

## D2 I 06

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ИСКУСТВА У РАДУ**  
**МУЛТИПЛЕКСЕРСКОГ УРЕЂАЈА TZ-600**  
**ЗА ПРЕНОС СИГНАЛА ТЕЛЕЗАШТИТЕ**

В. ЧЕЛЕБИЋ\*, Ј. ГАЈИЦА, М. КАБОВИЋ, И. САЛОМ, Ж. СТОЈКОВИЋ,  
Д. ПАВЛОВИЋ, М. СТОЈИЛОВИЋ, М. НИКОЛИЋ,  
Институт „Михајло Пупин“ – Београд  
Д. МАКСИЋ, Ј. ЈОВИЋ, М. МИЛОСАВЉЕВИЋ,  
ЕМС - Београд

**Кратак садржај** – У раду ће бити представљена искустава стечена експерименталним радом мултиплексерског уређаја TZ-600 за преношење сигнала телешащтите по оптичким кабловима, у лабораторијским условима и условима рада у постројењу. Идеја је да се у основним цртама прикажу карактеристике уређаја TZ-600 које су испитане у лабораторијским и реалним условима.

У првом делу рада приказан је концепт уређаја са посебним освртом на платформу на којој је уређај базиран. У кратким цртама приказана је концепција комуникационог и системског софтвера, као и могућности за надзор и дијагностику уређаја.

У другом делу рада представљени су основни резултати мерења и испитивања на линијској страни уређаја као и на страни према опреми за дистантну заштиту у постројењу. Такође је приказан протокол по коме су извршена испитивања и мерења. Протокол обухвата мерења и испитивања на пријемнику и предајнику оптичког сигнала, време преноса команди телешащтите, опсег напона на улазима за предају команди, варијацију напона нападања, изолацију прикључних кола.

**Кључне рече:** Телешащтита – Дигитална обрада сигнала – Мултиплексер - IEC 60834-1

## 1 УВОД

Са повећањем сложености енергетских система повећавају се захтеви код уређаја који служе за њихову заштиту. Сходно томе мултиплексерски уређај за пренос сигнала телешащтите TZ-600 је реализован на начин да одговори таквим захтевима, са циљем повећања ефикасности система дистантне заштите.

Заједнички захтеви за све врсте телешащтите су висока поузданост (*dependability* - вероватноћа губитка преношене команде под дејством шума), сигурност (*security* -

---

\* мр Владимир Челебић, Институт „Михајло Пупин“, Волгина 15, Београд. тел.: 011-2775 250, факс: 011-2755 978  
E-mail: [vladimir.celebic@istituteupin.com](mailto:vladimir.celebic@istituteupin.com)

вероватноћа појаве лажне команде под дејством шума) и време преноса сигнала (време од тренутка доласка сигнала на улаз телезаштитног уређаја до појаве одговарајућег критеријума на излазу другог телезаштитног уређаја).

Овакав тип уређаја мора да задовољи одговарајуће стандарде. У циљу потврде карактеристика које уређај поседује обављена су испитивања и мерења у више лабораторија и у реалним условима рада у постројењу.

## 2 ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ УРЕЂАЈА

Уређај TZ-600 је базиран на Универзалној телекомуникационој платформи, развијеној у Институту „Михајло Пупин“. То је практично *embedded* платформа у чијем средишту су сигнал процесор и контролер са *real-time* оперативним системима. Када су контролери у питању, ARM архитектура је опште прихваћена од свих значајнијих светских произвођача као нека врста стандарда. Што се тиче сигнал процесора, традиција у Институту „Михајло Пупин“ је да су платформе на којима су примењивана алгоритамска решења имале за основу *Texas*-ове процесоре, тако да је то и овде био случај.

Када се једном стандардизује хардвер прича води и ка стандардизацији софтверских платформи, односно реализацији *real-time* оперативних система. Као решење које је најраспрострањеније, вероватно и најпоузданије и које је због тога изабрано је *embedded Linux*. Као оперативни систем отвореног кода, јако дуго у употреби у свету *PC* рачунара, добра је препорука као најмање ризично опредељење на дуге стазе. На овај начин стандардизовано је софтверско окружење контролера и омогућена је квалитетна реализација корисничког окружења са елементима мрежног повезивања. За сигнал процесор се користи *real-time* оперативни систем велике поузданости (*DSP/BIOS*).

