

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

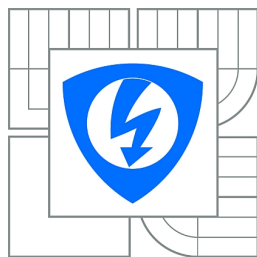
TESTOVÁNÍ KOMUNIKACE OCHRAN PODLE IEC 61850

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ROBERT BOLGÁR

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoprúdová elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Robert Bolgár

ID: 119363

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Testování komunikace ochrany podle IEC 61850

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Standard pro komunikaci IEC61850.
2. Návrh laboratorní úlohy pro otestování komunikace ochrany.
3. Realizace laboratorní úlohy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 26.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

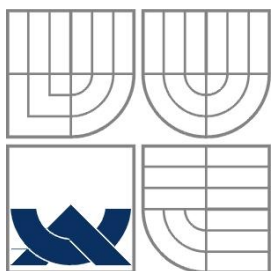
Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

BOLGÁR, R. Testování komunikace ochran podle IEC 61850. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, 2011, 46 stran. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Toman, Ph.D..

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Bakalářská práce

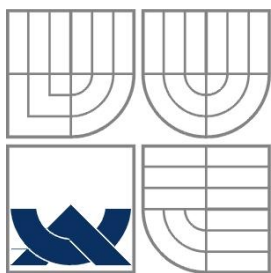
Testování komunikace ochran podle IEC 61850

Robert Bolgár

vedoucí: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2011

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Bachelor's Thesis

Testing of the IEC 61850 relay communication

by

Robert Bolgár

Supervisor: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Brno University of Technology, 2011

Brno

ABSTRAKT

Cieľom práce je praktické použitie normy IEC 61850, ktorá sa zaoberá komunikáciou zariadení v rozvodni ale aj mimo ňu. Hlavná myšlienka je v návrhu modelu, ktorý bude slúžiť pre testovanie komunikácie medzi ochranami za pomoci testovacieho zariadenia CMC 256plus od firmy OMICRON a jeho softvérového vybavenia „IEDScout“, „GOOSE Configuration“ a „QuickCMC“.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: IEC 61850; Komunikácia ochrán; CMC 256plus; IEDScout; GOOSE Configuration

ABSTRACT

Goal of this thesis is practical use of standard IEC 61850, which deals with communication between devices in substation. The main idea is create a model for testing communication between relays with testing device CMC 256+ from OMICRON company and his software equipment „IEDScout“, „GOOSE Configuration“ and „QuickCMC“.

KEYWORDS: IEC 61850; Relay communication; CMC 256+; IEDScout; GOOSE Configuration

Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV.....	10
ZOZNAM TABULIEK.....	11
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	12
1) Úvod.....	13
2) Cieľ práce	15
3) Norma IEC 61850.....	16
4) Model rozhrania automatizovaného systému rozvodni.....	18
5) Zásady mapovania na sériový jednosmerný viacbodový spoj bod-bod	21
5.1) Komunikačná zostava.....	21
5.1.1) Fyzická vrstva	22
5.1.2) Spojová vrstva	22
5.1.3) Aplikačná vrstva.....	22
5.2) Obmedzenie	22
6) Požiadavky na komunikáciu a komunikačný model	23
6.1) Funkčná spolupráca	23
6.2) Trvalé konštrukčné požiadavky	23
6.3) Dynamické interakčné požiadavky	23
6.4) Požiadavky na chovanie pri odpovedi.....	24
6.5) Koncepcia funkčnej spolupráce	24
6.6) Požiadavky na skúšky zhody	24
7) Požiadavky na vlastnosti správ	25
7.1) Úvod.....	25
7.2) Základné časové požiadavky	25
7.3) Definícia časovej udalosti	26
7.4) Definícia doby prenosu.....	26
7.5) Zavedenie a použitie typov správ	27
7.6) Zavedenie a použitie tried akosti.....	27
7.6.1) Riadenie a ochrana.....	27
7.6.2) Integračné meranie a kvalita elektrickej energie	27
7.7) Typy správ a triedy akosti.....	28
7.7.1) Typ 1 – Rýchle správy	28
7.7.2) Typ 2 – Stredne rýchle správy.....	29
7.7.3) Typ 3 – Správy s nízkou rýchlosťou.....	29
7.7.4) Typ 4 – Správy s prvotnými (nespracovanými) dátami	29

7.7.5)	Typ 5 – Funkcie prenosu súboru	29
7.7.6)	Typ 6 – Správy pre časovú synchronizáciu	29
7.7.7)	Typ 7 – Správy s povelmi s riadením prístupu	29
7.8)	Požiadavky na integritu (neporušenosť) dát.....	30
7.9)	Požiadavky na vlastnosti systému	30
7.9.1)	Výsledky hodnotení	30
7.9.2)	Súhrn.....	30
8)	Znázornenie komunikácie	31
9)	Testovacie vybavenie pracoviska	33
9.1)	Úvod.....	33
9.2)	Softvérové vybavenie testru OMICRON CMC256plus.....	33
9.2.1)	Softvérový balík IEDScout	33
9.2.2)	Softvérový balík GOOSE Configuration	35
10)	Hierarchia terminálu REF615	36
11)	Návrh laboratórnej úlohy.....	39
11.1)	Testovanie komunikácie ochrán podľa IEC 61850.....	39
11.1.1)	Cieľ úlohy	39
11.1.2)	Zadanie.....	39
11.1.3)	Teoretický rozbor	39
11.1.4)	Schémy zapojenia	40
11.1.5)	Postup testovania	41
11.1.6)	Záver	44
12)	Záver.....	45
POUŽITÁ LITERATÚRA		46

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 - Model rozhrania automatizovaného systému stanice.....	19
Obrázok 2 - Väzba medzi funkciami, LN a fyzickými uzlami (príklad).....	20
Obrázok 3 - Komunikačný model ISO/OSI.....	21
Obrázok 4 - Definícia doby prenosu.....	26
Obrázok 5 - ACSI komunikačné modely.....	31
Obrázok 6 - Použitie GSE modelu	32
Obrázok 7 - GOOSE Subscriptions	33
Obrázok 8 - GOOSE Sniffer ("čmuchač").....	34
Obrázok 9 - GOOSE Recording.....	34
Obrázok 10 - GOOSE Configuration	35
Obrázok 11 - Hierarchické usporiadanie terminálu REF615.....	36
Obrázok 12 - GOOSE správa z terminálu REF615.....	37
Obrázok 13 - Schéma zapojenia sieťovej časti a interakcie softvérových nástrojov	40
Obrázok 14 - Zapojenie kontaktov terminálu REF615.....	41
Obrázok 15 - Prijatá GOOSE správa nástrojom „Sniffer“.....	42
Obrázok 16 - GOOSE správa a jej dáta a atribúty.....	42
Obrázok 17 - Simulovanie poruchy v "QuickCMC".....	43
Obrázok 18 - Zmena atribútu pri poruche.....	43
Obrázok 19 - Mapovanie GOOSE správy na binárny vstup testru	44

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1- Typy správ	28
-----------------------------	----

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

- ACSI – *Abstract Communication Service Interface*; Abstraktné rozhranie komunikačnej služby. Poskytuje komunikačné služby pre prístup k dátam, ovládanie a iné.
- ASDU – *Application Service Data Unit*; Dátová jednotka (rámec) aplikačných služieb.
- CT – *Current Transformers*; Transformátory prúdu
- IED – *Intelligent Electronic Devices*; Inteligentné elektronické zariadenia, určené k zaistiťovaniu ochrany rozvodní, merania a regulácie, automatizácie, rozposielanie dát ostatným IED v komunikačnej sieti.
- Interoperabilita – Spolupráca zariadení (IED) od rôznych výrobcov špecifikovaná normou IEC 61850
- GOOSE – *Generic Object Oriented Substation Event*; V preklade generická objektovo orientovaná udalosť rozvodni. Stavové dáta a hodnoty premenných sú zoskupene do objektov a posielane z IED multicastom ostatným IED
- GSE – *Generic Substation Event*; Generická udalosť rozvodni. Model poskytujúci rýchle mechanizmy prenášania dát po celej rozvodni
- GSSE – *Generic Substation State Event*; Generická stavová udalosť rozvodni. Prostredníctvom GSEE sa prenášajú iba stavové dáta. Využíva sa pri tom stavový zoznam, reťazec bitov miesto objektov. Správy sa prenášajú prostredníctvom MMS a ich spracovanie a prenos trvá dlhšie oproti GOOSE.
- HMI – *Human Machine Interface*; rozhranie človek – stroj, najčastejšie sa to spája so staničným počítačom.
- Multicast – Správy vysielané do sieťového média skupine prijímateľov
- PICOM – *Piece of Information for COMmunications*; Vo voľnom preklade časť informácie pre komunikáciu a opisuje informácie posielané medzi LN. Sú to jednoduché príkazy pre vykonanie určitej funkcie.
- SAS – *Substation automatic system*; Automatizovaný systém podriadenej stanice
- SCADA – *Supervisory control and data acquisition*; Riadenie kontroly získavanie dát
- UTC – *Coordinated Universal Time*; Jednotný svetový čas
- VLAN – *Virtual Local Area Network*; Virtuálna lokálna sieť
- VT – *Voltage Transformers*; Transformátory napätia

1) Úvod

Súbor noriem IEC 61850 a jeho český ekvivalent ČSN EN 61850 určuje pravidlá komunikácie zariadení v rozvodni a stanovuje požiadavky, ktoré sú na rozvodne a zariadenia v nej kladené z hľadiska komunikácie. Výhoda normy a teda jej hlavný prínos je to, že predstavuje jednotnú, štandardizovanú metódu na tvorbu komunikácie a integrácie zariadení v rozvodne. V skratke povedané, umožňuje vytváranie systému s použitím zariadení od rôznych výrobcov, ktoré budú medzi sebou komunikovať. To doteraz možné nebolo, keďže každý výrobca si vo svojich výrobkoch aplikoval vlastné komunikačné protokoly, ktoré neboli schopné spolupracovať s protokolmi od iného výrobcu. Zariadenia vo vnútri rozvodni sa označujú ako IED a plnia úlohu ochrany rozvodni, dohľad nad prevádzkou, automatizáciu, reguláciu a meranie, zber dát a vyhodnocovanie.

K čomu je dobrá samotná komunikácia? Všetky IED, či už v rozvodniach alebo aj mimo ne vzájomne komunikujú, aby zbierali prevádzkové údaje, vyhodnocovali ich, nastavovali parametre regulácie a posielali zozbierané hodnoty do kontrolného strediska. To, že IED dokážu posilať príkazy ostatným IED v rozvodni, umožňuje vytvárať distribuovanú sieť ochrán bez nutnosti centrálného ovládacieho zariadenia a vytvoriť tak sofistikovanú sieť schopnú regulácie a automatizácie. Ďalšia výhoda komunikácie je v tom, že použitím jednotného komunikačného systému odpadá použitie vyhradenej kabeláže potrebnej pre zaistenie vykonávania úloh v rozvodni a kabeláže potrebnej pre ovládanie rozvodni z ovládacieho centra alebo komunikácie medzi rozvodňami. Norma neštandardizuje len samotnú komunikáciu vo vnútri rozvodni, ale aj komunikácie medzi rozvodňami, elektrárnami a dispečingom, čo je dôležité pri riešení porúch v sieti ako napríklad výpadok elektrickej siete a teda efektívne riadiť technické a ekonomické procesy v energetických a rozvodných spoločnostiach. Medzi jeden z významných prínosov normy je dlhodobá rozšíriteľnosť. Použitím protokolov určených normou je možné kombinovať zariadenia od rôznych výrobcov a dokonca aj zamieňať zariadenia, čo uľahčuje výmenu náhradných dielov pri poruchách.

Medzi veľké výhody normy sa radí to, že protokoly vychádzajú z Eternetu a je teda možné využiť veľké množstvo známych nástrojov a zariadení pre realizáciu komunikačnej siete. Každý uzol siete pripojený ako klient môže riadiť prevádzku a komunikovať so všetkými servermi a podriadenými zariadeniami. Pretože podriadené zariadenia sú spravidla IED, ktoré ovládajú napríklad transformátory alebo spínače, môžu zbierať prevádzkové dáta. Novinkou pri používaní protokolov z normy IEC 61850 je to, že dokážu prenášať z IED do systému SCADA súbory dát s informáciami o aktivitách a prevádzkových veličinách. Dokážu vytvárať grafy časových priebehov v režime *off-line*. Výhodou je, že dáta sú vzorkované s pomerne nízkou periódou (milisekundy), ukladané v IED a kompletne dáta sú naraz prenesené do SCADA, kde môžu byť následne analyzované.

Norma dáva prednosť objektovo orientovanému programovaniu pred programovaním konvenčným. Výhodou objektovo orientovaného programovania je jeho jednoduchosť pre používateľa, kladie sa dôraz na dáta a nie na procedúry a je ľahko modifikovateľný. Programy a dáta sú spojené do objektov a teda všetky informácie sa nachádzajú na jednom mieste. IED s funkciou „Publisher“ rozposiela dáta (GOOSE) všetkým ostatným IED, ale čítať správu môžu len registrovaný (poverený).

Architektúra komunikačného systému je síce typu klient – server, ale nevýhody klasickej architektúry klient – server odstraňuje tým, že aj jednotliví klienti, teda IED, sú schopné riadiť prenos dát. To dovoľuje presunúť riadiace a komunikačné funkcie bližšie k prevádzkovým procesom a teda aj skrátiť dobu, ktorú by sme potrebovali na prenos informácie od meracieho zariadenia k riadiacemu a od riadiaceho zariadenia k akčnému prvku. Tým sa prináša do siete s architektúrou klient – server veľká komunikačná flexibilita. Protokoly podľa IEC 61850 umožňujú prenos časovo kritických informácií, vďaka čomu komunikácia splňuje požiadavky na prenos dát bezpečnostných funkcií v automatizovaných rozvodniach.

