

Boris Brestovec  
Končar – Inženjering za energetiku i transport  
[boris.brestovec@koncar-ket.hr](mailto:boris.brestovec@koncar-ket.hr)

Marko Išlić  
Končar – Inženjering za energetiku i transport  
[marko.islic@koncar-ket.hr](mailto:marko.islic@koncar-ket.hr)

Ivan Krajnović  
Končar – Inženjering za energetiku i transport  
[ivan.krajnovic@koncar-ket.hr](mailto:ivan.krajnovic@koncar-ket.hr)

## DALJINSKO VOĐENJE DISTRIBUCIJSKIH TRANSFORMATORSKIH STANICA KOMUNIKACIJSKIM KONCENTRATORSKIM UREĐAJEM BAZIRANIM NA LINUX PLATFORMI

### SAŽETAK

Uzimajući u obzir važnost manje složenih distribucijskih trafostanica u smislu naprednih mreža te potrebu za integracijom raznih uređaja na postrojenju putem komunikacijskih sučelja, klasično rješenje koje uključuje stanično računalo sa SCADA sustavom i radno mjesto sa monitorom može se pokazati nepotrebno složenim.

U takvim situacijama se može ponuditi i jednostavniji uređaj koji je zamišljen kao komunikacijsko kontrolni uređaj – KKU bez prikaza (HMI) te kao takav često predstavlja optimalno rješenje. U uvodnom dijelu opisane su novosti u novoj verziji komunikacijsko kontrolnog uređaja – LKKU-a. U sljedećim poglavljima opisane su funkcije LKKU-a te njegova programska i sklopovska arhitektura. Završna poglavlja opisuju način puštanja u pogon te iskustva sa istih.

**Glavne riječi:** LINUX, komunikacijsko kontrolni uređaj, napredne mreže

## SUPERVISION AND CONTROL OF DISTRIBUTION SUBSTATIONS WITH COMMUNICATION GATEWAY BASED ON LINUX (LKKU)

### SUMMARY

Considering the importance of the less complex distribution substations in terms of smart grids and the need to integrate various devices through the communication interface, the classic solution that includes station computer with SCADA system and the workplace with monitor may prove unnecessarily complex.

In such situations, there is possible to consider more cost effective and simpler solution that is designed as a communication control device – KKU, without display (HMI) and as such is often the optimal solution.

The first section describes the new features in the new version of the communication control device - LKKU. The following sections describe the functions of LKKU and its software and hardware architecture. The final section describes testing and commissioning experience.

**Key words:** LINUX, Communication gateway, smart grids

## 1. UVOD

U srednjenaponskim distributivnim transformatorskim stanicama moguće je ostvariti sustav daljinskog vođenja i komunikacijskim kontrolnim uređajem – K KU-om. Glavne razlike u odnosu na prijašnje verzije su novi operativni sustav Debian Linux OS i nova standardizirana robusna sklopovska arhitektura. Ostala poboljšanja u odnosu na prijašnju verziju prošlih verzija K KU-a mogu se navesti kao modernizacija interne arhitekture, podrška za suvremene stanične protokole poput IEC 61850, veća fleksibilnost konverzije, bolja dijagnostika, lakše konfiguriranje itd.

Njegove osnovne funkcije su prikupljanje procesnih podataka koristeći komunikacijska sučelja s numeričkih uređaja nadziranog postrojenja te prosljeđivanje tih podataka nadređenom centru upravljanja. Osnovne funkcije LKKU (Linux K KU-a) su koncentracija različitih staničnih komunikacija kojima uređaj prikuplja procesne podatke te povezivanje s nadređenim SCADA/DMS sustavom. Podrška velikog broja komunikacijskih protokola omogućuje podjednake komunikacijske funkcionalnosti kao i klasični stanični SCADA sustav.

U odnosu na klasična rješenja automatizacije SN postrojenja korištenjem staničnog SCADA sustava, rješenje sa LKKU je znatno jednostavnije u inženjerskom smislu. Naime LKKU nema podršku za grafičko sučelje prema operateru (HMI) jer na manjim postrojenjima za to nema ni potrebe pa je i inženjering manje opsežan jer nije nužna izrada grafičkih prikaza i detaljnih procesnih modela koji su osnova SCADA sustava.

Sama konfiguracija izvodi se kroz "IEC 61850 Studio" konfigurator popunjavanjem unaprijed zadanih tablica. Konfigurator podržava i uvoz prethodno pripremljenih Excel (.csv) datoteka kao najčešćeg formata za razmjenu i pripremu parametarskih listi. Izlaz iz konfiguratora je standardna .xml datoteka koju je moguće generirati ili uređivati direktno u slučaju pripreme velikih i složenih konfiguracija.

Upravo radi svoje jednostavnosti sustav je idealan za manja 35 kV postrojenja i 10(20) kV postrojenja.

