

Obisk študentov 2. letnika programa Elektroenergetika v RTP Okroglo

V ponedeljek, 10. 6. 2024, se je 11 študentov 2. letnika programa Elektroenergetika zbralo pred ograjo RTP Okroglo, glavne transformatorske postaje na Gorenjskem, ki napaja celo Gorenjsko z elektriko, ki jo dobi iz RTP Beričevo (običajno je ta moč okrog 300 MW, slovenska konica je 2.000 MW). Sprejela sta nas nadzorni inženir RTP Okroglo g. Robert Marolt in nadzorni inženir ELES za vse 400 kV RTP v Sloveniji g. Špenko Aleš. Aleš Špenko je inženir, odgovoren za nadzor in upravljanje visokonapetostnega prenosnega omrežja v Sloveniji. Vas Okroglo se nahaja blizu Kranja in Nakla, ob reki Savi, levovodno. Na nasprotni strani pa je kraj Struževo in hribčka sv. Marjeta in sv. Jošt. Lani je ELES za študente naredil posebna predavanja na Bledu, ker potrebuje nove elektroinženirje elektroenergetike.

DVOJNE ZBIRALKE G1 in G2 (glavne), cevaste, aluminjaste

Najprej smo šli v upravno stavbo RTP Okroglo, vzeli smo čelade in si jih nataknili na glave ter se sprehodili po sredini obeh VN stikališč. 3 m visoko je 110 kV stikališče, 5 m visoko pa 400 kV stikališče. Ogledali smo si dvojne zbiralke (zaradi redundance), aluminjaste in cevaste. $\Phi = 5$ cm, ki imajo steno aluminija debelo 2 cm. So pritrjene na portale. Predstavljajo tokovno vozlišče, na 110 kV zbiralke pridejo vsi tokovi 8 daljnovodov 110 kV, ki pripeljejo ali odpeljejo energijo iz stikališča. 2 DV 110 kV pripeljeta energijo iz RTP Kleč (Elektro Ljubljana) in sta zasilno napajanje Gorenjske in RTP Okrogla v primeru izpada dvosistemskega 400 kV DV iz RTP Beričevo. To sta v bistvu dva sistema po 3 faze na istem visokem daljnovodnem stebru.



Slika 1: 110 kV stikališče: skrajno desno zgoraj so cevaste 2-sistemske 110 kV zbiralke, desno spodaj ob cesti horizontalni zbiralačni ločilnik, na vrhu so cevaste zbiralke, levo ob cesti so SF6 daljnovodni odklopniki 110 kV, tipa črke I, skrajno levo so napetostniki in zgoraj jeklen portal, na katerega so zategnjene zatezne izolatorske verige in preko njih DV goli vodi

VN Daljnovodi (DV) napetosti 400 kV in 110 kV

400 kV DV ima na eno fazo dve povezani vrvi 490/65 mm². 110 kV DV pa ima 240/40 pletenico jeklenih žičk in nato pletenico aluminjastih žičk. To pomeni, da je v jedru splet nosilnih žičk iz jekla, okrog pa je splet aluminjastih žičk, ki prevajajo tok. Letos je ELES že uporabil nov tip vodnika, ki nima več jedra iz jekla, ampak iz kompozita. Steklena, ogljikova in polimerna vlakna zalita v epoksi smolo pridejo cenejše in hitrejše izdelave, zdrži pa večje sile. Predvsem so zelo lahki, dosegajo visoko natezno trdnost, majhne povese, bolj so stabilni pri spremembah temperature, bolj odporni na korozijo. Zaradi boljših mehanskih in toplotnih lastnosti zdržijo višje tokove in prenašajo višje moči. ACCC (Aluminum Conductor Composite Core). 400 kV vrvi ELES po hrbtenici Slovenije imajo vgrajen v sredi tudi optični vodnik, sicilicijev dioksid (steklo), tako da je ELES eden izmed 7 velikih ponudnikov prenosa velike količine informacij interneta po Sloveniji. OPGW kabel omogoča prenos velikih moči velikosti 1.000 MW in več Tbps informacij. Optična hrbtenica ELES, ki uporablja OPGW (Optical Ground Wire) vodnike, omogoča zelo velike prenose podatkov, ki lahko dosegajo več terabitov na sekundo. Tehnologija prenosa informacije je DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