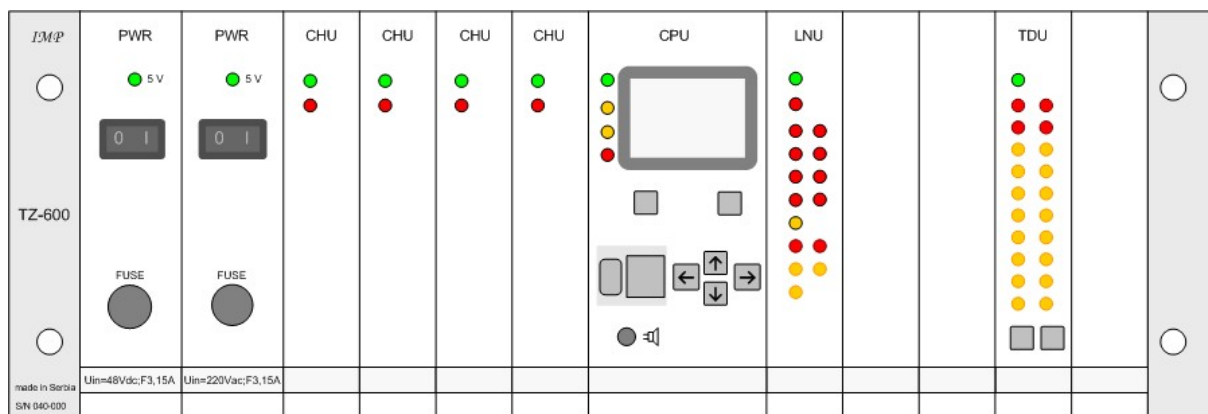
Базиран на једној оваквој платформи TZ-600 је типичан телекомуникациони уређај који информације (сигнале команди телезаштите) добијене преко каналских модула преноси путем линијских модула до истог таквог уређаја с друге стране једним од медијума (у тренутно реализованој варијанти то је оптичко влакно).

Модуларност уређаја и коришћење микропроцесорске технологије омогућава пуну програмибилност уређаја за различите конфигурације заштите у зависности од потреба корисника.

Уређај треба да обезбеди поуздану комуникацију без лажних сигнала при највећој могућој брзини. Командни сигнал се мора примити на удаљеном крају у што краћем временском року чак и у случају постојања грешака (наравно до одређеног нивоа) у телекомуникационом каналу. Због тога је концепција овог уређаја таква да је захваљујући великој редунданси омогућена брза синхронизација и при повећаној учестаности грешке у преносу.

Основна конфигурација уређаја обухвата:

- једну или две јединице за напајање,
- једну централна јединицу,
- једну линијска јединицу,
- до шест универзалних улазно/излазних, корисничких јединица,
- опционо, једну телезаштитно дијагностичка јединицу.



Слика 1 - Изглед уређаја TZ-600

## 2.1 Напонска јединица PWR

Напонска јединица уређаја генерише потребне главне напоне за рад целог уређаја. Истовременим коришћењем две напонске јединице у једном уређају обезбеђује се редувантност на нивоу једног или два извора напајања. За нормално функционисање уређаја довољна је само једна напонска јединица.

## 2.2 Централна јединица CPU

Централна јединица прикупља сигнале са улазних јединица и прослеђује их ка линијској, а сигнале са линијске јединице прослеђује ка излазним јединицама. Обавља надзор свих јединица уређаја уз бележење стања (промена) свих важнијих догађаја у меморију уређаја. Омогућава даљинско и локално надгледање и конфигурисање локалног и удаљеног уређаја преко рачунара, дисплеја и светлосних (*LED*) диода на предњем панелу. Функција заједничког аларма је такође омогућена овом јединицом.

## 2.3 Линијска јединица LNU

Линијска јединица обавља формирање мултиплексерске поворке, генерисање тест петљи, генерисање *FDS* кода, потребних тактова на предајној страни уз прилагођавање сигнала за пренос преко оптичког медијума преноса. На пријему се оптички сигнал конвертује у дигитални електрични облик уз екстракцију такта, формирање *NRZ* поворке из *FDS* кода, обавља се испитивање грешки у преносу (*LED* и слање ка заједничком аларму), демултиплексирање поворке.

## 2.4 Универзална каналска јединица CHU

Универзална каналска улазно-излазна јединица је намењена за пренос више различитих типова сигнала. Могуће је преносити телезаштитне сигнале („*On/Off*“ критеријум), сигнале података (асинхроне и синхроне), и аудио сигнале (НФ опсег до 4kHz).

Интерфејс ка кориснику се налази у задњем делу уређаја и реализован је као интерфејсна јединица за конвертовање и прилагођење корисничког сигнала. Сигнали са интерфејсне јединице се конвертују у дигитални облик и преко паралелне или серијске магистрале шаљу ка централној јединици, у пријемном смеру. Јединица подржава рад са максимално четири диференцијална улазна сигнала.

