



Obnovljivi izvori na osnovi Vodika

Primjena vodika kao skladišta energije

prof. dr. sc. Željko Ban
e-mail: zeljko.ban@fer.hr

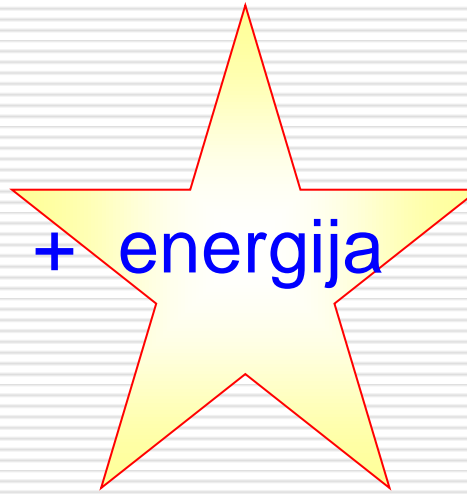
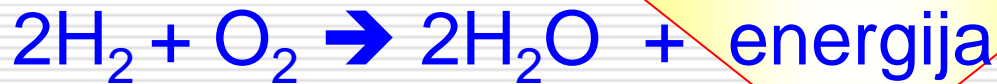


LARES Laboratory
for Renewable
Energy Sources
wind sun hydrogen

Vodik - izvor energije

- Primarni obnovljivi izvori – raspoloživi u prirodi
- Vodik
 - Sekundarni izvor energije
 - Nije raspoloživ u prirodi u slobodnom obliku
 - Proizvodi se iz vode upotrebom energije iz primarnih izvora
 - Skladište energije

