

## **Poročilo o ekskurziji študentov 2. letnika programa Elektroenergetika v akumulacijsko HE Moste pri Žirovnici**

Akumulacijske HE so zelo drage elektrarne, tako po investicijski ceni kot po dragi MWh elektrike. Z njimi opravljamo tisto nalogo, ki jo baterije ne zmorejo: to pomeni, da shranjujemo vodo za jezom. Več dni, več tednov in celo več mesecev (sezonsko). Elektrarna pa deluje samo 2x na dan po pol ure do ene ure, ko imamo konico porabe. Danes je jutranja konica zelo majhna, ker je gospodarstvo izničilo jutranjo konico. Konice povzroča samo še gospodinjstvo. Večerna konica porabe se nahaja med 15h in 23h.

6. maja 2024 smo s študenti zadnjega letnika programa Elektroenergetika na VSŠ obiskali Savske elektrarne, ki se daljinsko vodijo iz Krškega, a majhna ekipa vodi zgornjesavske elektrarne še vedno iz HE Medvode. Sprejel nas je vzdrževalec g. Darko. Z njim sta bila še dva naša nekdanja dijaka in študenta: g. Genc in g. Novak. Tudi na ekskurziji v SPTE Domplan smo srečali kar 4 naše nekdanje dijake.

Najprej smo vstopili v vodoravni tunel kakih 40 m v notranjost hriba. Tam je sobana, kjer se 800 m dolg rov iz jezera do strojnice konča in se začne jekleni zeleni cevovod, ki se spusti do strojnice pod zemljo navpično. Vmes je zasilna zapora cevovoda z večtonsko rdečo utežjo, ki pade dol v primeru nesreče ali izgube napetosti in zavrti v cevi zaporo – zasun, ki zapre dotok vode iz jezera v tlačni cevovod. Rov pada kak meter. Jekleni cevovod pa 60 m.



Slika 1: Zasun v tlačnem cevovodu, ki ga bo utež v padanju obrnila v cevi, da bo zaprl cev  
Potem smo se po stopnicah spustili 60 m nižje, kjer sta muzej in vhod v strojnico. Tik pred vhodom je eksponat francisove turbine.



Slika 2: Francisova VT turbina svetlo modre barve, značilen polž rumene barve, ki vodi vodo iz cevovoda na lopatice turbine. Levo zadaj rdeča stavba muzeja HE, zadaj zeleno mostno dvigalo za dviganje agregata in betonskih pokrovov v 4 agregatnih jaških

V muzeju HE Moste smo si ogledali stare peltonove turbine iz leta 1914, ko so bile HE Moste prva javna elektrarna. Videli smo stikališče in sinhronizator elektrarne na omrežje. Ward Leonardov agregat je bil nekoč namesto tiristorskega usmernika, ki regulira vzbujanje na rotorju SG. Videli pa smo tudi vztrajniško kolo in sklopko povezano z usnjenimi trakovi.



Slika 3: Peltonova turbina za visokotlačne curke (6,5 bara), dva venca lopatic, zgoraj igla in šoba, kjer reguliramo količino curka vode in s tem moč turbine in delovno moč generatorja ( P/f)



Slika 4: Ward Leonardov agregat (spredaj rdeč DC samovzbudni kolektorski zaporedno vezan generator (D1D2 in A1A2 navitji), zadaj modri 3-f sinhronski generator (hidrogenerator)), v izrezu se

vidi stator s 3-f bakrenim navitjem, notri pa veliko polov, saj se rotor vrti s 500 vrtljaji, torej rabimo 6 polovih parov, kar je 12 polovih čevljev. DC generator na rotorju dobi enosmerno napetost, ki pošilja v rotor 3-f SG enosmerni magnetilni tok na rotorsko navitje 3-f SG.

Iz muzeja smo vstopili v strojnico HE. Ta sestoji iz treh etaž: zgornja je komandno-zaščitna etaža, srednja je generatorska etaža in spodnja je turbinska etaža.



Slika 5: Navpična vrteča se gred od generatorja zgoraj, ki se ne vidi. Smo v turbinskem prostoru. To je pokrov Francisove visokotčane turbine (zelene barve). Oranžni del je obroč vodilnika, ki za isti kot premakne 40 vodilniških lopatic in tako odpre pot večji količini vodnega pretoka na lopatice turbine. To je turbinska regulacija, regulacija P/f.



