

СИСТЕМ ЗА ПРАЋЕЊЕ ПОТРОШЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ НА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОМ ФАКУЛТЕТУ У БАЊОЈ ЛУЦИ

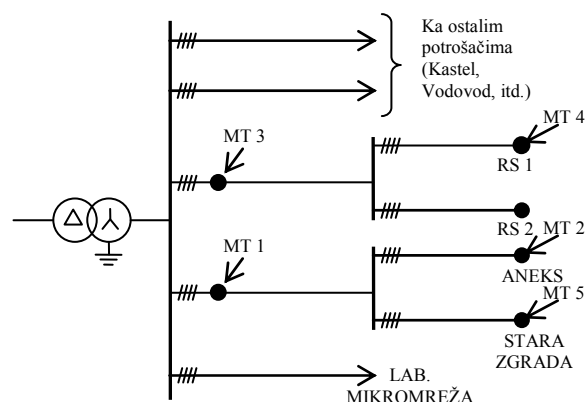
Петар Матић, Чедомир Зељковић, Синиша Зубић, Ђорђе Лекић, *Електротехнички факултет у Бањој Луци*

Садржај – У раду је описан систем за праћење потрошње и утврђивање параметара квалитета електричне енергије у објектима Електротехничког факултета у Бањој Луци. Истакнуте су могућности уграђеног система за побољшање енергетске ефикасности и дата нека искуства у његовој примјени.

1. УВОД

На Електротехничком факултету у Бањој Луци током 2013. године извршена је потпуна реконструкција напајања свих објеката факултета. Осим увећавања поузданости напајања, као један од циљева реконструкције постављена је инсталација хардверских и софтверских система за анализу потрошње. Реконструкција је обухватила обједињавање обрачунских мјеста и уградњу система за праћење потрошње и параметара квалитета електричне енергије.

Електротехнички факултет у Бањој Луци смјештен је у двије зграде, тзв. стара и нова зграда (анекс). Факултет се напаја електричном енергијом из трансформаторске станице смјештене у подруму старе зграде факултета. Осим Електротехничког факултета трансформаторска станица напаја и низ других објеката различитог карактера потрошње (зграда Водовода, Занатски центар, тврђава Кастел, итд.) Једнополна шема система напајања прије реконструкције приказана је на Сл.1. Енергетски трансформатор је снаге 630kVA, преносног односа 10/0.4 kV/kV и спреге Dyn5, а одговарајућа обрачунска и контролна мјерна мјеста означена су са MT 1 до MT 5. Претходни систем напајања имао је три обрачунска мјерна и два контролна мјерна мјеста.

