



80 metrov globok strojnični jašek, ki sega pod nivo Soče in na dnu katerega je nameščen reverzibilni agregat.

Največja, najpomembnejša in najbolj obremenjena elektrarna na Soči

Šli smo v drobovje črpalne hidroelektrarne Avče, skritega dragulja slovenskega elektroenergetskega sistema

Besedilo in fotografije: **Staš Zgonik**

Na bregu sicer precej težko dostopnega dela Soče med Kanalom in Tolminom, v zaledju akumulacije Ajba, ki zadržuje vodo za hidroelektrarni Plave 1 in 2, stoji črpalna hidroelektrarna Avče, najpomembnejša, največja in najbolj obremenjena med vsemi hidroelektrarnami na Soči. Letos bo praznovala 17 let od začetka poskusnega obratovanja, prihodnje leto pa jo čaka drugi remont.

Črpalna hidroelektrarna je poseben objekt. Porabi več električne energije, kot je proizvede. Po podatkih iz poročila Agencije za energijo o stanju na področju energetike za leto 2025 je ČHE Avče lani porabila 437 GWh električne energije za črpanje vode

v zgornji bazen, proizvedla pa je 323,5 GWh. Pomembna pa je fleksibilnost, ki jo zagotavlja elektroenergetskemu sistemu; s porastom nestanovitnih obnovljivih virov energije, kot sta sonce in veter, je postala zlata vredna.

Vršna moč elektrarne v generatorskem načinu obratovanja znaša 185 MW. V črpalnem režimu pa je ta moč omejena na 180 MW. Skupaj pomeni 365 MW fleksibilnosti za elektroenergetski sistem, kar je primerljivo z največjimi baterijskimi hranilniki v Evropi. Prednost ČHE pred baterijami je v dolgotrajnejšem delovanju. Baterijski hranilniki se pri polni moči navadno napolnijo oziroma izpraznijo v od dveh do štirih urah, ČHE Avče pa lahko



Dovodna cev in glavni ventil ČHE Avče.

ob povsem napolnjeni zgornji akumulaciji pri polni moči proizvaja 14 ur in 20 minut, kar pomeni 2,6 GWh zaloge električne energije. V črpalnem režimu lahko ČHE Avče ob povsem prazni zgornji akumulaciji pri polni moči vodo črpa 18 ur in 40 minut.

Kot vsi stroji ima tudi ta elektrarna tehnične omejitve. Minimalna proizvodna moč je omejena na 90 MW. Obratovanje z nižjo močjo bi povzročalo povečanje kavitacije. To je pojav, ko v tekočini zaradi sprememb tlaka nastajajo in implodirajo drobni mehurčki pare. Pri tem pojavu nastanejo zelo močni lokalni tlačni udari. Tako nastali mikrocurki poškodujejo kovinske površine.

»NEPONOVLJIVO« KRATEK ČAS GRADNJE

ČHE Avče je bila za slovenske razmere postavljena v rekordnem času. »Od prvih idej do zagona je minilo manj kot desetletje,« nam je povedal **mag. Miha Leban**, vodja obratovanja v družbi Soške elektrarne Nova Gorica (SENG), ki upravlja elektrarno in ki je del skupine HSE.

Julija 2001 je bila izdelana idejna zasnova, marca 2003 je bil izdelan idejni projekt, avgusta istega leta pa še investicijski program. Septembra 2004 je bilo pridobljeno gradbeno dovoljenje in postavljen temeljni kamen. Novembra 2009 je elektrarna začela poskusno obratovanje. »Za načrte z Avčami sem prvič slišal med študijem na Fakulteti za elektrotehniko,« je dejal Leban. »Ko

sem se po koncu študija zaposlil na SENG, pa sem dejansko prišel neposredno na gradbišče.«

Čas od prvih idej do začetka gradnje in nato do poskusnega obratovanja je bil izjemno kratek, je poudaril. »Upal bi si trditi, da neponovljiv.« Celotna investicija je znašala 126 milijonov evrov.

OBNOVLJIVI VIRI DELOVANJE OBRNEJO NA GLAVO

V SENG se med gradnjo verjetno sploh še niso dobro zavedali, kako dragocen objekt gradijo. Razmere na trgu z električno energijo so bile namreč leta 2009, ob zago-

nu elektrarne, povsem drugačne kot danes. »Elektrarna je bila zgrajena z namenom, da bo izkoriščala cenovno razliko med poceni nočno in drago dnevno elektriko,« je dejal Leban. »Ponoči naj bi črpali, podnevi proizvajali.«

Prodor sončnih elektrarn pa je zadevo obrnil na glavo. »Po novem vodo v zgornji bazen črpamo čez dan, ko so cene najnižje, proizvajamo pa ob jutranji in večerni konici.« Ob našem dopoldanskem obisku v začetku julija je reverzibilna Francisova turbina že s polno močjo črpala vodo v zgornji bazen.