2) Cieľ práce

Cieľom práce je porozumieť komunikácií obsiahnutej v súbore noriem IEC 61850 a získaniu poznatkov o samotnej komunikácii, použitej komunikačnej štruktúre, typov správ a dejov prebiehajúcich počas komunikácie vrátane praktického overenia v laboratóriu. Cieľom tejto práce nie je rozbor komunikačných protokolov, komunikácie klient – vzdialený server, návrhu samotnej komunikácie ani tvorbe programového vybavenia komunikujúcich zariadení.

3) Norma IEC 61850

Norma IEC 61850 sa skladá z 10 častí a niektoré časti sú ešte ďalej rozdelené na časti. Prehľadný zoznam jednotlivých častí a čím sa zaoberajú je nasledovný.

IEC 61850 – Komunikačné siete a systémy v podriadených staniciach

- 1 – *Úvod a prehľad* (ČSN 334850 – 1)
- 2 – *Výklad zvláštnych významov* (ČSN IEC/TR 61850 – 2)
- 3 – *Všeobecné požiadavky* (ČSN EN 61850 – 3): Stanovuje základné požiadavky na komunikáciu medzi IED v rozvodni a požiadavky na systémy, ktoré sú na rozvodňu viazané
- 4 – *Systémové a projektové riadenie* (ČSN EN 61850 – 4): Sústreďuje sa na požiadavky na správu systému, riadenie projektov a na špeciálne podporné nástroje pre inžinierske práce a systém skúšok rozvodní
- 5 – *Požiadavky na komunikáciu pre funkcie a modely zariadení* (ČSN EN 61850 – 5): Štandardizuje komunikáciu medzi IED, ako sú ochrany, odpojovače alebo transformátory a systém rozvodni
- 6 – *Konfiguračný popisový jazyk pre komunikáciu v elektrických staniciach týkajúcich sa IED* (ČSN EN 61850 – 6): Špecifikuje formáty súborov pre popis konfigurácie jednotlivých IED a súbor parametrov spojených s komunikáciou a konfiguráciou komunikačného systému
- 7 – *Základná komunikačná štruktúra pre podriadené stanice a napájacie zariadenia*
 - 1 – *Zásady a modely* (ČSN EN 61850 – 7 – 1): Poskytuje prehľad o architektúre komunikačných systémov a interakcií medzi zariadeniami rozvodní. Súčasne stanovuje ako dosiahnuť interoperability zariadení
 - 2 – *Abstraktné rozhranie pre komunikačné služby (ACSI)* (ČSN EN 61850 – 7 – 2): Popisuje dve rozhrania: prvé pre komunikáciu klient a vzdialený server a druhé pre rýchle a spoľahlivé šírenie informácií o časovo kritických udalostiach v rámci celého systému rozvodni a prenos súborov vzorkovaných hodnôt
 - 3 – *Obecné triedy dát* (ČSN EN 61850 – 7 – 3): Špecifikuje triedy dát pre informácie o stavoch zariadení, vzorkovaných veličinách, informácie spojené s riadením stavu zariadení a iné. Charakterizuje atribúty pre použitie v rozvodniach
 - 4 – *Triedy kompatibilných logických uzlov a triedy dát* (ČSN EN 61850 – 7 – 4): Stanovuje názvy logických uzlov a názvy dát pre komunikáciu medzi programovateľnými elektronickými zariadeniami, vrátane vzťahov medzi logickými uzlami a dátami

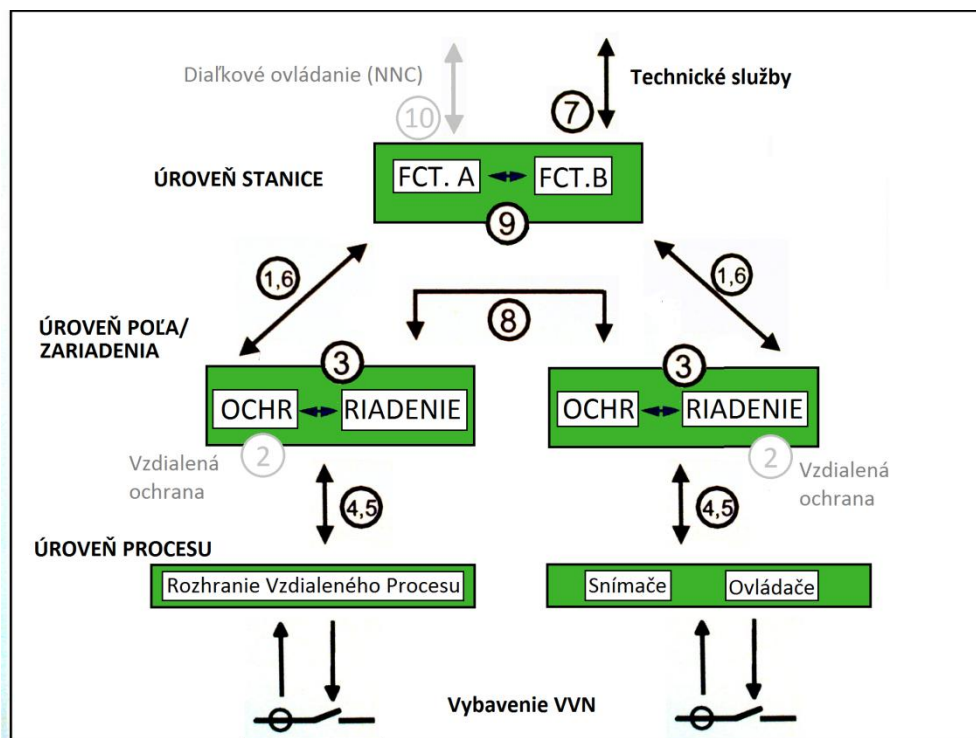
- 8 – *Mapovanie špecifických komunikačných služieb (SCSM) – Mapovanie na MMS (ISO 9506-1 a ISO 6506-2) a na ISO/IEC 8802-3 (ČSN EN 61850 – 8):* Špecifikuje metódy pre výmeny časovo kritických i nekritických dát po miestnych sieťach pomocou mapovania na MMS a Ethernetové rámce ISO/IEC 8802-3 (IEEE 802.3). Špecifikuje výmenu dát v reálnom čase, riadiace činnosti a predávanie správ a príkazov.
- 9 – *Mapovanie špecifických komunikačných služieb (SCSM)*
- 1 – *Prenos vzorkovaných hodnôt po sériovom jednosmernom (neorientovanom) viacbodovom spoji bod-bod ČSN EN 61850 – 9 – 1):* Definuje mapovanie špecifických komunikačných služieb pre komunikáciu na úrovni poľa rozvodní
- 2 – *Vzorkované hodnoty z ISO/IEC 8802-3 (ČSN EN 61850 – 9 – 2):* Stanovuje mapovanie SCSM pre prenos vzorkovaných hodnôt v súlade s abstraktnou špecifikáciou ACSI. Je tu kombinovaný priamy prístup na zdieľané prenosové médiá s metódou riadenia prístupu CSMA/CD (ISO/IEC 8802-3) a mapovanie podľa IEC 61850 – 8 – 1
- 10 – *Skúšky a zhody (ČSN EN 61850 – 10):* Stanovuje metódy a popisuje abstraktné prípady skúšok pre skúšanie zhody zariadení používaných v automatizovaných systémoch rozvodní.

Súčasťou súboru noriem IEC 61850 sú ďalšie doplnkové normy. Prvá je IEC 61850 – 7 – 410. Má názov „*Vodné elektrárne – Komunikácia pre sledovanie a riadenie*“ a definuje doplnkové obecné triedy dát, logické uzly a dátové objekty špeciálne pre vodné elektrárne. Druhá je IEC 61850 – 7 – 420 s názvom „*Základná komunikačná štruktúra – Logické uzly pre decentralizované zdroje elektrickej energie*“. Charakterizuje informačné modely pre výmenu informácií v sieťach s decentralizovanými zdrojmi a akumulárnymi stanicami.

4) Model rozhrania automatizovaného systému rozvodni

Pridelené funkcie IED a riadiacim úrovniám nie je pevne stanovené. Obvykle závisí na požiadavkách na pohotovosť, na charakteristikách, ekonomických nákladoch, na stave techniky, filozofii spoločnosti a iné. Účelom normy IEC 61850 je teda zaistiť akékoľvek pridelenie funkcií IED. Samozrejme, aby bolo možné pridelenie funkcií IED, musí byť zaistená „interoperabilita“ IED od rôznych výrobcov. Funkcie je možné rozdeliť na časti vykonávané viacerými IED vzájomne komunikujúcimi – rozložená funkcia. Týmto vytvoríme takzvané logické uzly (LN) a komunikáciou a spoluprácou týchto IED musí byť zaistená daná pridelená funkcia. LN sa môžu nachádzať v rôznych zariadeniach a v rôznych úrovniach. *Obrázok 2* [1] uvádza príklad vysvetľujúci väzbu medzi funkciami, LN a fyzickými uzlami (zariadeniami). Vzhľadom k tomu, že pri rozloženej funkcii, sa môžu LN nachádzať v rôznych fyzických zariadeniach a tie medzi sebou komunikujú, nie je rozloženie funkcie jednoznačné. Ak je realizovaná rozložená funkcia, musia existovať vhodné reakcie na stratu LN alebo príslušného komunikačného spojenia.

Funkcie môžeme rozdeliť na dve základné skupiny a to aplikačné funkcie SAS, ktoré sú riadenie a kontrola, ochrana a sledovanie primárneho vybavenia a silnoprúdovej siete. Druhá skupina, ostatné funkcie, teda systémové funkcie sa viažu k vlastnému systému a sú to napríklad kontrola komunikácie. Samotné funkcie je možné priradiť trom úrovniám: úrovni stanice, úrovni poľa a úrovni procesu. Stanicou môžeme považovať server vo vnútri rozvodni, ktorý komunikuje so všetkými IED a zbiera dáta, ktoré ďalej zasiela inej časti elektrizačnej siete, napríklad inej rozvodni alebo dispečingu. Úroveň poľa sú už IED zaisťujúce svoje pridelené funkcie a zbierajúce dáta so snímačov, ktoré sa vyhodnocujú, kompletujú a zasielajú napríklad na systém SCADA na analýzu. A posledná úroveň, úroveň procesu, a to sú už samotné aktívne členy ako odpojovače, snímače, ovládače, I/O, teda vybavenie elektrizačnej siete. Toto členenie a typy komunikácie medzi úrovňami je zobrazené na *Obrázok 1* [1], ktorý predstavuje model rozhrania automatizovaného systému stanice.



Obrázok 1 - Model rozhrania automatizovaného systému stanice

Význam jednotlivých rozhraní:

- 1 – výmena dát z ochrán medzi úrovňou poľa a stanice
- 2 – výmena dát ochrán medzi úrovňou poľa a vzdialenou ochranou
- 3 – výmena dát v úrovni poľa
- 4 – výmena okamžitých dát z CT a VT (hlavne vzoriek) medzi úrovňou procesu a poľa
- 5 – výmena riadiacich dát medzi úrovňou procesu a poľa
- 6 – výmena riadiacich dát medzi úrovňou poľa a stanice
- 7 – výmena dát medzi stanicou a vzdialeným pracoviskom riadiacej techniky
- 8 – priama výmena dát medzi poľami, hlavne u rýchlych funkcií ako je vzájomné blokovanie
- 9 – výmena dát v úrovni stanice
- 10 – výmena riadiacich dát medzi stanicou a vzdialeným riadiacim centrom

Logické uzly	[-----Funkcie-----]			[-----Fyzické zariadenia-----]
	Synchrónne spínanie CB	Distančná ochrana	Nadprúdová ochrana	
HMI	X	X	X	1
Sy.Spínanie	X			2
Dist.Ochr.		X	X	3
Nadp.Ochr.				
Istič	X	X	X	4
CT Pole		X	X	5
VT Pole	X	X		6
VT Príp.	X			7

Obrázok 2 - Väzba medzi funkciami, LN a fyzickými uzlami (príklad)

Príklady na obrázku 2: Fyzické zariadenia 1: Staničný počítač, 2: Synchrónne spínacie zariadenie, 3: Distančná ochrana s integrovanou nadprúdovou funkciou, 4: Riadiaca jednotka poľa, 5 a 6: Prístrojové transformátory prúdu a napätia, 7: Prípojnice prístrojových transformátorov napätia.

5) Zásady mapovania na sériový jednosmerný viacbodový spoj bod-bod

5.1) Komunikačná zostava

Keďže komunikácia podľa IEC 61850 vychádza z ISO/IEC 8802-3 (CSMA/CD) – Ethernet, budeme ako sériový jednosmerný viacbodový spoj bod – bod uvažovať Ethernetovú sieť LAN. Komunikačný model pre Ethernet je založený na modeli ISO/OSI rozdelený na 7 vrstiev. Pre potreby komunikácie bod-bod, využívané pri prenosoch vzorkovaných hodnôt z meracích prvkov, sa využívajú iba 3 vrstvy modelu a zvyšné sú ponechané prázdne. Obrázok 3 [4] zobrazuje model ISO/OSI s využitím vrstiev pre daný prípad.

SCSM pre ISO/IEC 8802-3 Definícia ASDU	Aplikačná vrstva
Prázdne	Prezentačná vrstva
Prázdne	Relačná vrstva
Prázdne	Transportná vrstva
Prázdne	Sieťová vrstva
MAC - Podvrstva ISO/IEC 8802-3 a Označovanie priority/VLAN podľa IEEE 802.1Q	Linková vrstva
IEEE 802.3: 100Base-FX/10Base-FL/10Base-T	AUI - Rozhranie IEEE 802.3 Fyzická vrstva

Obrázok 3 - Komunikačný model ISO/OSI

5.1.1) Fyzická vrstva

Fyzická vrstva zaisťuje pripojenie prístroja k prenosovému médiu pomocou jednotky MAU. To, či sa použije špecifikácia 100Base-FX, 10Base-FL alebo 10Base-T závisí na daných potrebách aplikácií, EMC alebo objemu prenášaných dátach.

5.1.2) Spojová vrstva

5.1.2.1) Ethernetové adresy

Ako štandardná hodnota adresy miesta určenia sa musí použiť ethernetová vysielacia adresa. Z tohto dôvodu nie je potrebná u editora konfigurácia adres. Adresu miesta však musí byť možné konfigurovať. Adresa zdroja sa musí použiť špecifická ethernetová adresa.