400 kV in 110 kV DV stebri

Stebri DV so iz jeklenih palic L profila, predalčne konstrukcije, zaščiteni pred rjo. Palice spajamo s sponko clevis clamp. Stebri stojijo na betonskih temeljih. Pod njimi je ozemljilo, v katerega teče nevaren tok v primeru udara strele v 10 km DV, kjerkoli. Zaradi smrtne napetosti dotika in napetosti koraka, zato se je nevarno gibati ob stebrih v času neviht. Višina 110 kV stebrov se običajno giblje med 20 in 35 metri. Povprečna višina 110 kV stebrov je približno 25 metrov. Na Gorenjskem so oblike smreka, z dvema konzolama. Na vrhu je strel vodna vrv direktno pritrjena. Na konzole pa gole vode toka pritrdimo običajno z nosilnimi paličastimi kompozitnimi izlotorji, ki so boljše po dielektričnosti kot steklo in porcelan, predvsem pa lažji. So vodoodbojni, odporni na UV. Kot slabost so povedali, da se na njih nabira prah in da ga papige in druge ptice radi uničujejo. Za preboje uporabljajo snemanje z UV kamero ali UZ senzorjem, ki pokaže več korone.

Višina 400 kV stebrov se običajno giblje med 40 in 60 metri, v nekaterih primerih pa lahko dosežejo tudi več kot 60 metrov. Povprečna višina 400 kV stebrov je približno 50 metrov.

Energetski transformatorji: 2x 300 MVA, napetost 440/110 kV in eden 30 MVA 110/20 kV

RTP Okroglo ima 3 energetske TR. Dva sta največjih moči 300 MVA, eden pa napaja baterijsko polje. Bistvo TR je spuščanje ali dviganje napetosti. V elektrarnah uporabimo dvogiovalnike napetosti, ki oddajajo daljnovodom velike moči majhnih tokov in visokih napetosti. Ker so izgube v vodniku odvisne od kvadrata toka, tako prihranimo ogromno elektrike in denarja. Transformatorja ves čas delata paralelno, vsak prenaša polovico moči. Vezna skupina je YNyn0d5. Imata regulacijski stikali, ki pod obremenitvijo spreminjata nivoje napetosti, tako da je VN omrežje pametno in regulirano za razliko od NN omrežja. Imata Buchholz zaščiti za nivo olja in uhajanje plina iz olja ter termoslika, ki je matematična simulacija (izračun) najbolj vroče točke v notranjosti TR in TR navitja na vhodnem podatku izmerjene temperature olja na vrhu kotla na termometru. Tak transformator stane danes 6 mio €, ker ima veliko elektrolitskega bakra in drage transformatorske pločevine, hladno valjane z Weissovimi področji, ki imajo smer magnetnega pretoka. Pred TR so postavljeni 4 prenapetostni odvodniki na 400 kV strani in 4 na 110 kV strani. To so stražarji, ki preprečijo, da bi strela prišla po daljnovodih in stikališču v notranjost TR, saj jo oni prej skanalizirajo (višek naboja) v ozemljilo. A še vedno manjši val prenapetosti potuje naprej v TR.



Slika 2: 300 MVA energetski TR 400kV/110 kV, YNyn0d5 vezne skupine. Spredaj so trije prenapetostni odvodniki, ki ga ščitijo pred strelo (prenapetostjo), zgoraj konstrukcija portala, na katerega so pripete z zateznimi izolatorskimi verigami zbiralke TR polja

10 DV stikalnih polja, 4 TR polja, 2 spojno polje, 2 merilni polji in 1 baterijsko polje

RTP razdelimo na smiselna področja, ki skrbijo za glavne elemente. Tem stikalnim področjem rečemo VN stikalna polja. Največ polj je daljnovodnih. Vsako polje skrbi za svoj DV. Recimo Beričevo 1 skrbi za 400 kV DV. Vsebuje glavno stikalo odklopnik, ki ugasne tok in oblok. Vsebuje DV ločilnik in Z ločilnik, TT in NT, ozemljitveni ločilnik in prenapetostni odvodnik (PO).