Energija vodika



□ Energetske vrijednosti

- Vodik: 39kWh/kg

- 3,5 N m³ = 3500 N l

- Benzin: 12kWh/kg

- 1.35 l

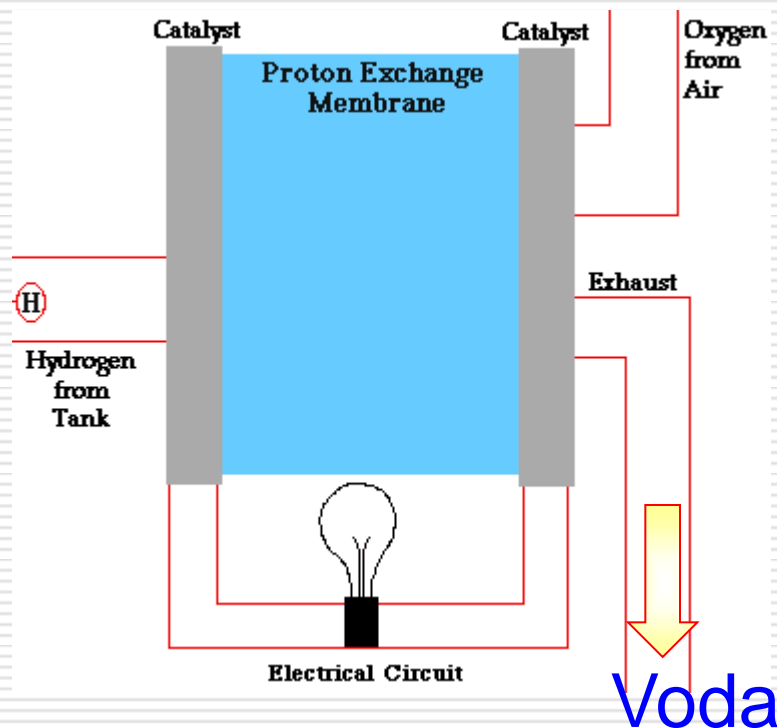
Iskorištavanje energije vodika

□ Vodikovi gorivni članci

Kisik iz zraka

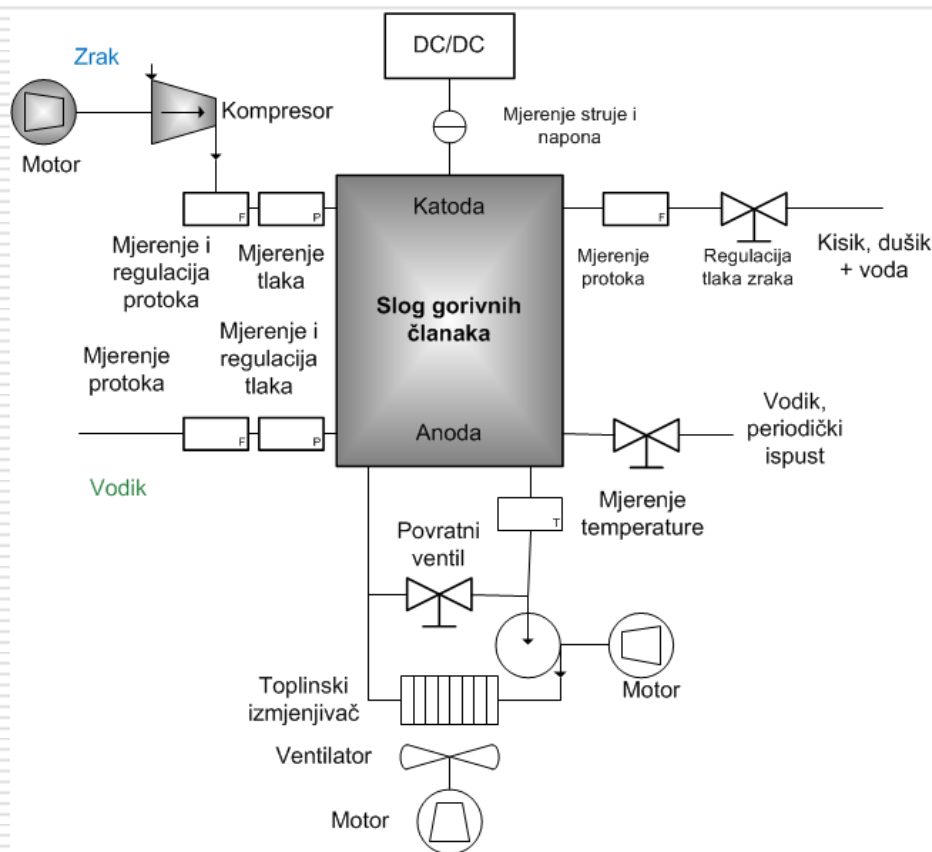


Vodik



Voda

Upravljanje gorivnim člankom

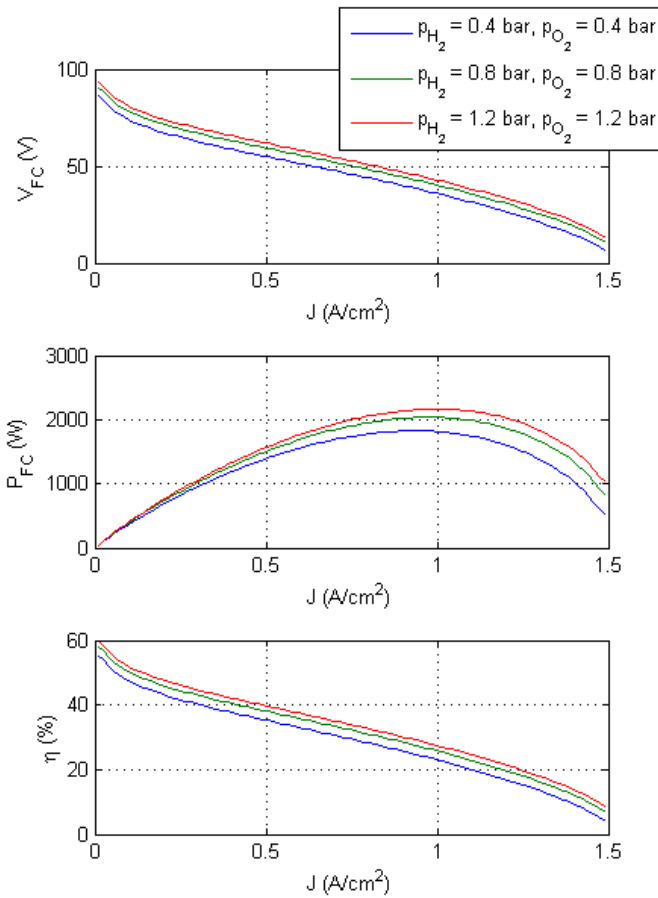


- Regulacija tlaka vodika
- Regulacija tlaka i protoka zraka
- Održavanje stehiometrijskog omjera