5.1.2.2) Označovanie priorít/VLAN

Označovanie priorít podľa IEEE 802.1Q slúži k odlíšeniu zbernicového časovo kritického prenosu s vysokou prioritou pre aplikácie z hľadiska ochrany od dát s nižšou prioritou.

5.1.2.3) Ethertyp

Ethertyp vychádza z MAC podvrstvy modelu ISO/OSI. Na ethertypy sa priamo mapuje aktualizácia vyrovnávacej pamäte vzorkovaných analógových hodnôt a niektoré typy správ.

5.1.3) Aplikačná vrstva

Typy dát umiestnených v dátovom rámci aplikačnej vrstvy závisí od použitej aplikácie.

5.2) Obmedzenie

Takéto obsadenie vrstiev modelu ISO/OSI platí len pre komunikáciu bod-bod od meracích členov k zariadeniam na poli rozvodni. Pre ostatné komunikácie napríklad klient – server, bude využitie vrstiev modelu iné. Záleží na použítom komunikačnom protokole a poskytovaných služieb.

6) Požiadavky na komunikáciu a komunikačný model

6.1) Funkčná spolupráca

Cieľom súboru IEC 61850 je umožniť spoluprácu medzi IED od rôznych dodávateľov, spoluprácu medzi funkciami, ktoré majú byť vykonávané v určitej podriadenej stanici. Vymeniteľnosť vyžaduje okrem funkčnej spolupráce tiež normalizované funkcie.

Funkčná spolupráca zariadení od rôznych dodávateľov má nasledujúce hľadiská:

- a) Zariadenia musí byť možné pripojiť na spoločnú zbernicu s objektovým protokolom.
- b) Zariadenia musia rozumieť informáciám predávaným onými zariadeniami.
- c) Zariadenia musia podľa potreby navzájom vykonávať spoločné alebo rozložené funkcie.

6.2) Trvalé konštrukčné požiadavky

- a) Nezávislé pridelenie funkcií zariadeniam musí byť zaistené pomocou komunikácie, to znamená, že komunikačné prostriedky musia byť schopné plniť akúkoľvek funkciu obsadenú v ktoromkoľvek zariadení. To neznamena, že všetky zariadenia musia zaistiť všetky funkcie.
- b) Funkcie SAS a ich chovanie pri komunikácii musia byť uvedené nezávisle na zariadení, teda bez vzťahu na akúkoľvek realizáciu v IED.
- c) Funkcie musia byť popísané do miery, ktorá je potrebná pre určenie vymieňaných informácií.
- d) Interakcia rozložených funkcií nezávislých na IED musí byť uvedená pomocou logických rozhraní medzi nimi. Tieto logické rozhrania môžu byť pre danú realizáciu nezávisle pridelená fyzickým rozhraním alebo sieťami LAN.
- e) Otvorenosť pre požiadavky, ktoré môžu vzniknúť u nových funkcií v budúcnosti.

6.3) Dynamické interakčné požiadavky

- a) Súbor IEC 61850 musí definovať generické informácie, ktoré budú prenášané generické chovanie funkcií pri komunikácii, aby sa zaistilo plánované a výhľadové rozšírenie SAS. Musia byť určené pravidlá pre rozširovanie.
- b) Musia byť definované dáta pre prenos informácií s všetkými príslušnými atribútmi.
- c) Vymieňané dáta musia obsahovať všetky atribúty potrebné k tomu, aby im príjemca jednoznačne rozumel.

- d) Musí byť definovaná a za každej situácie zaistená prípustná celková doba prenosu vymieňaných dát.

6.4) Požiadavky na chovanie pri odpovedi

Vzhľadom k tomu, že funkčná spolupráca je požadovaná tiež pre správny priebeh funkcie, musí sa uvažovať odozva aplikácie v prijímacom uzle.

- a) Odozva prijímacieho uzlu musí odpovedať celkovému požiadavku vykonávanej rozloženej funkcie.
- b) Musí sa stanoviť základné chovanie funkcií v prípade akejkol'vek degradácie, to je v prípade chybných správ, stratených dát vplyvom prerušenia komunikácie, obmedzenia technických prostriedkov, prekročenia určeného rozsahu a pod. To je dôležité práve vtedy, keď nie je možné úspešne dokončiť úlohu.

6.5) Koncepcia funkčnej spolupráce

Pre dosiahnutie funkčnej spolupráce sú určené funkcie vykonávané v podriadenej stanici a kategorizované podľa ich odlišných požiadavkou na komunikáciu. Musia sa jasne definovať požiadavky na výmenu dát. Funkčná spolupráca nezávisle pridelených a rozložených funkcií zahrňuje odpovedajúci rozklad na komunikujúce entity. Požiadavka aby si zariadenia od rôznych výrobcov vzájomne rozumela, vedie k príslušnému modelu dát a komunikačných služieb. Musí sa jednoznačne definovať mapovanie tohto modelu na najmodernejšie komunikačné zostavy.

6.6) Požiadavky na skúšky zhody

Skúšky zhody overujú, či chovanie zariadenia, ako zložky systému, pri komunikácii je v zhode so špecifikáciou funkčnej spolupráce podľa IEC 61850. Skúšky stanovujú, čo sa musí u zariadenia použiť pre kontrolu, či komplementárne zariadenie plní komunikačnú funkciu. Musí byť tiež stanovené kritéria vyhovievania skúškam. Skúšky môžu zahrňovať použitie rôznych simulátorov predstavujúcich väzbu na podriadenú stanicu alebo komunikačnú sieť.

7) Požiadavky na vlastnosti správ

7.1) Úvod

Komunikácia medzi LN je popísaná samostatnými PICOM, ktorých je vyše tisíc, ale existuje medzi nimi mnoho spoločných rysov. Napríklad PICOM popisujúce vypnutie majú, bez ohľadu na zdroj príkazu, takmer rovnaké požiadavky na komunikáciu. Klasifikácia PICOM umožňuje získať vyčerpávajúci prehľad o požiadavkách, zaistiť správne modelovanie a definovanie požadovaných komunikačných vlastností. Podľa požiadaviek na dobu prenosu môžeme PICOM rozdeliť do 7 typov správ a rozsah ich atribútov rozčleniť pomocou tried akosti tak ako je uvedené v *Tabuľka 1*. Pre správny priebeh funkcií a rozhodujúci pre všetky požiadavky na vlastnosti systému komunikácie je maximálny čas prípustný pre výmenu dát, inak nazývaný „doba prenosu“. Aby bolo pri komunikácii jednoznačný časový interval pre každé zariadenia, je nutné aby boli jednotlivé zariadenia synchronizované v čase, teda „časová synchronizácia“.

7.2) Základné časové požiadavky

Použitie rôznych zariadení od rôznych dodávateľov, je potrebné stanoviť obecný formát časového označenia. Konkrétne požiadavky sú nasledovné:

- a) Presnosť – v závislosti na aplikácii sa vyžaduje rôzna presnosť času.
- b) Časový údaj musí vychádzať zo štandardov času (ako základ sa obvykle používa UTC).
- c) Časový model musí byť schopný sledovať nabiehanie sekúnd a poskytovať dodatočnú informáciu umožňujúcu užívateľovi vykonať určenie delta času pre párové udalosti prichádzajúce na hranici zmeny sekundy.
- d) Model časového údaju musí obsahovať informácie potrebné k určeniu času a dátumu bez potreby doplňujúcich informácií.
- e) Informáciu „časový údaj“ musí byť možné jednoducho odvodiť z komerčne dostupných časových zdrojov (napríklad GPS).
- f) Komplexný časový model musí zahrňovať informáciu umožňujúci vypočítať miestny čas.
- g) Časový model musí umožňovať polhodinové korekcie miestneho času.
- h) Časový model musí určiť, či je realizované zavedenie letného času alebo nie.
- i) Formát musí zahrnúť minimálne 100 rokov.
- j) Formát „časového údaju“ musí byť zhustený a ľahko strojovo spracovateľný.

Tieto časové požiadavky sú systémovými požiadavkami, ale keďže systém obsahuje zariadenia, musia tieto zariadenia tiež spĺňať tieto požiadavky.

7.3) Definícia časovej udalosti

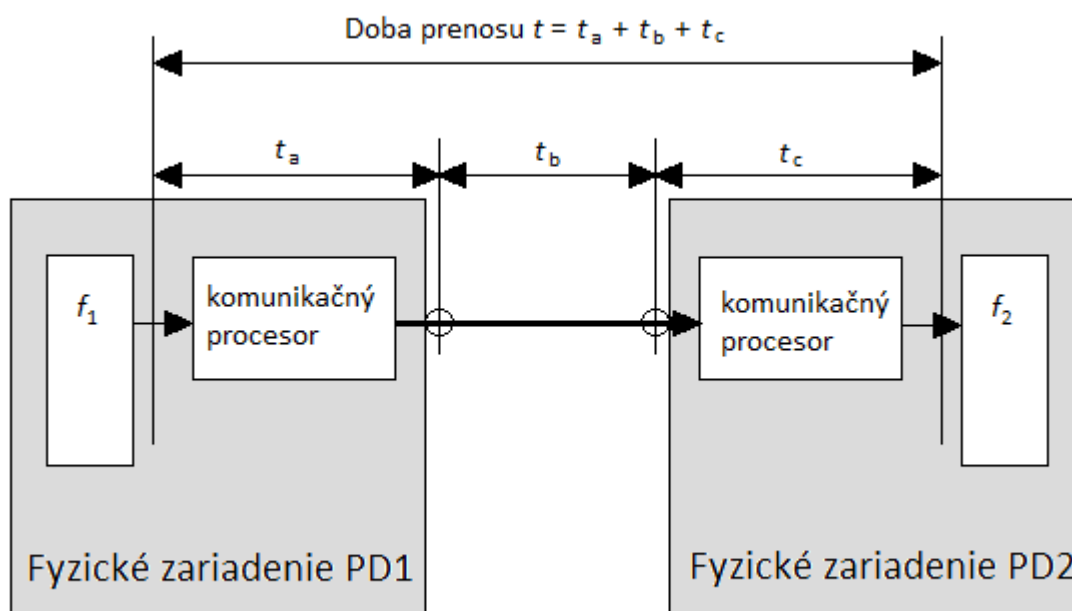
Existujú tri rôzne typy udalostí, ktoré potrebujú procedúru pridelenia príslušného času:

- Ak je udalosť určená ako výsledok výpočtu, musí sa priradenie času (časové označenie) vykonať okamžite s časovým rozlíšením umožneným časovou základňou
- Ak je udalosť určená ako zmena dvojkového vstupu, musí sa uvažovať oneskorenie vplyvom zakmitania vstupných kontaktov. Čas udalosti je miestne korigovaný.
- Ak je udalosť určená ako zmena analógového vstupu, musí sa uvažovať oneskorenie vplyvom filtrácie vo vstupnom obvode. Čas udalosti je miestne korigovaný.

Táto jednoznačná definícia času udalosti smeruje k požiadavku, aby časové označenia prenesenej dvojkovej alebo analógovej udalosti/hodnoty boli čo najpresnejšie a nebola nutná korekcia na prijímacej strane.

7.4) Definícia doby prenosu

Doba prenosu je čas od okamžiku, kedy vysielajúci umiestni dátový obsah na vrchol svojej prenosovej zostavy až do okamžiku, kedy príjemca vyberie dáta zo svojej prenosovej zostavy. Je to teda čas, potrebný na prenos kompletnej správy vrátane času potrebného na spracovanie na oboch koncoch. Jasne to ukazuje *Obrázok 4* [2].



Obrázok 4 - Definícia doby prenosu

7.5) Zavedenie a použitie typov správ

Z hľadiska PICOM, výsledkom požiadaviek na komunikáciu medzi LN, prenos rôzne zložitých správ z hľadiska obsahu, dĺžky, prípustnej doby prenosu a zabezpečenia sú v SAS potrebné rôzne komunikačné spoje. Typy prenášaných správ sa budú meniť v závislosti na chodu rozvodni a sústavy. Hlavným rozdielom medzi PICOM a správou je, že PICOM sa vzťahuje k prenosu informácií výlučne založenom na jednej samostatnej určenej funkcii a zahŕňa zdroj a príjemcu. Správy sú založené na zoskupovaní PICOM atribútov viazaným k vlastnostiam a teda definujú požiadavky na vlastnosti, ktoré musia byť zaistené. Pretože požiadavky na vlastnosti sú definované pre správu, nezávisí na veľkosti rozvodni.

7.6) Zavedenie a použitie tried akosti

Pre uvažovanie rôznych požiadaviek v rozvodniach sú niektoré typy správ rozdelené do tried akosti. Existujú dva nezávislé skupiny, jedna pre riadenie a ochranu a druhá pre aplikáciu integračného merania a kvality elektrickej energie. Keďže akosti vychádzajú zo správ, sú triedy akosti tiež nezávislé na veľkosti rozvodni (podriadenej stanice). Pri konkrétnej rozvodni nie je nutné, aby všetky komunikácie zaistovali rovnakú triedu akosti, ale môžu byť zvolené nezávisle a v závislosti na počtu a menovitých hodnotách zariadení.

7.6.1) Riadenie a ochrana

Pre pole s rozvodným vedením alebo pre pole, kde sú z iných dôvodov prípustné nižšie požiadavky, bežne platí trieda akosti P1.

Pre pole s prenosovým vedením, alebo pokiaľ nie je inak stanovené odberateľom, bežne platí trieda akosti P2.

Pre pole s prenosovým vedením so špičkovým vybavením pre synchronizáciu a rôznymi vypínačmi bežne platí trieda akosti P3.

7.6.2) Integračné meranie a kvalita elektrickej energie

Trieda akosti M1 sa viaže k integračnému meraniu pre obchodné účely s triedou presnosti 0,5 (IEC 62053-22) a 0,2 (IEC 60044-8) a až do 5. harmonickej.

Trieda akosti M2 sa viaže k integračnému meraniu pre obchodné účely s triedou presnosti 0,2 (IEC 62053-22) a 0,1 (IEC 60044-8) a až do 13. harmonickej.

