

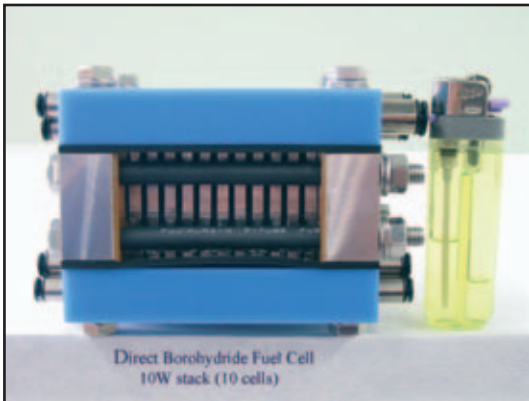
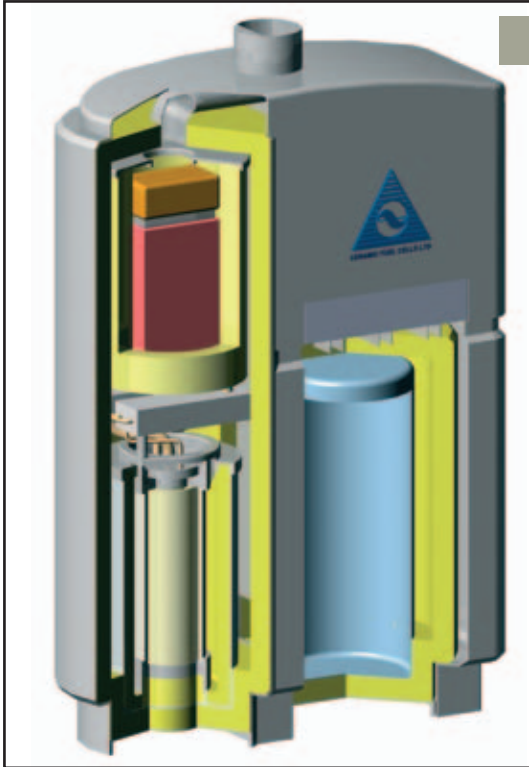


Alternative Energy

Alternativna energija



Different fuel cell types
Različiti tipovi gorivnih ćelija



Alternative energy systems

Fuel Cells

The fuel cell works by processing a hydrogen-rich fuel - usually natural gas or methanol - into hydrogen, which, when combined with oxygen, produces electricity and water. This is the reverse electrolysis process. Rather than burning the fuel, however, the fuel cell converts the fuel to electricity using a highly efficient electrochemical process. A fuel cell has few moving parts, and produces very little waste heat or gas. The design of a fuel cell is based on the key components: anode, to which the fuel is supplied, cathode, to which the oxidant is supplied, and electrolyte, which permits the flow of ions (but no electrons and reactants) from anode to cathode (1). The net chemical reaction is exactly the same as if the fuel was burned, but by spatially separating the reactants, the fuel cell intercepts the stream of electrons that spontaneously flow from the reducer (fuel) to the oxidant (oxygen) and diverts it for use in an external circuit.

The main difference between a fuel cell and a battery is that the fuel and oxidants are not integral parts of the fuel cell, but instead are supplied as needed to provide power for an external load, while the waste products are continuously removed. Where hydrogen is supplied as fuel to the anode and oxygen to the cathode the waste product is only water.

A single cell produces a voltage of about 1 V. To obtain higher voltages the cells are connected in series to form a stack. Furthermore, heat rejected in the process can be

used for different on-site thermal consumption, which makes the fuel cells suitable for combined heat and power generation for buildings and industry.

Shell Hydrogen opened the first hydrogen refueling station for cars and buses using fuel cell technology. The station has been built at an existing commercial fuel retail site in Reykjavik, Iceland. Shell plans to open refueling stations in Washington D.C. and Tokyo.