Primjena LKKU-a za automatizaciju 10(20) kV postrojenja u usporedbi sa automatizacijskim rješenjima temeljenih na daljinskim stanicama također ima prednosti. One se prvenstveno očituju u velikom broju staničnih komunikacijskih protokola koje podržava LKKU uređaj i efikasnije konfiguracije cijelog sustava, naspram daljinskih stanica čije su osnovne funkcije ipak prikupljanje procesnih podataka putem ožičenih ulazni/izlaznih (U/I) jedinica te ograničen broj različitih podržanih komunikacijskih protokola samih daljinskih stanica.

## 2. FUNKCIJE KOMUNIKACIJSKO KONCENTRATORSKIH UREĐAJA

Osnovna funkcija LKKU-a je daljinsko vođenje i automatizacija postrojenja uspostavom vertikalnih komunikacijskih veza prema nadređenim sustavima, ali i bilo kakvo usmjeravanje ili konverzija procesne komunikacije (lokalna konverzija protokola, FEP, migracijski "splitter" i sl.).

Prikupljanje procesnih podataka na staničnom nivou omogućeno je različitim komunikacijskim protokolima koje podržava LKKU. Za razliku od starije verzije K KU-a, omogućeno je korištenje i suvremenog IEC 61850 komunikacijskog protokola.

Osim IEC 61850, LKKU podržava i IEC 60870-5-101 i IEC 60870-5-103 standarde za povezivanje uređaja nešto starije generacije. Za povezivanje dodatnih uređaja kao što su alarmni monitori, mjerni terminali, indikatori kvara ili uređaji za nadzor sustava za napajanje, LKKU podržava i MODBUS RTU i TCP komunikacijske protokole. Podrškom brojnih, generacijski različitih komunikacijskih protokola, LKKU se profilirao kao idealno tehničko rješenje za revitalizacije manjih SN postrojenja gdje je moguće povezati uređaje različitih proizvođača i generacija u jednu jedinstvenu cjelinu - suvremeni sustav automatizacije i daljinskog vođenja.

### 3. SKLOPOVSKA ARHITEKTURA

Ovisno o potrebama krajnjih korisnika, LKKU softver je standardno predviđen za korištenje na robusnim industrijskim računalima proizvođača Advantech modeli ARK 2120F i ARK 1122C, no sam LKKU softver je hardverski neovisan i primjenjiv na širokoj paleti uređaja koji podržavaju Linux.

Za računala namijenjena radu u električnim postrojenjima izuzetno su važne karakteristike poput pouzdanosti, robusnosti, otpornosti na uvjete u kojima rade te resursa koje koriste. Razlikuju se u dimenzijama, broju priključaka (serijski, 1000 Base-T Ethernet, USB itd.) što ih čini prikladnim za različite potrebe i veličine postrojenja. Za veće postrojenje sa većim brojem uređaja (pogotovo složenijih IEC 61850 uređaja) procesnih točaka potrebne su bolje performanse pa se u tim uvjetima isporučuje ARK 2120F. Za manja postrojenja prikladnije je manje i jeftinije računalo koje zauzima manje prostora.



Slika 1 Računala Advantech ARK 2120F (lijevo) [1] i ARK 1122C (desno) [2]

Oba računala zbog svog zatvorenog aluminijskog kućišta s integriranim hladnjakom omogućavaju efikasno prirodno hlađenje uređaja. Svakako treba naglasiti da je zadaća drugih sustava održavati sobnu temperaturu i vlagu u prostorijama gdje se računalo nalazi, no u slučaju otkazivanja tih sustava računalo mora moći nesmetano raditi. Odabrana računala nemaju rotirajuće dijelove čime se, osim smanjenja vlastite potrošnje računala, smanjuje mogućnost mehaničkog kvara. Za pohranu podataka koriste se robusni poluvodički flash diskovi (*engl. solid state disk - SSD*), također bez pokretnih dijelova. Osim robusnosti, prednost SSD-a je i znatno brže pisanje i čitanje podataka i posljedično brže podizanje svih softverskih funkcija. Računala posjeduju certifikate elektromagnetske kompatibilnosti i sigurnosti koji su preporučeni za rad u električnim postrojenjima.

### 4. PROGRAMSKA ARHITEKTURA I KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI

Jedan od razloga prelaska na novu sklopovsku arhitekturu, opisanu u prethodnom poglavlju, svakako jest praćenje trendova razvoja industrijskih računala te njihova dostupnost u budućnosti. Stari AVA 8 B KKKU uređaj i u tom pogledu je zastario, te je upitna dobavljalivost njegovih računalnih komponenti, kao i stanje te podrška operativnog sustava QNX. Zastario operativni sustav je tako u novoj LKKU verziji uređaja zamijenjen upravo sa Linux operativnom sustavu, po kojem je uređaj naravno i dobio ime LKKU.

