

Realizacija komunikacionog protokola IEC 60870-5-101 za akviziciono upravljački sistem GAUS

Vladan Skoko, Branislav Atlagić, Miroslav Popović, Vladimir Kovačević

Sadržaj — U radu je opisana realizacija komunikacionog protokola prema standardu IEC 60870-5-101, koji je uobičajen način prenosa podataka u savremenim sistemima za nadzor i upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Posle prikaza osnovnih relevantnih elemenata skupa standarda IEC 60870-5, predstavljeno je rešenje protokola IEC 60870-5-101 na upravljačkoj strani. Na kraju je dat prikaz programske podrške rukovaoca protokola koja je ugrađena u akviziciono upravljački sistem GAUS.

Ključne reči — IEC, komunikacioni protokol, SCADA, GAUS

I. UVOD

UPRAVLJANJE savremenim elektrodistributivnim sistemima danas je nezamislivo bez primene adekvatnog SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) sistema za daljinski nadzor i upravljanje. Ovaj rad je nastao kao potreba da se upotpuni mogućnost primene akviziciono upravljačkog sistema GAUS (*Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem*) u sistemima za prenos i distribuciju električne energije. Imajući u vidu stvarno stanje u većini srpskih elektrodistribucija (radio prenos, poludupleks, prisutnost opreme sa adekvatnom komunikacionom podrškom), kao i pogodnost realizacije u okviru programske podrške sistema GAUS, krenulo se u realizaciju nebalansiranog IEC 60870-5-101 protokola na upravljačkoj strani komunikacione veze. To znači da je izabran protokol koji se izvršava na centralnoj SCADA stanici i koji prozivkom udaljenih telemetrijskih stanica (mehanizmom upit – odgovor) prikuplja procesne podatke.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 12004, od 2008. god.

Vladan Skoko, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Srbija (telefon: 381-21-4801100; Faks: 381-21-450721; e-mail: vladanskoko@gmail.com).

Prof. dr Branislav Atlagić, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Srbija (telefon: 381-21-4801100; Faks: 381-21-450721; e-mail: branislav.atlagic@rt-rk.com).

Prof. dr Miroslav Popović, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Srbija (telefon: 381-21-4801100; Faks: 381-21-450721; e-mail: miroslav.popovic@rt-rk.com).

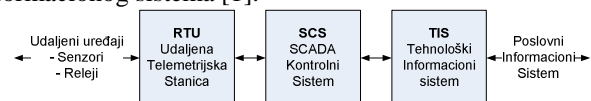
Prof. dr Vladimir Kovačević, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Srbija (telefon: 381-21-4801100; Faks: 381-21-450721; e-mail: vladimir.kovacevic@rt-rk.com).

A. Akviziciono upravljački sistemi

Akviziciono upravljački sistem (SCADA) predstavlja skup namenskih i distribuiranih računarskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenje funkcija nadzora i upravljanja fizičkim procesom u realnom vremenu. Osnovna funkcija SCADA sistema je ciklična akvizicija digitalizovanih odmeraka različitih fizičkih veličina koje određuju stanje proizvoljnog tehnološkog (fizičkog) procesa.

GAUS predstavlja integrisani upravljački sistem projektovan tako da omogući efikasnu i pouzdanu platformu za uspešnu realizaciju kompleksnih SCADA sistema za daljinsko upravljanje [1].

Sl. 1. prikazuje hijerarhijski raspoređene GAUS komponente od udaljenih procesnih uređaja do poslovnog informacionog sistema [1].



Sl. 1. Raspored glavnih GAUS komponenti

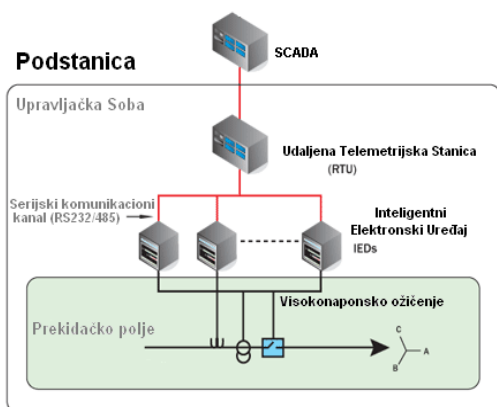
B. Uređaji scada sistema u podstanciji

Termin inteligentni elektronski uređaj (IED: Intelligent Electronic Device) u opštem smislu označava mikroprocesorski kontroler, koji u okviru elektroenergetske podstanice izvršava razne funkcije električne zaštite, lokalnog upravljanja, nadzora i kontrole, uz mogućnost direktne komunikacije sa SCADA sistemom.