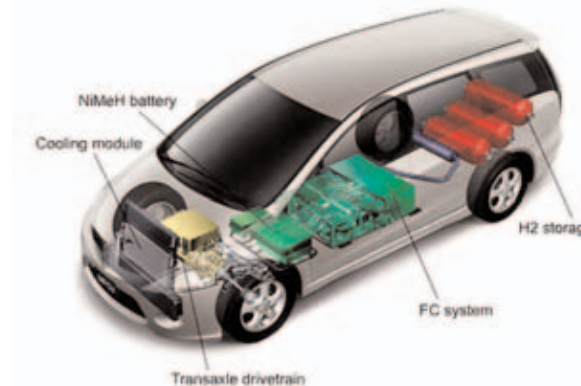
Alternativni energetske sistemi

Gorivne ćelije

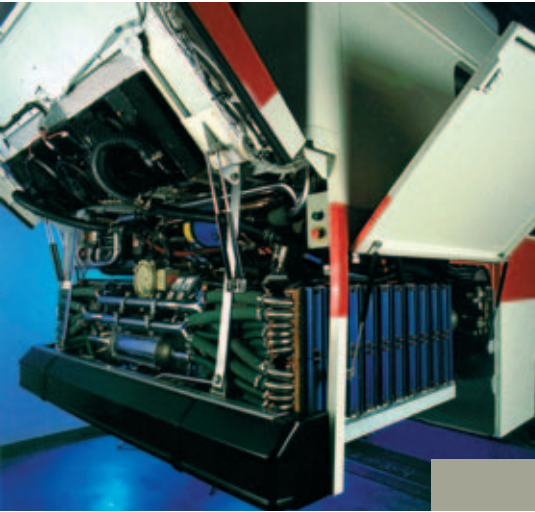
Alternativni energetske sistemi nove generacije konceptualno se razlikuju od konvencionalnih energetskekih sistema, a među njima se kao najperspektivnija tehnologija iz ove grupe izdvajaju gorivne ćelije.

Gorivne ćelije generišu energiju putem procesa suprotnog elektrolizi. Naime, u gorivnim ćelijama se elektrohemijским procesom iz goriva bogatih vodonikom, obično prirodnog gasa ili metanola, izdvaja vodonik, koji u kombinaciji sa kiseonikom proizvodi električnu energiju i vodu. Dakle gorivo se, umesto da sagoreva, efikasnim elektrohemijским procesom pretvara u električnu energiju. Gorivne ćelije imaju malo pokretnih delova i proizvode veoma malu količinu otpadnih gasova ili toplote. Sa konstrukcionog aspekta gorivna ćelija se sastoji od nekoliko ključnih komponenti: anode, na koju se dovodi gorivo, katode, na koju se dovodi oksidaciona supstanca (kiseonik), polupropusne membrane, katalizatora i elektrolita koji omogućava protok jona sa anode na katodu, ali ne i elektrona i reaktanata. Hemijška reakcija koja se odigrava u gorivnoj ćeliji ekvivalentna je procesu sagorevanja, ali kako se reaktanti prostorno razdvajaju, protok elektrona koji spontano teže da se kreću od goriva ka oksidacionoj supstanci (kiseoniku) je zaustavljen i skrenut ka spoljašnjem kolu.

Osnovna razlika između gorivne ćelije i baterija je u tome da ni gorivo ni oksidaciona supstanca nisu integralni delovi gorivne ćelije, već se njihovo snabdevanje odvija po potrebi i zahtevima potrošača, dok se otpadni proizvodi neprekidno uklanjaju. Kako se u gorivu koje se dovodi na anodu nalazi velika količina vodonika, a na katodu dovodi kiseonik, otpadni proizvod je samo čista voda.







Vehicles with Fuel Cells
Vozila sa gorivnim ćelijama



Like combustion systems, fuel cells can use oil, natural gas, coal and methanol. These fuels, however, have to be pre-processed into a suitable hydrogen-rich form. Fuel cells can also use hydrogen obtained by electrolysis of water using stand-by electricity from photovoltaic or wind energy.

The overall advantages of fuel cells are the low environmental impact, which is one to two orders of magnitude lower than in conventional systems, modular structure, multi-fuel capability easy operation and low maintenance since no rotating parts are needed.

There are four major types of fuel cells:

Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)

Phosphoric acid technology has moved from the laboratory research and development to commercial application. The principal obstacle against widespread commercial acceptance is cost. Capital costs of about \$2500 - \$4000/kW must be reduced to \$1000 - \$1500/kW if the technology is to be accepted in the electric power markets.

Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)

Molten carbonate technology is attractive because it offers several potential advantages

Pošto jedna gorivna ćelija proizvodi napon od oko 1V, u cilju dobijanja većih napona ćelije se vezuju na red, a toplota koja se oslobađa u toku procesa može da se koristi za različite procese, što gorivnim ćelijama daje mogućnost kombinovanja sa generatorima struje i toplotne energije u industriji ili stambenim objektima.

