

KONPRO 2 – Razvoj nove generacije uređaja numeričke zaštite

Rafaela Beus¹, Anthea Štor², Igor Kuzle³, Marko Bišćan⁴, Blaženka Brkljač⁵

¹ Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, rafaela.beus@fer.hr

² Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, anthea.stor@fer.hr

³ član suradnik HATZ-a u Odjelu energijskih sustava,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, igor.kuzle@fer.hr

⁴ Končar - Elektronika i informatika d.d., mbiscan@koncar-inem.hr

⁵ Končar - Elektronika i informatika d.d., bbrkljac@koncar-inem.hr

Sažetak: U radu je predstavljen istraživačko-razvojni projekt (engl. *Industrial Research and Innovation - IRI*) novog sustava zaštite, mjerenja i upravljanja za primjenu u elektroenergetskom sustavu (EES). Sustav zaštite, mjerenja i upravljanja koristi nove funkcionalnosti - kako zaštitne tako i komunikacijske, poboljšale su se i objedinile postojeće funkcionalnosti, te znatno proširilo područje primjene. Projekt je dio cjelokupnog razvoja nove platforme naprednih mikroprocesorskih ugradbenih sustava (engl. *Embedded Systems*) za regulaciju, zaštitu i upravljanje u EES-u. Nova platforma temelji se na distribuiranim modularnim funkcijama (hardverskim i softverskim) koje se komunikacijski povezuju u cjeloviti napredni sustav. Tehničko-ekonomska opravdanost projekta povećava se jer se na istoj platformi, kao izvedenice, kasnije mogu realizirati i drugi slični uređaji za regulaciju i upravljanje procesima u elektroenergetici.

Ključne riječi: numerički zaštitni relej, algoritmi zaštite EES-a, komunikacijski protokoli, Konpro 2, IRI projekt

1. Uvod

Svrha elektroenergetskog sustava (EES) je proizvodnja i opskrba krajnjih korisnika električnom energijom. Sustav treba biti projektiran tako da se opskrba električne energije odvija na pouzdan i siguran način. Učestali kvarovi koji dovode do nestanka

napajanja rezultiraju poremećajima normalne rutine modernog društva koje zahtjeva povećanu pouzdanost i sigurnost opskrbe električnom energijom. Sustavi relejne zaštite dio su sekundarne opreme elektroenergetskog sustava i osnovna im je funkcija isključivanje dijelova elektroenergetskog sustava koji su u kvaru, zaštita ljudi i primarne opreme kako ne bi došlo do njenog oštećenja, odnosno do dugotrajnih prekida u opskrbi električnom energijom. Isključenjem nastalog kvara omogućava se nesmetano napajanje preostalim dijelom mreže. Pod primarnom opremom podrazumijevaju se generatori, transformatori, prekidači, vodovi (dalekovodi) itd.

Dva su temeljna zahtjeva na rad sustava zaštite. Jedan je dovoljna osjetljivost da bi se kvar detektirao, a drugi je brzina djelovanja kako bi se izbjegle posljedice negativnog djelovanja kvara. Uz to, sustavi relejne zaštite i upravljanja čine temelj za vođenje elektroenergetskog sustava.

Prilikom pojave kvara u dijelu mreže elektroenergetskog sustava, svi elementi sustava (gdje god se djelovanje kvara rasprostire) izloženi su povećanim opterećenjima i naprezanjima, kako mehaničkim tako i termalnim (posebice u slučaju nesimetričnih kvarova). Zaštita primarne opreme mora uključivati praćenje ne samo kvarom pogođene dijelove mreže, nego i sve druge okolne elemente mreže. Mnogi elementi elektroenergetskog sustava su iznimno skupi te predstavljaju veliku kapitalnu investiciju. U cilju maksimizacije povrata investicije sustav se mora čim više koristiti unutar dozvoljenih ograničenja na sigurnost i pouzdanost opskrbe. Osim toga, elektroenergetski sustav treba u svakom trenutku funkcionirati na siguran način. Bez obzira koliko dobro sustav bio projektiran do kvarova u elektroenergetskom sustavu koji će predstavljati rizik za život i imovinu će uvijek dolaziti. Iako su pojedini elementi mreže dosta udaljeni od mjesta kvara, velike struje kvara mogu izazvati oštećenja elektroenergetskih postrojenja ako traju više od nekoliko sekundi. Stoga, postojanje odgovarajuće zaštite koja će otkriti i odvojiti dijelove, odnosno elemente, elektroenergetskog sustava u kvaru je veoma bitan dio u projektiranju sustava.