Vedno pogostejše se pojavljajo obdobja v dnevu, ko so borzne cene električne energije zaradi presežka proizvodnje nad po-

”

»To je stroj, ki spreminja smer vrtenja, nima stalne hitrosti vrtenja ter ima močen vzbujačni sistem in veliko zagonov, poleg tega pa deluje pod visokim tlakom.« - mag. Miha Leban

trebami negativne. Če v času negativnih cen elektrarna oddaja energijo v omrežje, mora za to dejansko plačati. Če lahko v tem času energijo porablja za črpanje, pa za to dobi plačilo.

»V času negativnih cen bi si naši lastniki (HSE) želeli, da bi vodo čim več časa črpali. To seveda ni vedno mogoče, ker smo omejeni z volumnom zgornjega bazena. Prelivanje čez rob pač ni mogoče,« se je nasmehnil Leban.

ASINHRONSKI STROJ

Dovolimo si zapisati, da je ČHE Avče najbolj obremenjena elektrarna v Sloveniji. »To je stroj, ki spreminja smer vrtenja, nima stalne hitrosti vrtenja ter ima močen vzbujalni sistem in veliko zagonov (v povprečju tri dnevno), poleg tega pa deluje pod visokim tlakom,« je pritrdil Leban.

Generator oziroma motor ČHE Avče v nasprotju z generatorji vseh drugih velikih elektrarn v Sloveniji ni sinhronski stroj, kar pomeni, da mehansko vrtenje rotorja ni povsem usklajeno z omrežno frekvenco 50 Hz. »V Avčah imamo dvojno napajani asinhronski stroj. Rotor je vzbujan z izmenično napetostjo, ne pa z enosmernim tokom kot pri sinhronskem generatorju.«

Leban je pojasnil, da se pri sinhronskem generatorju z vzbujanjem rotorja z enosmernim tokom ustvari fiksni magnet, ki s sinhronskim vrtenjem ustvarja frekvenco 50 Hz na statorju. »Pri trifaznem izmeničnem vzbujalnem toku pa rotor postane vrtljivi magnet; s spreminjanjem vrtilnega polja na rotorju je mogoče spreminjati hitrost vrtenja, ki se skupaj z mehanskim vrtenjem kompenzira tako, da na statorju dobimo frekvenco 50 Hz.«

Za sinhrono vrtenje pri frekvenci 50 Hz bi se moral 10-polni rotor vrteti s 600 vrtljaji na minuto. »V Avčah pa se načelno lahko vrti z nekoliko nižjo ali višjo hitrostjo od sinhronske, vzbujalni sistem s trifaznim tokom pa na rotorju vzbudi dodatno vrteče se električno polje, ki poskrbi, da je seštevek tega polja in polja, ki ga



Zgornji bazen ČHE Avče in sončna elektrarna.

ustvarja mehansko vrtenje, enak omrežni frekvenci.« S spreminjanjem hitrosti vrtenja je mogoče regulirati moč črpanja.

Elektrarno je treba pri vsakem zagonu oziroma spremembi smeri delovanja na novo sinhronizirati z omrežjem. Pri sinhronskem stroju se morata mehansko vrtenje in fazni kot za uspešno sinhronizacijo natančno ujemati z omrežjem. »Sinhronizacija asinhronskega, kot je vgrajen v ČHE Avče, pa je hitrejša, ker ni treba čakati, da se rotor znajde v pravi legi za sinhronizacijo, ampak za vse poskrbi vzbujalni sistem, ki se prilagodi omrežju. Sinhronizacija z omrežjem je zato lahko zelo hitra.«

ZAHTEVNA OPERACIJA ZA ZAGON ČRPANJA

Zagon v generatorski način obratovanja je precej podoben zagonu sinhronskega stroja: vodni tok zavrti turbino na približno sinhronske vrtljaje, nato pa vzbujalni sistem poskrbi za kompenzacijo odstopanja od sinhronske hitrosti in sinhronizacijo z omrežjem.

Mag. Miha Leban, vodja obratovanja v družbi SENG.