Kao i sistemi za sagorevanje, gorivne ćelije (uz pomoć reformera) mogu da koriste naftu, prirodan gas, ugalj ili metanol, sa tim što se ova goriva moraju prethodnim procesom dovesti u odgovarajuće hemijsko stanje sa obogaćenim vodonikom. Gorivne ćelije takođe mogu da koriste vodonik dobijen elektrolizom vode koristeći pomoćne izvore električne energije, kao što su fotonaponski solarni sistemi ili energija vetra.

Gorivne ćelije imaju četiri osnovne prednosti: veći broj ćelija se može grupisati u pakete različitih dimenzija, lako se mogu instalirati zbog praktično zanemarljivog uticaja na prirodnu okolinu, zahtevaju minimalne uslove održavanja i mogu da koriste različita goriva koja se lako i brzo mogu menjati. Postoje i sekundarne prednosti, kao što su strujno-naponska reaktivna kontrola, mogućnost brzog starta sistema, rad koji ne zahteva nadzor, itd.

Klasifikacija gorivnih ćelija se uglavnom vrši na osnovu vrste elektrolita, tako da su četiri osnovna tipa gorivnih ćelija:





over PAFC. Carbon monoxide, which poisons the PAFC, is indirectly used as a fuel in the MCFC. The higher operating temperature of approximately 650°C makes the MCFC a better candidate for combined cycle applications. This technology is on the stage of prototype commercial demonstrations and is estimated to enter the commercial market by 2000 using natural gas, and by 2010 with gas made from coal. Capital costs are expected to be lower than PAFC.

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

Solid oxide technology requires very significant changes in the structure of the cell. As the

Gorivne ćelije sa fosfornom kiselinom (FK)

Tehnologija bazirana na korišćenju fosforne kiseline kao goriva odnedavno se koristi u komercijalne svrhe. Glavna prepreka za njihovu rasprostranjenu upotrebu je visoka cena koja trenutno iznosi oko 2.500 \$US - 4.000 \$US, a procenjuje se da cena od 1.000 - 1.500 \$US omogućava konkurentnost na tržištu električne energije. Njihova radna temperatura iznosi do 200°C a efikasnost oko 55%.

Gorivne ćelije sa rastopljenim karbonatom (RK)

Tehnologija korišćenja rastopljenog karbonata kao goriva u gorivnim ćelijama omogućava nekoliko potencijalnih prednosti u odnosu na FK tehnologije. Ugljen dioksid, koji negativno utiče na gorivni ciklus u ćelijama sa fosfornom kiselinom, indirektno se koristi kao gorivo u ciklusu sa rastopljenim karbonatom. Visoke radne temperature do 650°C omogućavaju bolju primenu kombinovanih gorivnih ciklusa a efikasnost iznosi 55-65%. Ova tehnologija je još uvek u fazi razvoja a prototipovi ćelija koje koriste prirodan gas pojavile su se na tržištu oko 2000-te godine a predviđa se da se do 2010-te godine na tržištu pojave gorivne ćelije koje koriste gas iz uglja. Očekuje se i niža cena u odnosu na ćelije sa fosfornom kiselinom.

Gorivne ćelije sa čvrstim oksidom

Tehnologija korišćenja čvrstih oksida kao goriva zahteva znatne promene u strukturi gorivne ćelije. Čvrst oksid je elektrolit od keramičkog materijala tako da ne zahteva dopunu ili punjenje u toku operativnog perioda što pojednostavljuje konstrukciju, rad i održavanje, ali i cenu. Pored toga konstrukcija od čvrstih materijala omogućava višu radnu temperaturu, ali i smanjenje cene proizvodnje. Tolerantnost prema nečistoćama u gorivu omogućava korišćenje vodonika i ugljen monoksida dobijenih procesom gasifikacije uglja. Radna temperatura gorivnih ćelija sa čvrstim oksidom iznosi do 1000°C a efikasnost iznosi 60-65%

Gorivne ćelije sa protonskom membranom (PEM)

PEM gorivne ćelije imaju relativno nisku radnu temperaturu od 80°C do 200°C a efikasnost iznosi oko 60%. Današnji stepen razvoja i konstrukcije gorivnih ćelija je takav da omogućava njihovu praktičnu primenu u automobilskoj, energetskoj i građevinskoj industriji, ali i za potencijalno manje primene kao što su baterije. Protonska membrana