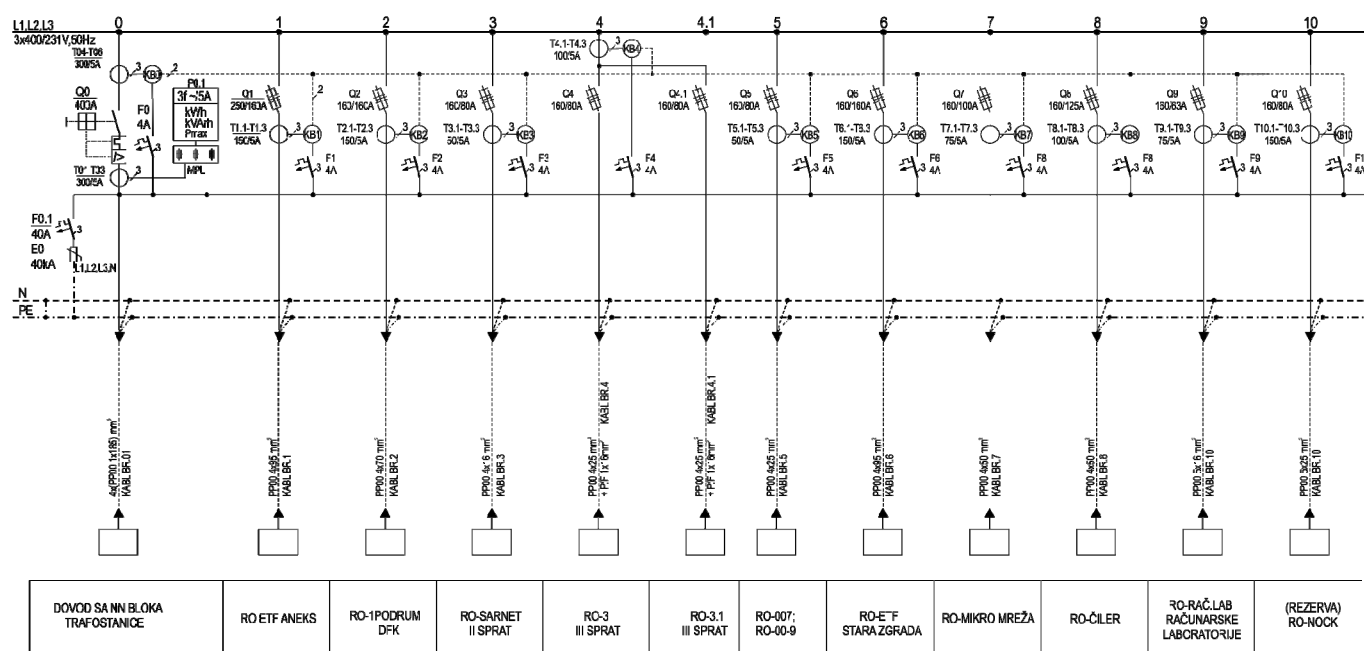


Сл. 1 – Једнополна шема напајања прије реконструкције

Због проширења корисног простора надоградњом трећег спрата и опремања нових лабораторија, било је неопходно у потпуности реконструисати постојећи систем напајања. Једнополна шема напајања након извршене реконструкције приказана је на Сл. 2. Напајање факултета је сада са једног главног довода са одговарајућим обрачунским мјерним мјестом и десет одговарајућих одвода према појединим потрошачима у објектима Електротехничког факултета.

Нови систем за праћење потрошње електричне енергије обухвата потпуно праћење токова снага и утршка електричне енергије на главном доводу и на свим одводима, као и одговарајући информациони систем за анализу потрошње по сваком одводу и објекту у цјелини.

Овај систем ће бити описан у наставку рада.



Сл. 2 – Једнополна шема напајања након реконструкције и уградње система за праћење потрошње енергије [1]

2. ТЕХНИЧКИ ОПИС МЈЕРНОГ СИСТЕМА

2.1. Хардверско рјешење

Мјерни систем за праћење потрошње и параметара квалитета заснован је на *Schneider – Electric* –овом хардверу и софтверу којег чине мјерни уређаји PM 1200 на сваком од одвода са Сл. 2 и главном мјерном уређају PM 850 који је постављен тако да мјери укупну потрошњу на улазу у ГРО. Изглед уређаја PM 1200 и уређаја PM850 приказани су на Сл 3 и Сл. 4.



Сл. 3. Изглед мјерног уређаја PM 1200 [2]

Мјерни уређај PM 1200 припада серији *Power Logic PM 1000*, те посједује алфанумерички дисплеј на коме се у три реда исписују четвороцифрене *true RMS* вриједности мјерених величина уз аутоматско скалирање и освјежавање у свакој секунди. Оптерећење се приказује са десне стране дисплеја, у виду аналогне траке оптерећења, и даје индикацију потрошње у смислу процентуалне струје посматраног одвода у односу на изабрану базу вриједност. PM 1200 подржава основна мјерења (струје, напона, фреквенције и фактора снаге) и додатна мјерења потрошње електричне енергије, активне и реактивне снаге (у сва четири квадранта), ангажоване енергије и снаге, те укупног хармонијског изобличења (THD). Класа тачности уређаја је 1 (према IEC 62052-11 и IEC 62053-21 стандарду), док релативна грешка мјерења износи 0,5% у односу на измјерену вриједност напона и струје, односно 1% у односу на измјерену вриједност снаге и енергије. Са назначеном класом тачности, уређај може да мјери линијске напоне из опсега од 80V до 480V, струје из опсега 50mA до 6A и фреквенцију из опсега од 45Hz до 65Hz [2].