#### 4.1. Debian Linux OS arhitektura

Kao izuzetno široka i stabilna (konzervativna i dugo podržana) Linux distribucija, za novi komunikacijsko koncentratorski uređaj (KKU) odabran je Debian Linux te su za njega prilagođene skripte i

napravljeni instalacijski paketi. Sam KKKU ovisi samo o standardnim Linux bibliotekama te uz preinake može raditi na bilo kojoj Linux distribuciji i arhitekturi.

Linux je ime za jezgru (*engl. kernel*) računalnog operacijskog sustava. Prije nego što je napravljena kao jezgra za Intelov mikroprocesor 80386, operacijski sustavi slični UNIX-u u pravilu nisu bili primjenjivi ni korišteni za kućnu upotrebu, već samo za istraživačke i uredske poslove. Za njegov brzi spontani razvoj zaslužni su razvoj Interneta i GPL licenca za korištenje. To je omogućilo stvaranje i rast globalne zajednice suradnika - korisnika, programera i poduzeća koji održavaju i nadograđuju Linux. Danas se Linux nalazi u raznom hardveru od ručnih satova i telefona do superračunala. Većina infrastrukture velikih IT kompanija (Google, Facebook...) i Interneta uopće također je izgrađena na Linuxu.

Osim same cijene, mnoge su prednosti za industrijsku primjenu u odnosu na standardne Windows operativne sustave. Prvenstveno, Linux je vrlo modularan sustav što omogućuje velike prilagodbe operativnog sustava, a što vodi do veće pouzdanosti i sigurnosti. Linux je i otvoren sustav što omogućuje potpuno razumijevanje i analizu koda od strane neovisnih stručnjaka, kao i lak razvoj i testiranje, pogotovo sistemskog softvera.

#### **4.2. Komunikacijski protokoli**

Jedan od najvećih nedostataka starijeg KKKU bila je nemogućnost podržavanja protokola IEC 61850. Taj mrežni protokol je osmišljen kao komunikacijski protokol koji će omogućiti komunikaciju između svakog elementa elektroenergetskog sustava – od prekidača, rastavljača ili bloka nadstrujne zaštite u trafostanici do hladnjaka u budućim pametnim kućama. Za razliku od starijih procesnih protokola, 61850 u sebi sadrži i semantiku podataka, a ne samo numeričke adrese i apstraktne tipove podataka. Signali su grupirani prema funkcijama u logičke čvorove i pridijeljena im je jedinstvena standardizirana semantika. LKKU u potpunosti podržava IEC 61850 arhitekturu u oba izdanja (*engl. Edition 1 i Edition 2*) što je i potvrdila njemačka certifikacijska kuća TÜV.

Veći broj terminala polja se preko komunikacijskog preklopника povezuje jedno Ethernet sučelje LKKU-a. Manji broj terminala polja (1 ili 2) moguće je spojiti izravno na LKKU, ovisno o broju dostupnih mrežnih priključaka. Nije preporučljivo, ali je ponekad prikladno u manjim transformatorskim stanicama gdje ima 1 ili 2 terminala polja. Podržani su mrežni protokoli u *master* izvedbi (prema terminalima polja): IEC 61850, IEC 60870-5-104 i MODBUS TCP.

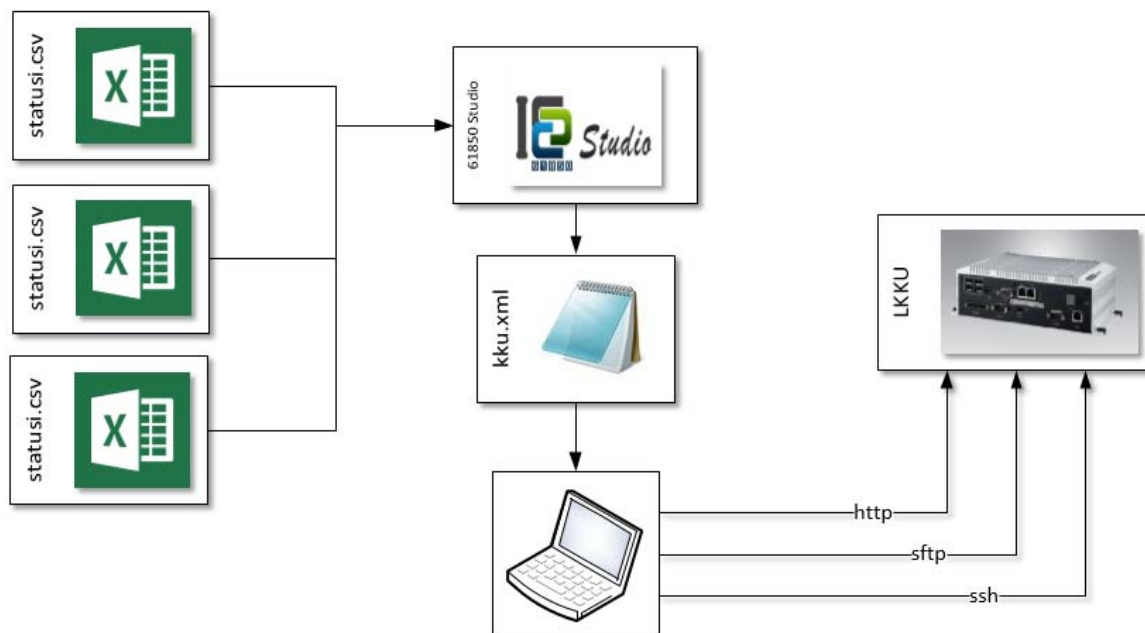
Neovisno o trendovima koji istiskuju serijsku komunikaciju u većini suvremenih terminala polja, ima ih još dovoljno da postoji potreba za podrškom tog načina komunikacije sa popratnim protokolima. LKKU zasad ima mogućnost komunikacije putem MODBUS RTU, IEC 60870-5-101 i IEC 60870-5-103.