Zagon v črpalni režim pa je bistveno bolj zapleten. Turbine namreč ni mogoče pognati na delovne vrtljaje, ko je potopljena v vodo. »Zato imamo visokotlačne kompresorje, ki v fazi zagona v spiralo turbine pod visokim tlakom vpihavajo zrak, da izpodrine vodo. Ko je gonilnik turbine na suhem, se ga lahko zažene z vzbujalnim sistemom in zavrti tik nad sinhronsko število vrtljajev. Za tem pa sistem sam poskrbi za sinhronizacijo. Ko iz turbine izpušijo zrak, začnejo gonilne lopatice turbine zajemati vodo, tlak v sistemu pa začne naraščati. Ko je tlak dovolj visok, se odpre glavni ventil, nato pa še vodilne lopatice turbine in voda steče proti zgornjemu bazenu.

HIDROMATEMATIKA UPRAVLJANJA

Upravljanje s tako kompleksnim sistemom ali po domače »vožnja« ČHE Avče je posebna umetnost, ki zahteva veliko preračunavanja, poznavanja zakonitosti celotne verige soških hidroelektrarn in omejitev v lokalnem okolju.

Spodnji bazen ČHE Avče uporablja vodo iz akumulacije HE Plave. Ta akumulacija je sorazmerno majhna in ne omogoča vedno zelenega obratovanja v črpalnem režimu. »Zato je potrebno usklajeno delovanje s HE Doblar, ki lahko zagotavlja dodatne količine vode. Trenutno, na primer, ČHE Avče črpa s polno močjo, HE Doblar pa proizvaja z majhno močjo 9 MW, da se lahko v akumulaciji Plave zagotovi dovolj vode za črpanje.«

Poleg obratovalnih izzivov morajo biti dispečerji dodatno pozorni še na minimalni dogovorjeni pretok reke Soče, ki po meddržavnem sporazumu z Republiko Italijo znaša 12,5 m³ vode na sekundo.

Vozni red delovanja elektrarn, ki ga narekujejo prodajniki HSE, je vedno bolj dinamičen. Lahko se spremeni tudi 40-krat dnevno. »Naš dispečer dobi vozni red in na tej podlagi načrtuje delovanje verige, čez 15 minut pa že zapiska sporočilo z novim voznim redom. To je zdaj realnost dispečerske službe. Nprestano sta potrebna prilagajanje in preračunavanje,« je spremenjene razmere v elektroenergetskem sistemu, ki jih prinaša prodor obnovljivih virov, ponazoril Leban.

Polletni remont in nadgradnja energetske lokacije

Prihodnjo jesen se bo za ČHE Avče začelo razburljivo šestmesečno obdobje. Od oktobra 2027 do aprila 2028 namreč načrtujejo drugi remont, ko bodo elektrarno skoraj v celoti razstavili in obnovili. »Remont obsega pregled, demontažo, obnovo in ponovno montažo glavne elektrostrojne opreme, zamenjavo obrabnih delov, servis predturbinskega ventila, diagnostiko in izvedbo zagonskih preizkusov,« našteva Leban. Sočasno bodo izvedli tudi posodobitve ključnih pomožnih sistemov: sistemov vodenja turbine in vzbujanja, sistema PCS7, zaščitnih sistemov, usmernikov in sistemov UPS.

Remont bodo izkoristili tudi za dograditev novega polja 110 kV GIS v stikališču elektrarne. Nanj bodo namreč priključili drugo fazo sončne elektrarne Kanalski vrh, ki jo načrtujejo na območju zgornje akumulacije. Nameščena moč obstoječe sončne elektrarne je 2,9 MW, pri čemer je elektrarna priključena na distribucijsko omrežje, njena moč oddaje pa je omejena na 2,4 MW. Drugo fazo sončne elektrarne, za katero že imajo gradbeno dovoljenje in ki naj bi imela nameščeno moč 4,4 MW, naj bi priključili neposredno v stikališče elektrarne in s tem na prenosno omrežje. V ta namen bodo ob cevovodu, ki povezuje elektrarno in zgornjo akumulacijo, vkopali tudi nov 20 kV kablovod, ob strojnici elektrarne pa dogradili nov transformator 110/20 kV.

Novo polje v stikališču naj ne bi bilo namenjeno samo priključitvi sončne elektrarne, ampak tudi priključitvi baterijskega hranilnika, za katerega v SENG pripravljajo investicijsko dokumentacijo. Trenutno se pogovarjajo o štiriurnem baterijskem hranilniku z močjo 20 MW in zmogljivostjo 80 MWh.

Vtočno—iztočni objekt, kjer elektrarna črpa vodo ali pa jo izpušča.