## 2.5 Телезаштитна дијагностичка јединица TDU

Уређај поседује више начина дијагностике рада и стања уређаја. Могуће је визуелно пратити стање преко светлосних диода на предњем панелу уређаја. Ова сигнализација је распоређена на појединим јединицама уређаја и приказује одређене

параметре јединице на којој се налази. Поред визуелне сигнализације уређај се може надгледати и преко терминала за надгледање који се повезује на уређај преко *USB* и/или *Ethernet* порта.

Основна намена телештитне дијагностичке јединице је приказ додатних дијагностичких информација и аларма који нису обухваћени визуелном сигнализацијом других јединица, на предњој страни уређаја. Првенствено је намењена за визуелну дијагностику корисницима који немају приступ дијагностици уређаја преко терминала за надгледање.

Ова јединица омогућава:

- Приказ стање на телештитним каналима.
- Приказ основних (групних) параметара о стању уређаја.
- Тест светлосних диода на предњем панелу.
- Ресет стања светлосне сигнализације на предњем панелу.

## 2.6 Надгледање уређаја

У оквиру уређаја постоје практично два типа софтвера: комуникациони и системски. Комуникациони софтвер реализован на *DSP* процесору омогућава пренос информација са једног краја на други, уз одговарајуће обраде на сигналу. Обраде и функције у овом софтверу се раде у реалном времену. Системски софтвер је „задужен“ за надгледање целокупног уређаја, па и целокупне комуникационе везе. Овај софтвер бележи догађаје, архивира их и омогућава њихово претраживање и прегледање. У комбинацији са софтвером на терминалу за надгледање омогућава се надзор и конфигурисање уређаја.

Надгледање и конфигурисање уређаја је омогућено у локалу или преко мреже, терминалом за надгледање уз коришћење одговарајућег корисничког софтвера на терминалу или преко стандардних Интернет претраживача.

Неки од основних параметара који се надгледају у уређају су:

- Квалитет телекомуникационог канала,
- Исправност напајања у уређају,
- Квалитет корисничких подканала.

Неки од основних параметара који се могу конфигурирати у уређају су:

- Параметри линијског интерфејса,
- Параметри корисничких подканала (комутирање подканала, тип излазног контакта, дужина трајања контакта, ...)
- Параметри који одређују начин приказивања на дијагностичкој јединици....

## 3 ЛАБОРАТОРИЈСКА ИСПИТИВАЊА

Основне карактеристике које уређај поседује су у складу са одговарајућим међународним стандардом ИЕС 60834-1 и специфичним захтевима Електромреже Србије и Електропривреде Србије. На основу ових захтева сачињен је протокол за лабораторијска и завршна испитивања по коме су обаљена тестирања.

Протокол садржи мерења:

- отпорности изолације,
- радиофреквенцијског зрачења уређаја,
- сметњи које уређај генерише на напонским прикључцима,
- имуности уређаја на:
  - споре варијације напона напајања за један и за пар уређаја,

- промену поларитета напона напајања,
- краткотрајне импулсе,
- излазног нивоа снаге оптичког примопредајника,
- осетљивости пријемника,
- времена преноса,
- опсега напона на улазима за предају команди,
- функционалности аларма,
- сигурности уређаја у случају прекида сигнала.

Испитивања по овом протоколу су обављена у лабораторијама Института „Михајло Пупин“, Техничко опитног центра Војске Србије (ТОЦ), Електротехничког института „Никола Тесла“ у Београду.

### **3.1 Мерење отпорности изолације**

Основни подаци који се односе на ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 3.1.2 и 4.1.2. У тим поглављима је наведено да су захтеви за отпорност изолације у складу са ИЕС 60870-2-1 препоруком. Циљ овог мерења је провера да ли је изолација уређаја отпорна на примену високих напона.

Овим испитивањем су обухваћени:

- телезащитни улазни и излазни прикључци,
- алармни излазни прикључак,
- прикључци за напајање.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Електротехничком институту „Никола Тесла“. Утврђено је да изолација уређаја задовољава захтеве прописане препоруком ИЕС 60834-1.

### **3.2 Мерење радиофреквенцијског зрачења уређаја**

Основни подаци који се односе на ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 3.1.7 и 4.1.7. У тим поглављима је наведено да је начин тестирања описан у препоруци ИЕС 60870-2-1 (табела 17, класа А). Циљ овог мерења је провера да ли уређај генерише сметње ван дозвољене границе дефинисане препоруком, и тиме угрожава рад других уређаја у окружењу.

