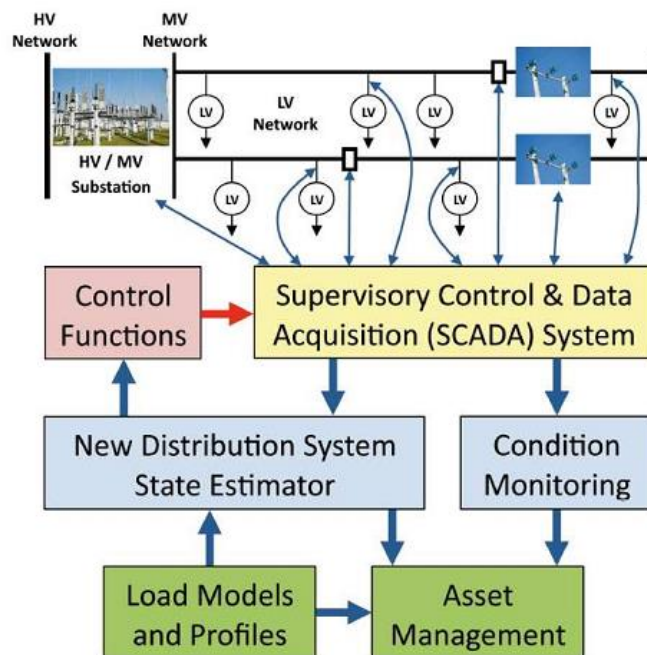


## **Projekt HiPerDNO - Platforma za hitro računanje in ocenjevalnik stanj za potrebe distribucijskih podjetij**

V marcu letošnjega leta se je uspešno zaključil mednarodni projekt HiPerDNO. Projekt HiPerDNO je bil mednarodni projekt znotraj Sedmega okvirnega programa Evropske Unije za raziskave in tehnološki razvoj. Skupni proračun programa (7. OP) je 50 milijard evrov in traja sedem let, od 2007 do 2013. Projekt HiPerDNO je trajal od 1. februarja 2010 do 1. februarja 2013.

Namen projekta HiPerDNO je bil razvoj modernega sistema za upravljanje distribucijskega omrežja. Osnovno vodilo pri razvoju je bila izdelava sistema, ki bo sposoben obdelovati podatke v realnem času. Na mednarodnem projektu so sodelovali strokovnjaki iz različnih strokovnih področij. Področje informatike so pokrivali Univerza Oxford (Velika Britanija), IBM Haifa (Izrael), GTD (Španija) in INDRA (Španija). Področje energetike so pokrivali: Univerza Brunel (Velika Britanija), EDF Francija, Fraunhofer IWES (Nemčija) in KORONA (Slovenija). S področja distribucije električne energije so sodelovala tri podjetja: UK Power Network (pokriva južni del Anglije in velik del Londona), UnionFenosa (pokriva Madrid in dele Španije), ter Elektro Gorenjska.

Slika 1 prikazuje osnovno arhitekturo novega DMS (distribution management system) sistema. Podatki in meritve iz distribucijskega sistema se zbirajo v SCADA sistemu. Ti podatki in meritve prihajajo v SCADA sistem v realnem času, in odražajo sliko omrežja v določenem trenutku. Podatki se v energetske omrežju zajemajo le na določenih merilnih točkah. O stanju na neopazovanih točkah omrežja pa lahko samo ugibamo. Eden od ciljev projekta HiPerDNO je razvoj ocenjevalnika stanj. Ocenjevalnik stanj je računalniški program, ki na podlagi omejenega števila merilnih točk in topologije omrežja skoraj v realnem času izračuna stanja v celotnem omrežju. Izračunane vrednosti stanj v omrežju se posredujejo orodjem za vodenje in upravljanje z energetske sistemom, ki preko svojih kontrolnih mehanizmov lahko vplivajo na opremo v omrežju ( stikala, regulatorji napetosti, razsmerniki za fotovoltaične elektrarne)



**Slika 1:** Arhitektura novega DMS sistema

Za zagotovitev ustrezne točnosti ocenjevanja, smo na projektu HiPerDNO analizirali različne matematične algoritme za izračun stanj v omrežju.