Istraživačko-razvojni projekt KONPRO 2 ujedinio je istraživače iz gospodarstva (tvrtka Končar – Elektroinka i informatika d.d.; skraćeno Končar-INEM) s istraživačima iz akademije (Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva; skraćeno FER). Radi se o dva regionalno i europski prepoznatljiva entiteta koji njeguju višegodišnju suradnju koja je rezultirala brojnim inovativnim proizvodima i tehnološkim rješenjima kao i velikim brojem objavljenih publikacija. Pri tome je važno napomenuti da je prijenos znanja u ovom slučaju dvosmjernan i na obostranu korist, sveučilište omogućava industriji uvid u najnovija tehnološka rješenja i trendove u svijetu, a za uzvrat dobiva mnoštvo praktičnih znanja koja olakšavaju fokusiranje na daljnja primjenjena istraživanja.

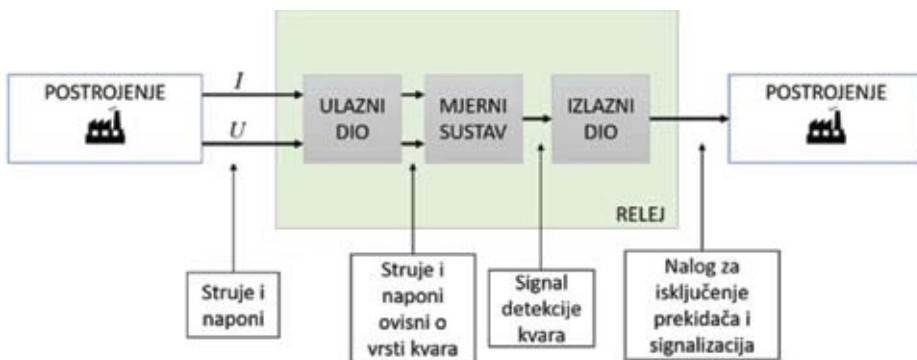
Rad je organiziran na sljedeći način. Poglavlje 2 opisuje zaštitnu opremu, definira sastavne dijelove zaštitne opreme te pruža opću strukturu numeričkih zaštitnih uređaja

dok su specifikacije numeričkog zaštitnog uređaja nove generacije KONPRO 2, razvijenog u okviru predmetnog IRI projekta, opisane u poglavlju 3. Podnaslovi poglavlja 3 detaljno opisuju algoritme zaštite, strukturu programske podrške numeričkih uređaja te kućište uređaja. Komunikacijske mogućnosti KONPRO 2 kao i komunikacijska sučelja i protokoli opisani su u poglavlju 4.

2. Zaštitna oprema

Osnovni zadatak zaštite je otkrivanje i odstranjivanje poremećaja u EES-u. Poremećaj može biti kvar ili smetnja. Kvar predstavlja značajnija odstupanja od normalnih pogonskih prilika koja izazivaju oštećenja opreme, dok smetnja predstavlja odstupanje od normalnih pogonskih prilika koja kratkotrajno ne izaziva oštećenja, ali dugotrajne smetnje mogu izazvati oštećenja. Definicije koje slijede općenito se koriste u vezi sa zaštitom elektroenergetskog sustava [1]:

- Zaštitni sustav je skup zaštitne opreme i drugih uređaja od kojih se zahtjeva da ostvare specificiranu funkciju zasnovanu na principu zaštite (prema normi IEC 60255-20).
- Zaštitna oprema je skup zaštitnih (releji i osigurači), isključnih uređaja (prekidači i sklopnici) te mjernih uređaja poput naponskih i strujnih mjernih transformatora te različitih osjetnika (senzora) a danas se sve više koriste i sinkronizirani mjerni uređaji (engl. *Phasor Measurement Unit – PMU*) posebice za realizaciju posebnih zaštitnih shema (engl. *Special Protection Schemes – SPS*) [2],[3].
- Zaštitna shema je skup zaštitne opreme koja pruža definiranu funkciju i uključuje svu opremu potrebnu da osigura ispravan rad zaštitne sheme.