Udaljena telemetrijska stanica, ili RTU (*Remote Terminal Unit*), je računarska komponenta instalirana na geografski udaljenoj lokaciji podstanice, kao deo ukupnog SCADA sistema, sa zadatkom da nadgleda, kontroliše i izvršava akviziciju podataka sa procesnih uređaja i da ih prenese do centralne SCADA upravljačke stanice.

U elektroenergetskim aplikacijama u Evropi, RTU i SCADA najčešće komuniciraju preko IEC 60870-5-101 komunikacionog protokola.

Sl. 2. prikazuje način povezivanja energetske opreme, IED i RTU uređaja u jedinstven sistem daljinskog nadzora i upravljanja [2].



Sl. 2. Komunikacija SCADA-e i IED-a preko RTU-a

C. Otvoreni komunikacioni sistemi

Sistemi koji se pridržavaju specifikacije i pravila koja su dostupna svakom, nazivaju se otvoreni sistemi (*Open Systems*) [2]. Oni omogućavaju da se uređaji bilo kog proizvođača, koji se drže odgovarajućih standarda, nepromenjeni koriste na mreži. Referentni model otvorenog povezivanja sistema (OSI: *Open Systems Interconnection Reference model*), definisan od strane međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO: *International Standards Organization*), dao je ogroman doprinos razvoju komunikacijskih sistema.

U oblasti SCADA i RTU komunikacija postoji potreba za jednostavnijim modelom. Takav model je EPA (*Enhanced Performance Architecture*), koji predstavlja troslojni podskup sedmoslojnog OSI modela (Tabela 1) i čine ga: fizički sloj, sloj veze podataka i aplikativni sloj.

TABELA 1: UPOREDNI PRIKAZ SEDMOSLOJNOG OSI I TROSLOJNOG EPA MODELA

Aplikativni sloj	Aplikativni sloj
Sloj prezentacije	Nema
Sloj sesije	Nema
Transportni sloj	Nema
Mrežni sloj	Nema
Sloj veze	Sloj veze podataka
Fizički sloj	Fizički sloj
OSI model	EPA model

D. Skup standarda IEC 60870-5

Međunarodna elektrotehnička komisija IEC (*International Electrotechnical Commission*) je svetska organizacija za standardizaciju sastavljena od nacionalnih elektrotehničkih komiteta (*IEC National Comitees*).

Kao rezultat rada ove grupe nastao je IEC 60870-5, skup standarda koji definiše protokole za daljinsko upravljanje, zaštitu i unutrašnju komunikaciju u okviru elektroenergetskog sistema.

IEC 60870-5 (*Telecontrolle equipment and systems – Part 5: Transmission protocols*) čine pet osnovnih standarda:

- IEC 60870-5-1 *Section 1: Transmission frame formats*

Sekcija 1 definiše osnovne zahteve koji treba da budu podržani u uslugama na fizičkom sloju i sloju veze podataka. Ovaj standard pruža izbor od četiri formata okvira podataka (FT1.1, FT1.2, FT2 i FT3), svaki sa različitim stepenom sigurnosti podataka. Takođe je dat opis kodiranja i sinhronizacije okvira podataka, promenljive i fiksne dužine, koji zadovoljavaju zahteve integriteta podataka. Skup pravila prenosa podataka kroz fizičku mrežu je takođe definisan [3].

- IEC 60870-5-2 *Section 2: Data link transmission services*

Sekcija 2 specificira funkcije prenosa podataka, u balansiranom i nebalansiranom režimu, definisanih na sloju veze podataka. Termini balansirani i nebalansirani režim opisuju koja stanica može da inicira komunikaciju. U nebalansiranim sistemima to može da uradi samo upravljačka (master) stanica, pa se podaci sa krajnjih stanica prikupljaju na zahtev upravljačke stanice. U balansiranom režimu sve stanice mogu da iniciraju komunikaciju [4].