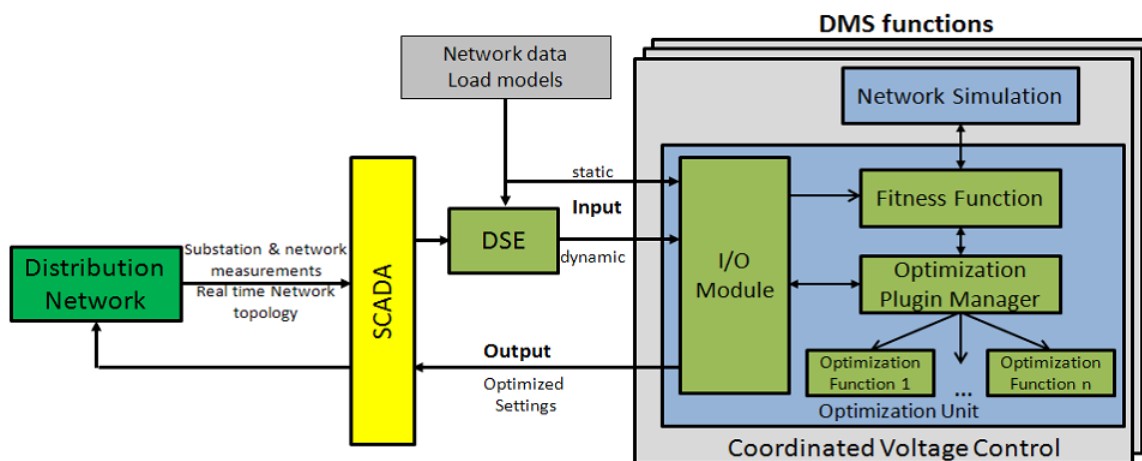
Kot je bilo že omenjeno je na projektu sodelovalo več partnerjev, ki so prispevali svoj delež h končnemu izdelku.

- Elektro Gorenjska je zbrala in pripravila podatke na testnih izvodih. Izbrano je bilo 5 izvodov na področju RTP Primskovo in sicer trije izvodi, ki napajajo mestno okolje in dva izvoda, ki napajata podeželje. Na koncu pa je bila naša naloga tudi preizkusiti razvit sistem.
- KORONA je zbrane podatke pretvorila v enoten model, ki je vsem partnerjem omogočal uporabo le teh.
- Univerza Oxford je razvila HPC platformo za hitro računanje.
- EDF iz Francije in univerza Brunel sta razvila ocenjevalnik stanj, ki je deloval na HPC platformi.
- Inštitut IWES Fraunhofer iz Nemčije je razvil nov pristop k regulaciji napetosti, ki temelji na uporabi vseh prej razvitih sistemov.

Zaradi lažje predstave bo v nadaljevanju opisan primer napetostne regulacije na testnem okolju RTP Primskovo. Podan bo tudi kratek opis posameznih komponent sistema. Podatki iz omrežja se prenesejo v aplikacijo Data Warehouse (Korona) in se nato posredujejo aplikaciji za regulacijo napetosti, ki uporablja ocenjevalnik stanj in HPC platformo. Testno okolje za napetostno regulacijo sta sestavljala dva izvoda iz RTP Primskovo in sicer Šenčur in Cerklje-Krvavec.

Podatki iz obstoječih merilnih in nadzornih sistemov (DCV – SCADA, AMI, obratovalne meritve) so bili preko skladišča podatkov (data warehouse) na voljo novi DMS aplikaciji za regulacijo napetosti. Tradicionalni regulatorji napetosti na transformatorju merijo izhodno napetost na transformatorju in ob določenih odstopanjih ustrezno spremenijo položaj regulacijskega stikala. Sodobna energetska omrežja imajo vgrajene distribuirane generatorje (predvsem sončne elektrarne), ki povzročajo drugačno porazdelitev napetosti vzdolž izvoda. Nov pristop k napetostni regulaciji, pa za nastavitve regulacijskega stikala uporablja podatke o napetostih na celotnem izvodu.