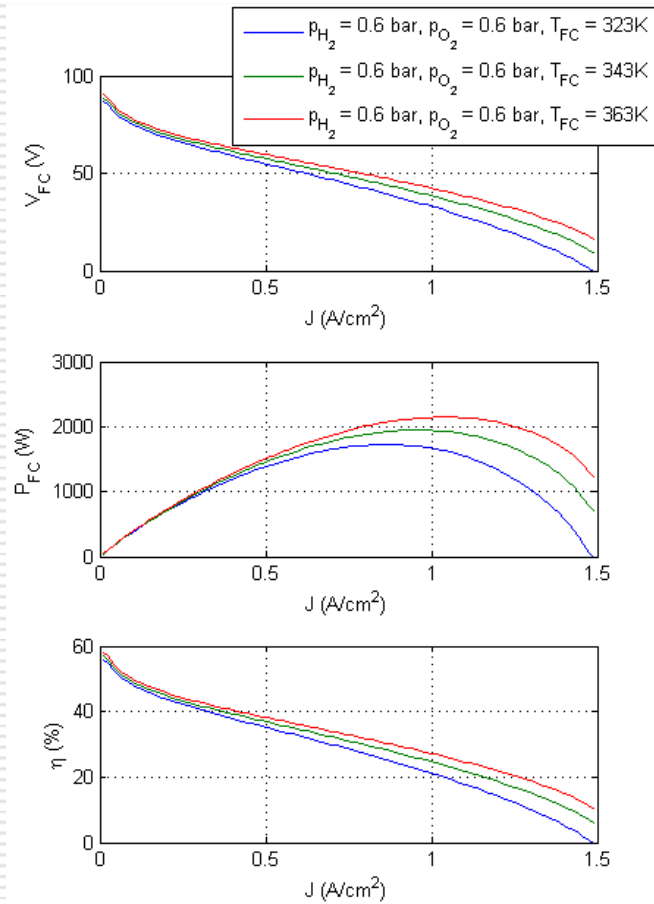
Upravljanje gorivnim člankom

- Održavanje maksimalnog tlaka vodika
- Regulacija tlaka i protoka zraka
 - Prema stehiometrijskom omjeru
- Regulacija izlazne struje
 - Izbjegavanje hydrogen starvinga
- Regulacijski izlaznog napona DC/DC pretvaračem

Statička U/I karakteristika



Ovisnost o struji i tlaku



Ovisnost o struji i temperaturi

Korisnost vodikovog postrojenja

kao spremnika energije

Spremnik energije

■ Elektrolizator

- Pretvorba el. energije u vodik

■ Spremnici vodika

- Spremnici pod tlakom (130 bara)
- Metal hidridni spremnici
 - Tlak 10 puta manji

■ Vodikov gorivni članak

- Pretvorba energije vodika u el. energiju

Korisnost

■ Max 50 %

- Ostatak – toplina

■ Max 50%

- Ostatak toplina

Ukupna korisnost max 25%

□ Gorivni članci

■ PEM – nafionska membrana

- Temperatura do 60 °C - Korisnost: 50%

■ Alkalni gorivni članci

- 150 - 200 °C - Korisnost: 70%

■ Članci s rastopljenim karbonatom

- 650 °C - korisnost 60 – 80%

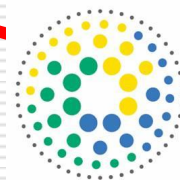
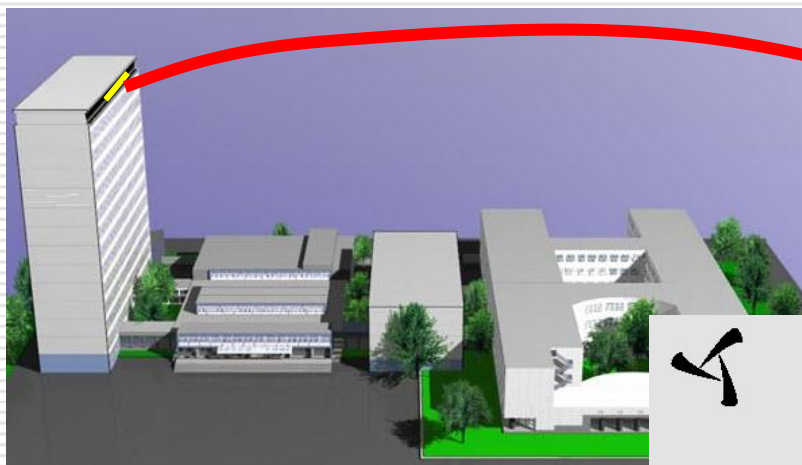
■ Članci s fosfornom kiselinom