Toliko kot pride DV v stikališče, toliko DV polj imamo. Imamo 2 TR polji na 400 kV in 2 TR polji na 110 kV strani. Vsaka skrbi za pol TR, za 3 navitja 400 kV skrbi eno polje in za 3 navitja 110 kV skrbi 110 kV TR polje, v katerem so manjši elementi elektroenergetskega sistema.

ODKLOPNIKI

LOČILNIKI

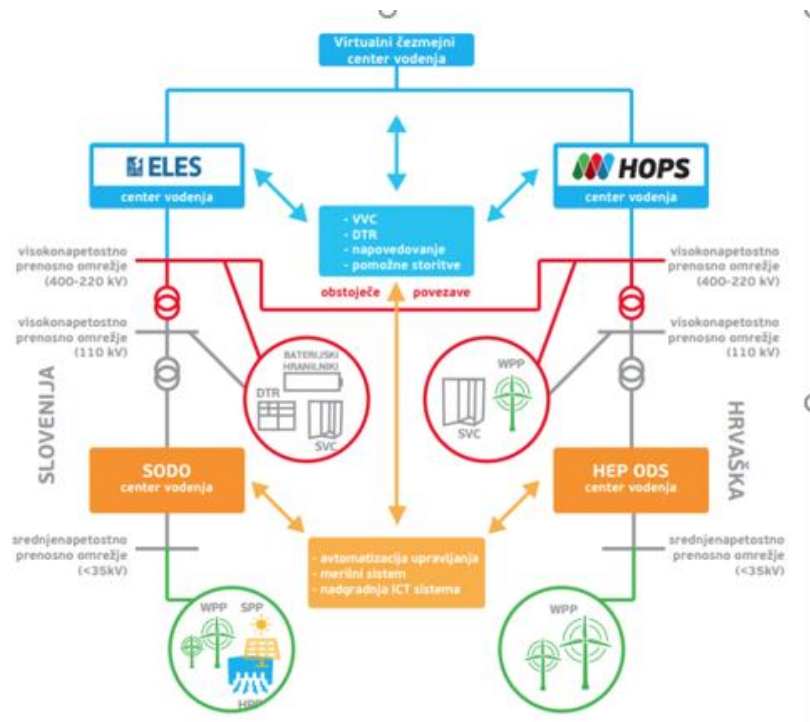
TOKOVNIKI

NAPETOSTNIKI

PRENAPETOSTNI ODVODNIKI

BEEE - BATERIJE Litij ionske, Tesla Megapack, moč 5 MW, energija 25 MWh

BEEE je baterijski hranilnik električne energije (tako ga imenuje ELES) ali megahranilnik ali angl. ESS (Energy System Storage). RTP Okroglo ima 9 kontejnerjev baterij, ki jih je zgradil v pilotnem evropskem projektu SINCORGID (vrednost projekta 60 mio €, ELES 50 % in EU skladi 50 %), ki testira nove vrste shranjevanja elektrike in sodobne regulacije. Po 3 kontejnerje napajaja vsaka od treh distribucijskih TP. Vse tri TP pa so napajane iz baterijskega 110/20 kV TR preko SN stikalnih blokov (3 transformatorske in 6 vodnih celic). Baterijski krmilnik se imenuje BMS (Battery Management System), ki skrbi za regulaciji P/f in U/Q 110 kV omrežja.