Splošno shemo regulacijskega sistema prikazuje slika 2. Med obratovanjem energetskega omrežja, se v podatkovnem skladišču zbirajo meritve vzdolž izvoda. Ocenjevalnik stanj skoraj v realnem času izračuna trenutno stanje celotnega omrežja ( vrednosti napetosti in pretoke moči). Izračun stanja omrežja se izvaja na polagi dinamičnih izmerjenih podatkov, kot tudi statičnih podatkov o topologiji omrežja. Ocenjene vrednosti so izvor podatkov za različne DMS funkcije. V našem primeru je to koordinirana napetostna regulacija. V primeru, da izračunana napetost v katerikoli točki omrežja odstopa od nastavljenih vrednosti, napetostno regulacijski algoritem izračuna ustrezne nastavitve regulacijskega stikala na transformatorju. Pri tem velja poudariti, da napetostno regulacijski algoritem lahko nastavlja tudi ostale regulacijske točke, kot so naprimer inverterji sončnih elektrarn. Ta opcija je mogoča v nemških energetskih omrežjih, v Sloveniji smo omejeni zgolj na regulacijsko stikalo na transformatorju.

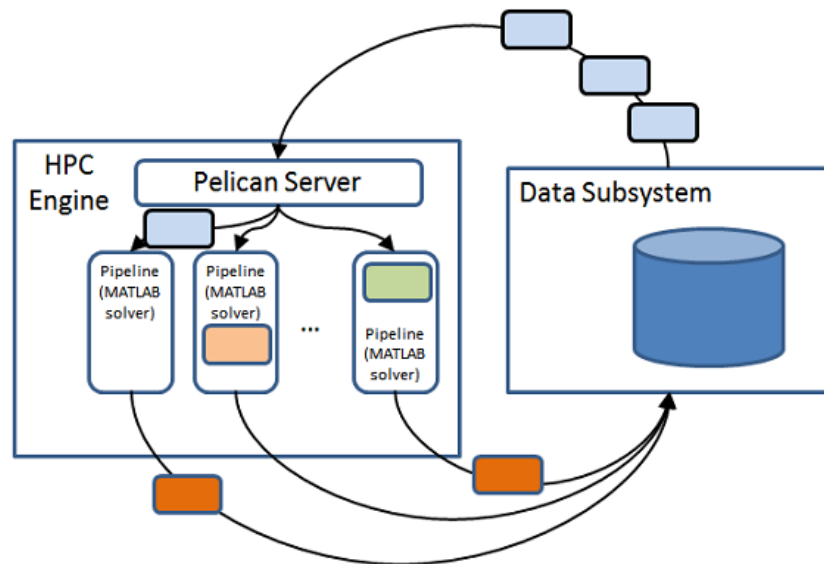


**Slika 2:** Koordinirana napetostna regulacija

Kot je bilo že omenjeno, za zadostno količino podatkov o stanju energetskega omrežja skrbi ocenjevalnik stanj DSE. V našem primeru je bil uporabljen ocenjevalnik stanj razvit v razvojnem laboratoriju EDF iz Francije. Potrebni so PQV senzorji, ki merijo delovno moč, jalovo moč in napetost. V primeru večjega števila PQV senzorjev se omrežje razdeli na več con. Pri tem je pogoj ta, da se na začetku vsake cone nahaja PQV senzor. Večje število senzorjev, posledično pomeni manjšo napako ocenjenih vrednosti. Študija, ki jo je opravil francoski EDF, je pokazala optimalno število in postavitev senzorjev v omrežju.