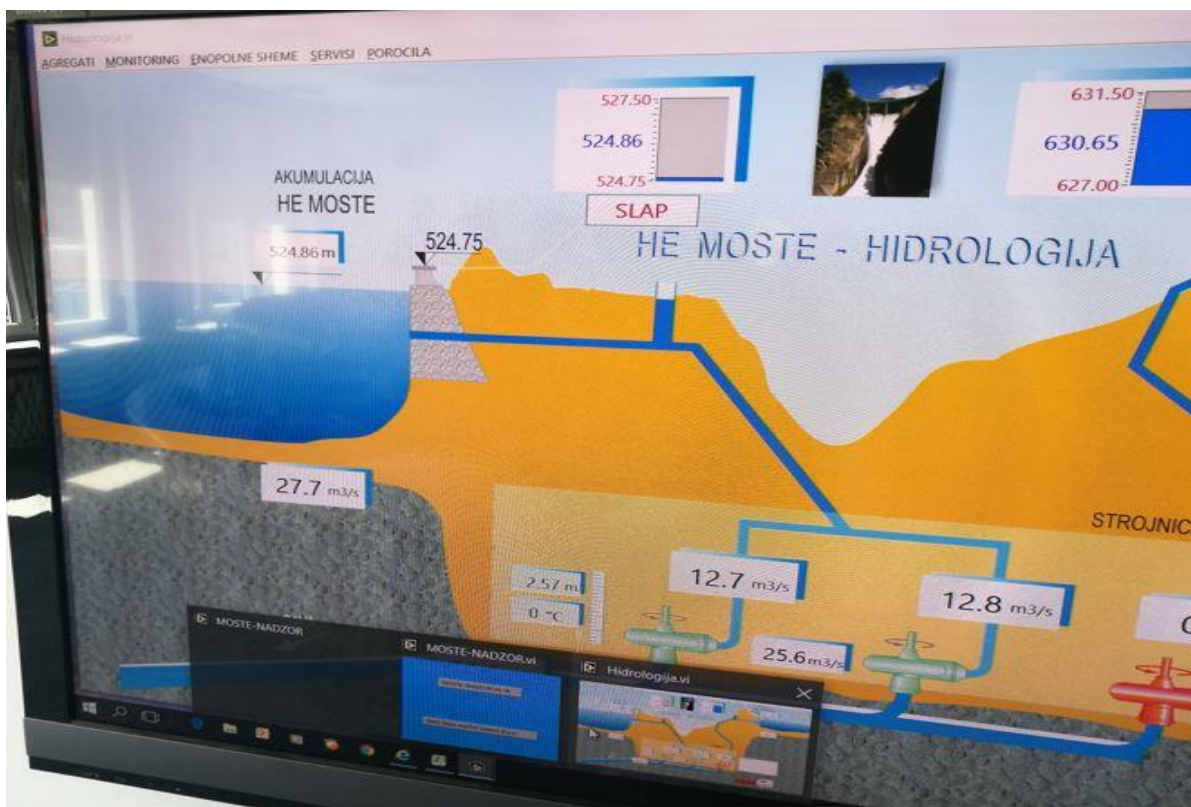
Slika 6: Predturbinska loputa je delovna loputa, s katero vsaj dvakrat na dan zaprejo vodo v turbino. Zasun zgoraj pa je loputa, ki se uporaba samo zasilno. Nahaja se v turbinski etaži.



Slika 7: Generatorska etaža, vodno hlajenje statorja 3-f SG (hidrogeneratorja). Hidrogenerator ima velik radij, veliko polovih čevljev na rotorju in kratek rotor ter majhno moč, tale ima 7,5 MVA. Statorski tokovi so dobrih 1.000 A