Сл. 4. Изглед мјерног уређаја PM 850 [3]

Мјерни уређај PM 850, из серије *Power Logic PM 800*, снабђевен је LCD екраном на коме се у пет редова исписују резултати мјерења, док се у шестом реду приказују опције из менија. Поред основних мјерења струје и напона, те мјерења снаге и енергије, уређај PM 850 омогућава читавање појединачних струјних и напонских хармоника, снимање таласног облика напона

и струје, те процјену усаглашености квалитета електричне енергије са међународним EN50160 стандардом. PM 850 омогућава и праћење трендова и предвиђање потрошње, што се може успјешно искористити за управљање трошковима, као и за оптимизацију потрошње за различите тарифе. Класа тачности уређаја, према IEC 62053-22 стандарду, износи 0,5 [3].

Оба мјерна уређаја (PM 850 и PM1200) нуде низ могућности за праћење квалитета електричне енергије. Укупно хармонијско изобличење се одређује како за напоне, тако и за струје, према изразима:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n (V_{heff})^2}}{V_{1eff}} \cdot 100\% \quad (2.1.1)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n (I_{heff})^2}}{I_{1eff}} \cdot 100\% \quad (2.1.2)$$

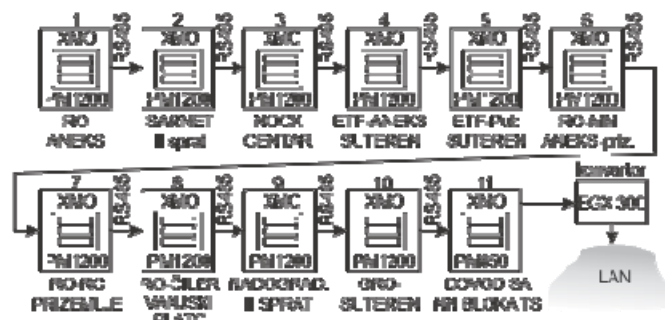
и њиме се процјењује присуство виших хармоника у односу на ефективну вриједност основног хармоника. Алтернативно, постоји могућност мјерења укупног хармонијског изобличења у односу на ефективну вриједност напона (V_{eff}) односно струје (I_{eff}).

Уређаји подржавају векторско мјерење привидне снаге, према изразу:

$$S = 3V_{eff}I_{eff} = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (2.1.3)$$

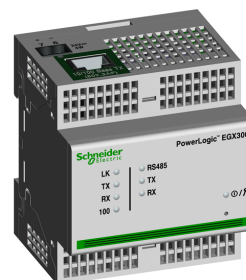
гдје је са D означена снага изобличења.

Сви мјерни уређаји посједују RS 485 комуникациони порт и повезани су на заједничку MODBUS магистралу. Мјерни уређаји PM 1200 су конфигурирани као *slave*, а PM 850 као *master*, како је приказано на Сл. 5.



Сл. 5. Топологија MODBUS комуникације мјерних уређаја

Master уређај је повезан на *Gateway* сервер EGX 300 (Сл.6) којим је омогућен даљински приступ цијелом систему путем факултетске LAN мреже и/или интернета.



Сл. 6. Изглед Gateway сервера EGX 300 [4]

EGX 300 посједује један серијски порт, који се може конфигурирати као RS232 или RS485 (двожични или четворожични), те један *Ethernet* 10/100 Base (802.3af) порт, преко кога добија једносмјерно напајање од 24V путем *Power-over-Ethernet* кабла. Подаци о измјереним вриједностима се чувају преко EGX *web* интерфејса. Меморија за прикупљање података, посебне интернет странице и документацију износи 512Mb [4].

Фотографија дијела ГРО са уграђеном мјерном опремом дата је на Сл. 7.