- 150 do 200 °C - korisnost 40 – 80%

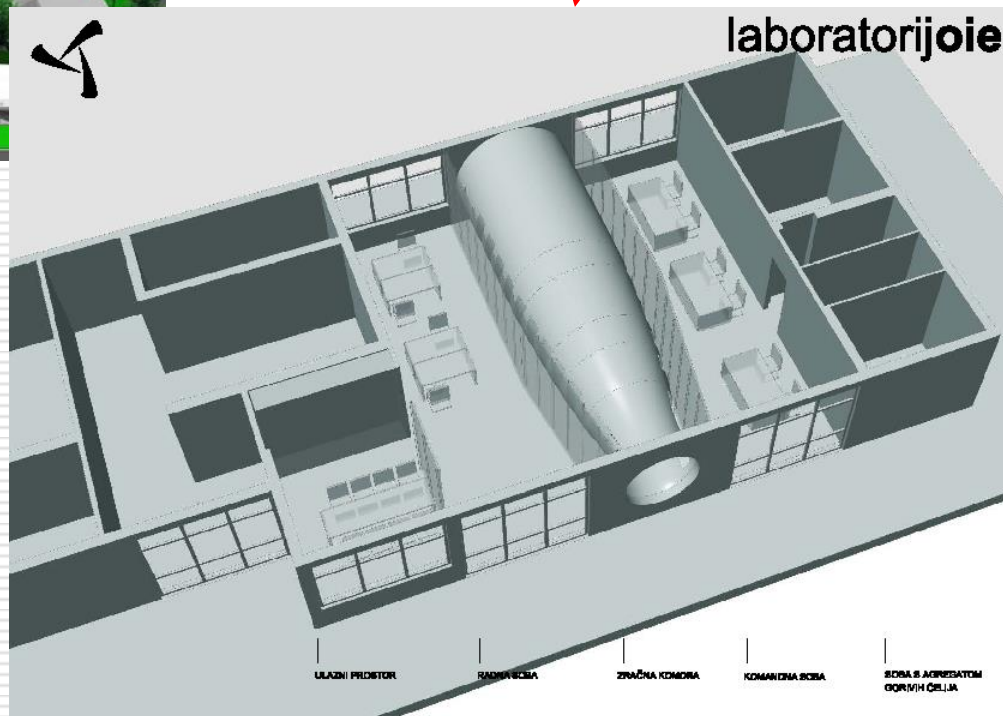
■ Članci s čvrstim oksidom

- 1000 °C - korisnost: 60%

Istraživanja na FER-u u Zagrebu



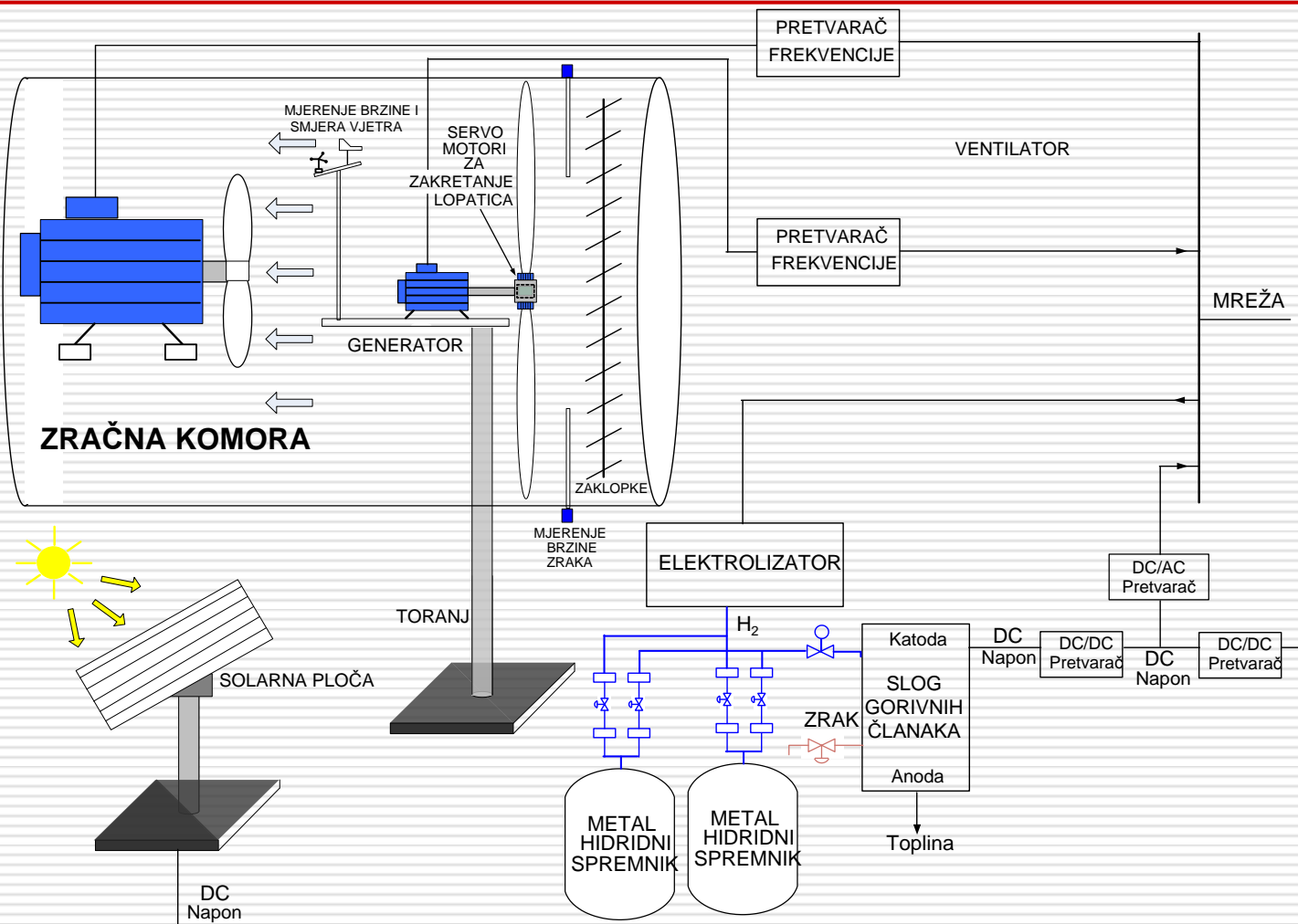
LARES Laboratory
for Renewable
Energy Sources
wind sun hydrogen