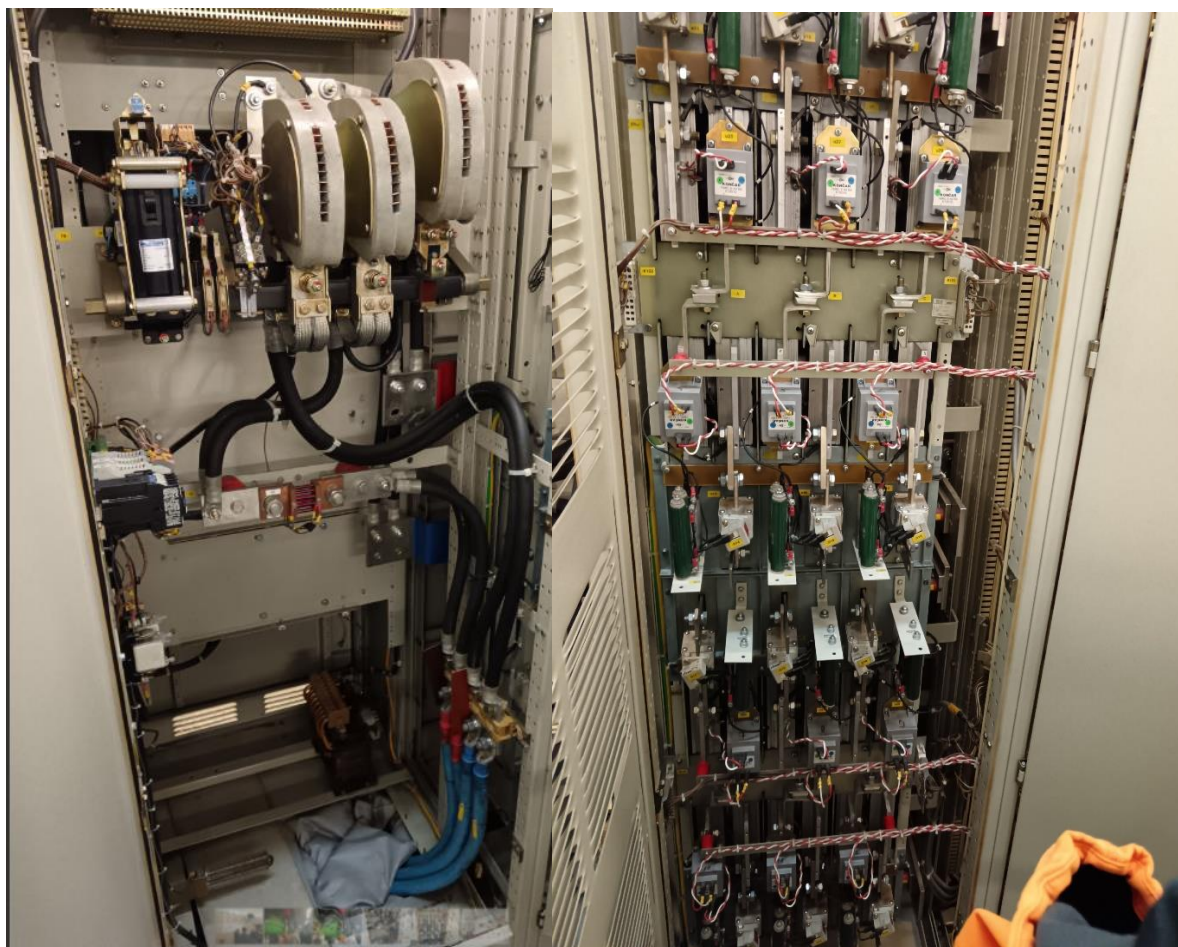


Slika 8: Komandno-zaščitni prostor, kjer imamo omare za krmiljenje elektrarne, vzbujalnike, zaščitne releje. V času konic je I1 malenkost večji od nazivnega I1n, da kompenziramo induktivnost zelo obremenjenih DV. Ponoči, ko so vodi kapacitivni, pa je tok I1 manjši od nazivnega I1n (primarna Q/U regulacija).



Slika 9: V DCV smo si ogledali SCADO in njene različne prikaze. Elektroarno danes ne vodijo več iz

tega DCV, ampak iz DCV v HE Medvodah. Savske elektrarne se drugače večinoma vodijo iz DCV v HE Krško (spodnjėsavska veriga). Vidimo dva agregata, ki dobivata vodo iz akumulacijskega jezera Moste in imata moč 7,5 MVA. En agregat pa dobiva vodo iz akumulacije Završnica in je bil zasnovan kot črpalna elektrarna, ampak zaradi ekologije ne delajo črpalno. Elektrarna deluje konično, razen če imajo viške vode, potem delujejo pasovno ali trapezno.