Ovisno o dostupnoj komunikacijskoj infrastrukturi, LKKU se može povezati se sa centrom upravljanja bilo kojom IP kompatibilnom mrežom (Ethernet, SDH, IP radio...). Komunikacija se odvija IEC 61850 ili IEC 60870-5-104.

Omogućen je rad u dualnoj (i višestrukoj) redundantnoj konfiguraciji i automatsko prebacivanje vodeće uloge putem komunikacije UDP protokolom. Svaki LKKU periodički šalje poruke svim ostalim LKKU računalima te temeljem primljenih poruka i zadanih prioriteta određuje vodeću ulogu.

## 5. PUŠTANJE U POGON

Za razliku od SCADA sustava, LKKU nije zamišljen da bude spojen na zaslon pa se konfiguracija učitava pomoću SSH daljinskog pristupa (npr. PuTTY-em) ili SFTP daljinskim prijenosom datoteka.



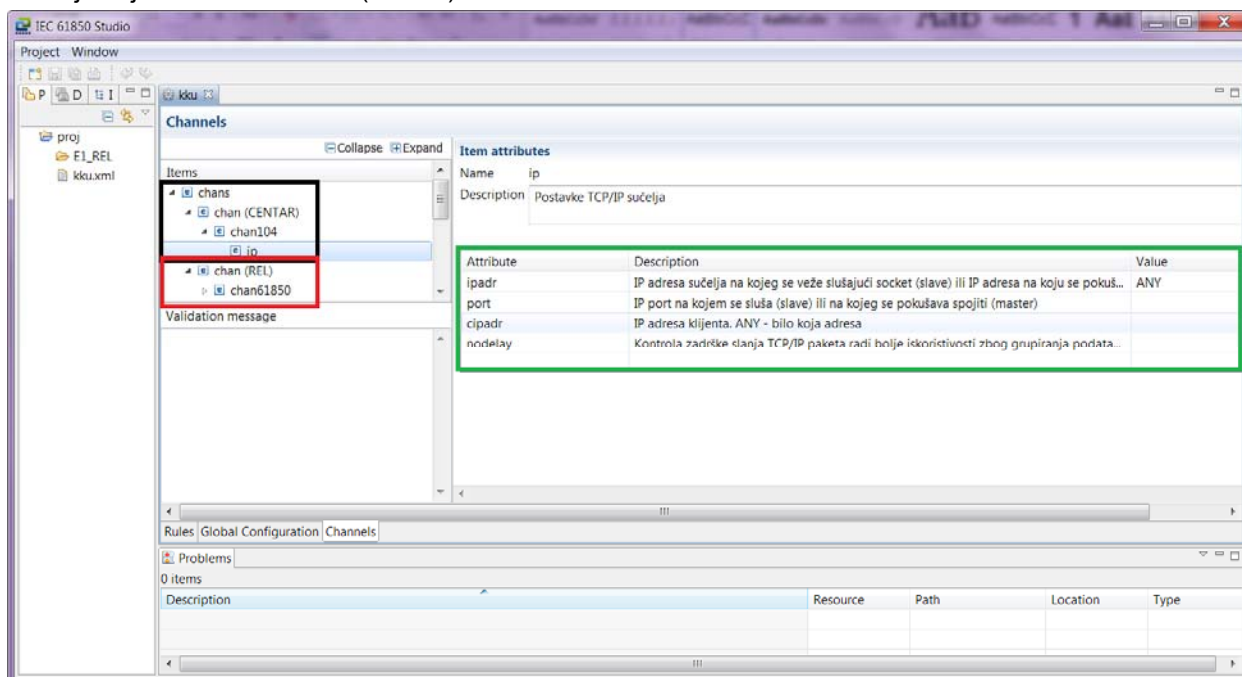
Slika 2 Tijek izrade i učitavanja konfiguracije