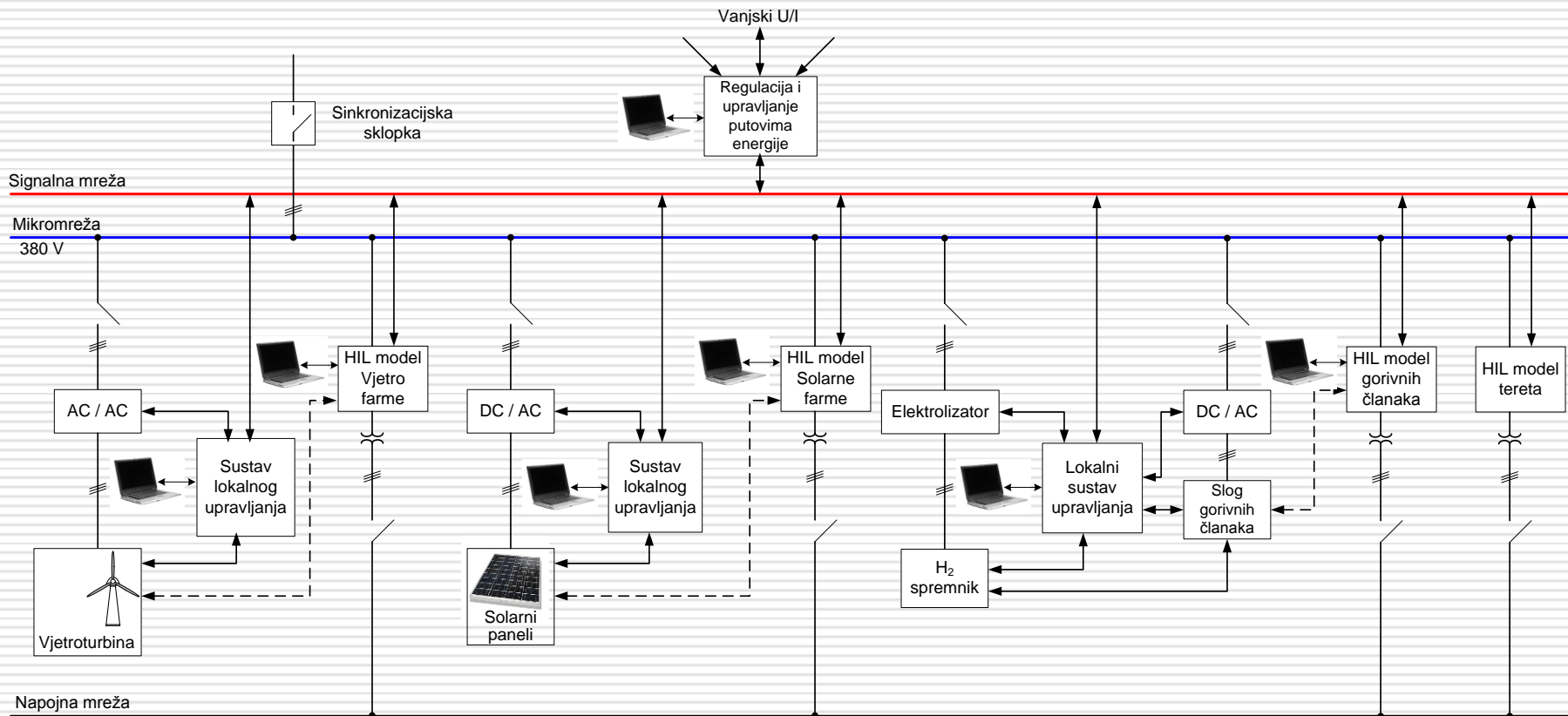
□ Ciljevi

- razvoj sustava upravljanja obnovljivim izvorima energije
- obnovljivi izvori energije
 - vjetar
 - vodik (skladištenje energije)