Slika 3: Evropski pilotni projekt gradnje baterijskih polj v prenosnem omrežju Slovenije (ELES) in Hrvaške (HOPS), na podlagi česar je bilo v RTP Okroglo zgrajen 5 MW/25 MWH ESS (vir ELES)



Slika 2: Pogled na RTP Okroglo iz letala in prostor, ki je bil uporabljen za baterijsko 110 kV polje (vir ELES)

Baterijski hranilniki z razsmerniki in s pripadajočimi pomožnimi sistemi (nazivna napetost 480 V, nazivna moč 700 kVA, nazivna kapaciteta 2.835 kWh, so osnova BEEE.



Slika 3: Tesla Megapack iz litij-ionskih malih baterij, ki jih nadzira baterijski krmilnik BMS, katerega glavna enota je razsmernik. BMS omogoča sodobno regulacijo P/f (primarno, sekundarno) in U/f. (vir ELES)

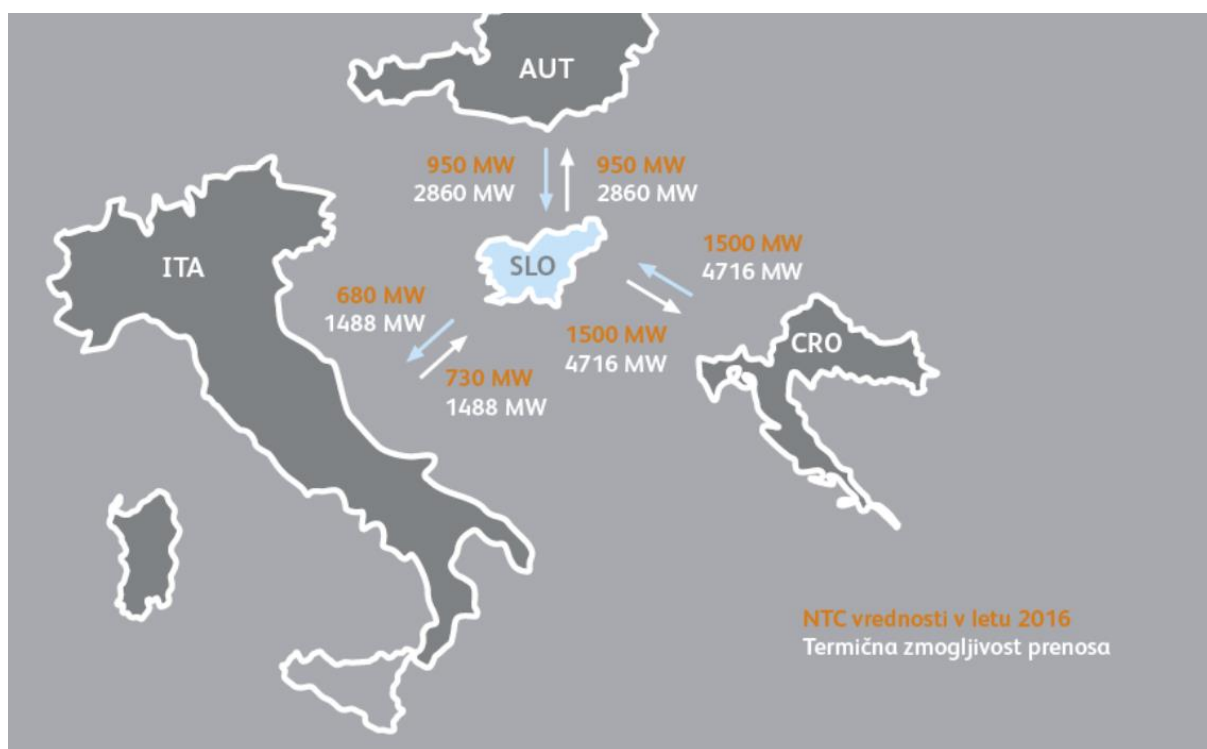


Slika 4: Pogled na RTP Okroglo iz strani novega baterijskega 110 kV stikalnega polja (9 Megapack Tesla kontejnerjev spredaj levo – bele barve, prvi je sam na temelju, ostali so v 3 dvojicah na betonskem temelju, tri rumene distribucijske TP 20/0,48 kV, desna rumena hiška je 20 kV stikalni blok iz TR in kabelskih vodnih celic, pod zemljo so 20 kV kabli. Še bolj desno pa stoji in se na fotografiji ne vidi 110 /20 kV ETR, ki napaja baterijski sistem preko SN stikališča in 3 DTP (vir ELES)