Slika 1: Sastavni dijelovi zaštitnih uređaja [4]

U cilju ispunjavanja zahtjeva na zaštitu s optimalnom brzinom za različite konfiguracije mreže te pogonske uvjete potrebno je razviti različite tipove releja koji djeluju na različite veličine u EES-u. Zaštitni uređaji mjere sljedeće električne veličine:

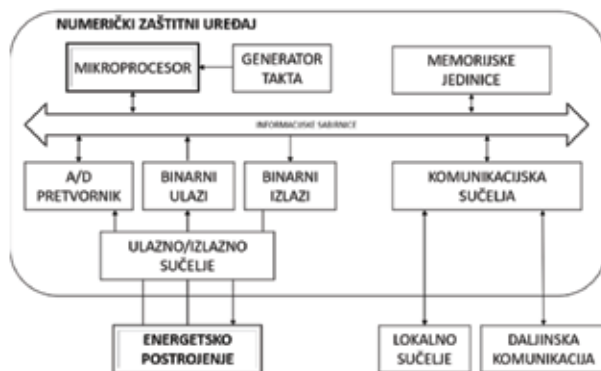
struja, napon, snaga, impedancija, frekvencija te neelektrične veličine: temperatura, tlak, brzina strujanja, brzina vrtnje, itd. Uobičajni sastavni dijelovi zaštitnog uređaja prikazani su na **Slika 1** gdje se primjerice promatraju amplitude napona i struje kvara što može biti dovoljno u jednim sustavima dok mjerenje snage i impedancije može biti potrebno u drugim sustavima. Releji često mjere i složene veličine u EES-u koje se jedino mogu izraziti matematički ili grafički.

Releji se dijele prema tehnologiji koja se koristi na:

- Elektromehaničke,
- Statičke,
- Digitalne i
- Numeričke.

Različiti tipovi releja imaju različite mogućnosti u ovisnosti o ograničenjima tehnologije koju koriste. Unazad par godina relejna tehnologija se uveliko promijenila. Elektromehanički releji u svim svojim oblicima su zamijenjeni statičkim, digitalnim i konačno numeričkim relejima. Svaka promjena u generaciji releja dovela je do smanjenja veličine uređaja i značajnog unapređenja funkcionalnosti. Nadalje, promjena generacija releja dovela je kako do povećanja pouzdanosti tako i do proširenja područja primjene.

Numerički releji koriste jedan ili više digitalnih procesora za obradu signala (engl. *Digital Signal Processors - DSP*) koji su optimizirani za obradu signala u stvarnom vremenu te izvođenje matematičkih algoritama za zaštitne funkcije. Daljnje smanjenje u troškovima i veličini mikroprocesora, memorije te ulazno/izlaznih krugova dovelo je do toga da se jedan numerički relej može koristiti za različite funkcije. Za brzu obradu signala u stvarnom vremenu te detaljniju analizu valnih oblika može se koristiti i više procesora koji rade paralelno. Mnogo funkcija koje su se prije implementirale u različitim uređajima sada mogu biti sadržane u istom uređaju.



Slika 2: Struktura numeričkog zaštitnog uređaja

Tipična hardverska struktura numeričkog zaštitnog uređaja prikazana je na **Slika 2**. Sa slike je vidljivo da se arhitektura sastoji od jednog ili više procesora, memorijske jedinice, digitalnih i analognih ulaza/izlaza, komunikacijskog sučelja te jedinice za napajanje. U slučaju korištenja više procesora jedan od procesora je zadužen za upravljanje ulazno/izlaznom jedinicom, grafičkim sučeljem te bilo kojom drugom pridruženom logikom dok se ostali procesori koriste za izvođenje različitih zaštitnih algoritama.

Osim navedenog, sinkronizirani mjerni uređaji [2],[3] korištenjem GPS prijavnika pridjeljuju i vremensku oznaku (točno astronomsko vrijeme), prilikom A/D pretvorbe svakom izmjerenom podatku što olakšava naknadnu analizu kvara i njegovih posljedica na EES.