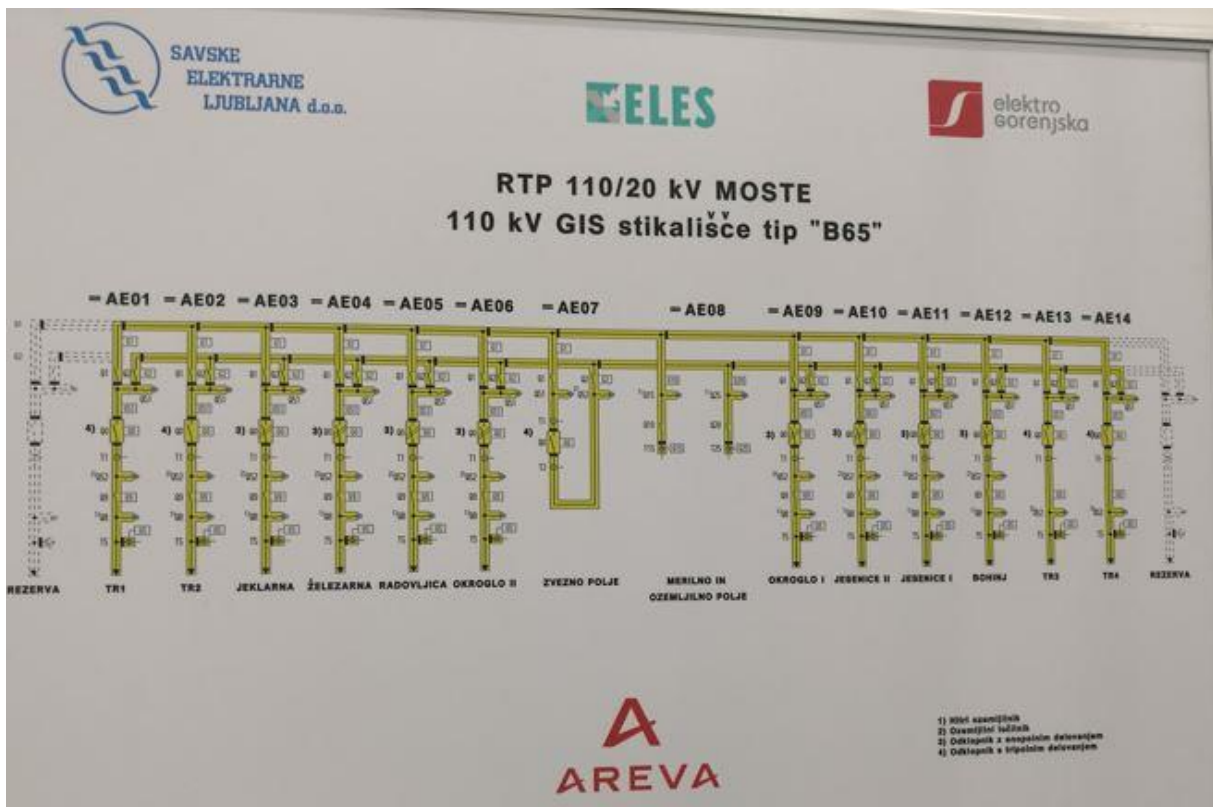


Slika 10: Tiristorski vzbujačnik, ki priskrbi rotorskemu navitju 3-f SG enosmerni vzbujačni tok, s katerim lahko reguliramo napetost omrežja in vrsto (induktivna ali kapacitivna) in količino jalove energije