 - sunce
- razvoj sustava upravljanja mikromrežom

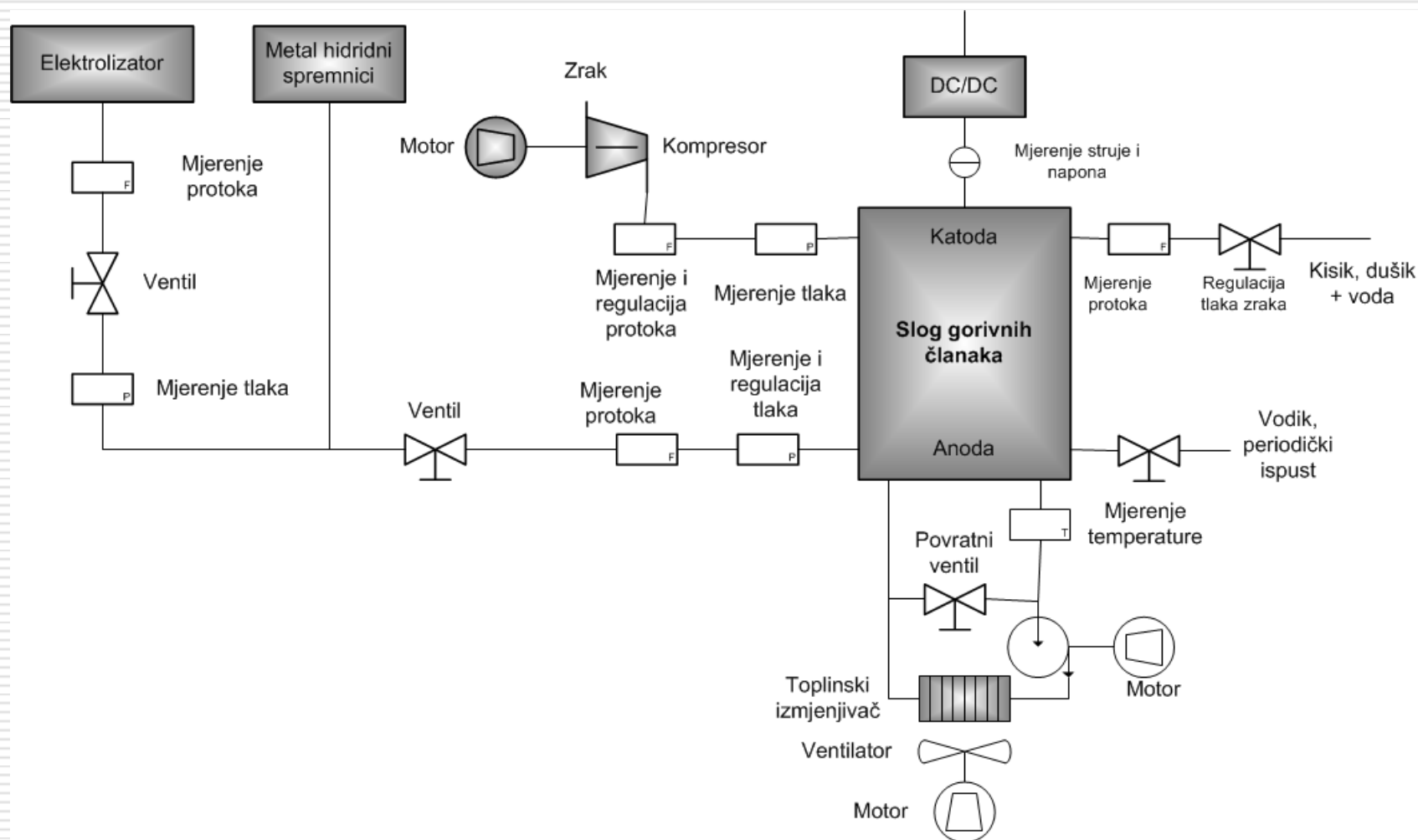
Načelni prikaz Laboratorija za obnovljive izvore energije