Interna komunikacijska sabirnica povezuje hardverske komponente te stoga predstavlja kritičnu komponentu u dizajnu numeričkog releja. Komunikacija internom sabirnicom mora se odvijati velikim brzinama koristeći niskonaponske signale. Posebni zahtjevi postavljaju se na sprečavanje elektromagnetskih smetnji prisutnih u elektroenergetskim postrojenjima koje bi mogle utjecati na kvalitetu komunikacije.

3. Specifikacije numeričkog zaštitnog releja nove generacije

KONČAR INEM je sa svojim sustavima zaštite, mjerenja i upravljanja u elektroenergetskim sustavima prisutan 40-ak godina na domaćem i svjetskom tržištu te konstantno prati i analizira sve promjene na tom tržišnom segmentu. Dosadašnje proizvode na polju sustava relejne zaštite, KONČAR INEM razvio je vlastitim kapacitetima i u potpunosti je vlasnik intelektualnih prava na ugrađene algoritme. Riječ je o seriji PRIL 2000 i o seriji KONPRO. Numerički zaštitni uređaj nove generacije KONPRO 2 logičan je slijed razvojnih i tržišnih aktivnosti KONČAR INEM-a.

Funkcije zaštite, nadzora, upravljanja i mjerenja biti će integrirane u jedinstvenom numeričkom zaštitnom releju nove generacije KONPRO 2 koji će biti pogodan za primjenu u transformatorskim stanicama, elektranama, industrijskim srednjonaponskim (SN) objektima te u sustavima upravljanja.

Numerički zaštitni relej nove generacije KONPRO 2 bit će primjenjiv za:

- zaštitu vodova,
- motorsku zaštitu,
- upravljanje sklopnim aparatima,
- transformatorsku zaštitu,

- zaštitu polja kompenzacije i
- zaštitu generatora.

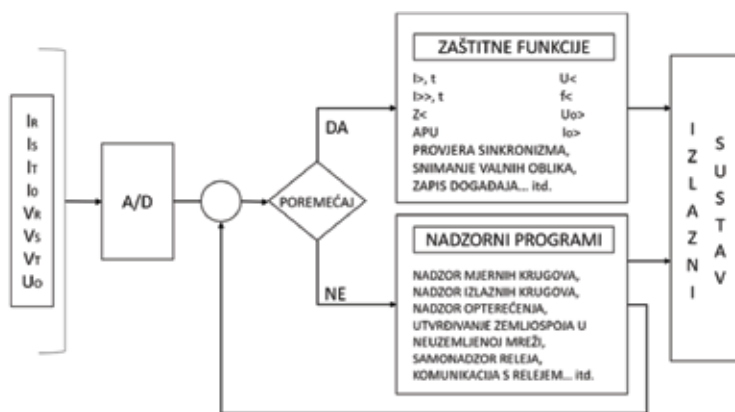
Važno je istaknuti kako će relej KONPRO 2 imati odvojene procesne kapacitete za zaštitne i komunikacijske funkcije, odnosno zasebni procesor za izvođenje algoritama zaštite i zasebni procesor za višestruku paralelnu komunikaciju.

3.1 Algoritmi zaštite EES-a

Algoritmi zaštite numeričkog zaštitnog releja nove generacije KONPRO 2 temeljit će se na obradi analognih mjerenja, na djelovanju iniciranom digitalnim veličinama te komunikacijskim kanalima. Većina zaštitnih funkcija zasniva se na mjerenju i obradi strujnih i naponskih veličina. Stoga, numerički zaštitni relej treba omogućiti mjerni sustav analognih veličina u širokom rasponu vrijednosti.

Raspon strujnih vrijednosti je od $0.001 A$ do $100 A$ ($1/5 A$), a kada je riječ o naponima taj raspon je od $1 V$ do $400 V$. Navedeni rasponi ne trebaju nužno biti ostvareni u jedinstvenom ulaznom krugu, oni se mogu postići s više varijanti ulaznog mjernog kruga. Sve zaštitne funkcije temeljene na mjerenju i obradi strujnih i naponskih veličina te digitalnim ulazima i komunikacijskim uvjetima trebaju se provoditi s najmanje 20 uzoraka po periodi ($1 kHz$). Uzorkovanje strujnih i naponskih veličina treba biti s najmanje 128 uzoraka po periodi za potrebe registratora poremećaja i mjerenja [5].