Za izvedbo vzporednega izračunavanja so raziskovalci univerze v Oxfordu razvili HPC platformo, ki omogoča hitro računanje. Platforma Pelikan je bila prvič uporabljena v radijski astronomiji, kjer se

zahteva obdelava ekstremno velikih količin podatkov, vendar ne v realnem času. Področje elektroenergetike ima svoje značilnosti, tako, da je bilo potrebno platformo Pelican prilagoditi specifikam energetskega omrežja, kjer se podatki stalno zajemajo in se omrežje krmili v realnem času. Slika 3 prikazuje osnovno zgradbo Pelican platforme, kjer se podatki vsake cone obdelujejo v svojem cevovodu (pipeline). Po opravljenih izračunih se rezultati pošljejo v podatkovni podsistem (data subsystem).



**Slika 3:** Zgradba HPC platforme za hitro računanje

### **Preizkus algoritma za napetostno regulacijo.**

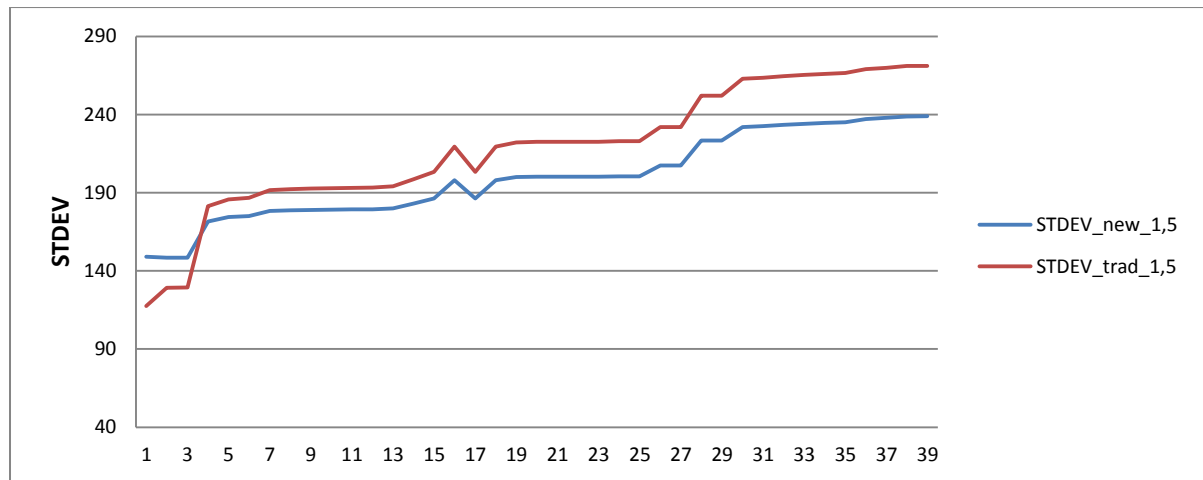
Razvito platformo smo preizkusili z realnimi podatki iz našega omrežja. Za testiranje smo uporabili omrežje in meritve električnih veličin v februarju 2012. Testiranje je bilo razdeljeno v dve področji. V prvem sklopu testov smo preizkušali delovanje koordinirane napetostne regulacije. Drugo testno področje pa je obsegalo testiranje vpliva okvarjenih senzorjev.

### **Koordinirana napetostna regulacija**

V prvem testnem scenariju smo algoritem za regulacijo napetosti nastavili v tradicionalen režim delovanja. Namen tega testa je bila verifikacija algoritma. Rezultati analize testov so pokazali, da nov algoritem deluje zadovoljivo. Povprečna napaka je znašala od 0,5% do 0,64%. V naslednjih testnih scenarijih smo preizkušali vpliv različnih parametrov omrežja, na učinkovitost regulacije. Spreminjali smo dopustne meje nihanja napetosti, obremenitve izvodov in proizvodnjo distribuiranih generatorjev.