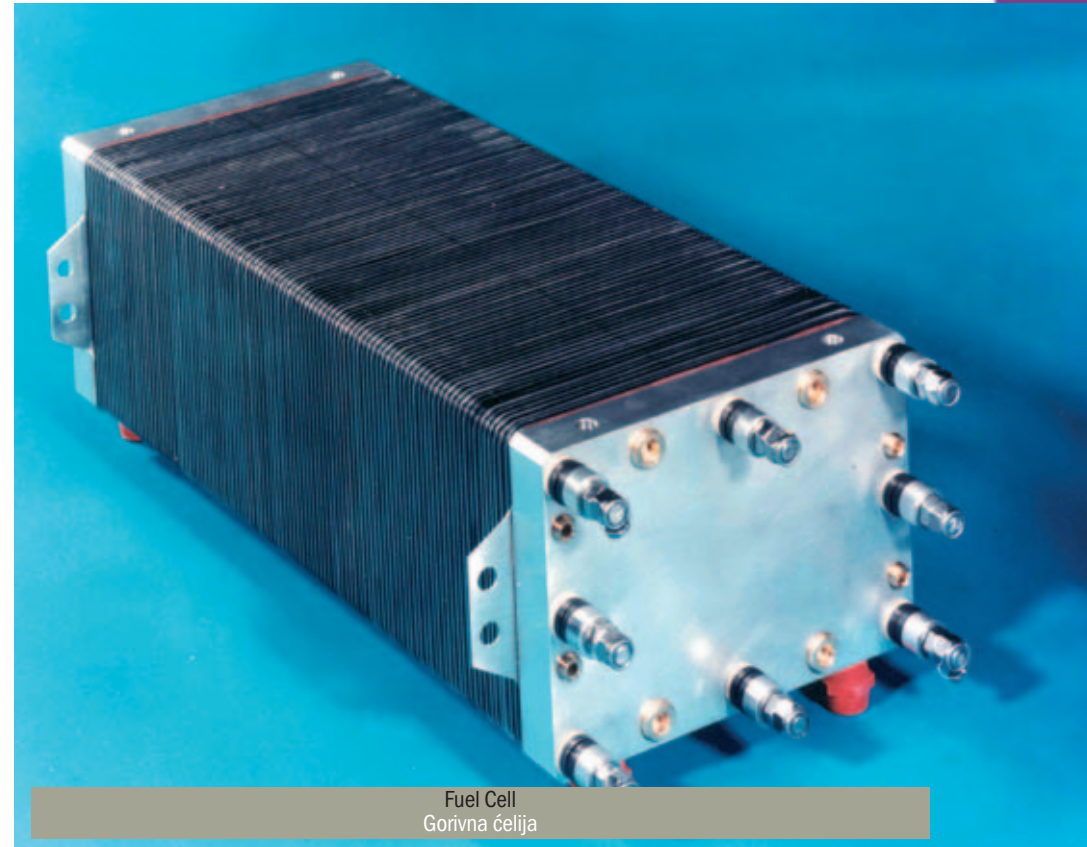
name implies, the SOFC uses a solid electrolyte, a ceramic material, so the electrolyte does not need to be replenished during the operational life of the cell. This simplifies design, operation and maintenance as well as having the potential to reduce costs. This offers the stability and reliability of all solid-state construction and allows higher temperature operation. The ceramic make-up of the cell lends itself to cost-effective fabrication techniques. The tolerance to impure fuel streams make SOFC systems especially attractive for utilizing H_2 and CO from natural gas steam-reforming and coal gasification plants.

Proton Exchange Membrane (PEM)

These cells operate at relatively low temperatures (around 80 degrees C), have high power density, can vary their output quickly to meet shifts in power demand, and are suited for applications, such as in automobiles, where quick startup is required. They may be the primary candidates for light-duty vehicles, for buildings, and potentially for much smaller applications such as replacements for rechargeable batteries. The proton exchange membrane is a thin plastic sheet that allows hydrogen ions to pass through it. The membrane is coated on both sides with highly dispersed metal alloy particles (mostly platinum) that are active catalysts. The electrolyte used is a solid organic polymer poly-perflourosulfonic acid. The solid electrolyte is an advantage because it reduces corrosion and management problems. Hydrogen is fed to the anode side of the fuel cell where the catalyst encourages the hydrogen atoms to release electrons and become hydrogen ions (protons). The electrons travel in the form of an electric current that can be utilized before it returns to the cathode side of the fuel cell where oxygen has been fed. At the same time, the protons diffuse through the membrane (electrolyte) to the cathode, where the hydrogen atom is recombined and reacted with oxygen to produce water, thus completing the overall process. This type of fuel cell is, however, sensitive to fuel impurities. Cell outputs generally range from 50 to 250 kW.