Sve zaštitne funkcije numeričkih zaštitnih releja definirane su preko programske podrške čija je struktura prikazana na **Slika 3** u obliku pseudo koda. Prikazanom strukturom programske podrške omogućeno je izvođenje više različitih zaštitnih funkcija koje je ovisno o početnom parametriranju releja. Prednost digitalne tehnologije, s primjenom u numeričkim relejima, je u tome što je ožičenje značajno smanjeno zbog činjenice da je funkcionalnost definirana programskom podrškom.



Slika 3: Struktura programske podrške numeričkog releja [4]

Kao što se može vidjeti na **Slika 3**, numerički relej trajno mjeri i nadzire određene električne veličine postrojenja (mogu biti i neelektrične) te u slučaju unaprijed određene vrijednosti izaziva unaprijed definirano djelovanje u jednom ili više komandnih, odnosno signalnih strujnih krugova. Također, relej ima mogućnost samonadzora, nadzor izlaznih krugova, nadzor mjernih krugova, nadzor opterećenja itd. Nova generacija numeričkih uređaja KONPRO 2 imat će visok stupanj programibilnosti izveden pomoću programske matrice što će omogućiti jednostavno povezivanje signala s binarnim ulazima i relejnim izlazima uređaja.

Predefinirane upravljačke sheme omogućavaju jednostavno konfiguriranje releja. Modularna sklopovska i programska arhitektura KONPRO 2 releja omogućit će, uz primjenu osnovnih zaštitnih funkcija sadržanih u osnovnom programskom paketu uređaja, uključivanje dodatnih zaštitnih funkcija, sukladno potrebama korisnika.

Numerički zaštitni uređaj nove generacije KONPRO 2 treba omogućiti, uz već postojeće funkcije zaštite temeljene na mjerenoj veličini struje i napona, i nove funkcije zaštite koje će proširiti područje primjene. Važniji dio funkcija zaštite koje će se realizirati u KONPRO 2 uređaju predočen je u **Tablica 1**.

Tablica 1: Funkcije zaštite temeljene na mjerenoj veličini struje i napona

ANSI No. 50, 51	Neusmjerena nadstrujna zaštita
ANSI No. 50P, 51P	Jednofazna neusmjerena nadstrujna zaštita
ANSI No. 67	Usmjerena nadstrujna zaštita
ANSI No. 50N, 51N	Zemljospojna zaštita
ANSI No. 67N	Usmjerena zemljospojna zaštita
ANSI No. 67Ns	Osjetljiva usmjerena zemljospojna zaštita
ANSI No. 67Ntr	Usmjerena, tranzijentna zemljospojna zaštita
ANSI No. 32N	Usmjerena, watmetrička zemljospojna zaštita
ANSI No. 59	Nadnaponska zaštita
ANSI No. 27	Podnaponska zaštita
ANSI No. 59N	Zemljospojna (U0) zaštita
ANSI No. 24	Zaštita od nadzubude V/Hz
ANSI No. 25	Funkcija provjere sinkronizma
ANSI No. 81, 81R	Frekvencijska zaštita
ANSI No. 46	Zaštita od negativne komponente struje
ANSI No. 46BC	Zaštita od negativne komponente struje
ANSI No. 46DP	Zaštita od prekida faze

ANSI No. 49F	Zaštita od termičkog preopterećenja kabela
ANSI No. 50BF	Zaštita od zatajenja prekidača
	Registracija uklopa transformatora na osnovu drugog harmonika (engl. <i>Inrush</i>)
	Funkcija hladnog starta CLP (engl. <i>Cold Load Pickup</i>)
ANSI No. 79	Automatski ponovni uklop
ANSI No. 21FL	Lokator kvara
ANSI No. 74TCS	Nadzor isklonog kruga prekidača
ANSI No. AFD	Zaštita od električnog luka
ANSI No. 86	Funkcija zaključavanja glavnog izlaza (engl. <i>Lockout function</i>)