PRENOSNO OMREŽJE



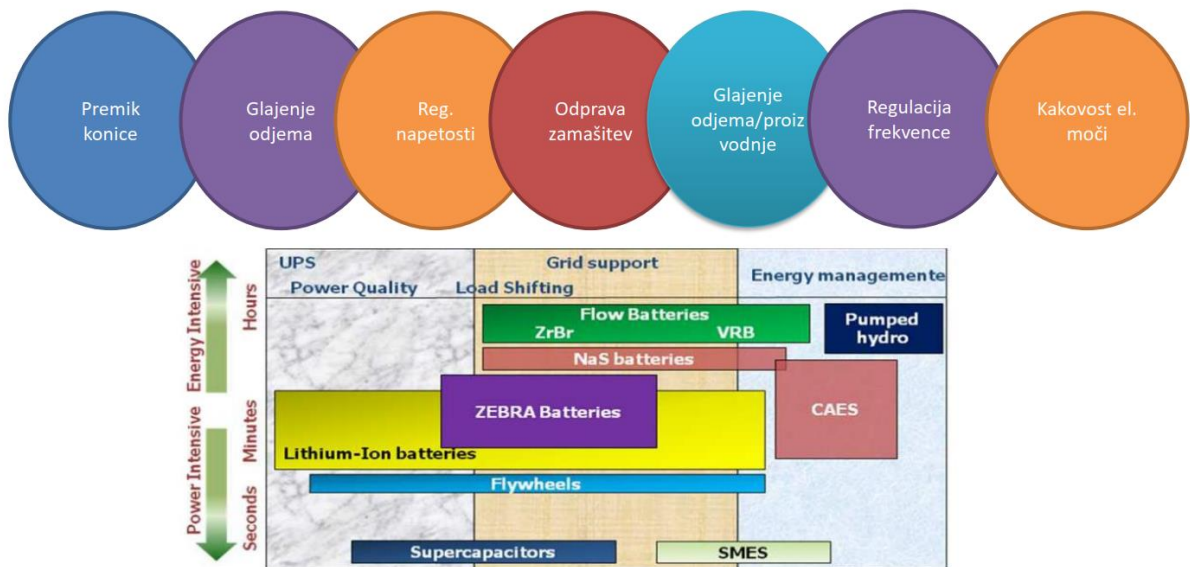
Slika 5: V svetu poteka transformacija vseh energij proti elektriki. Prenosna omrežja vodi nadzoruje SOPO ELES, analogija z večpasovnimi AC in z velikimi arterijami in venami v človeškem telesu. Elektro Gorenjske (SODO) pa skrbi za manjše pretoke energije, manjša – NN in SN omrežja, majhne ceste in kapilare (vir ELES)