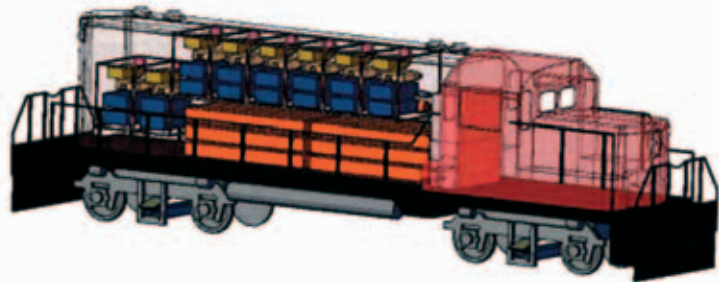
Fuel Cell Power Plant

A fuel cell power plant is basically made up of three subsystems, or sections. In the fuel-processing section, the natural gas or other hydrocarbon fuel is converted to a hydrogen-rich fuel. This is normally accomplished through what is called a steam catalytic reforming process. The fuel is then fed to the power section, where it reacts with oxygen from the air in a large number of individual fuel cells to produce direct current (dc) electricity, and by-product heat in the form of usable steam or hot water. For a power plant, the number of fuel cells can vary from several hundred (for a 40 kW plant) to several thousand (for a



je tanka plastična ploča kroz koju prolaze vodonikovi joni. Membrana je sa obe strane obložena disperzionim slojem metalnih čestica (uglavnom platine) koji predstavljaju aktivne katalizatore. Elektrolit je obično polimerna organska kiselina u čvrstom stanju. Vodonik se dovodi na anodu gde katalizator omogućava oslobađanje elektrona koji u formi električne struje, putuju ka katodi na koju se dovodi vazduh, odnosno kiseonik. Joni vodonika (protoni), dobijeni nakon izdvajanja elektrona, difunduju se kroz membranu i prelaze na katodu na kojoj se atomi vodonika povezuju sa kiseonikom, stvarajući vodu i zatvarajući ciklus. Ovakav tip ćelije je osetljiv na nečistoće, a njihova izlazna snaga iznosi od 50 do 250 kW. Sistem za generisanje električne energije sastoji se od paketa gorivnih ćelija, podsistema za regulaciju goriva i vazduha, podsistema za regulaciju toplote, pod-





sistema za regulaciju vode, kao i kontrolnog sistema. Sistem se stavlja u pogon jednim pritiskom na dugme i električna energija se generiše u intervalu od samo pet sekundi. Sistemi sa PEM gorivnim ćelijama već su isprobani i koriste se u prototipovima nekih automobila i autobusa, a konstruisane su i elektrane koje koriste veliki broj gorivnih ćelija (od nekoliko stotina do nekoliko hiljada).

Elektrane sa gorivnim ćelijama

Povezivanjem velikog broja gorivnih ćelija konstruišu se elektrane koje se, u osnovi, sa-
stoje od tri podsistema. U podsistemu za procesiranje goriva vrši se pretvaranje prirod-

Fuel Cell Energy unit at Washington state
Elektrana sa gorivnim ćelijama u Vašingtonu



multi-megawatt plant). The dc electricity is converted in the power conditioning subsystem to electric utility grade alternating current (ac). A schematic diagram of a fuel cell power plant is shown in figure 1.



Diesel Hybrid Electric Military Truck
Hibridno vojno vozilo na dizel i elektro pogon



Advanced HydroGen 3 (Zafira van)
Putničko hibridno vozilo

nog gasa ili drugog ugljovodoničnog goriva u gorivo bogato vodonikom putem procesa katalitičke konverzije. Gorivo se zatim dovodi u kontakt sa kiseonikom iz vazduha u velikom broju individualnih ćelija tako da se proizvodi jednosmerna struja i generiše toplota u obliku pare ili tople vode. Broj individualnih ćelija u elektrani varira između nekoliko stotina (za elektranu od 40 kW) do nekoliko hiljada (za multi megavatne elektrane). Jedsmsmerna struja se u sledećem podsistemu pretvara u naizmeničnu struju koja se zatim povezuje sa distributivnom mrežom. Prikaz elektrane sa gorivnim ćelijama dat je na slici.

How fuel cell works Kako radi goriva ćelija