Za što lakši, točniji i pregledniji unos procesnih točaka poželjno je koristiti datoteke u .csv obliku koje se najlakše izrađuju u alatu MS EXCEL. U odvojenim datotekama su prema slici 3 procesne točke indikacija, mjerenja i komandi. Svaka datoteka ima standardne stupce potrebne za definiranje određenih procesnih točaka. Pri uvozu .csv datoteka u IEC 61850 Studio odabiru se stupci koji se, ovisno o protokolu, standardno unose. To omogućava korištenje dodatnih stupaca u datotekama koji se kasnije mogu koristiti u bržoj i točnijoj izradi projektne dokumentacije.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Naponski nivo	Polje	Naziv informacije	Objekt	Događaj	Tip	Kanal (dolaz)	IEC 61850 adresa (condAddr)	Kanal (dolaz) (act:group)	Tip 104 (act:group)	IEC104 ASDU/CA (act:asdu)	IEC104
2	35kV	#H01	APU u tijeku		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/ARRREC1SSTSPngRecStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
3	35kV	#H01	APU blokiran		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/ARRREC1SSTSPngBstVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
4	35kV	#H02	APU definitivni isklon		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/ARRREC1SSTSPngRecStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
5	35kV	#H01	IRF kvar relea		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/DiagLPH01SSTSPngDevOpStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
6	35kV	#H01	Nadstrujna zaštita i>>		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/DT50HPTOC1SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
7	35kV	#H01	Nadstrujna zaštita i>		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/DT50LPTOC1SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
8	35kV	#H01	ZZP		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/EXTB50BFGG01SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
9	35kV	#H01	Kvar isklonog kruga prekidača		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/IT5TTCGG01SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
10	35kV	#H01	Struja Ia		MEAS	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/IVPQFMMXU1SMXSApA5ValSmagSt	CENTAR	M_ME_NC	30		
11	35kV	#H01	Jakova snaga		MEAS	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/IVPQFMMXU1SMXStotVA5ValSmagSt	CENTAR	M_ME_NC	30		
12	35kV	#H01	Radna snaga		MEAS	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/IVPQFMMXU1SMXStotW5ValSmagSt	CENTAR	M_ME_NC	30		
13	35kV	#H01	Upravljanje poljem		L/D	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/LN05STLocStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
14	35kV	#H01	Zemljospojna zaštita i>>		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/NT50ALPTOC1SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
15	35kV	#H02	Stanje prekidača	Q0	ISK/UK	DPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/Obj3ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
16	35kV	#H01	Stanje rastavljača	Q1	ISK/UK	DPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/Obj3ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
17	35kV	#H01	Stanje rastavljača	Q2	ISK/UK	DPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/Obj3ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
18	35kV	#H01	Stanje rastavljača	Q8	ISK/UK	DPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/Obj4ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
19	35kV	#H01	Vrata željele otvorena		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
20	35kV	#H01	Isprazni ispr. EMP prekidača		PREST/PRORAD	SPI	H01_RFX	H01_RFX:H01_RFXRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
21	35kV	#H03	CBF		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/C850B8B8F1SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
22	35kV	#H03	IRF kvar relea		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/DiagLPH01SSTSPngDevOpStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
23	35kV	#H03	Nadstrujna zaštita i>>		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/DT50HPTOC1SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
24	35kV	#H03	ZZP		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/EXTB50BFGG01SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
25	35kV	#H03	Kvar isklonog kruga prekidača		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/IT5TTCGG01SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
26	35kV	#H03	Nadstrujna zaštita i>		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/IT5TTCGG01SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
27	35kV	#H02	Struja Ia		MEAS	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/IVPQFMMXU1SMXSApA5ValSmagSt	CENTAR	M_ME_NC	30		
28	35kV	#H03	Upravljanje poljem		L/D	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/LN05STLocStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
29	35kV	#H03	Zemljospojna zaštita i>>		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/NT50ALPTOC1SSTSPngGeneral	CENTAR	M_SP_TB	30	
30	35kV	#H02	Stanje prekidača	Q0	ISK/UK	DPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/Obj3ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
31	35kV	#H03	Stanje rastavljača	Q1	ISK/UK	DPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/Obj3ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
32	35kV	#H03	Stanje rastavljača	Q11	ISK/UK	DPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/Obj3ACSW1SSTSPngStVal	CENTAR	M_DP_TB	30	
33	35kV	#H03	Isprazni ispr. EMP prekidača		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
34	35kV	#H03	Vrata željele otvorena		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
35	35kV	#H03	Buchholz isklon		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
36	35kV	#H03	Buchholz alarm		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	
37	35kV	#H03	Kontaktirni termometar isklon		PREST/PRORAD	SPI	H03_RFD	H03_RFD:H03_RFDRelay/USerGG02SSTSPngStVal	CENTAR	M_SP_TB	30	