Trieda akosti M3 sa viaže k integračnému meraniu kvality až do 40. harmonickej.

7.7) Typy správ a triedy akosti

Tabuľka 1 prehľadne zobrazuje rozdelenie správ na typy.

Tabuľka 1- Typy správ

Typ	Názov	Príklady
1a	Rýchle správy - vypínací signál	Vypínacie signály
1b	Rýchle správy - ostatné	Povely, jednoduché správy
2	Stredne rýchle správy	Merané hodnoty
3	Pomalé správy	Parametry
4	Správy s prvotnými (nespracovanými) dátami	Vstupné dáta s prevodníkov a prístrojových transformátorov
5	Funkcie prenosu súborov	Veľké súbory
6a	Správy pre časovú synchronizáciu a	Časová synchronizácia; Staničná zbernica
6b	Správy pre časovú synchronizáciu b	Časová synchronizácia; Prevádzková zbernica
7	Správy s pokynmi pre riadenie prístupu	Povely z HMI stanice

7.7.1) Typ 1 – Rýchle správy

Rýchle správy sú bežne reprezentované jednoduchým dvojkovým kódom alebo jednoduchou správou, napríklad „Vypnutie“, „Zapnutie“ a podobne. Prijímacie IED obvykle ihneď zareaguje spôsobom, ktorý určuje príslušná funkcia po prijatí takejto správy. Sú mapované na zvláštne ethertypy.

Typ 1A „Vypnutie“

Vypnutie je najdôležitejšou správou v podriadenej stanici a má omnoho väčšie nároky ako ostatné rýchle správy. Rovnaké vlastnosti môžu byť požadované pre vzájomné blokovanie, strhávanie a logické rozlišovanie medzi funkciami ochrán.

- a) Pre triedu akosti P1 musí byť celková doba prenosu rádovo polovina cyklu, teda 10 ms.
- b) Pre triedu akosti P2/3 musí byť celková doba prenosu menšia ako štvrtina cyklu, teda 3 ms.

Typ 1B „Ostatné“

Všetky ostatné rýchle správy sú dôležité pri interakcii automatizovaného systému s procesom, ale oproti typu 1A majú menšie nároky.

- a) Pre triedu akosti P1 musí byť celková doba prenosu menšia ako 100 ms alebo rovná.
- b) Pre triedu akosti P2/3 musí byť celková doba prenosu rádovo jeden cyklus, teda 20 ms.

7.7.2) Typ 2 – Stredne rýchle správy

Pri stredne rýchlych správach je dôležitý čas, kedy bola správa vygenerovaná, ale jej doba prenosu nie je až tak kritická. Správy musia obsahovať časové označenie nastavené vysielajúcim a príjemca bude reagovať po vnútornom časovom oneskorení, ktoré sa určí podľa času uvedeného v časovom označení. Sem sa radia taktiež bežné „stavové“ informácie alebo môžu obsahovať jednoduché merané hodnoty ako napríklad efektívnu hodnotu. Celková doba prenosu týchto správ je maximálne 100ms.

7.7.3) Typ 3 – Správy s nízkou rýchlosťou

Sú to komplexné správy, ktoré môžu vyžadovať časové označenie. Sú využívané pre pomalé funkcie automatickej kontroly, prenosu záznamov udalostí, snímanie alebo menenie žiadaných hodnôt a univerzálneho zobrazenia dát systému. Potrebu časového označenia určuje aplikácia. Patria sem napríklad merania neelektrických veličín ako teplota, tlak alebo výstrahy. Celková doba prenosu musí byť menšia ako 500 ms.

7.7.4) Typ 4 – Správy s prvotnými (nespracovanými) dátami

Zahrňujú výstupné dáta z A/D prevodníkov a číslicových transformátorov bez ohľadu na technológiu týchto prevodníkov. Dáta sa budú skladať z nepretržitého toku synchronizovaných dát z každého IED, prekladaných dátami z iného IED.

7.7.5) Typ 5 – Funkcie prenosu súboru

Tento typ správ sa používa pre prenos rozsiahlych súborov dát pre záznamy, informačné účely, nastavovanie a podobne. Keďže sa jedná o veľké súbory, musia byť rozdelené do blokov aby sa nezahtila komunikácia iba posielaním súboru. Bitová dĺžka PICOM pre daný typ súboru obvykle 512 bitov ale sú aj vyššie. Doby prenosu nie sú kritické, takže konkrétne obmedzenia neexistujú a obvyklé časové požiadavky sú 1000ms a viac. Pri diaľkovom prenose sa musí brať v ohľad bezpečnosť prenášaných dá metódou riadenia prístupu, teda overením oprávnenia na príjem.

7.7.6) Typ 6 – Správy pre časovú synchronizáciu

Tieto správy sa využívajú pre synchronizáciu vo vnútri časovej základni IED v SAS. V závislosti na účele sú vyžadované rôzne triedy presnosti časovej synchronizácie.

7.7.7) Typ 7 – Správy s povelmi s riadením prístupu

Posledný typ správ sa používa pre prenos riadiacich príkazov z miestnych na vzdialené HMI funkcie, kde sa vyžaduje vyšší stupeň zabezpečenia. Všetky správy typu 7 musia obsahovať riadenie prístupu. Vychádza z typu 3 s doplnením autorizácie heslom alebo inými overovacími procedúrami. Keďže ide o správy obsahujúce povely, prechádzajú až k úrovni procesov a môžu byť zmenené na správy typu 1.

7.8) Požiadavky na integritu (neporušenosť) dát

Integrita dát znamená, že chyby spôsobené šumom neovplyvňujú dáta nad prípustnú medzu. Rozoznávame tri triedy integrity. Integrita je tiež zavedená ako PICOM atribút. Všetky správy vzťahujúce sa k bezpečnosti, ktoré majú priamy dopad na proces, musia mať najvyššiu triedu integrity, a to je trieda 3. Ostatne správy môžu byť prenášané z nižšou integritou, ale nie menšou ako 2. Úroveň šumu je obvykle daná a nejde ju ovplyvniť, ale môže byť obmedzený skupinou opatrení.

- a) Správne navrhnutie zariadenia a komunikačného systému, napríklad ochranné kryty a použitie spojov s optickými vláknami
- b) Použitie vhodného kódovania
- c) Použitie sekvencie najmenej s dvoma krokmi

7.9) Požiadavky na vlastnosti systému

Aby boli zaistené maximálne doby prenosu pri rôznych prevádzkových podmienkach a nepredvídateľných udalostiach v rozvodniach, musia byť vo fázy plánovanie zvažované a skúmané dynamické vlastnosti. Vlastnosti jednotlivých rozvodní sú závislé na typoch rozvodni, použitej komunikačnej štruktúre a iných parametrov, ktoré sa volia podľa požiadaviek a požadovaných tried akosti. Vzhľadom k tomu nie je možné stanoviť univerzálne vlastnosti platné pre všetky podriadené stanice, ale testovať každú stanicu zvlášť. Pre takéto hodnotenie sú k dispozícii dva prístupy. Jeden vychádza z modelu PICOM a druhým je simulácia vlastností LAN.

7.9.1) Výsledky hodnotení

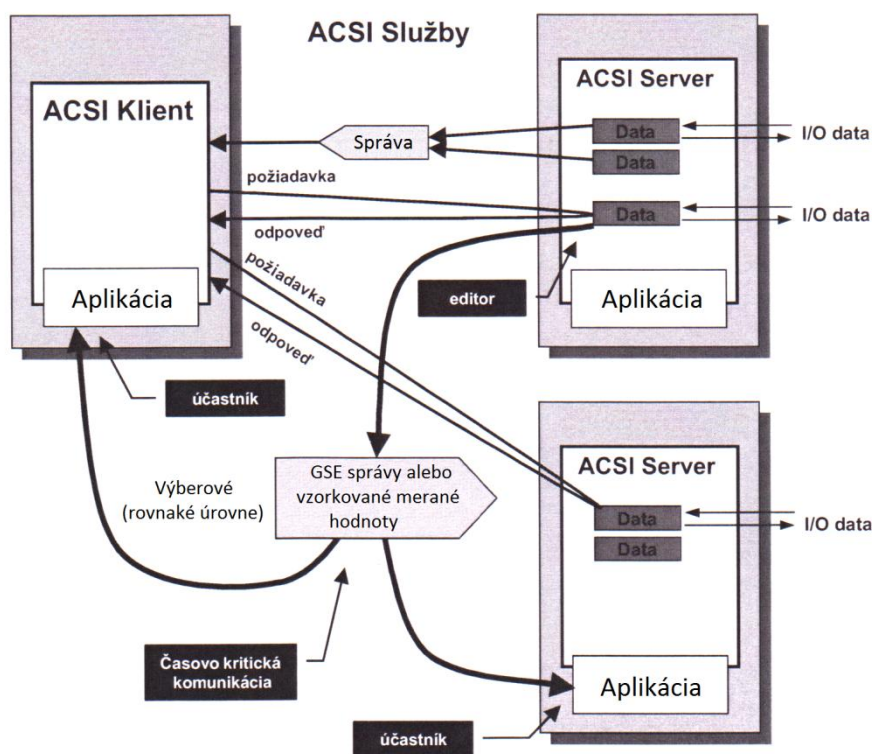
Priame porovnanie výsledkov rôznych podriadených staníc nie je možné. Je to z toho dôvodu, že hodnoty zaťaženia sa menia v závislosti funkcií v danej podriadenej stanici a tiež pridelenia LN fyzickým zariadeniam.

7.9.2) Súhrn

Najdôležitejšie pri plánovaní komunikácie v podriadenej stanici je správne priradenie nezávisle prideliteľných LN fyzickým zariadeniam a usporiadanie vlastnej komunikácie tak, aby sa minimalizovali požiadavky na komunikáciu bod-bod. Pri zostavovaní modelu LAN treba dávať pozor na správne konfigurácie správ. PICOM model predpokladá, že správy sú vysielane ako jednoduché dátové objekty. Kombinácia dátových objektov do objektovo orientovaných alebo viacpovelových správ môže viesť k výraznému zníženiu celkového prenosu. Pri skutočnej sieti je práve toho výhodou. Zásadným výsledkom hodnotenia a skúmania má byť zistenie, či je možné dodržať požiadavky na doby prenosu pre rôzne typy správ.

8) Znázornenie komunikácie

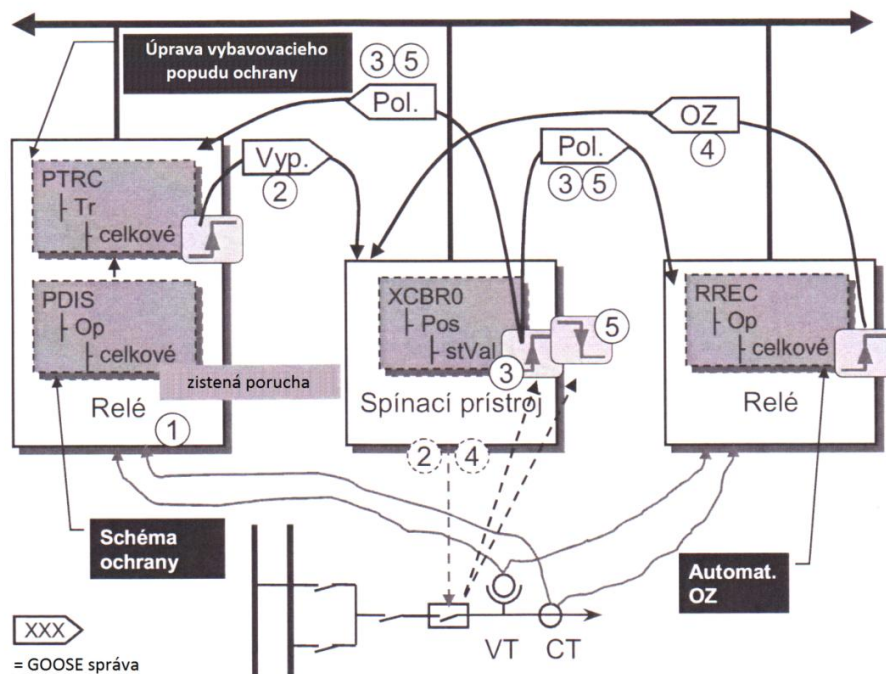
Model služieb je v súbore IEC 61850 definovaný pomocou techniky modelovania objektov. Využíva sa spôsob abstraktného modelovania. Abstraktný znamená, že popisuje to, čo služba poskytuje. Konkrétne správy sú určené mapovaním konkrétnych komunikačných služieb. ACSI definuje obecné použiteľné služby pre zariadenia rozvodne. Na *Obrázok 5* [3] sú znázornené dve skupiny komunikačných služieb. Jedna využíva model klient – server so službami ako je riadenie alebo získavanie hodnôt dát. Druhá zahŕňa model entít rovnakých úrovní so službami GSE (používané pre časovo kritické prípady, rýchly a spoľahlivý prenos dát medzi IED alebo z jedného IED na viac vzdialených IED) a so službami pre vzorkované hodnoty s periodickými prenosmi.



Obrázok 5 - ACSI komunikačné modely

Skutoční klienti a servery môžu byť prepojené rôznymi komunikačnými modelmi. Komunikačné médium môže mať geografické a funkčné obmedzenia, napríklad obmedzené prenosové rýchlosti, súkromné prenosové médiá, oneskorenie satelitným prenosom a iné. Môže mať rôzne konfigurácie (bodové až niekoľkobodové, mnohobodové, zasmyčkové, hierarchické, WAN-na-LAN, vložené uzly pracujúce ako smerovače, brány alebo ako databáza koncentrátorov dát a podobne).

Na Obrázok 6 [3] je zobrazený príklad mechanizmu vymieňania GOOSE správ použitím modelu GSE pre pochopenie základného princípu výmeny dát medzi IED. Použitie spracovávanie GOOSE správ môže byť také jednoduché ako znázorňuje obrázok, ale môže byť aj omnoho komplikovanejšie. Vypínací signál môže byť na začiatku udalosti opakovaný 1x, aby sa zvýšila pravdepodobnosť, že každé prijímajúce IED prijme vypínací signál.