- IEC 60870-5-3 *Section 3: General structure of application data*

Sekcija 3 daje osnovna pravila pakovanja jedinica aplikacionih podataka u transportne okvire prenosa. Takođe ova sekcija opisuje generalnu strukturu aplikacionih podataka, bez specificiranja detalja o sadržaju informacionih polja u okviru te strukture [5].

- IEC 60870-5-4 *Section 4: Definition and coding of information elements*

Sekcija 4 nudi skup informacionih elemenata, kao što su digitalne i analogne procesne promenljive, koji se često koriste u aplikacijama za daljinsko upravljanje i propisuje pravila za definisanje novih informacionih elemenata [6].

- IEC 60870-5-5 *Section 5: Basic information functions*

Sekcija 5 definiše osnovne aplikacione funkcije koje izvršavaju standardne operacije daljinskog upravljanja sistemima. Ove funkcije čine sloj korisničkog procesa koji se nalazi iznad aplikativnog sloja, pa se u komunikaciji oslanja na standardne usluge tog sloja [7].

E. Združeni standard IEC 60870-5-101

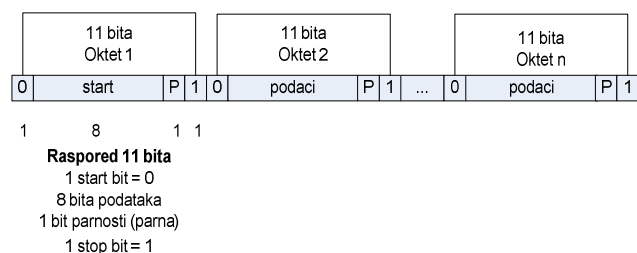
Združeni standard IEC 60870-5-101 definiše protokol za komunikaciju SCADA sistema i RTU uređaja, tačnije skup metoda za razmenu informacija između njih. Ona se zasniva na prenosu standardizovanih ASDU (*Application Service Data Unit*) poruka koristeći funkcije na aplikativnom sloju.

II. SPECIFIKACIJA PROBLEMA

Specificiranje funkcionalnosti protokola predstavlja definisanje funkcija na svakom podržanom sloju i definisanje struktura podataka koji se prenose između tih slojeva.

A. Format okvira podataka

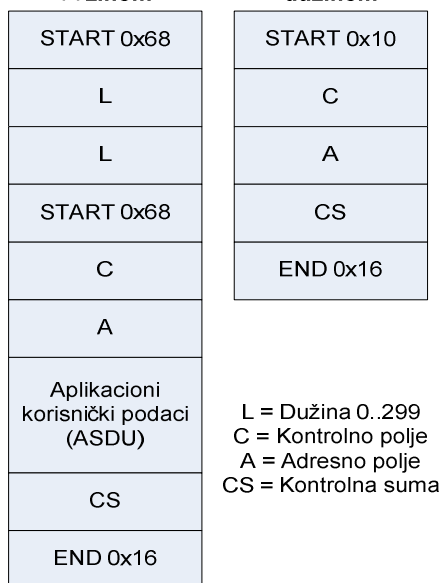
Združeni standard IEC 60870-5-101 odobrava korišćenje isključivo FT1.2 formata prenosa, sa fiksnom ili promenljivom dužinom bloka korisničkih podataka. Sl. 3. prikazuje stvarni model bita u fizičkom kanalu, koji gledajući s leva na desno, predstavljaju jednu poruku [8].



Sl. 3. Raspored bita u formatu FT1.2

Svaka poruka formata FT1.2 se sastoji od početnog znaka (68H ili 10H), korisničkih podataka, kontrolne sume i znaka kraja (16H), kao na sl. 4.

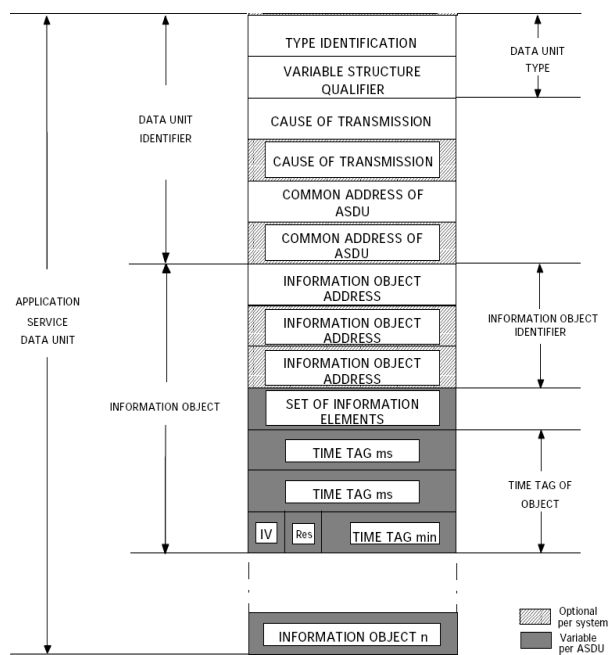
Okvir sa promenljivom dužinom Okvir sa fiksnom dužinom