Slika 3 Datoteka za indikacije, komande i mjerenja

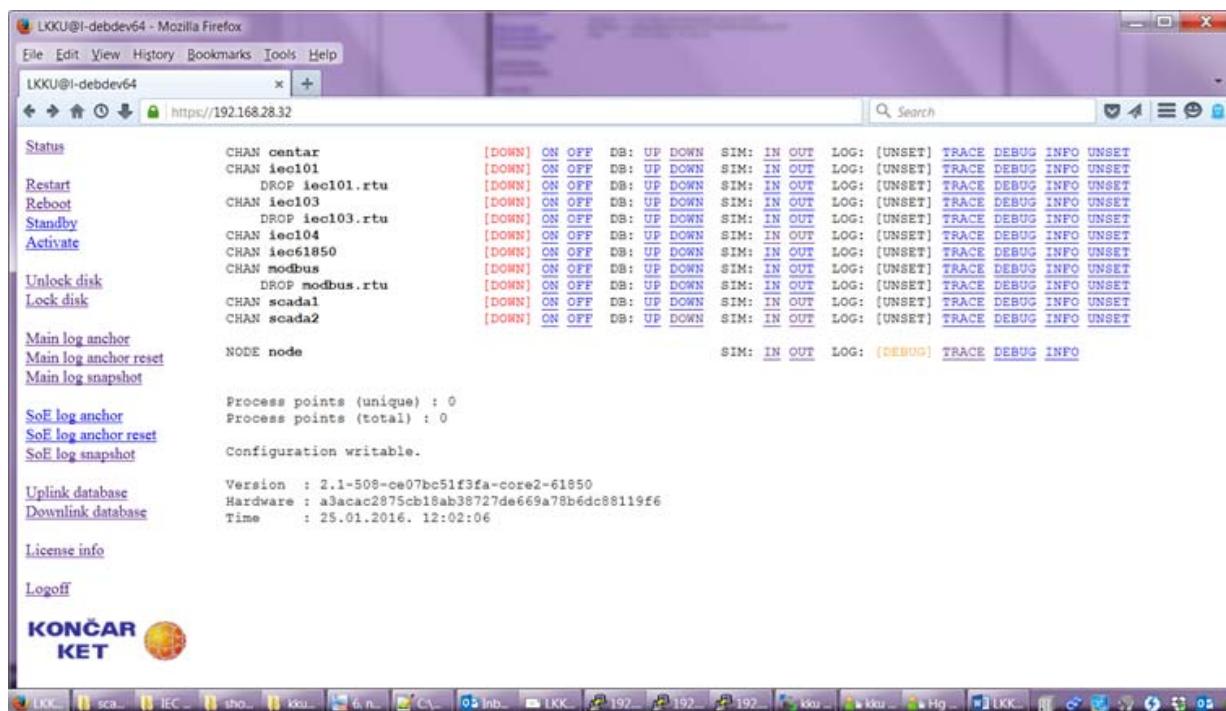
Na slici 4 može se vidjeti primjer konfiguriranja komunikacije. Potrebno je definirati komunikaciju prema podređenim uređajima (crveno) i prema nadređenom centru (crno). Upisuju se postavke linija i uređaja kojima se komunicira (zeleno).



Slika 4 IEC 61850 Studio

## 5.1. WEB sučelje

Web sučelje je namijenjeno za brzi servisni pristup KKK servisu koristeći standardne HTTP Web browsere (Internet Explorer, Mozilla Firefox itd.) raznih generacija (nepotreban Javascript, podržane i vrlo stare verzije). Od neovlaštenog korištenja sučelja je zaštićeno korisničkim imenom i zaporkom.