Сл.7. Фотографија дијела ГРО са мјерним системом за праћење потрошње ЕТФ-а

2.2. Софтверско рјешење

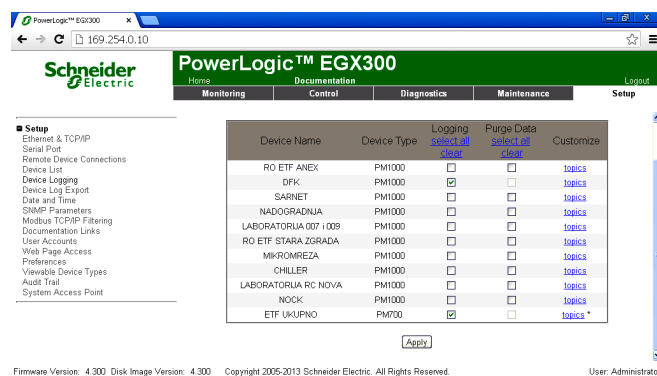
Мјерни подаци се преко *Gateway* сервера EGX 300 постављају на PowerLogic™EGX300 интернет страницу. Путем стандардног интернет претраживача, оператер може приступити подацима са уређаја за надзор и мјерење, путем било ког РС-ја повезаног на факултетску LAN мрежу, тако да није потребан додатни софтвер. *Web* интерфејс самог система не захтјева креирање посебних интернет страница, већ се персонализација врши путем једноставне идентификације компоненти система.

Повезивање EGX 300 *Gateway* сервера са Ethernet мрежом се остварује уносом адресе 169.254.0.10 у адресну линију стандардног интернет претраживача,

након чега се отвара *Login Dialog Box*. Након уноса корисничког имена и лозинке, отвара се EGX300 *Home Page*, која омогућује приказ резултата мјерења и надзора. Избором опције *Setup* из EGX *web bar* менија, отвара се *Setup* страница, на којој се бира опција *Ethernet & TCP/IP*, након чега се уноси IP адреса, *subnet* маска и *gateway* адреса коју администратор мреже додјељује EGX уређају. Када је једном остварена веза са Ethernet мрежом, приступ EGX 300 *Gateway* серверу се остварује путем његове IP адресе.

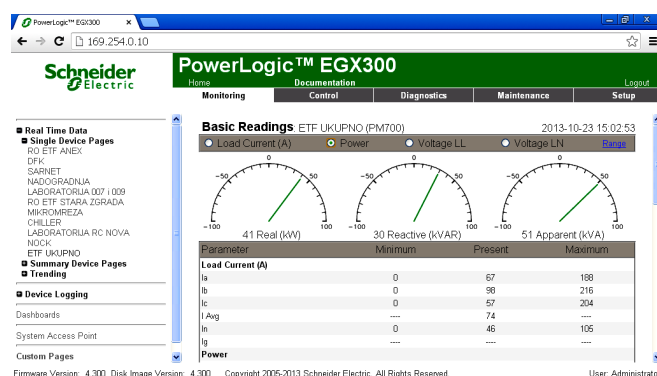
3. МОГУЋНОСТИ ПРИКУПЉАЊА И АНАЛИЗЕ ПОДАТАКА

EGX кориснички интерфејс се састоји од више *web* страница које се могу користити за мониторинг и контролу мјерних уређаја, те дијагностику и подешавање. На Сл. 8 је приказана *Setup* страница са одабраном опцијом *Device Logging* која даје преглед свих мјерних уређаја распоређених по одводима у постројењу.