Obrázok 6 - Použitie GSE modelu

Tento príklad obsahuje 5 logických uzlov LN. Sekvencia akcií a GOOSE správ:

- (1) Logický uzol „schéma ochrany“ (**PDIS**) detekuje poruchu, ktorá vedie k rozhodnutiu o vyslaní vypínacieho impulzu
- (2) Logický uzol „úprava vybavovacích popudov ochrany“ (**PTRC**) iniciuje správu na vypnutie s použitím GOOSE správy, „vypínač nula“ (**XCBR0**) bol nakonfigurovaný pre prijatie správy na vypnutie. Po ďalšom spracovaní spínacie zariadenie vypne vypínač.
- (3) Informácia o stavu „vypínača nula“ (**XCBR0.Pos.stVal**) sa zmení zo *ZAPNUTÉ* na *VYPNUTÉ*. Tento nový stav je okamžite poslaný pomocou GOOSE správy s indikáciou: *<nová poloha spínača = vypnuté>*. Okrem toho môže model hlásenia ohlásiť zmenu.
- (4) Logický uzol „automatizovaný OZ“ (**RREC**) prijme GOOSE správu od (**XCBR0**) s hodnotou *<vypnuté>*. Na základe konfigurovaného chovania rozhodne o opätovnom zapnutí vypínača a vyšle GOOSE správu s hodnotou *<opätovne zapnúť>*.
- (5) „Vypínač nula“ (**XCBR0**) prijme GOOSE správu s hodnotou *<opätovne zapnúť>*. Po ďalšom spracovaní spínacie zariadenie zapne vypínač. (**XCBR0**) iniciuje odoslanie ďalšej GOOSE správy *<nová poloha spínača = zapnuté>*.

9) Testovacie vybavenie pracoviska

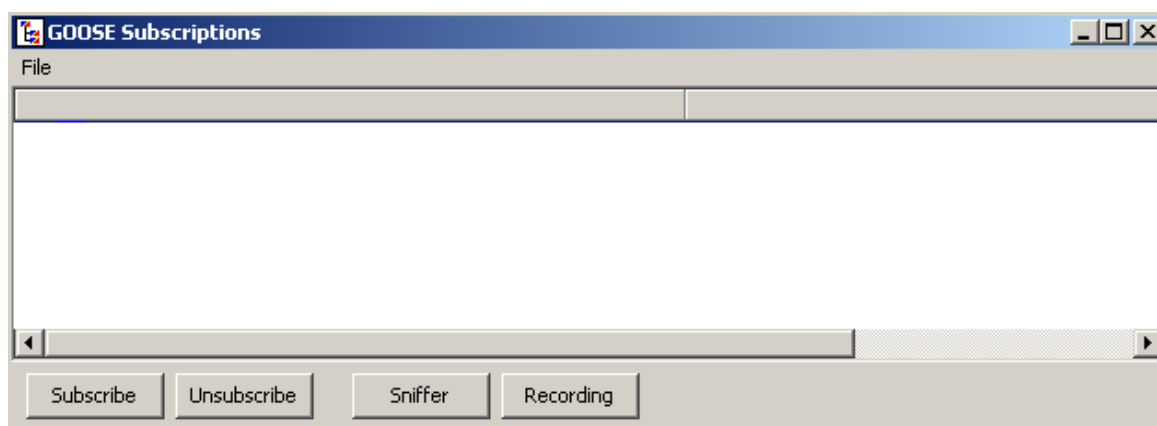
9.1) Úvod

Vhodne vybavené pracovisko je základom úspešnej realizácie problematiky a je srdcom celého testovania. Pre naše testovanie bol použitý tester OMICRON CMC 256plus a jeho softvérové vybavenie IEDScout a GOOSE Configuration priamo určené pre testovanie komunikácie podľa IEC 61850 a QuickCMC, slúžiaci na testovanie ochranných funkcií, ktorým sme simulovali poruchové stavy na ochrane. Pre testovanie komunikácie bola k dispozícii ochrana - terminál REF615 od firmy ABB schopná komunikáciu podľa IEC 61850.

9.2) Softvérové vybavenie testru OMICRON CMC256plus

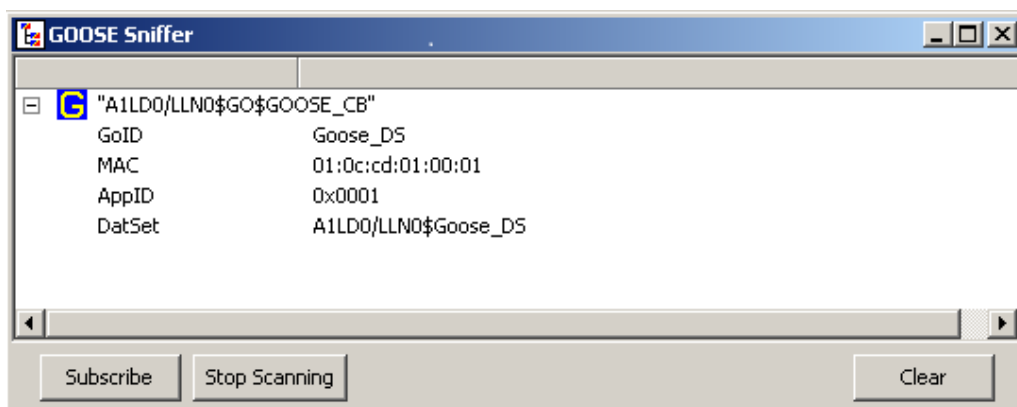
9.2.1) Softvérový balík IEDScout

Program IEDScout je testovací nástroj vhodný pre inžiniering ochrán a automatizácie rozvodní. Poskytuje prístup do IED a zobrazuje hierarchické usporiadanie logických uzlov v danom IED. Spolupracuje s rôznymi výrobcami ochrán, čo je hlavným cieľom normy IEC 61850. Je možné exportovať konfiguračný SCL súbor, v ktorom je celá konfigurácia ochrany a otvoriť ho v inom softvéri, ktorý nie je schopný priamy prístup do ochrany. Súčasťou IEDScoutu je nástroj „GOOSE Subscriptions“, s funkciami ako „Recording“ a „Sniffer“ (Obrázok 7).



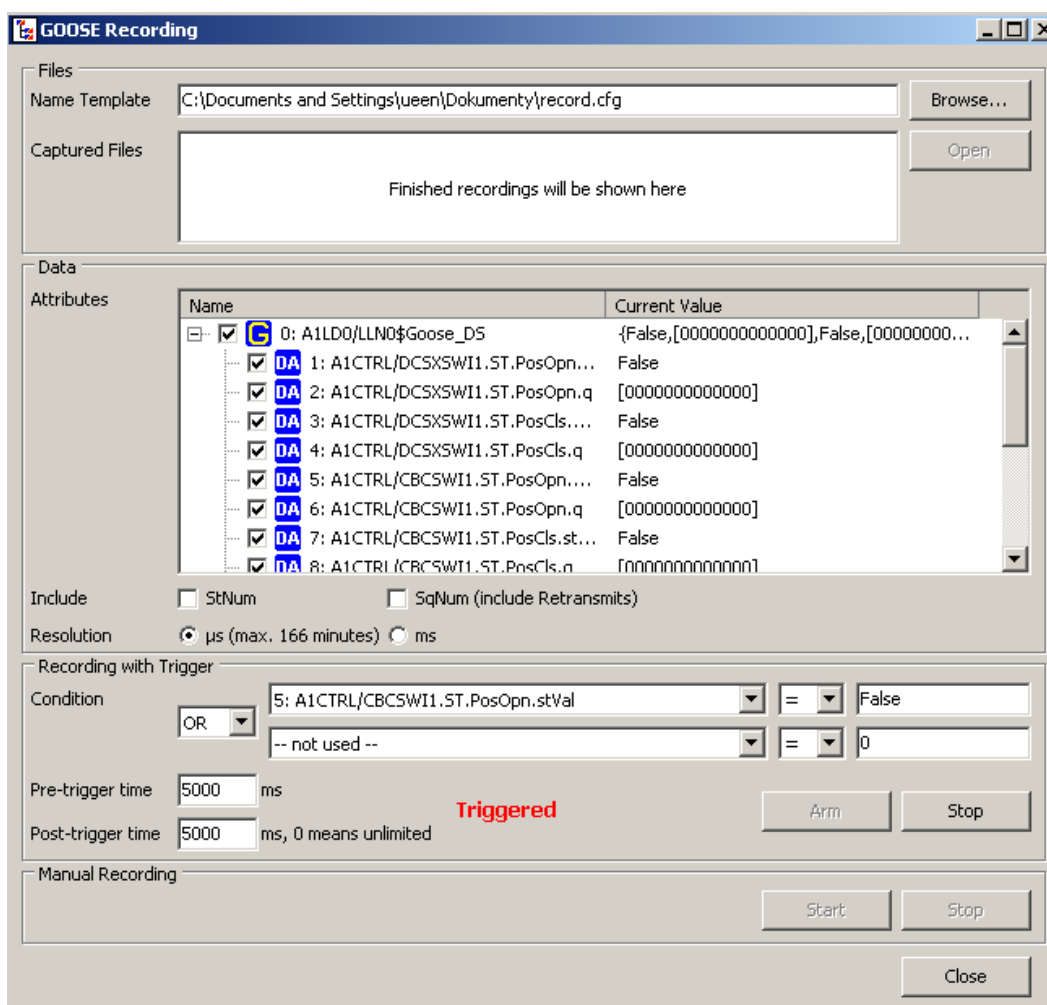
Obrázok 7 - GOOSE Subscriptions

Funkcia „Sniffer“ (Obrázok 8), v preklade ako „čmuchač“, slúži na odchytyvanie GOOSE správ vysielaných na sieť ako multicast a následne ponúkne možnosť „Subscribe“, teda súhlas s prijímaním danej GOOSE správy a tá sa následne zobrazí v zozname odsúhlasených GOOSE správ. Zo zachytenej GOOSE správy je možné odčítať údaje ako GOOSE Identifier (GoID – Jednoznačný identifikátor GOOSE adaptéra teda IED), cieľovú MAC adresu (ak nie je pevne nastavená tak sa posiela ako multicast), Application Identifier (AppID – jednoznačný identifikátor aplikácie, súčasne nemôžu byť dve rôzne GOOSE správy s rovnakým AppID) a Dataset (DatSet – Skupina dát a atribútov vybraných LD) a tzv. GOOSE adresu posieleného datasetu.



Obrázok 8 - GOOSE Sniffer ("čmuchač")

Funkcia „Recording“ (Obrázok 9), nahrávanie, slúži na nahrávanie odsúhlasených GOOSE správ alebo ich častí, ktoré je možné vybrať manuálne. V časti „Data“ sa vyberú tie dáta, ktoré chceme nahrávať a nahrávanie spustíme buď manuálne, alebo je možnosť spustiť nahrávanie popudom s triggeru, kde sa nastaví ktorý atribút sa sleduje a na akú hodnotu má trigger zareagovať. Nahraté GOOSE správy sú ukladané do COMTRADE súborov.

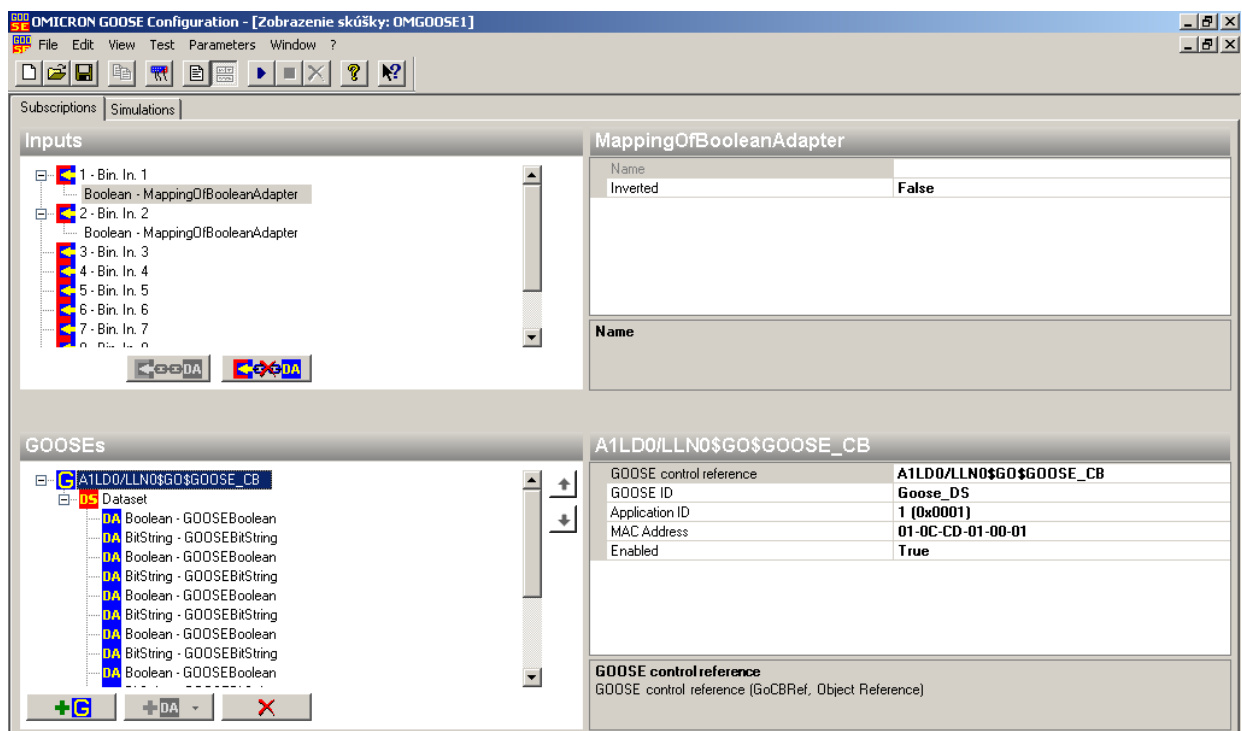


Obrázok 9 - GOOSE Recording

Druhým nástrojom IEDScoutu je „GOOSE Simulations“, ktorý slúži na vytváranie GOOSE správ. Vytvorenie GOOSE správ je zložitým procesom, kde treba presne zadať všetky položky bez chyby, inak prijímajúce IED nebude schopné „pochopiť“ prijatú správu. Aby prijímajúce IED porozumelo prijatej správe, musí byť vnútorne nakonfigurované tak, aby očakávalo správu s obsahom, akým prijal GOOSE správu. To sa realizuje konfiguračným softvérom dodávaným výrobcom daného IED. V tejto práci sa vytváraním GOOSE správ zaoberať nebudeme. Pre základné otestovanie komunikácie nám postačí GOOSE správa, ktorá už nakonfigurovaná je.