Rezultati predstavljenih testov so pokazali, da z uporabo novega pristopa k napetostni regulaciji dosežemo manjša odstopanja napetosti ne transformatorskih postajah. Prednost nove aplikacije se pokaže v primeru dolgih izvodov, povečanega odjema in povečane proizvodnje distribuiranih virov. V

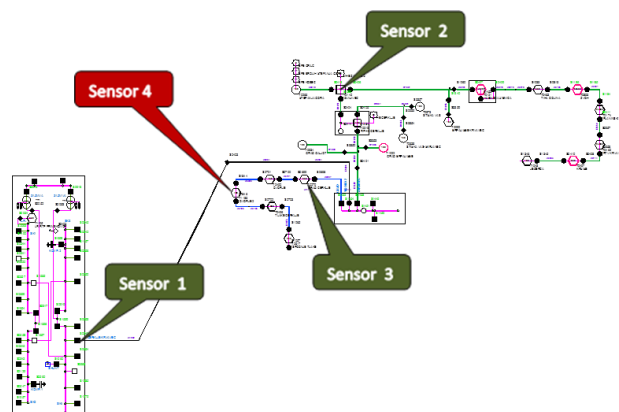
primerjavi s klasičnim pristopom k napetostni regulaciji se poveča število preklopov regulacijskega stikala. Slika 4 prikazuje rezultate enega od testov.



**Slika 4:** deviacija napetosti vzdolž izvoda Cerklje-Krvavec v primeru povečane porabe. Rdeča črta predstavlja klasični regulator napetosti, modra pa nov pristop k napetostni regulaciji.

### Vpliv okvarjenih senzorjev

V tem sklopu testov smo poskušali ugotoviti ali se aplikacijo ocenjevalnika stanj lahko uporabi za identifikacijo okvarjenih senzorjev. Na testnem področju smo izbrali 4 senzorje (merilnike kvalitete). Sliko testnega področja prikazuje slika 5. Meritve na enem od senzorjev (senzor 4) smo namenoma pokvarili in tako dobili okvarjeni senzor. Stopnja okvarjenosti se je gibala od -15% do +15%. Ocenjevalnik stanj je izračunaval stanja omrežja z različnim številom vključenih senzorjev. Potrditi smo hoteli predpostavko, da bo napaka izračuna najmanjša v primeru ko v izračunu ne bo vključenega okvarjenega sensorja. Testi so potrdili to predpostavko. V primeru, ko v izračunu ni bil upoštevan okvarjen senzor v TP T1168 Dvorje 2, je primerjava ocenjenih vrednosti, ki jih je izračunal ocenjevalnik stanj in izmerjenih vrednosti pokazala, da je napaka na ostalih senzorjih najmanjša. Napaka na okvarjenem senzorju pa največja.



**Slika 5:** Shema testnega področja

## Zaključek

V okviru projekta smo se seznanili z uglednimi mednarodnimi institucijami. Dobili smo vpogled v njihova znanja ter njihovo tehnološko razvitost. Lahko potrdimo, da je Elektro Gorenjska v večini najmanj primerljivo, če ne celo bolj razvito v primerjavi z ostalimi partnerji s področja distribucije električne energije udeleženi v projektu. V januarju leta 2011, je Elektro Gorenjska tudi gostila ostale partnerje. Predstavili smo jim podjetje ter si skupaj ogledali center vodenja. Nad ogledom so bili navdušeni.

Posebej je bil s strani evropske komisije pohvaljen tudi eden izmed izdelanih dokumentov in sicer *D4.3.4 Specification of future ICT system for small-scale DNO*, kot izvrsten primer celovitega pogleda na razvoj informacijske in komunikacijske tehnologije v podjetju za distribucijo električne energije.

Pridobljeni kontakti v projektu so omogočili med drugim tudi možnost, da ravno sedaj sodelujemo z EDF Francija na področju izdelave CIM modela omrežja ter o možnih spremembah standardizacije na tem področju.

V podjetju si želimo več takih projektov, ker si s tem širimo znanje, pridobimo kontakte ter mogoče tudi v manjši meri vplivamo na razvoj novih tehnologij za zagotavljanje kakovostne oskrbe z električno energijo.