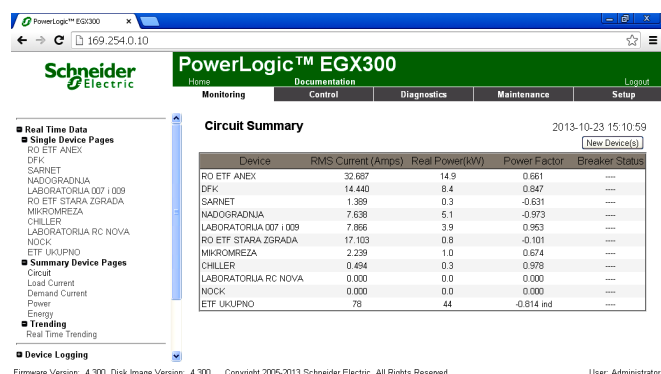
Сл. 8. Setup страница за Device Logging

Приказ основних мјерења ефективних вриједности струје и напона, те активне, реактивне и привидне снаге за све одводе је могућ на страници *Real Time Data*, гдје у менију *Single Device Pages* бирамо уређај чије резултате мјерења желимо приказати. Резултати су видљиви унутар картице *Monitoring*. На Сл. 9. је приказан изглед прозора за праћење резултата мјерења укупне потрошње електричне енергије Електротехничког факултета.



Сл.9. Приказ основних резултата мјерења за укупну потрошњу ЕТФ-а

Приказ ефективне вриједности струје, укупне потрошње активне снаге, те фактора снаге по одводима је могућ избором опције *Summary Device Pages*, што је приказано на Сл. 10.



Сл. 10. Приказ укупне потрошње по одводима

Информације са слика 8, 9 и 10 пружају увид у могућности анализе потрошње и квалитета електричне енергије путем EGX корисничког интерфејса, као и начин навигације кроз меније.

4. ЗАКЉУЧАК

У раду је описана једна практична изведба система за даљинско праћење резултата мјерења потрошње и квалитета електричне енергије, реализованог на Електротехничком факултету у Бањој Луци. Описане су основне техничке карактеристике мјерних и комуникационих уређаја, те дат поступак за успостављање комуникације са факултетском LAN мрежом. Такође, дати су и примјери читавања резултата мјерења путем интернета.

Уз савремене комуникационе технологије, више није потребно бити физички присутан на мјесту мјерења да би се имао приступ информацијама. Умјесто тога, подаци се преносе путем интернета, при чему EGX 300 Gateway сервер служи као спона између мјерних уређаја у постројењу (MODBUS RS485) и удаљених рачунара, повезаних на факултетску LAN мрежу (MODBUS TCP/IP). Кориштењем модерних *web* технологија, оператор може приступити подацима уређаја за мјерење и надзор, путем било ког РС-ја повезаног на мрежу. На тај начин се максимално поједностављује процес мјерења и праћења тренда промјене потрошње и квалитета

електричне енергије, што омогућава предвиђање, те смањење укупних трошкова за утрошену електричну енергију на Електротехничком факултету у Бањој Луци.

Планирано је да се постављени систем за праћење потрошње унаприједи инсталацијом софтвера ION Enterprise са одговарајућом базом података који ће омогућити детаљнији увид у поједине параметре потрошње енергије.

ЗАХВАЛНОСТ

Аутори захваљују Миленку Кривокући, дипл. инж. и Момиру Радивојевићу, дипл. инж. из компаније *Schneider – Electric d.o.o. Бања Лука*, на пруженој стручној помоћи при изради овог рада.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Извођачки пројекат, санација и реконструкција главних разводних ормара и НН напојних каблова са израдом новог мјерно – разводног ормара „ГМРО - ЕТФ“, у оквиру пројекта Електротехничког факултета (сутерен – простор трафо станице), SEPL d.o.o. , октобар 2010.*
- [2] *PM 1200 User Guide, Schneider Electric, 2013*
- [3] *PM 850 User Guide, Schneider Electric, 2013*
- [4] *EGX 300 User Guide, Schneider Electric, 2013*

Abstract – This paper describes a system for energy monitoring and determination of power quality parameters on the Faculty of Electrical Engineering in Banja Luka. Possibilities for improving energy efficiency are emphasized and some experiences in applying the system are given in the work.

SYSTEM FOR ELECTRIC POWER CONSUMPTION MONITORING ON THE FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING IN BANJA LUKA

Petar Matić, Čedomir Zeljković, Siniša Zubić, Đorđe Lekić