9.2.2) Softvérový balík GOOSE Configuration

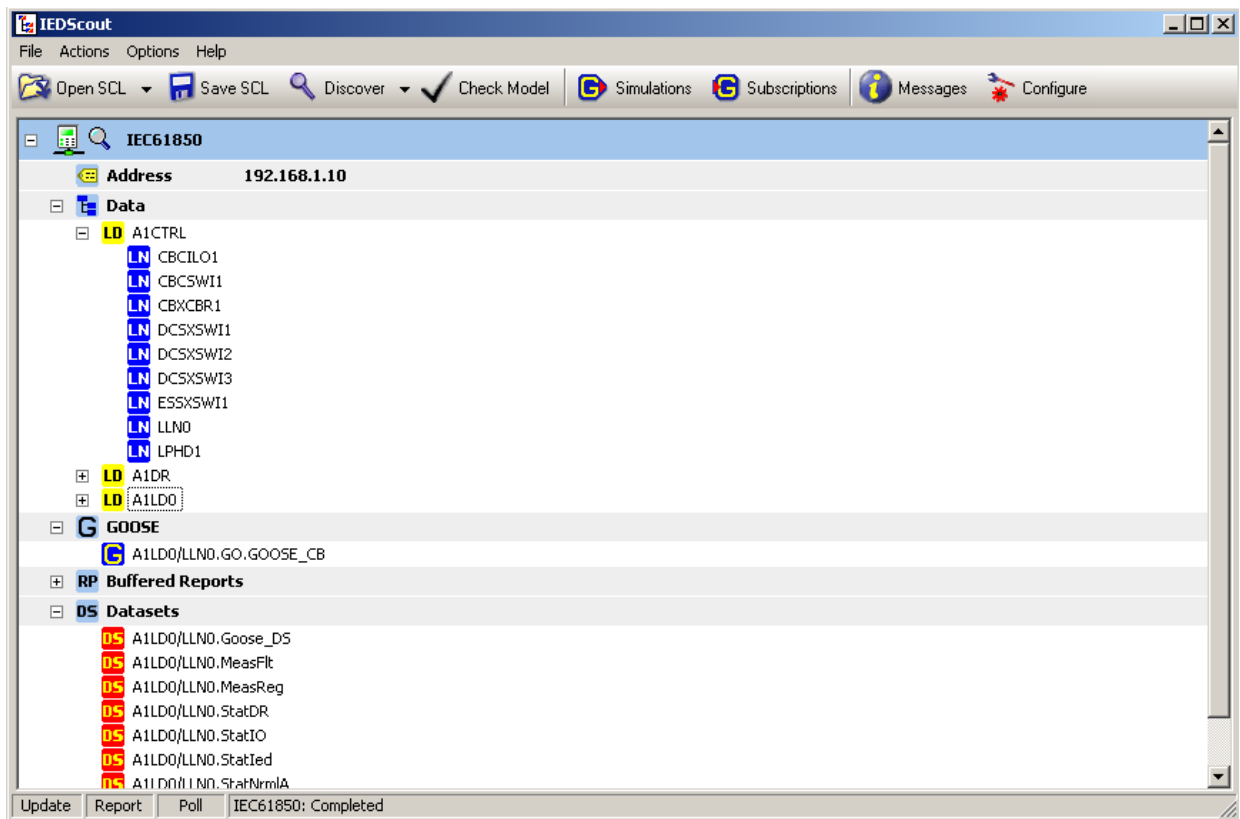
Softvérový balík GOOSE Configuration (Obrázok 10) slúži na mapovanie atribútov dát posielaných v GOOSE správach na binárne vstupy a výstupy testu OMICRON CMC256plus. V záložke „Subscriptions“ je možné namapovať atribúty prijatej GOOSE správy zo zoznamu „Subscribed“ GOOSE správ na binárne vstupy testu a sledovať tak zmenu stavu atribútu posielanej GOOSE správy. V záložke „Simulations“ je naopak možné namapovať binárne výstupy testu na atribúty dát vysielaných GOOSE správou z testu a overiť tak reakciu IED na GOOSE správu.



Obrázok 10 - GOOSE Configuration

10) Hierarchia terminálu REF615

Na *Obrázok 11* je zobrazenie hierarchického usporiadania LD a LN podľa princípov spomenutých v predchádzajúcich častiach. Na najvyššom mieste v strome je IED, teda fyzické zariadenie. V našom prípade je pomenované ako IEC61850. Meno je možné zmeniť v konfigurácii serveru. Ďalej je uvedená IP adresa IED pridelená buď manuálne alebo priradená od DHCP serveru (postup uvedený v návrhu laboratórnej úlohy). Následne je strom rozdelený do 4 vetiev a to na „Data“, „GOOSE“, „Buffered Reports“ a „Datasets“.



Obrázok 11 - Hierarchické usporiadanie terminálu REF615

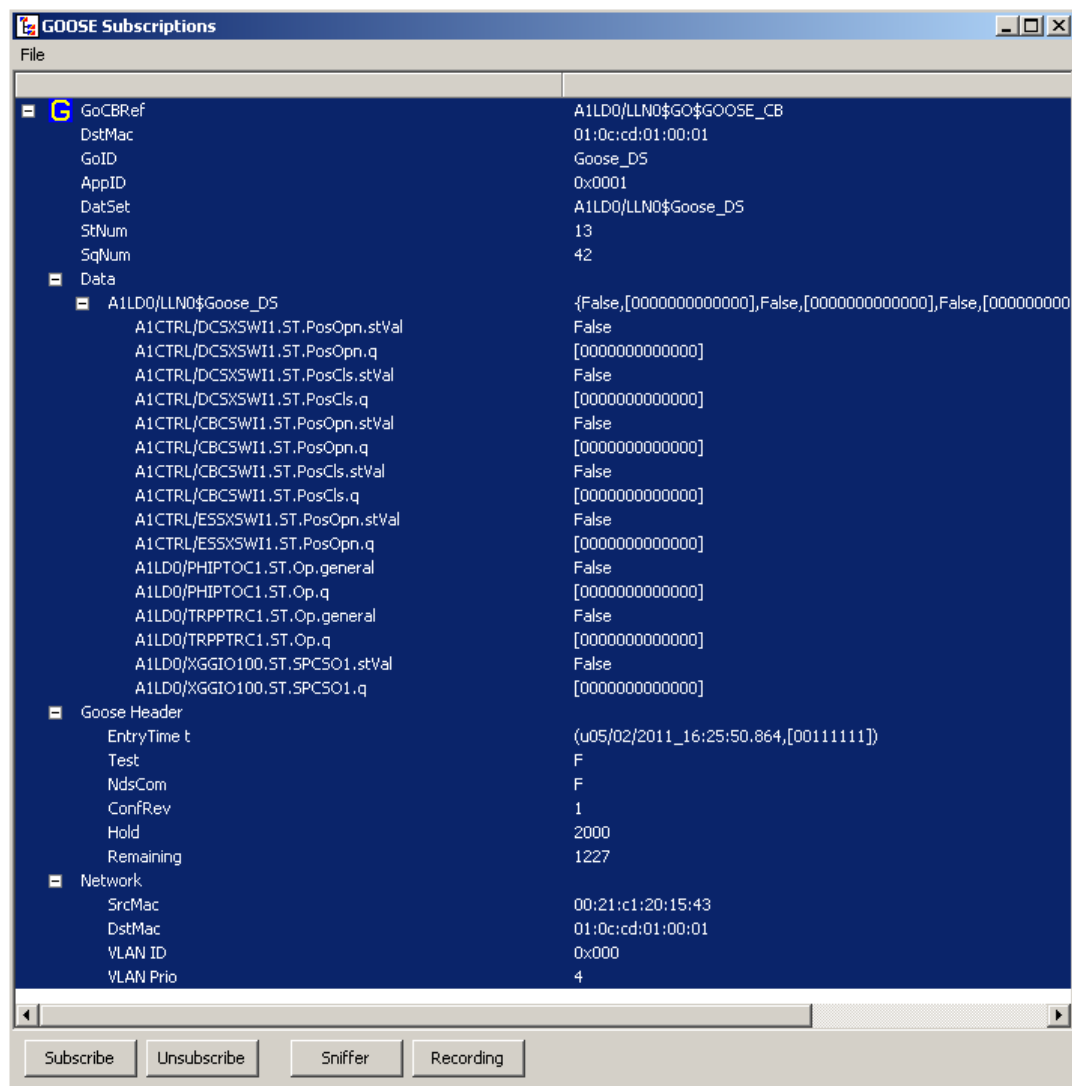
Vetva „Data“ zahŕňa logické zariadenia ochrany, ktoré reprezentujú jej imaginárne zariadenie vykonávajúce určitú činnosť. Medzi hlavné LD sa radi vetva A1CTRL, teda Control (Ovládanie), kde sú umiestnené logické uzly LN ovládané buď správami GOOSE alebo ochrannými funkciami. Radí sa sem LN CBXCBR, čo je vypínač alebo ESSXSWI, čo je uzemňovač. Názvy XCBR alebo XSWI sú pevne stanovené normou pre daný typ ovládacieho prvku aby sa zjednotili GOOSE správy od rôznych výrobcov. Povoľené je pridávať predpony a prípony. Druhým hlavným LD je vetva A1LDO, kde sú LN všetkých ochranných funkcií a meracích funkcií.

Vetva „GOOSE“ obsahuje zoznam všetkých GOOSE správ, ktoré dane IED vysiela. V našom prípade je tam jedna položka, keďže terminál vysiela jednu GOOSE správu s dátami zobrazenými na *Obrázok 12*. Informácie o GOOSE správe je možné rozdeliť do 4 skupín: Hlavné parametre správy, dáta, hlavička správy (Goose Header) a sieť. Vysvetlenie hlavných parametrov bolo uvedené v popise softvéru IEDScout.

Skupina dáta je hlavnou časťou GOOSE správy a obsahuje dáta jednotlivých prvkov, ktoré boli vybraté do datasetu pre rozposielanie stavov. V našom prípade sa rozposielajú polohové stavy vypínača, odpojovača, uzemňovača, master trip-u a mžikového stupňa nesmerovej nadprúdovej ochrany.

Hlavička správy obsahuje údaje ako čas vyslania správy, test bit, bit označujúci žiadosť o potvrdenie prijatia správy, verziu a časovače.

V skupine network je MAC adresa odosielateľa a prijímateľa. väčšinou je správa odosielaná ako multicast, z toho dôvodu je MAC adresa prijímateľa s koncovými číslami 00:01. Ďalej je tam uvedený VLAN identifikátor a VLAN priorita.



Obrázok 12 - GOOSE správa z terminálu REF615

Vetva „Buffered Reports“ – poruchový zapisovač, obsahuje záznamy o poruchách alebo vnútorných stavoch. Pre naše potreby nie je táto vetva podstatná, tak sa ňou nebudeme zaoberať.

Posledná vetva, vetva „Datasets“, obsahuje preddefinované zoznamy prvkov ochrany, ktoré rozposielajú svoje stavy alebo merané hodnoty na vyššiu úroveň v rozvodni. Jedná sa teda o vertikálnu komunikáciu ochrany buď so staničným počítačom, alebo s bránou a posielajú sa do riadiaceho strediska. Navyše je tam jeden dataset pre horizontálnu komunikáciu GOOSE správami medzi IED na rovnakej úrovni. Tento dataset obsahuje zoznam prvkov, ktoré posielajú v GOOSE správe ich stavy a musí byť manuálne vytvorený. K tomuto účelu slúžia programy od výrobcu ochrany. Jedná sa o programy PCM600 a CCT.

11) Návrh laboratórnej úlohy

11.1) Testovanie komunikácie ochrán podľa IEC 61850

11.1.1) Cieľ úlohy

Cieľom úlohy je demonštratívne otestovanie komunikácie ochrany REF615 a testru OMICRON CMC256+ a priblížiť tak študentom princíp komunikácie ochrán v rozvodni, ktoré sú zapojené do jednej lokálnej siete a komunikujú protokolom podľa IEC 61850 a zároveň ukázať študentom možnosti testru CMC256+ pre testovanie tejto komunikácie.

11.1.2) Zadanie

1. Overte spontánne vysielanie GOOSE správy z ochrany REF615 pomocou programu IEDScout a všimnite si dáta, ktoré správa obsahuje.
2. Sledujte zmenu stavu atribútu funkcie Master trip vo vyslanej GOOSE správe pri simulovaní poruchy.
3. Overte reakciu testru OMICRON CMC256+ na vyslanú GOOSE správu pri simulovaní poruchy.