Мери се „штетно“ радио-фреквенцијско зрачење којим уређај потенцијално омета друге уређаје у својој околини у опсегу 30-1000MHz.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Техничком Опитном Центру Војске Србије. Утврђено је да уређај задовољава захтеве прописане препоруком ИЕС 60834-1 и CISPR 22.

### **3.3 Мерење сметњи које уређај генерише на напонским прикључцима**

Основни подаци који се односе на ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 3.1.7 и 4.1.7. У тим поглављима је наведено да је начин тестирања описан у препоруци ИЕС 60870-2-1 (табела 17, класа А). Циљ овог мерења је провера да ли уређај генерише сметње на напонским прикључцима ван дозвољене границе дефинисане препоруком и тиме угрожава рад других компоненти у систему.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Техничком Опитном Центру Војске Србије. Утврђено је да уређај задовољава захтеве прописане препоруком ИЕС 60834-1.

### **3.4 Провера имуности уређаја на споре варијације напона напајања за један и за пар уређаја, промену поларитета напона напајања**

Основни подаци који се односе на ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 3.2.1 и 4.2.1. (за споре варијације напона напајања) и поглавља 3.2.4 и 4.2.4. (за промену поларитета напона напајања). Циљ овог мерења је провера да ли је уређај отпоран на споре варијације напона напајања и на промену поларитета напона напајања.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај задовољава захтеве прописане препоруком ИЕС 60834-1.

### **3.5 Провера имуности уређаја на краткотрајне импулсе**

Циљ овог мерења је провера да се у присуству краткотрајних импулса на телезащитним улазним прикључцима не генеришу команде на телезащитним излазним прикључцима.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај не генерише лажне команде у присуству краткотрајних импулса на телезащитним улазним прикључцима

### **3.6 Мерење излазног нивоа снаге оптичког примопредајника**

Циљ овог мерења је провера да ли се ниво оптичког сигнала на излазу оптичког предајника налази у границама које специфицира произвођач опреме.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај испуњава захтеве које поставља ово испитивање.

### **3.7 Мерење осетљивости пријемника**

Циљ овог мерења је провера да ли се осетљивост оптичких пријемника у уређају налази у границама које специфицира произвођач опреме.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај испуњава захтеве које поставља ово испитивање.

### **3.8 Мерење времена преноса**

Основни подаци који се односе ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 4.3.3. Циљ овог мерења је провера да ли максимално време потребно за пренос телезащитних команди са улаза („првог“) до излаза („другог“) уређаја задовољава прописани стандард.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај испуњава захтеве прописане стандардом.

### **3.9 Мерење опсега напона на улазима за предају команди**

Циљ овог мерења је одређивање опсега напона улазног сигнала телезащитних команди при коме се детектују команде на улазу у интерфејсни модул уређаја TZ-600. Уређај се може подесити да на телезащитним улазима не детектује сигнале који су испод одређеног напонског нивоа. Типични прагови напона који се могу подесити су 20V, 40V, 90V, 180V.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај испуњава захтеве које поставља ово испитивање.

### 3.10 Мерење функционалности аларма

Основни подаци који се односе ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 4.3.5. Циљ овог мерења је провера функционисање аларма у свим релевантним ситуацијама.

Испитивање уређаја према овој мерној процедури је обављено у Институту „Михајло Пупин“. Утврђено је да уређај испуњава захтеве прописане стандардом.

### 3.11 Мерење сигурности уређаја у случају прекида сигнала

Основни подаци који се односе ову процедуру дати су у препоруци ИЕС 60834-1, поглавље 4.3.2.1.2. Циљ овог мерења је провера сигурност уређаја у условима случајних прекида телекомуникационог канала.

## 4 ИСПИТИВАЊА У РЕАЛНИМ УСЛОВИМА

Испитивања у реалним условима рада су обављена са паром уређаја TZ-600 за пренос телезаштитних сигнала између ТС „Сремска Митровица 2“ и РП „Младост“ у периоду од јула до децембра 2007.године.

