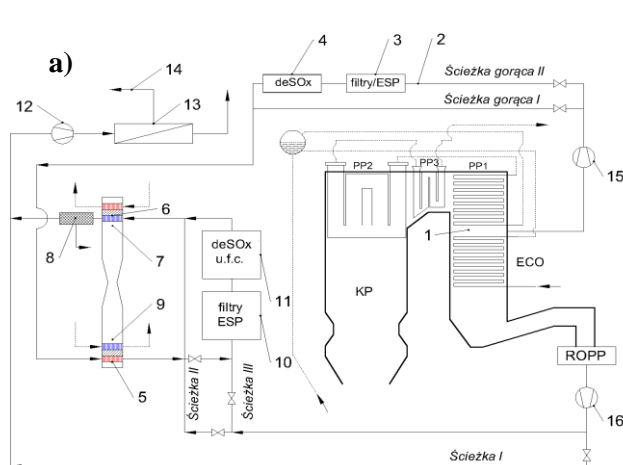
Stanowisko badawcze zjawiska chłodzenia termoakustycznego – fotografia poglądu oraz schemat funkcyjny

Chłodzenie termoakustyczne

Badania możliwości zastosowania termoakustycznych urządzeń chłodniczych jako urządzeń wspomagających regulację i poprawę parametrów membranowych układów separacji gazów w układach:

- wykorzystujących kotły węglowe,
- wykorzystujących turbiny gazowe,
- w hybrydowych układach CHP zasilanych paliwami gazowymi.

Schemat sprzężenia chłodziarki termoakustycznej
a) z układem kotła węglowego b) z układem CHP zasilanym paliwem gazowym



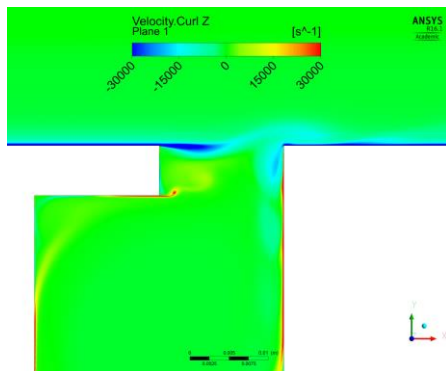
1. Grzywnowicz Krzysztof, Remiorz Leszek: Simple refrigerating device for multiparametric analysis of the thermoacoustic cooling - design, assembly and testing of the setup, International Journal of Thermodynamics 22 (2019), pp. 193-201
2. Remiorz L., Wiciak G., Grzywnowicz K.: Novel concept of supporting the membrane separation of CO₂ in power plants by thermoacoustic dehumidification, Energy 189 (2019), 116191;

Analiza intensyfikacji wymiany ciepła falą akustyczną

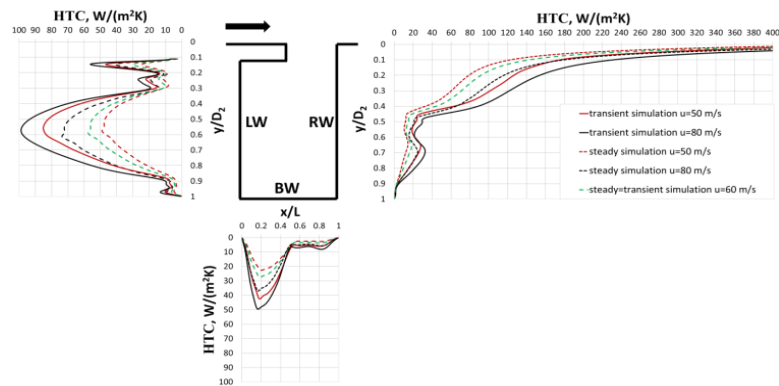
Badania mają na celu opracowanie nowych koncepcji chłodzenia, które mogą być stosowane w miejscach gdzie tradycyjne techniki chłodzenia zawodzą. Badania dotyczą analizy zjawisk występujących w rezonatorach akustycznych wraz z oceną relacji pomiędzy parametrami generowanej fali akustycznej przez odpowiednio ukształtowaną komorę a warunkami wymiany ciepła.



Stanowisko badawcze



Wirowość pola prędkości



Rozkład współczynnika wnikania ciepła dla prędkości równej 50 m/s – symulacje obliczeniowe

1. Rulik S., Wróblewski W., Majkut M., Stozik M., Rusin K., Experimental and numerical analysis of heat transfer within cavity working under highly non-stationary flow conditions, Energy, vol. 190, 2020, s.1-14
2. Rulik S., Wróblewski W., Rusin K., Rogoziński K., Influence of duct parameters on the acoustic wave generation, International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, vol. 30, 2019



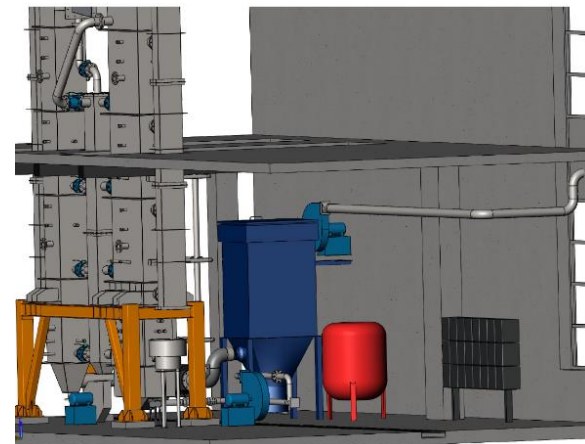
BADANIA DOTYCZĄCE BLOKÓW ENERGETYCZNYCH W OKRESIE TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ



Waloryzacja ubocznych produktów spalania dla wypełnienia założeń gospodarki o obiegu zamkniętym (projekt UPS-Plus)

Badania w projekcie UPS-Plus obejmują:

- Pełen zakres badań identyfikujących wybrane właściwości paliw i UPS-ów,
- Wpływ dodatków paliwowych na proces spalania, żużlowania, zanieczyszczanie powierzchni ogrzewalnych, korozję wysokotemperaturową, a także emisję substancji szkodliwych, np. Hg, HCl, HF
- Wytwarzanie materiałów kompozytowych z wykorzystaniem otrzymanych UPS-ów, a następnie przeprowadzenie prób wytrzymałościowych, sprawdzenia właściwości chemicznych i mechanicznych, a także potencjalnego zagrożenia dla środowiska czy użytkowników,
- Analiza z użyciem nowoczesnych narzędzi (np. sieci neuronowe) potencjału zastosowania profilowanych UPS-ów w oparciu o model skalibrowany na podstawie otrzymanych danych,
- Projektowanie oraz analiza kolejnych cykli przetwórczych materiałów zawierających UPS-y zgodnie z założeniami Gospodarki Obiegu Zamkniętego



1. Sobieraj J., Gądek W., Jagodzińska K., Kalisz S.: Investigations of optimal additive dose for Cl-rich biomasses. Renewable Energy In Press (2020)

2. Sakiewicz P., Piotrowski K., Kalisz S.: Neural network prediction of parameters of biomass ashes, reused within the circular economy frame. Renewable Energy 162 (2020) 743-753.

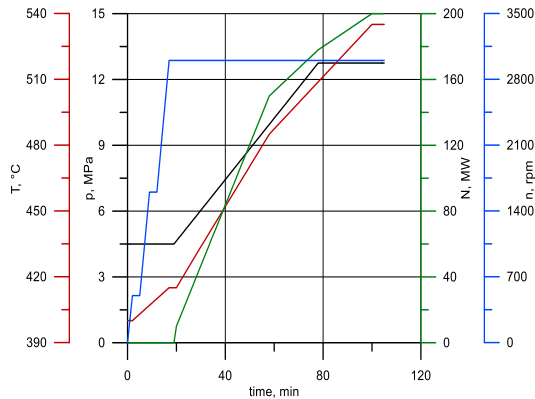
3. Jagodzińska K., Mroczek K., Nowińska K., Gołombek K., Kalisz S.: The impact of additives on the retention of heavy metals in the bottom ash during RDF incineration. Energy 183 (2019) 854-868.



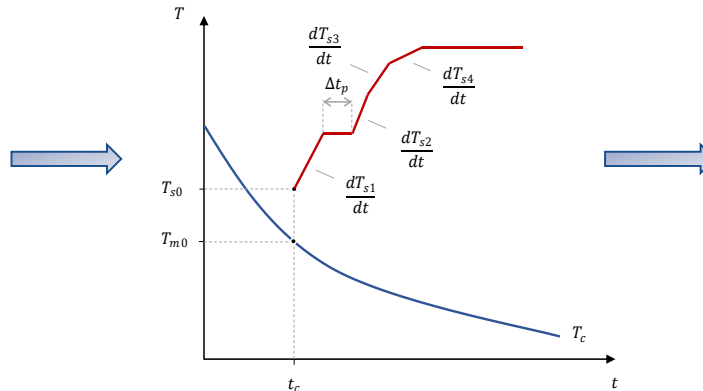
Zwiększenie niezawodności wytwarzania energii przez system z dużym udziałem źródeł odnawialnych poprzez zwiększenie elastyczności pracy bloków energetycznych

Zwiększanie elastyczności pracy bloków energetycznych polega na: skracaniu czasu rozruchów z różnych stanów cieplnych bloku, zmniejszaniu minimum technicznego pracy bloku, zwiększeniu tempa naboru i zrzutu mocy

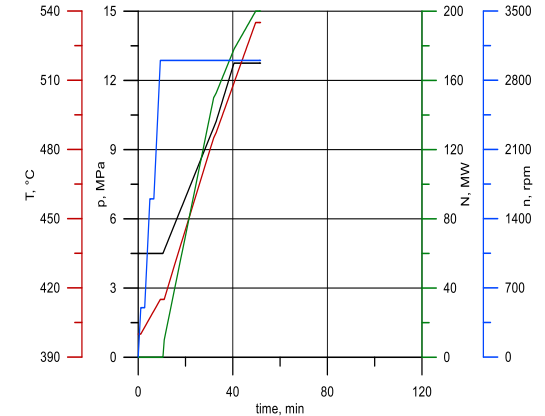
Optymalizacja charakterystyk rozruchowych turbiny



Charakterystyka wyjściowa



Model optymalizacji temperatury pary



Charakterystyka zoptymalizowana

- Rusin A., Nowak G., Łukowicz H., Kosman W., Chmielniak T., Kaczorowski M.: Selecting optimal conditions for the turbine warm and hot start-up, Energy, 2020, 214, 118836.
- Nowak G., Rusin A., Łukowicz H., Tomala M.: Improving the power unit operation flexibility by the turbine start-up optimization, Energy, 2020, 198, 117303

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