Sve zaštitne funkcije numeričkog zaštitnog uređaja KONPRO 2 imat će minimalno 6 grupa podešenja parametara te mogućnost izbora načina računanja mjerenih veličina odnosno izbora prorade prema izračunu temeljenom na osnovnom harmoniku ili na efektivnoj tj. srednjoj kvadratnoj vrijednosti - true RMS (engl. *Root Mean Square*). Nadalje, sve zaštitne funkcije trebaju se moći dinamički rekonfigurirati prema svih 6 grupa podešenja uslijed unaprijed definiranih promjena uvjeta. Potrebno je omogućiti podešenje svih parametara numeričkog zaštitnog uređaja preko samo jedne datoteke koja mora sadržavati podešenja svih zaštitnih funkcija, nadzornih i logičkih funkcija kao i svih podešenja vezanih uz komunikacije [5].

3.2 Vizualizacija

3.2.1 Vizualizacija preko prednje ploče

Prednja ploča releja, koja je prikazana na **Slika 4**, imat će veliki LCD zaslon u boji temeljen na tehnologiji tekućih kristala (engl. *Liquid Crystal Display*), pred-definirane tipke, navigacijske tipke, pred-definirane svjetleće LED indikatore (engl. *Light Emitting Diode* -), programibilne višebojne indikatore, te kao dodatnu opciju i programibilne tipke. Prednji LCD zaslon u boji treba omogućavati prikaz sheme polja (engl. *Single Line Diagram - SLD*) sa statusima svih sklopnih aparata te vrijednostima mjerenih veličina kao i prikaz pojedinih statusa. Sve što je prikazano na prednjem ekranu imat će mogućnost konfiguracije. Zahvaljujući izbornicima koji su maksimalno prilagođeni krajnjim korisnicima te navigacijskim tipkama, do svih parametara releja dolazi se brzo i jednostavno. To relej čini vrlo praktičnim za upotrebu, kako korisnicima koji imaju iskustvo s relejnim uređajima zaštite, tako i onima koji se s ovakvom vrstom opreme susreću po prvi put. Ukoliko se želi ograničiti mogućnost promjene parametara na određenu grupu korisnika svaka promjena nekog parametra imat će mogućnost zaštite zaporkom.



Slika 4:
Prednja ploča releja

Osim navedenih stavki, prednja ploča treba sadržavati i izmjenjivu traku s općim informacijama o uređaju, kao i komunikacijsko sučelje za programsku podršku koja omogućava potpuno podešavanje releja, očitavanje snimljenih zapisa i događaja, što je i vidljivo na slici **Slika 4**.

3.2.2 Mehaničko rješenje

Vanjske i ugradbene dimenzije nove generacije uređaja KONPRO 2 temeljit će se na standardnim dimenzijama zakretnog okvira ormara (19") u koje se uobičajeno ugrađuje ovakva oprema. Razvijena je izvedba 1/3 širine, **Slika 5**, a očekuje se i razvoj šire izvedbe od 1/2 širine zakretnog okvira tj. već prema potrebi. Sama izvedba releja je modularna. Svi moduli su izvlačivi, te je njihovo učvršćenje na

kutiji jednostavno, zbog servisnih potreba. Radno temperaturno područje treba biti u rasponu od -10°C do +55°C.

Moduli su napravljeni sukladno IPC (engl. *Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits*) klasi 3 za tiskane pločice, kao i po IPC Class 610-3 [5]. Mogućnost spajanja 3 uređaja pomoću dodatnog dijela koji omogućuje direktnu montažu uređaja u 19" okvir bez potrebe za montažnom pločom prikazana je na **Slika 6**.

Izvedba manjeg uređaja okvira 1/3 19" sadrži sljedeće module:

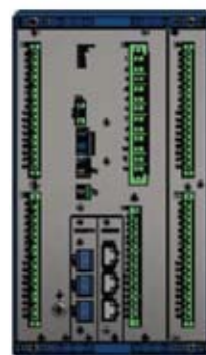
- Modul napajanja;
- Modul procesora/komunikacije koji je nadogradiv s dva dodatna komunikacijska modula;
- Modul strujnih i naponskih ulaza;
- Modul binarnih ulaza i relejnih izlaza.