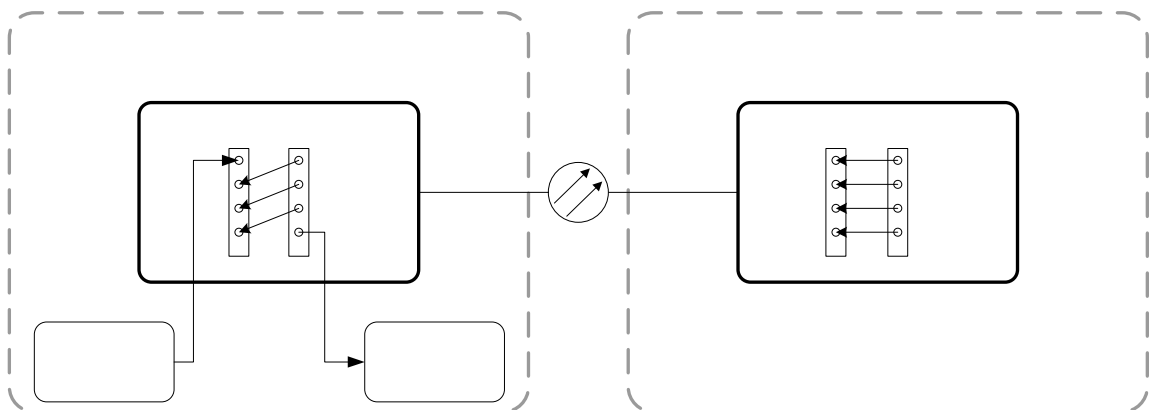
### 4.1 Конфигурација везе

Омогућено је преношење 4 сигнала телезаштите у оба смера. Линијски интерфејс је оптички. Примопредајник је ласерска диода таласне дужине 1550 nm. Напонске јединице на уређајима су за рад са једносмерним извором напајања 48 Vdc. У току тестирања додата је и редундантна напонска јединица за рад са извором наизменичног напона 220 V.

На слици (Слика 2) је приказана блок шема везе која је била предмет испитивања.

### 4.2 Метода испитивања

Приликом испитивања уређаја тестиран је паралелан рад 4 канала за пренос сигнала телезаштите у оба смера истовремено. Петље су затворене на страни уређаја који се налазио у ТС „Сремска Митровица 2“, а генератор и бројач импулса су били на страни уређаја у објекту ТС „Младост“ (Слика 2). Генератор импулса је подешен да генерише импулсе на сваких 50 секунди. Напон генерисаних импулса је 220Vdc.



Слика 2 – Блок шема испитиване везе

У табели (Табела 1) су приказани неки резултати испитивања

Период тестирања	Број предатих импулса	Број примљених импулса	Разлика
14.09.- 05.10.2007.год.	36342	36342	0
22.11.- 05.12.2007.год.	22435	22435	0

**Табела 1** - Резултати испитивања поузданости и сигурности преноса телезаштитних сигнала

## 5 ЗАКЉУЧАК

Реализација уређаја TZ-600 заснованог на Универзалној телекомуникационој платформи омогућава квалитетан пренос сигнала у погледу сигурности, поузданости и времена преноса сигнала.

Модуларност, коришћење дигиталне обраде сигнала и микропроцесорске технологије омогућавају пуну програмибилност уређаја. Коришћењем савремене технологије (*IT - Information Technology*) унапређен је приступ уређају и бази података преко мреже, омогућавајући преглед података од интереса за корисника.

Обављена испитивања у лабораторији и реалним условима у постројењу показала су да је мултиплексерски уређај TZ-600 у потпуности задовољава постављене захтеве који су у складу са одговарајућим међународним стандардом IEC 60834-1 и специфичним захтевима Електромере Србије и Електропривреде Србије.

## 6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] “Решење надгледања мултиплексерског уређаја за пренос сигнала телезаштите TZO 308”, Владимир Челебић, М. Кабовић, Ж. Стојковић, Д. Павловић, Ј. Гајица, А. Кабовић, Ј. Анђелковић, И. Ђукић, 13. симпозијум ЈУКО ЦИГРЕ, Тара, 2006.
- [2] “Концепт нове универзалне телекомуникационе платформе (УТР)”, Жељко Стојковић, Владимир Челебић, Никола Ненадић, ДОГС Вршац, 2006.г.
- [3] „Извештај број 310728-Л (према IEC 60834-1/3.1.2 и 4.1.2)“, Електротехнички институт „Никола Тесла“, 1.11.2007.године.
- [4] „Сертификат бр. 086/07 (према IEC 60834-1/3.1.7 и 4.1.7, CISPR 22)“, „Технички опитни центар“ Војске Србије, 19.11.2007.године.
- [5] „Записник о резултатима мерења на уређајима за пренос сигнала телезаштите TZ-600“, Институт „Михајло Пупин“, 2007.г.
- [6] CEI IEC – 60834-1 International Standard, Performance and Testing of Teleprotection Equipment of Power Systems; International Electrotechnical Commission, 1999-10.