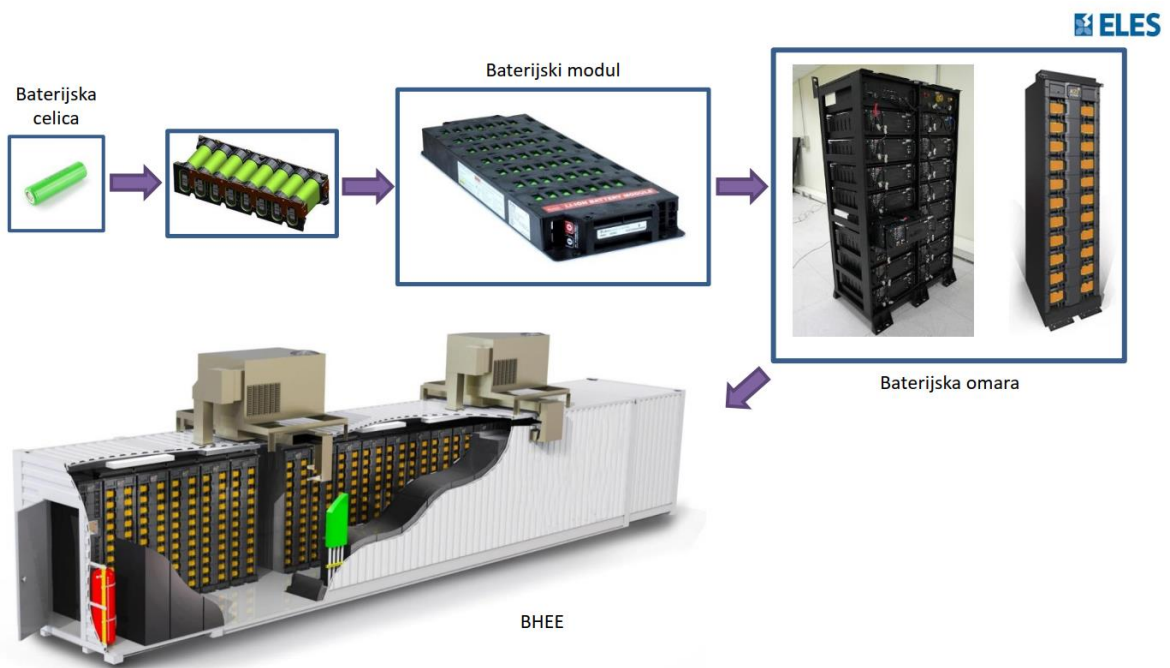
Slika 6: Prenosno 400 kV EO Slovenije je preko interkonekcijskih DV povezano v evropsko omrežje ENTSO-e.

Proizvodnja el. en.	Oskrba z el. en.	Obratovanje EES
<ul style="list-style-type: none"> Stabilizacija proizvodnje OVE Povečanje cenovne učinkovitosti OVE Optimizacija klasičnih virov 	<ul style="list-style-type: none"> Časovni zamik EE Glajenje odjema UPS 	<ul style="list-style-type: none"> Regulacija napetosti Inercija Reg. frekvence Black start Zamik investicij

Slika 7: Vsa področja uporabnih nalog (funkcij) baterijskih megahranilnikov (vir ELES)

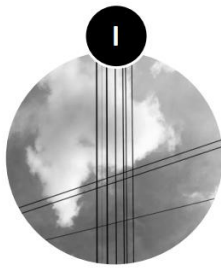


Slika 7: Naloge megahranilnikov, angl. ESS. Danes nimamo ekonomičnih sezonskih hranilnikov, tako da poletnih viškov OVE ne moremo prenašati v hladne in temne zime (vir ELES)



Slika 8: Teslin Megapack kontejner iz malih litionskih celic (vir ELES)

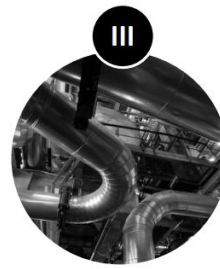
Težave na treh področjih:



Obvladovanje
jalove energije



Prenosne
zmožljivosti



Fleksibilnost
delovne moči

SINCRO. GR
ID



S sofinanciranjem Evropske unije
Instrument za povezovanje Evrope

Slika 9: Baterijski regulatorji in razsmerniki rešujejo 3 velike probleme sodobnih omrežij (regulacija delovne moči in frekvence P/f, regulacija U/Q, napetosti in jalove moči, boljša izraba DV), vir ELES

Viri slik iz ekskurzije so fotografije Roberta Šifrerja.

Viri slik iz prezentacij ELES.

Ekskurzijo sem organiziral in vodil Robert Šifrer, predavatelj strokovnih predmetov iz elektroenergetike na VSŠ ŠC Kranj, prav tako sem pripravil to poročilo.