Slika 5: Izvedba uređaja
1/3 širine 19" okvira



Slika 6: Prijedlog spajanja 3 uređaja



Slika 7:
Stražnja strana uređaja

Stražnja strana numeričkog zaštitnog uređaja prikazana je na **Slika 7**.

Modula napajanja je projektiran za široki raspon napona: 18-265 VDC i 110-230 VAC 50/60 Hz. Modul strujnih i naponskih ulaza sadrži min. 5 strujnih i 5 naponskih ulaza. Minimalno četiri strujna ulaza trebaju biti za nazivnu struju od 1/5 A i jedan strujni ulaz treba biti za nazivnu struju od 0.2/1 A. Naponski ulazi su predviđeni za 100 V i 400 V nazivnog napona. Releji minimalno sadrži 12 binarnih ulaza, te 8 relejnih izlaza, uz mogućnost dodatne ugradnje modula binarnih ulaza i relejnih izlaza (npr. u kombinaciji 16+10). Postojat će i mogućnost ugradnje modula s analognim ulazima i izlazima, modula s RTD ulazima, te modula sa svjetlosnim ulazima.

Postupak funkcionalne provjere rada prototipa KONPRO 2 releja je, izmeđuostalog, planirano provesti i u laboratorijskom okruženju u Laboratoriju za napredne elektroenergetske mreže - SGLab-u (engl. *Smart Grid Laboratory*) [6][7] koji se nalazi na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za visoki napon i energetiku [8][9]. Istraživači SGLab-a imaju dugogodišnju suradnju s industrijom na primijenjenim istraživanjima u području naprednih elektroenergetskih mreža. Opsežan i detaljno opisan pregled opreme i mogućnosti navedenog laboratorija nalaze se u [6][7][8]. Nadalje, na FER-u se trenutno provodi istraživački projekt pod nazivom Fleksibilnost mikromreža s velikim udjelom pretvarača (FLEXIBASE) koji može poslužiti kao dobra podloga za laboratorijsku verifikaciju KONPRO 2 releja na modelu mikromreže dostupnom u SGLab-u [10].

4. Komunikacijska sučelja i protokoli

Komunikacijski protokoli koji će biti podržani u uređaju KONPRO 2 su: IEC 61850 Server i Goose, IEC 60870-5-104, IEC 60870-5-103, te Modbus TCP/IP. Nadalje, imati će mogućnost konfiguriranja svih parametara vezanih uz zaštitne funkcije i uz IEC 61850 unutar jedne datoteke. Dodatna podešenja vezana uz komunikacijski protokol IEC 61850 trebaju se moći napraviti s bilo kojim konfiguracijskim alatom za navedenu namjenu [5].

Numerički zaštitni uređaj će podržavati sljedeće mogućnosti:

- Istovremene IEC 61850 konekcije, do 6 klijenata istovremeno,
- Transfer protokol datoteka (TFTP) i transfer datoteka kroz IEC 61850,
- Vremensku sinkronizaciju putem različitih izvora sinkronizacije,
- Mogućnost definiranja prioritetnog izvora sinkronizacije,
- Mogućnost dinamičkog prebacivanja izvora sinkronizacije ovisno o dostupnosti pojedinog izvora.

U elektroenergetskim postrojenjima često se pojavljuje zahtjev za sinkronizaciju vremena na različitim uređajima sekundarne opreme kako bi se mogla vremenski analizirati pojava kvara i širenje poremećaja na ostale dijelove postrojenja. Stoga, uređaj treba sadržavati interni sat za vremensku sinkronizaciju, te također treba postojati i mogućnost vanjske vremenske sinkronizacije preko sljedećih protokola:

- IRIG-B standardna vremenska sinkronizacija preko vanjskog GPS prijemnika,
- SNTP vremenska sinkronizacija preko SNTP servera ili IEC 61850,
- IEEE1588 PTP (engl. *Precision time protocol*) je protokol za vremensku sinkronizaciju na računalnim mrežama definiran u IEEE 1588 standardu te,
- IEC 60870-5-103 vremenska sinkronizacija izvodi se telegramom s propisno konfiguriranim komunikacijskim sučeljem.