11.1.3) Teoretický rozbor

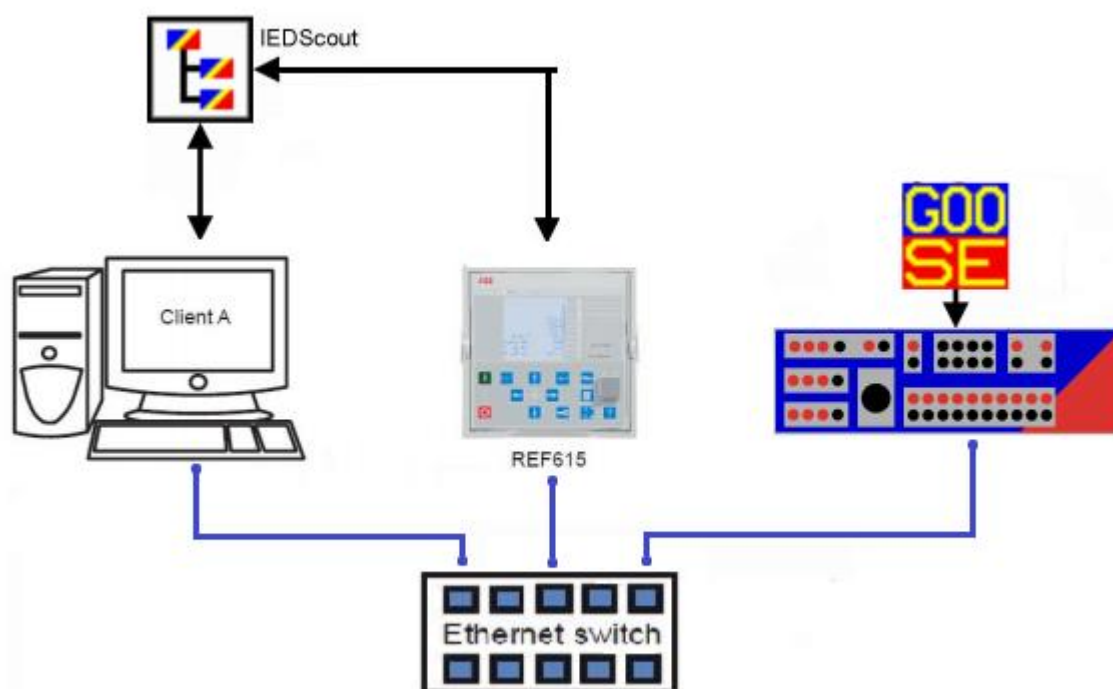
Komunikácia ochrán v rozvodni podľa normy IEC 61850 sa zakladá na použití ethernetovej siete LAN ako komunikačného média buď klasickými metalickými káblami FTP kategórie CAT5b a vyššej alebo optickým vláknom. V porovnaní s tradičným modelom, kde sú signály zariadení prepojené vodičmi, komunikácia bod-bod realizovaná prostredníctvom ethernetovej siete LAN umožňuje modernú a viacúčelovú platformu chránenia. Výhoda takejto komunikácie je v integrite systému a samotnej komunikácie a flexibilita pri zmenách konfigurácii v rozvodni. Hlavnou myšlienkou použitia komunikácie je decentralizovať riadenie a riadenie presunúť priamo na IED (Inteligentne elektronické zariadenie – napr. terminály ochrán) a odľahčiť tak riadenie od staničného PC. Samotné IED na rovnakej úrovni budú medzi sebou komunikovať horizontálnou komunikáciou a rozposielať prevádzkové stavy neustále (spontánne) a v prípade poruchy sa sami rozhodnúť o vykonaní ochrannej funkcie a skrátiť tak rozhodovací čas, ktorý by sa v prípade centralizovaného riadenia skladal z časov potrebných na odoslanie zistenej poruchy na staničný PC, ten rozhodne o vykonaní ochrannej funkcie a času potrebného na prenos správy naspäť na IED s povelením vykonania ochrannej funkcie. Ďalšou výhodou je vertikálna komunikácia slúžiaca na zber meraných dát pre monitoring alebo regulácie.

Terminál REF615 označovaný podľa normy IEC 61850 ako IED (Inteligentne elektronické zariadenie) je určené pre chránenie, ovládanie, meranie a monitorovanie v rozvodniach energetických spoločností. Patrí do produktovej rady Relion od firmy ABB. Jedná sa o smerovú nadprúdovú a smerovú zemnú ochranu s meraním fázového napätia, s podpätovou a prepätovou ochranou a monitorovaním prevádzkových podmienok vypínača. REF615 podporuje štandard IEC 61850 vrátane horizontálneho prenosu binárnych a analógových správ GOOSE.

OMICRON CMC256+ je univerzálny tester, navyše vybavený ethernetovým portom RJ-45 s podporou komunikácie podľa IEC 61850 a softvérovým vybavením pre testovanie komunikácie vo vnútri rozvodni. Hlavné nástroje pre testovanie komunikácie sú „IEDScout“, ktorý ponúka pohľad „do vnútra“ ochrán a ponúka možnosti pre prácu s GOOSE správami a „GOOSE Configuration“, ktorý slúži na mapovanie GOOSE správ na binárne vstupy a výstupy testru CMC256+ a sledovať tak zmeny stavov alebo tie zmeny stavov realizovať pomocou simulácií.

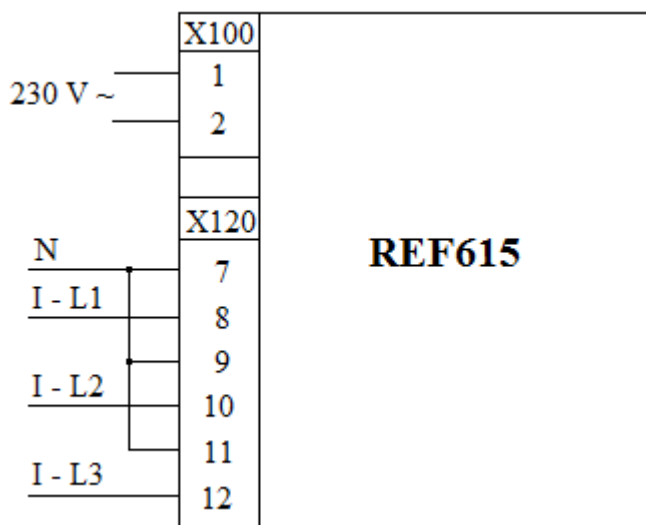
11.1.4) Schémy zapojenia

Na *Obrázok 13* je zobrazená schéma zapojenia sieťovej časti a principiálne zobrazenie vzájomnej interakcie zariadení a softvérových nástrojov.



Obrázok 13 - Schéma zapojenia sieťovej časti a interakcie softvérových nástrojov

Na Obrázok 14 je zobrazené zapojenie kontaktov pre pripojenie prístrojových transformátorov prúdu (PTP) a pomocného napájacieho napätia. V našom prípade použijeme miesto PTP priamo 3-f prúdový výstup z testru.



Obrázok 14 - Zapojenie kontaktov terminálu REF615

11.1.5) Postup testovania

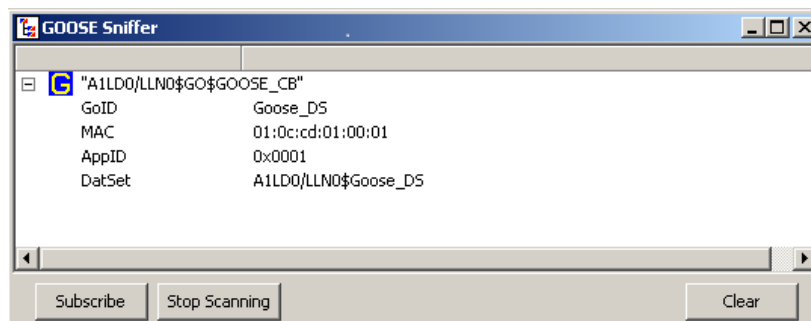
Na začiatku je potrebné nakonfigurovať sieťové IP adresy pre terminál, tester a PC. Nastavenie IP adresy pre PC sa nachádza v ovládacom paneli v časti sieťové pripojenia. IP adresa pre tester sa nastavuje v základnom programe „Test Universe“ v časti „Konfigurácia skúšobného zariadenia“. IP adresa pre terminál sa nastavuje v terminály pomocou menu vyvolaného



stlačením tlačidla na prednom paneli terminálu a v časti „Configuration“ → „Communication“ → „Ethernet“ → „Rear panel“. IP adresy je nutné zadať tak, aby spadali pod jednu sieť. Odporúčané IP adresy sú: PC – 192.168.0.1, Tester – 192.168.0.2, Terminál – 192.168.0.3. Maska podsiete je rovnaká pre všetko a to 255.255.255.0.

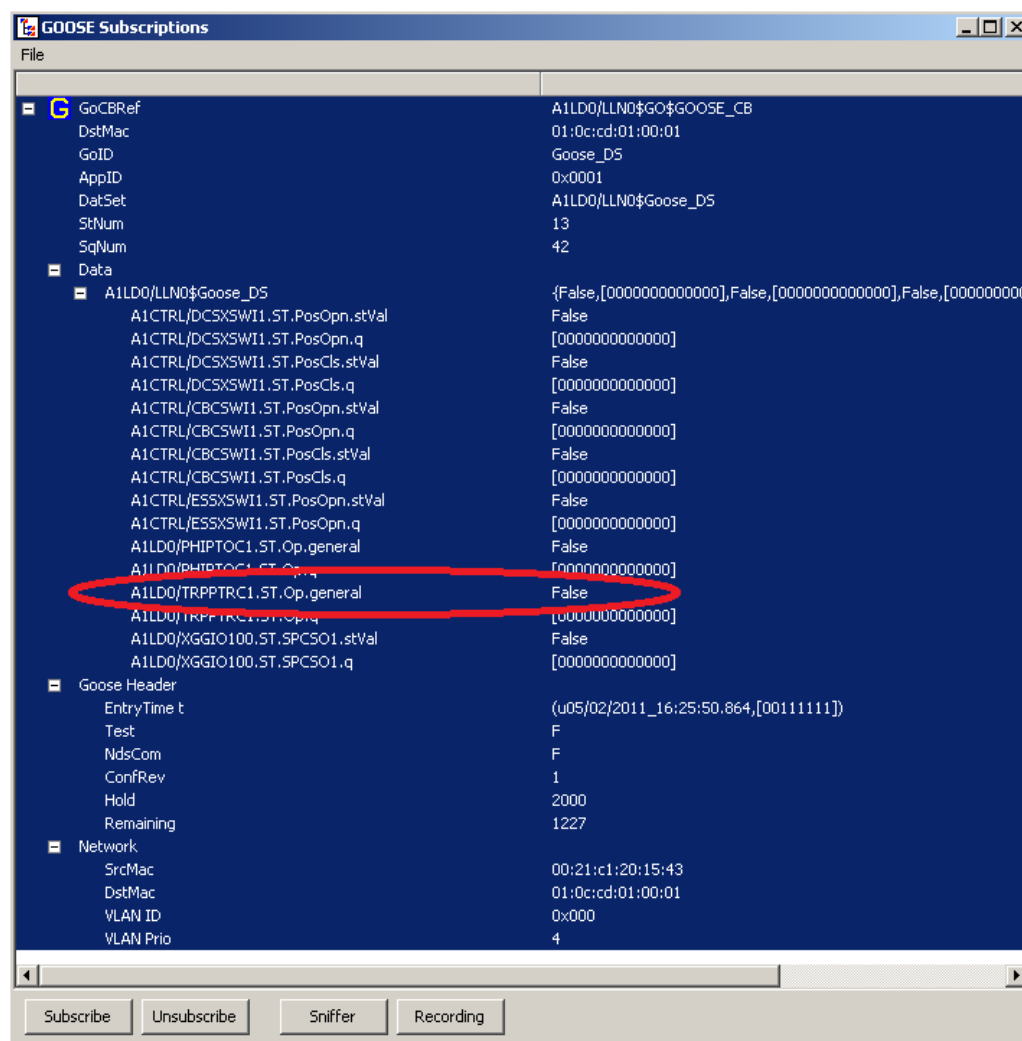
Po nastavení komunikácie prejdeme k samotnému testovaniu. Spustíme aplikáciu IEDScout z pracovnej plochy. Po spustení klikneme na položku „Configure“ a v časti „Server“ vyberieme zo zoznamu náš terminál REF615. Ak je v zozname viac serverov, vyberieme ten, ktorý sa zhoduje s IP adresou, ktorú sme prideliť pri konfigurácii. Ak v zozname nie je žiadny server, vytvoríme nový kliknutím na „new“ a zadáme názov serveru a IP adresu, ktorú sme zadali pri konfigurácii terminálu. Následne klikneme na záložku GOOSE a vyberieme sieťový adaptér (Sieťovú kartu v PC). V prípade viacerých adaptérov sa poradíme s vyučujúcim o správnom výbere adaptéra. Ak je toto všetko úspešne nakonfigurované, môžeme sa presunúť k testovaniu.

Spontánne vysielanie GOOSE správy z ochrany REF615 overíme nástrojom „Sniffer“, s nástroja „Subscriptions“ programu IEDScout. Pri správnej konfigurácii IP adres by sa v zozname odchycených GOOSE správ v nástroji „Sniffer“ mala nachádzať jedna GOOSE správa podľa Obrázok 15.