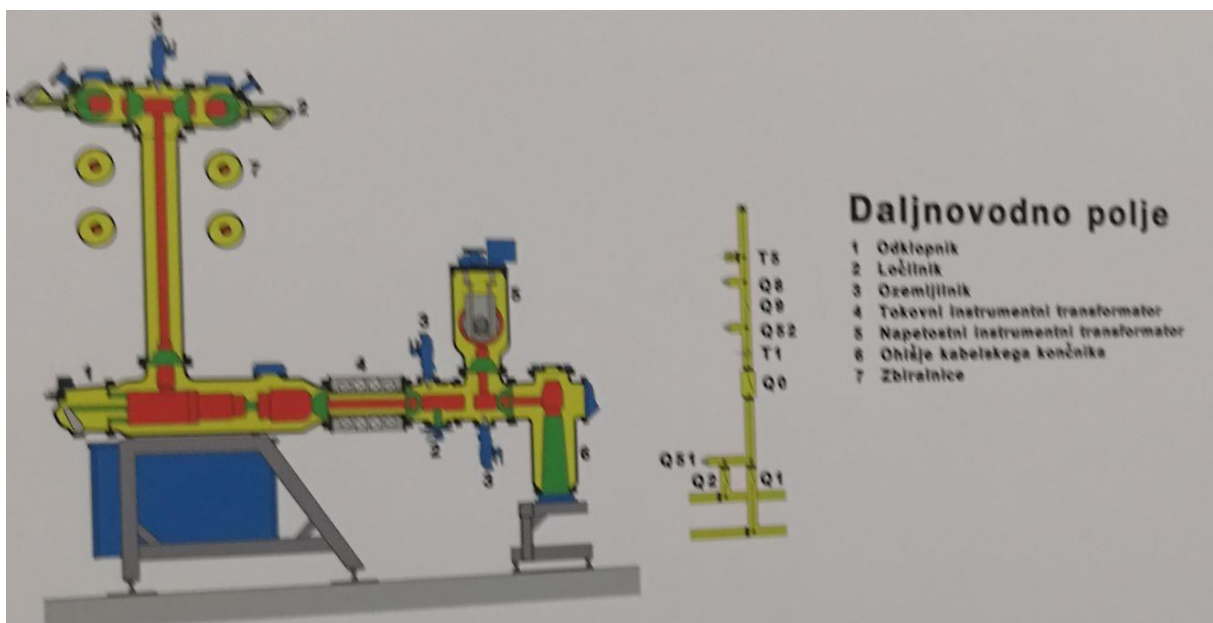




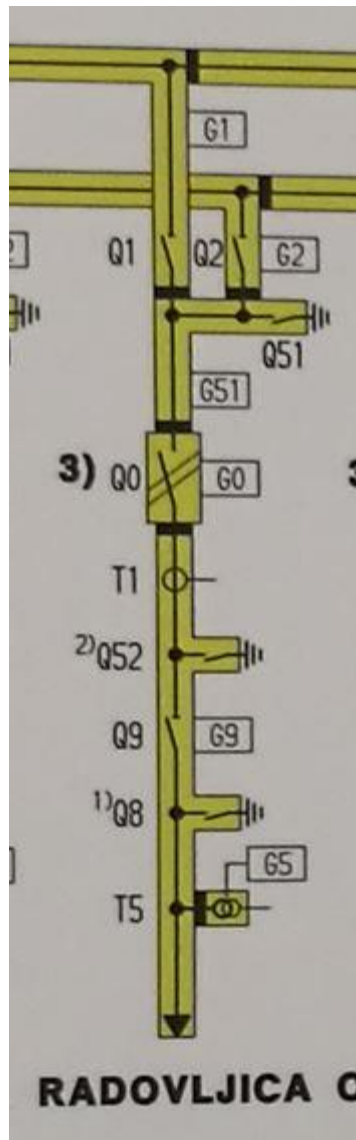
Slika 11: V RTP Moste imamo 4 energetske transformatorje. Dva (zaradi redundance oz. n-1 kriterija) sta blok transformatorja, ki dvigneta napetost generatorjev 6,3 kV na 110 kV mrežo. Dva pa sta mrežna TR, ki spustita 110 kV napetost na SN nivo 20 kV. Te SN moči distributer vodi do okoliških krajev in podjetij. Transformatorji imajo moči 25 MVA in vezno skupino YNyn0. TR 110/ 20 kV sta regulacijska, saj z 8 odcepi navzgor in 8 odcepi navzdol lahko reguliramo primarno in s tem tudi sekundarno napetost 20 kV omrežja.