U svrhu ostvarivanja komunikacije uređaj treba biti opremljen s 2 optička Ethernet priključka, s dva načina rada. Jedan način rada je da svaki od priključaka može raditi neovisno, a drugi je da priključci rade u redundantnom režimu rada. Osim optičkih Ethernet priključaka, uređaj treba imati i priključak za serijsku vezu, te žičani Ethernet priključak [5].

5. Zaključak

Cilj projekta je razvoj i proizvodnja novog sustava zaštite, mjerenja i upravljanja za primjenu u elektroenergetskim objektima. Sustav će koristiti nove funkcionalnosti, poboljšati i objediniti postojeće funkcionalnosti te znatno proširiti područje primjene. Poseban naglasak je na razvoju nove platforme naprednih mikroprocesorskih ugradbenih sustava koji povećava tehničko-ekonomsku opravdanost projekta jer će se na istoj platformi, kao izvedenice, moći realizirati i drugi slični uređaji za regulaciju i upravljanje procesima u elektroenergetici. Projekt bi trebao pridonijeti kontinuitetu konkurentnosti proizvoda te osigurati porast prodaje na domaćem i globalnom tržištu. Projektom je planirana i zaštita intelektualnog vlasništva registracijom žiga i dizajna novog proizvoda. Realizacijom KONPRO 2 projekta Končar-INEM očekuje povećanje tržišnog udjela u ovom segmentu poslovanja i rast prihoda od prodaje novog proizvoda. Ovaj istraživačko-razvojni projekt doprinio je dugogodišnjoj suradnji FER-a i Končar INEM-a.

Zahvala

This work has been supported by European Structural and Investment Funds under project Konpro 2 (Razvoj nove generacije uređaja numeričke zaštite), grant KK.01.2.1.01.0096.

Literatura

- [1] Alstom: *Network protection & automation guide: Protective Relays, Measurement & Control*, Alstom Grid, ISBN: 978-0-95687678-0-3, Great Britain, (2011)
- [2] Ivanković, I.; Kuzle, I. & Holjevac, N.: Multifunctional WAMPAC System Concept for Out-of-step Protection Based on Synchrophasor Measurements, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, **Vol. 87** (2017), str. 77–88, ISSN: 0142-0615
- [3] Zbunjak, Z. & Kuzle, I.: System Integrity Protection Scheme (SIPS) Development and an Optimal Bus-Splitting Scheme Supported by Phasor Measurement Units (PMUs), *Energies*, **Vol. 12** (2019) 17, Paper no. 3404, ISSN 1996-1073
- [4] Marušić A. & Havelka J.: *Sastavni dijelovi relejne zaštite, predavanja iz predmeta Zaštita elektroenergetskog sustava*, FER-Zagreb, *Dostupno* www.fer.hr *Pristupljeno*: 2021-01-15
- [5] Mikulandra, N.; Biščan, M. & Gudac, Ž.: LL0001_Tehnička specifikacija-Idejno rješenje_KONPRO2, 2018-07.
- [6] Kuzle, I.; Havelka, J.; Pandžić, H. & Capuder, T.: Hands-On Laboratory Course for Future Power System Experts, *IEE Transaction on Power System*, **Vol. 29** (2014), no. 4, pp. 1963-1971, ISSN 0885-8950
- [7] Kuzle, I.; Jurković, K. & Pandžić, H. Razvoj laboratorija za električna postrojenja, *Zbornik 12. savjetovanja HRO CIGRÉ*, Filipović-Grčić, B. (urednik), str. 1-9 (ref. C6-06), ISSN 1849-5346, Šibenik, Studeni 2015, HRO CIGRÉ, (2015)
- [8] Kuzle, I.: Department of energy and power systems – 80 years of success in science, teaching and cooperation with industry, *Journal of Energy*, **Vol. 64** (2015) 1-4, str. 3-28, ISSN 0013-7448
- [9] Kuzle, I.: Razvoj studija elektroenergetike na Sveučilištu u Zagrebu, *Annual of the Croatian Academy of Engineering*, **Vol. 2019** (2019) 1, str. 207-223, ISSN 1332-3482
- [10] FLEXIBASE, *Fleksibilnost mikromreža s velikim udjelom pretvarača*, *Dostupno na* <https://flexibase.fer.hr/flexibase> *Pristupljeno*: 2020-12-10