Sl. 4. FT1.2 format okvira sa promenljivom i fiksnom dužinom

B. Struktura ASDU poruke

IEC 60870-5-101 standard na aplikativnom sloju definiše odgovarajuću strukturu kojom se prenose procesni podaci. Ova struktura (ASDU) je sastavljena od informacionih polja definisanih generalnom strukturom u IEC 60870-5-3 standardu. Prema tome struktura ASDU-a za ovaj protokol, prikazana na sl. 5. predstavlja podskup generalne strukture [8].



Sl. 5. Struktura ASDU poruke

III. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Programsko rešenje je realizovano pomoću *Microsoft Visual Studio 2005* razvojnog okruženja u programskom jeziku C/C++ korišćenjem standardnih *Windows* biblioteka.

U prvoj fazi razvoja ovog protokola temeljno je analizirana funkcionalnost slojeva u okviru IEC 60870-5-101 standarda, na čijoj osnovi je implementirano realno rešenje komunikacije između upravljačke i krajnje stanice. U drugoj fazi na osnovu specifikacije realnog RTU uređaja je formiran GAUS konfiguracioni model za dati uređaj. Izabrani uređaj je ATLAS-RTL, proizvođača IMP (*Institut Mihajlo Pupin*). Na kraju, u trećoj fazi dolazi do implementacije programske podrške upravljačke strane IEC 69870-5-101 protokola za GAUS sistem.

A. Realizovane komunikacione procedure

Na upravljačkoj stanici su realizovane sledeće komunikacione procedure:

- Inicijalizacija stanice (*Station initialisation*),
- Generalna prozivka (*General interrogation*) i
- Prenos komande (*Command transmission*)

Inicijalizacija stanice (*Station initialisation*) služi za inicijalizaciju RTU uređaja, tj. za postavljanje uređaja u radni režim.

Generalna prozivka (*General interrogation*) služi za ažuriranje upravljačke stanice (SCADA sistema) stvarnim vrednostima procesnih promenljivih RTU uređaja.

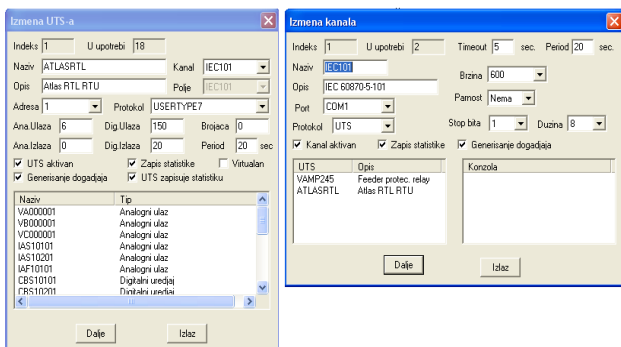
Prenos komande (*Command transmission*) služi za uzrokovanje promene stanja operativne opreme (digitalnih uređaja). Postoje dve standardne procedure za prenos komande:

1. Select i execute komanda
2. Direktna komanda

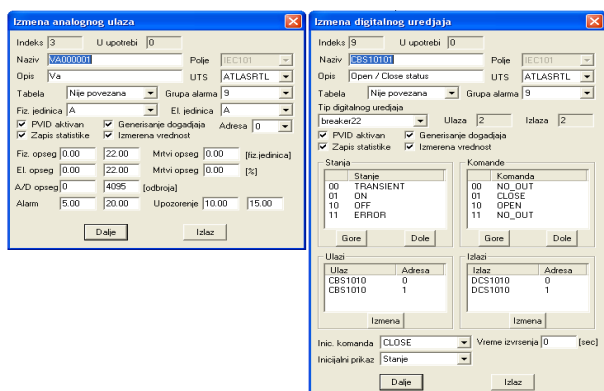
B. Ugradnja protokola IEC 60870-5-101

Upotrebom alata START obavlja se postupak logičke

konfiguracije akviziciono upravljačkog sistema GAUS. Suštinu konfiguracije čini povezivanje merno-regulacionih komponenti, predstavljenih procesnim ulazima i/ili izlazima sistema, sa GAUS sistemom.