Jednopolna shema mikromreže laboratorija



Agregat vodikovih gorivnih članaka



Agregat vodikovih gorivnih članaka

- Proizvodnja vodika
 - Elektrolizator Hogen GC 600
 - Ulazna snaga 1.2kW
 - Voda za proizvodnju vodika
 - ASTM Type II Reagent Grade DI water
 - 1M Ω /cm
 - Vodik
 - Izlazni tlak 13.8 barg
 - Protok 0.6 sl/min
 - Čistoća: 99,9999%H₂ (klasa 4)
- Spremnici vodika
 - 2x 940 norma litara metal hidridni spremnici
 - Dimenzije 9cm x 40 cm
 - maksimalni izlazni protok 11 sl/min
- Regulacijski ventili
 - Regulacija tlaka i protoka
 - Burkert s vremenom odziva <20ms
- Senzori
 - masena mjerila protoka vodika i zraka
 - mjerila tlaka
 - mjerila temperature gorivnog članka
 - mjerila temperature rashladne vode
 - pretvarači struje i napona
- Slog gorivnih članaka
 - BCS 64-32
 - slog sa 32 PEM članka
 - samoovlaživanje
 - Maksimalna snaga 500W (na 20V)
 - izlazni napon 18V do 30V
 - Potrošnja pri max. snazi 6 sl/min
 - Ulazni tlakovi
 - zrak: 0.5 barg
 - vodik 0.2 barg
 - radna temperatura: 65°C
- Jedinica za hlađenje
 - hlađenje vodom
 - podesiva temperatura vode
 - regulacija protoka povratnim ventilom
- Izlazni pretvarač
 - uzlazni DC/DC pretvarač snage 500W
 - Ulazni napon 18 do 30V
 - Izlazni napon 48 V

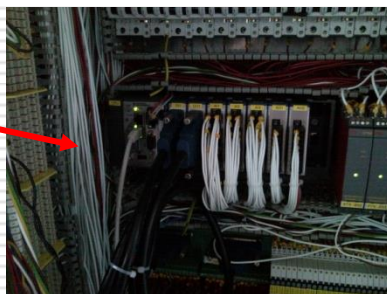
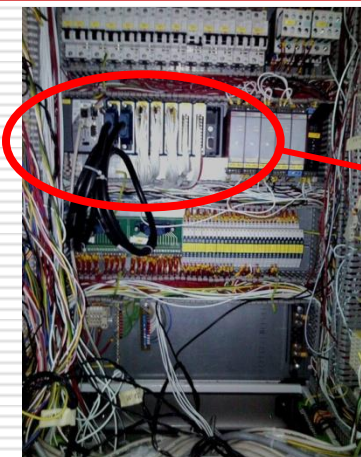
Agregat vodikovih gorivnih članaka