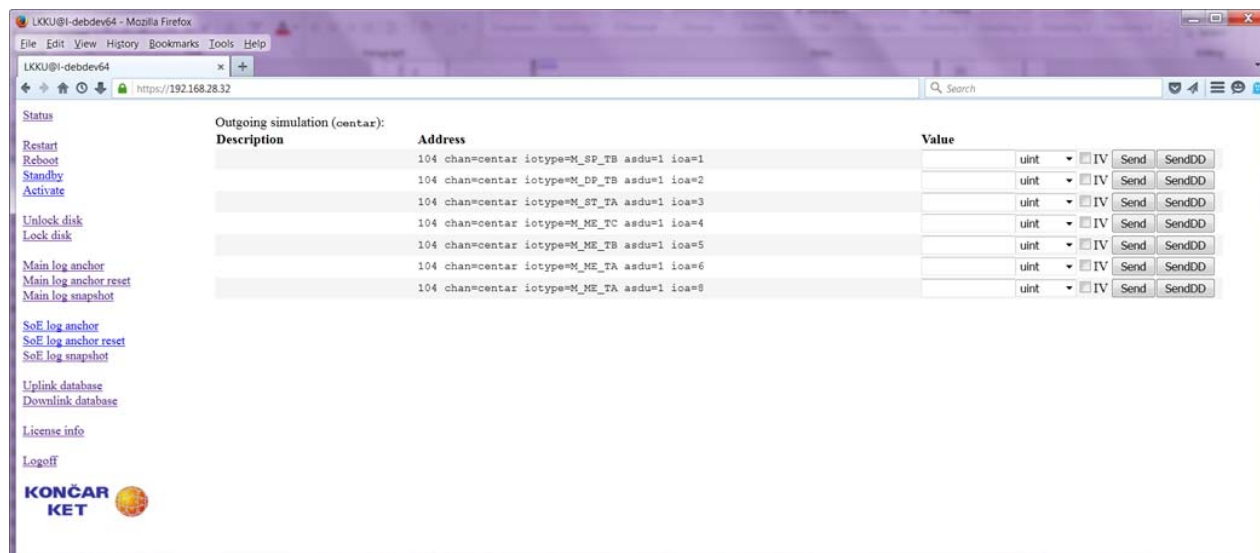


Slika 5 LKKU WEB sučelje



WEB sučeljem je moguće ponovno pokrenuti LKKU – aplikaciju ili računalo. Također je moguće upravljati komunikacijom. Zaključavanjem particije diska zabranjuje se pisanje po disku sve do otključavanja iste. Svaki kanal moguće je pratiti (*engl. log*) što omogućava puštanje u pogon i daljnje održavanje.

Pri puštanju u pogon potrebno je ispitati komande na aparate. Budući da LKKU ne predviđa lokalno izdavanje komandi, već samo iz centra daljinskog vođenja, simulacijski način rada je potreban da bi se pri puštanju u pogon komande lakše ispitale. To se izvodi upisivanjem adrese željene komande.

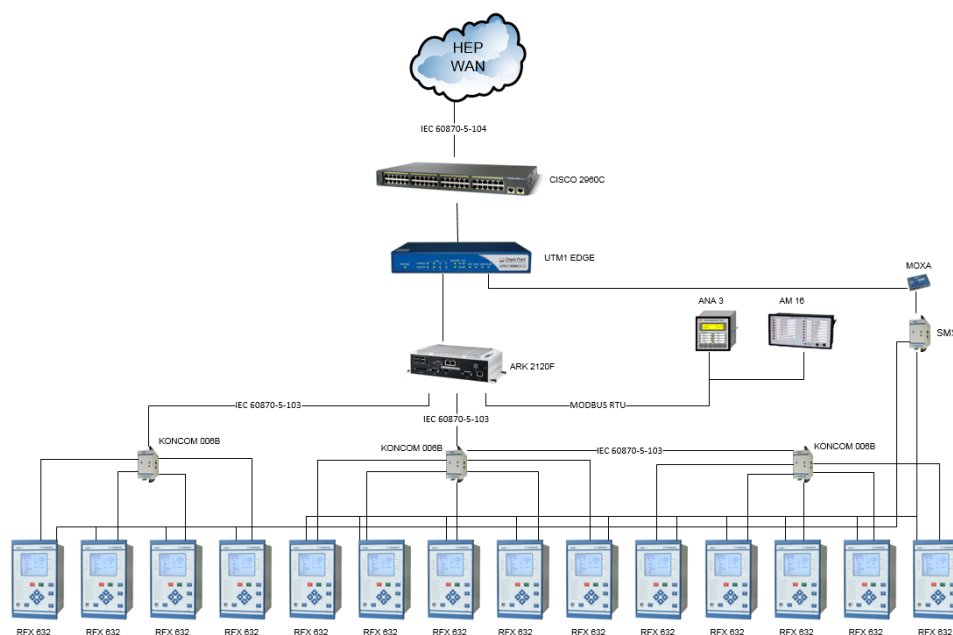


Slika 6 WEB sučelje u simulacijskom načinu rada

## 6. ISKUSTVA S PUŠTANJA U POGON

Prema iskustvu, LKKU se dosad ugrađivao u srednje i niskonaponske transformatorske stanice, kao komunikacijski poslužitelj u centrima daljinskog vođenja te kao pretvarač protkola.

U 35/10 kV transformatorskim stanicama u pravilu se ugrađuju terminali polja koji objedinjuju zaštitne i upravljačke funkcije poput KONČAR RFX i ABB REF i to po jedan u svakom polju. Tu je preporučljivo ugrađivati računalo ARK2120F zbog potrebe za komuniciranjem s većim brojem terminala. Komunikacijska shema izvodi se ovisno o vrsti protokola kojima komuniciraju s LKKU-om. To su prema iskustvima bili serijski IEC 60870-5-103 ili mrežni IEC 61850. Osim terminala, LKKU je trebao i uređaje poput jedinica nadzora ispravljača, alarmnih jedinica, mjernih terminala i sličnih uvesti u sustav daljinskog vođenja, najčešće serijskim MODBUS RTU ili mrežnim MODBUS TCP protokolima.