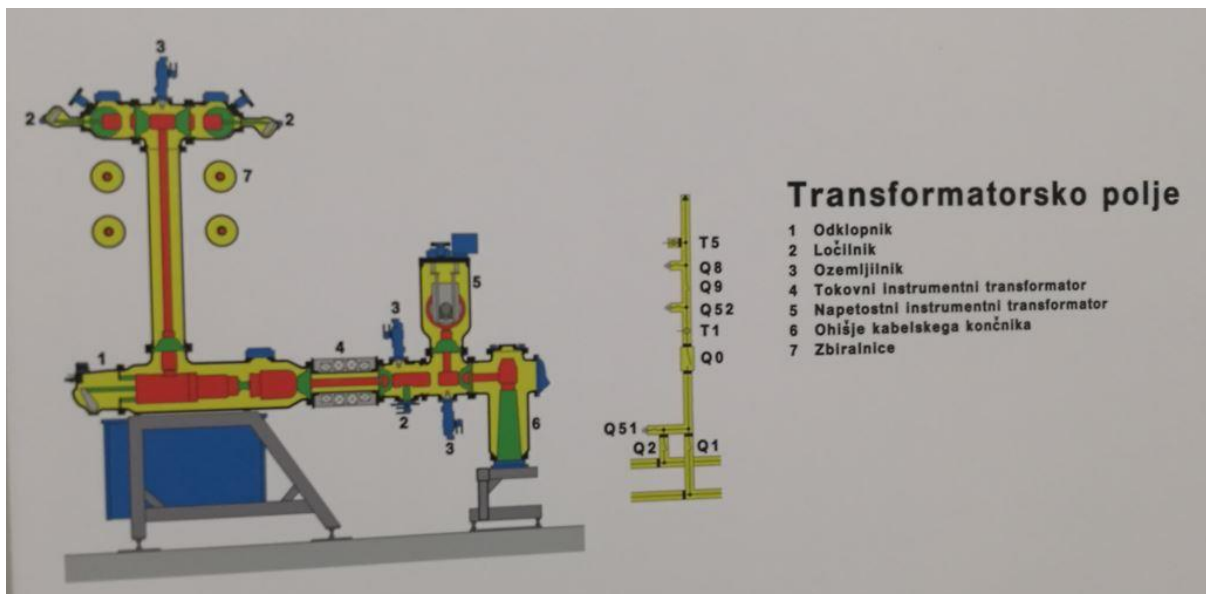
Slika 12: 110 kV ali VN stikališče ima 14 VN stikalnih polj. 8 polj je daljnovodnih, prvi dve in zadnji dva sta transformatorski. Srednji dve polji sta stikalno polje in merilno polje. Izvedba stikališča je GIS, torej plinsko polnjeno stikališče s plinom SF6 pod 5 bari.



Slika 13: Daljnovodno stikalno polje, prečni prerez GIS izvedbe.



Slika 14: 1-p električna shema DV polja Radovljica: dva glavna sistema 110 kV zbiralk G1 in G2, zbiralčna ločilnika Q1 in Q2, ozemljitveni ločilnik Q51, DV odklopnik Q0, tokovnik T1, ozemljilno stikalo Q52, DV ločilnik Q9, ozemljitveni ločilnik daljnovođa Q8, napetostnik T5. Puščica je 110 kV kabel in nato daljnovod. Na sliki so lepo vidne debele črne membrane in komore med njimi, rumene barve, polnjene s plinom.



Slika 15: Transformatorsko 110 kV stikalno polje, prečni prerez GIS izvedbe.



Slika 16: V pritličju RTP objekta je 110 kV stikališče GIS (Gas Insulated Switchgear). Rumeni trakovi so membrane, ki omejujejo komore, cevovodi so iz inoxa, notri je plin SF6 in glavni elementi stikališča. Med membranami so komore. Glavna prednost tega stikališča je visoka obratovalna varnost in skoraj nič vzdrževanja ter dolga življenjska doba.



Slika 17: V prvem nadstropju objekta je SN stikališče iz tipskih, oklopljenih, SN stikalnih celic, v katerih je izolator plin SF6



Slika 18: V kleti RTP objekta je kabelski prostor s skobami, ki pritrjujejo kable. Najdebelejši so 1-žilni VN kabli 110 kV, manj izolacije imajo so 1-žilni kabli 20 kV in nato 1-žilni kabli 6,3 kV.

Zapisal in fotografiral sem predavatelj in organizator strokovne ekskurzije R. Šifrer, uni. dipl. inž. el.