Upravljanje vodikovim agregatom

- Sklopovska oprema
 - PC računalo /LabVIEW
 - programiranje modula za rad u realnom vremenu
 - korisničko sučelje za upravljanje
 - cRIO 9024 (rad u realnom vremenu)
 - cRIO 9118 - 8-slot rekonfigurabilno podnožje
 - 9425 - 32 kanalni digitalni ulazni modul
 - 9476 - 32 kanalni digitalni izlazni modul
 - 9219 – 4 kanalni 24 bitni univerzalni analogni ulazni modul
 - 9206 – 16 kanalni 16 bitni 250 ks/s analogni ulazni modul
 - 9265 – 2x 4 kanalni 100ks/s analogni strujni izlazni modul
- Signali
 - Digitalni ulazi
 - Stanja napona u razvodnim ormarima
 - stanje ventilatora za odzračivanje prostorije s vodikom
 - stanje grijača prostora
 - stanje rada elektrolizatora
 - stanje napajanja mjernih urađaja i ventila u prostoriji vodika
 - signali sa sigurnosnog PLC-a
 - alarmna stanja tlaka, temperature plinova i pojava vodika u prostoru
- Digitalni izlazi
 - Upravljanje sklopnicima napona u razvodnim ormarima
 - upravljanje odvojnim ventilima za definiranje puteva vodika, zraka i dušika
 - Uključivanje sustava prozračivanja
 - Uključivanje grijača prostorije
- Analogni ulazi (9219) (2x 4 kanala)
 - Temperatura gorivnog članka (Pt100 3 žični spoj)
 - Temperatura vode na izlazu iz gorivnog članka (Pt100 3 žični spoj)
 - Tlak vodika na ulazu u gorivni članak (4 do 20mA)
 - Tlak zraka na ulazu u gorivni članak (4 do 20mA)
 - Protok vodika (4 do 20mA)
 - Protok zraka ulaz (4 do 20mA)
- Analogni ulaz (9206) 32 kanala
 - napon gorivnog članka
 - struja gorivnog članka
 - protok zraka izlaz
 - temperatura prostorije
- Analogni izlazi (9265) 2x 4 kanala
 - signala regulacije tlaka vodika i zraka
 - signal regulacije protoka zraka
 - signal regulacije povratnog ventila hlađenja
 - signal regulacije tlaka dušika
 - Signal regulacije napona DC/DC pretvarača

Sustav upravljanja



Izvedba upravljanja

- Sekvencijalno upravljanje
 - Uspostavljanje i nadzor sigurnosnih uvjeta u prostoriji s vodikom
 - Uspostavljanje puteva toka plinova u postrojenju vodika
 - Provjera sigurnosnih tlakova plinova, napona i struja na izlazu iz gorivnog članka
 - Periodičko otpuštanje vodika
 - Uključivanje i nadzor DC/DC pretvarača i trošila
 - Ispiranje sustava dušikom kod početka i završetka rada
- Regulacija
 - Regulacija izlaznog napona gorivnog članka djelovanjem na tlak vodika
 - Regulacija protoka zraka
 - temeljem mjerenja protoka vodika (stehiometrijski omjer)
 - Regulacija tlaka zraka
 - Regulacija temperature gorivnog članka djelovanjem na povratni ventil na jedinici za hlađenje
 - Regulacija izlaznog napona DC/DC pretvarača

Proizvođači gorivnih članaka

□ Ballard

- Članci od 1,5kW do 19 kW
- Moduli do 150kW



□ Nedstack

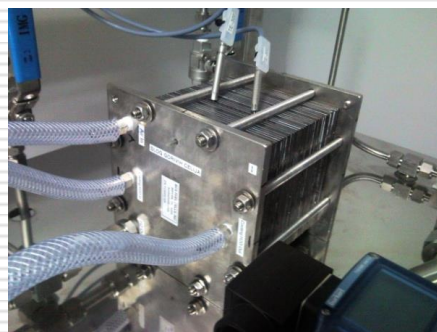
- Moduli od 20 do 10kW

□ Hogen

- Slogovi gorivnih članaka od 5W do 5kW



□ BCS



Zaključak

- Upotreba vodika
 - Skladištenje energije kod obnovljivih izvora energije
 - Realizacija virtualnih elektrana s obnovljivim izvorima energije
 - Energent u transportnim sustavima
 - Velik kapacitet (ovisi o veličini spremnika)
 - Brzo punjenje
- Povećanje efikasnosti
 - Korištenje kogeneracije
 - Iskorištenje topline
 - Nove tehnologije