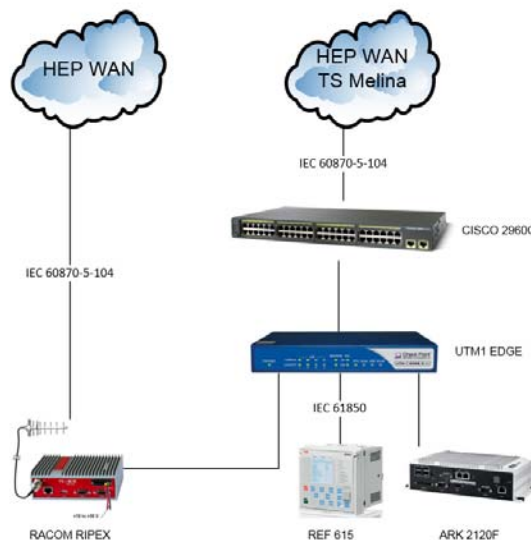
Slika 7 Shema komunikacijskog povezivanja u TS 35/10 kV Mavrinci [3]

10/0,4 ili 20/0,4 kV transformatorske stanice su manje složenosti, što često znači i manjeg broja terminala polja već navedenih serija. Tamo obično jedan terminal polja upravlja i štiti cijelu stanicu, a osim njega može i ne mora biti ostalih uređaja signalizacije.

LKKU je moguće koristiti i kao neovisni komunikacijski poslužitelj u centrima daljinskog vođenja. Prednosti takve raspodijeljene arhitekture mogu se vidjeti pri bržoj inicijalnoj prozivci (GIT) nakon podizanja aplikacijskih poslužitelja. Za razliku od starog KKU-a, kanali prema procesu su potpuno neovisni o ispadanju i prozivkama s kanala centra. Podaci prema centru se uvijek poslužuju iz brže lokalne baze LKKU-a.

Na taj način nema potrebe za ponovnim pokretanjem kanala prema procesu kod ponovnog pokretanja SCADA-e što je značajno kod radio veza koji imaju dulje vrijeme osvježavanja.





Slika 8 Shema komunikacijskog povezivanja u TS 20/0,4 kV Viševac [4]

## 7. ZAKLJUČAK

Glavne razlike u odnosu na prijašnji KKK su novi operativni sustav, podrška za suvremeni IEC 61850 te novi modeli računala na kojima se LKKU standardno isporučuje. Linux operativni sustav se pokazao boljim rješenjem zbog neizvjesne budućnosti QNX-a te veće pouzdanosti, sigurnosti i otvorenog koda koji ga čini izrazito prilagodljivim korisniku. Komunikacijski se spaja s podređenim terminalima polja ovisno o protokolima kojim komuniciraju. Unatoč prilagodljivosti LKKU-a, poželjno je radi lakšeg održavanja i odličnih karakteristika koristiti računala ARK 2120F i ARK 1122C.

Zbog svojih objektivnih prednosti SCADA sustavi su složenija, bolja, ali i skuplja rješenja od LKKU-a. Unatoč tome, iskustva su pokazala da LKKU uz prednosti kao prilagodljiva programska arhitektura zasnovana na transparentnom operativnom sustavu (Linux), pouzdana i robusna industrijska računala, veliki broj podržanih komunikacijskih protokola samog uređaja (IEC 61850) te jednostavnost prilikom inženjeringa i konfiguracije čine LKKU praktičnijim rješenjem za SN distributivne transformatorske stanice.

## 8. LITERATURA

- [1] „ARK-2120F.“ [Na internetu]. Pristupačno na: [http://downloadt.advantech.com/ProductFile/PIS/ARK-2120F/Product-Datasheet/ARK-2120F\\_DS\(12.07.15\)20151207115631.pdf](http://downloadt.advantech.com/ProductFile/PIS/ARK-2120F/Product-Datasheet/ARK-2120F_DS(12.07.15)20151207115631.pdf). [Pristupljeno: 26-jan-2016].
- [2] „ARK-1122C.“ [Na internetu]. Pristupačno na: [http://downloadt.advantech.com/ProductFile/PIS/ARK-1122C/Product-Datasheet/ARK-1122C\\_DS\(11.02.15\)20151102170741.pdf](http://downloadt.advantech.com/ProductFile/PIS/ARK-1122C/Product-Datasheet/ARK-1122C_DS(11.02.15)20151102170741.pdf). [Pristupljeno: 26-jan-2016].
- [3] B. Tomečić i G. Janošević, „Uvođenje TS 35/10 kV Mavrinci u SDV - Projekt izvedenog stanja.“ .
- [4] G. Zagorščak, „Uvođenje TS 20/0,4 kV Viševac u SDV - Projekt izvedenog stanja.“ .