Sl. 6. Prikaz konfiguracije kanala i RTU-a u Start alatu



Sl. 7. Prikaz konfiguracije procesnih ulaza/izlaza u Start alatu

Programski rukovalac protokolom IEC 60870-5-101 za potrebe jednostavnog održavanja koristi konfiguracionu datoteku. U datoteci je definisana dužina adrese informacionog objekta, indikator da li se koristi direktna komanda ili select komanda praćena execute komandom, tipovi poruka sa IEC adresama informacionih objekata i njima korespondentnim GAUS adresama.

C. Realizacija programske podrške za GAUS sistem

GAUS je složen distribuiran sistem koji se sastoji iz više modula. Za uspostavljanje komunikacije sa mrežom zaštitnih uređaja koristi se modul AUB (Akviziciono Upravljački Blok). AUB je sastavni je deo nadzorno upravljačke stanice.

Aplikacija AUB definiše infrastrukturu za lako dodavanje programske podrške za nove komunikacione protokole. Programska podrška koja realizuje neki od komunikacionih protokola treba da ima oblik dinamičke biblioteke DLL-a (Dynamic Link Library) i da implementira funkciju *CallFun*, preko koje se prozivaju aplikacione funkcije protokola. Ove funkcije su standardizovane za sve protokole sistema GAUS i obuhvataju funkcije kostura protokola za pakovanje

poruka, pripremu poruka i slanje, formiranje ili obradu bloka podataka, proveru ispravnosti primljenog okvira i sl.

IV. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen koncept protokola IEC 60870-5-101, namenjenog komunikaciji SCADA sistema i skupa RTU uređaja. Na osnovu specifikacije standarda, za programski sistem GAUS je razvijen adekvatan rukovalac IEC 60870-5-101 protokola i proveren u radu sa realnim uređajem – RTU stanicom ATLAS-RTL [9].

Nastavak ovog rada bi moglo da bude upotpunjavanje skupa realizovanih procedura, razvoj RTU strane protokola, kao i realizacija balansiranog komunikacionog protokola IEC 60870-5-101.

LITERATURA

- [1] Branislav Atlagić: *Generalizovani akviziciono upravljački sistem GAUS*, Skripta iz predmeta Programska podrška u realnom vremenu, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Novi Sad, 2003.
- [2] Gordon Clarke, Deon Reynders, Edwin Wright: *Practical Modern SCADA Protocols: DNP3.0, 60870-5 and Related Systems*, Elsevier, 2004.
- [3] International standard IEC 870-5-1: *Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols. Section One – Transmission frame formats*, 1990.
- [4] International standard IEC 870-5-2: *Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols. Section 2: Link transmission procedures*, 1992.
- [5] International standard IEC 870-5-3: *Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols. Section 3: General structure of application data*, 1992.
- [6] International standard IEC 870-5-4: *Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols. Section 4: Definition and coding of application information elements*, 1993.
- [7] International standard IEC 870-5-5: *Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols. Section 5: Basic application functions*, 1995.
- [8] Norwegian IEC 60870-5-101 User Conventions, Approved version, Revision no. 2, 2000.
- [9] AtlasMax-RTL (višefunkcijski računar), Institut Mihajlo Pupin, <http://www.imp.bg.ac.yu/SR/Products/pdfs/ATLASMax-RTL-SRP%20Novo.pdf>

ABSTRACT

This paper presents realization of the IEC 60870-5-101 communication protocol, which is very common in the modern SCADA for power distribution systems. Along with the 60870-5-101 protocol and its realization at the control side, a set of underlying IEC 60870-5 standards is briefly described. Finally, paper ends with the description of the software implementation of adequate protocol handler in the SCADA system GAUS.

Realization of the communication protocol IEC 60870-5-101 for data acquisition and control system GAUS

Vladan Skoko, Branislav Atlagić, Miroslav Popović, Vladimir Kovačević