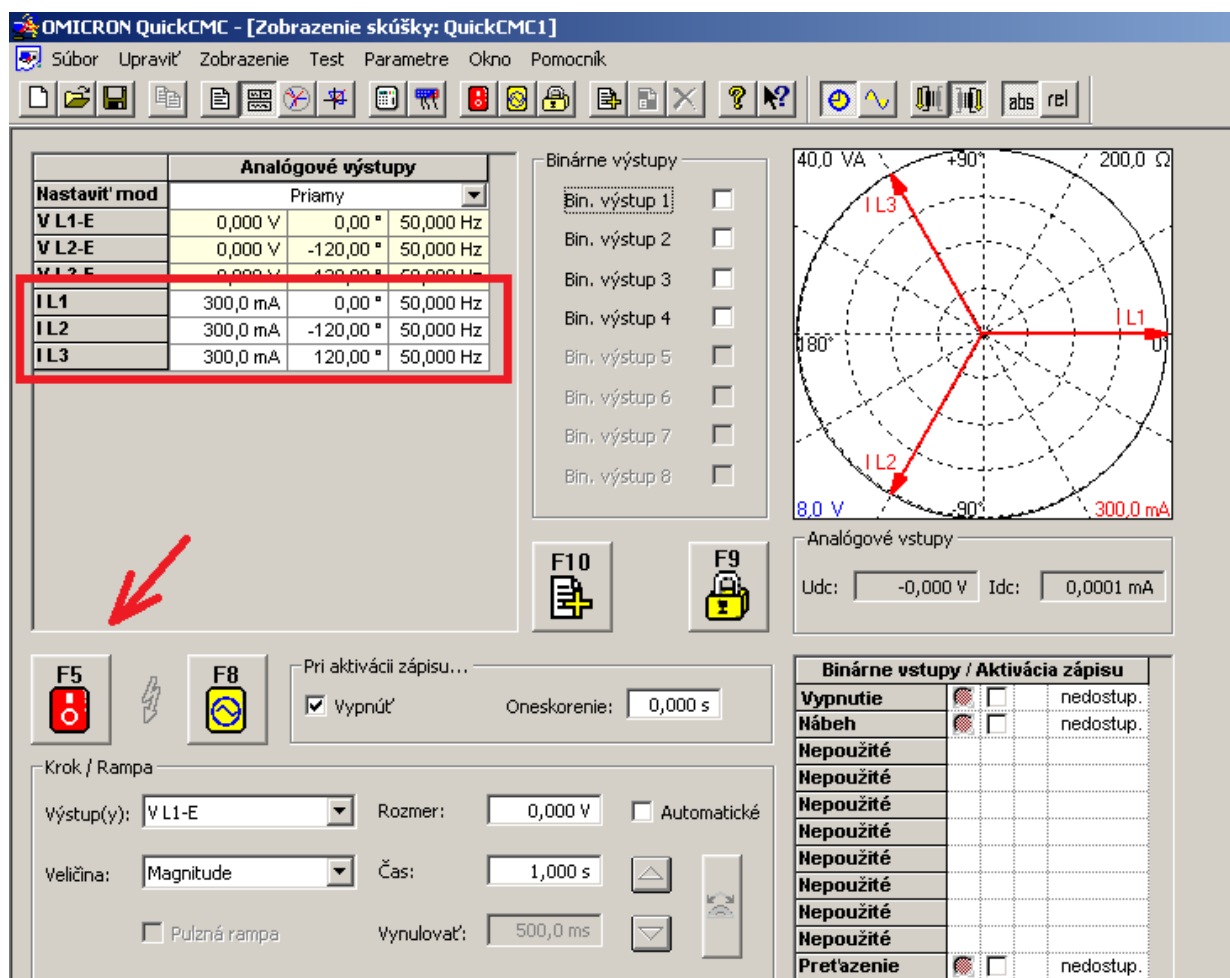
Obrázok 15 - Prijatá GOOSE správa nástrojom „Sniffer“

Následne vyberieme GOOSE správu a klikneme na ponuku „Subscribe“, kde sa nám zobrazia podrobnosti o GOOSE správe a dáta, ktoré správa obsahuje (Obrázok 16). Všimnite si atribút „FALSE“ pri stave Master trip-u TRPTTRC1.



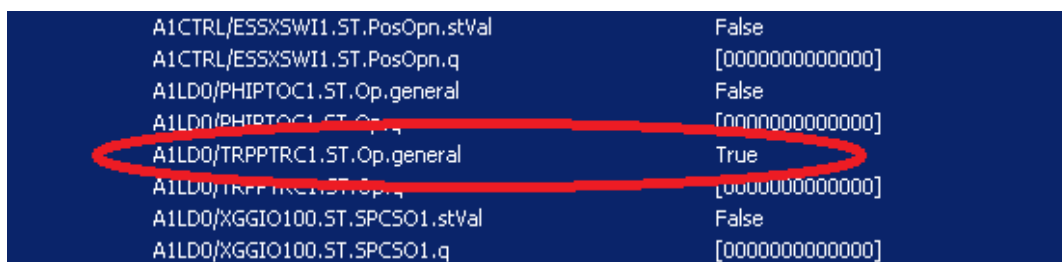
Obrázok 16 - GOOSE správa a jej dáta a atribúty

V druhej úlohe nasimulujeme poruchu na ochrane a budeme sledovať zmenu atribútu Master trip-u vo vyslanej GOOSE správe. Poruchu budeme simulovať ako nadprúd v sústave, pričom miesto PTP použijeme prúdové výstupy z testru. Spustíme teda program „QuickCMC“ s hlavného programového okna „Test Universe“, ktorý slúži na testovanie ochranných funkcií. Nastavíme hodnotu prúdov 300mA pre všetky fázy a spustíme (Obrázok 17).



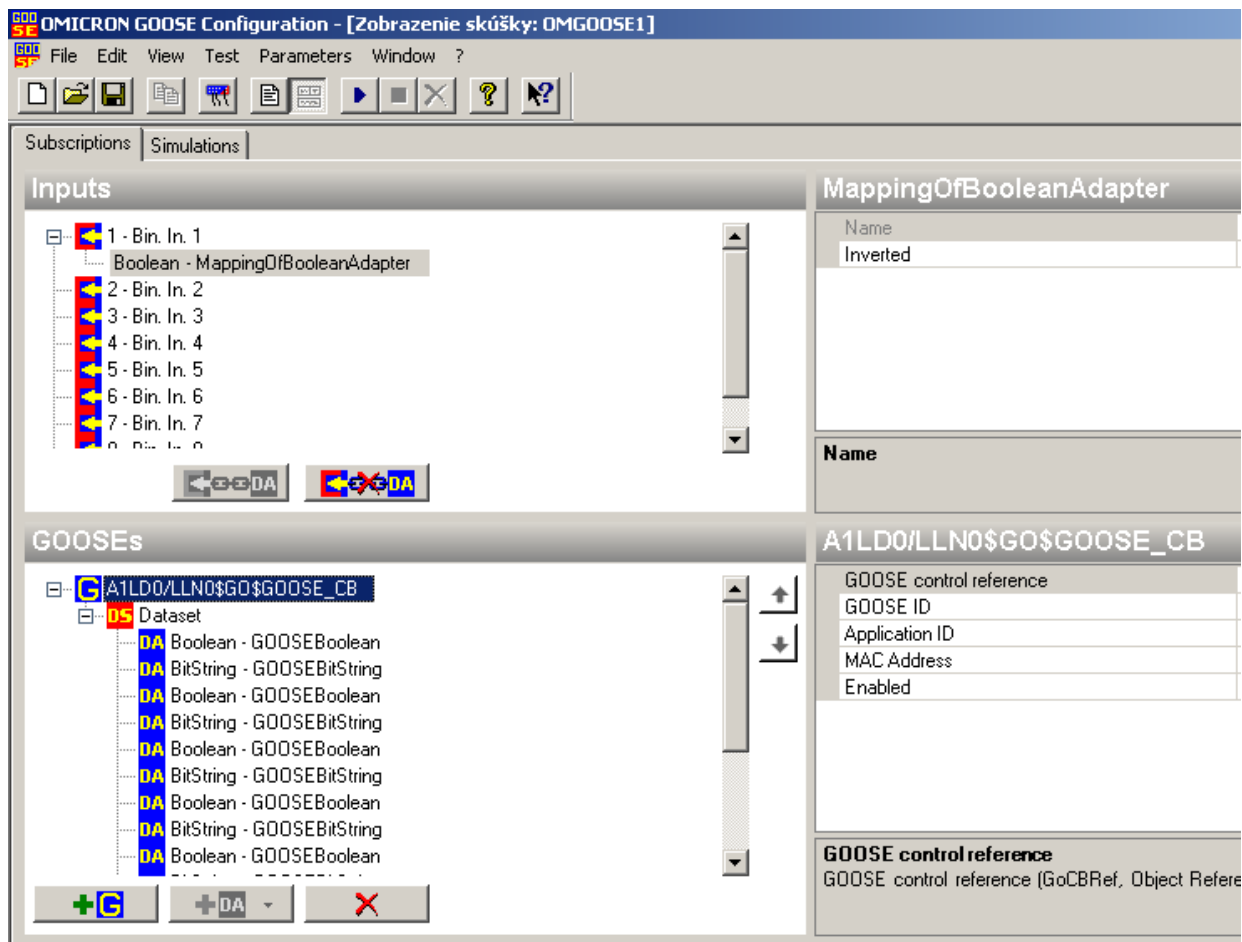
Obrázok 17 - Simulovanie poruchy v "QuickCMC"

Okno „Subscriptions“ ponecháme otvorené a budeme sledovať zmenu atribútu funkcie Master trip TRPTTRC1 z „FALSE“ na „TRUE“ (Obrázok 18).



Obrázok 18 - Zmena atribútu pri poruche

Otestovanie reakcie testru na prijatú GOOSE správu budeme realizovať pomocou nástroja „GOOSE Configuration“. Spustíme teda v základnom okne „Test Universe“ na nástroj „GOOSE Configuration“. Zo zoznamu prijatých GOOSE správ v nástroji „Sniffer“ pretiahneme myškou GOOSE správu do dolnej časti okna. Následne vyberieme ten atribút, ktorý chceme sledovať. V našom prípade sa mení jediný atribút (Poznámka: Ako je vidieť z Obrázok 19, funkcie a ich atribúty nie sú pomenované tak ako v okne „Subscriptions a preto je nutné si spočítať, ktorý atribút to je.), tak opäť myškou pretiahneme atribút na binárny vstup číslo 1. Dvojitým kliknutím je možné atribút pomenovať. Týmto sme namapovali atribút dát GOOSE správy na binárny vstup testru.



Obrázok 19 - Mapovanie GOOSE správy na binárny vstup testru

Zmena atribútu sa prejaví na zmene logickej hodnoty binárneho vstupu z logickej 0 na 1. Túto zmenu budeme sledovať v nástroji „Binary I/O monitor“. Zmena stavu na hodnotu logickej 1 sa prejaví sčervenaním príslušného indikátora binárneho vstupu.

11.1.6) Záver

V závere zhodnotíte meranie a uvedte podľa vlastného názoru výhody a nevýhody použitia komunikácie podľa IEC 61850 v rozvodniach.

12) Záver

Cieľom prvej časti tejto práce, teoretickej časti, bolo oboznámenie sa s normou IEC 61850 (ČSN EN 61850) a s prínosmi, ktoré vychádzajú z použitia tejto normy z hľadiska komunikácie v rozvodniach. Na základe získaných poznatkov o danej norme a určujúcich vlastností komunikačného modelu pochopiť princíp komunikácie a dejov prebiehajúcich počas komunikácie. Následne v druhej časti, časti praktickej, bol návrh metódy testovania komunikácie v laboratórnych podmienkach a snaha priblížiť tak problematiku komunikácie podľa normy IEC 61850 študentom.

Návrh metódy testovania predchádzalo oboznámenie sa s testovacím prostredím softvérového vybavenia testru OMICRON CMC256+. Jednalo sa o nástroje „IEDScout“ a „GOOSE Configuration“. Následne sa prešlo k prepojeniu terminálu REF615 s testrom a počítačom pomocou ethernetového prepínača - switchu. V počiatkoch nastali komplikácie s rozposielaním GOOSE správ, pretože ochrana nevysielala žiadne GOOSE správy. To sa podarilo opraviť až zmenou vnútornej konfigurácie inžiniermi v ABB. Po úspešnom sfunkčnení rozposielania GOOSE správ začalo samotné navrhovanie metódy testovania. Počiatočné myšlienky návrhu zlyhali na neschopnosti vytvorenia GOOSE správ žiadnej reakcie ochrany na prijaté GOOSE správy. Po dlhom pátraní dôvodu nefunkčnosti vytvorených GOOSE správ v PC posielaných do ochrany sa zistilo, že ochrana nie je nastavená na to aby reagovala na prijímané GOOSE správy ale iba vysiela stav polohy vypínača, odpojovača, uzemňovača a funkcie Master trip. Nastavenie ochrany aby reagovala na prijímané GOOSE správy by zabralo minimálne toľko času aký sa strávil zisťovaním príčiny nefunkčnosti, tak sa od toho upustilo a navrhla sa metóda otestovania komunikácie z GOOSE správ, ktoré ochrana vysiela. Jedná sa o jednoduchý model, ktorý otestuje vysielenie GOOSE správy z ochrany a simulovaním poruchy sa overí, či ochrana zareaguje na poruchu a vyšle GOOSE správu zo zmenou niektorého stavu.

Nastavovanie ochrany pre reakciu na prichádzajúce správy môže byť zaujímavé ale určite náročné a pre pochopenie problematiky je potrebné tomu venovať viac času. Je to problematika, ktorá ponúka venovanie pozornosti a je potrebná pre sprístupnenie ďalších testovacích metód, ktoré bez tohto nie sú realizovateľné.

Prínosom tejto práce je získanie vedomostí o komunikácii podľa IEC 61850 ako o súčasnom trende realizácie v rozvodniach a na samotnom, i keď iba demonštračnom testovacom modeli pochopiť princíp komunikácie a získané znalosti využiť v praxi. Ďalším prínosom je oboznámenie študentov o výhodách takejto komunikácie a ukázať im možnosti, ktoré komunikácia podľa IEC 61850 prináša.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] ČSN 33 4850-1 Komunikační sítě a systémy v podřizovaných stanicích - Část 1: Úvod a přehled (idt IEC/TR 61850-1:2003)
- [2] ČSN EN 61850-5:2004 (33 4850) Komunikační sítě a systémy v podřizovaných stanicích - Část 5: Požadavky na komunikaci pro funkce a modely zařízení (idt EN 61850-5:2003, idt IEC 61850-5:2003)
- [3] ČSN EN 61850-7-1:2005 (33 4850) Komunikační sítě a systémy v podřizovaných stanicích - Část 7-1: Základní komunikační struktura pro podřizované stanice a napájecí zařízení - Zásady a modely (idt EN 61850-7-1:2003, idt IEC 61850-7-1:2003)
- [4] ČSN EN 61850-9-1:2004 (33 4850) Komunikační sítě a systémy v podřizovaných stanicích - Část 9-1: Mapování specifických komunikačních služeb (SCSM) - Přenos vzorkovaných hodnot po sériovém jednosměrném (neorientovaném) vícebodovém spoji bod-bod (idt EN 61850-9-1:2003, idt IEC 61850-9-1:2003)
- [5] Bruno Forgue, Pavel Vladyka. IEC 61850: soubor norem pro komunikaci v energetice s velkým potenciálem výhod. Odborný článok, AUTOMA, 03/2010.
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40771.
- [6] *IEDScout Examples, Manual*, elektronický text. OMICRON electronics GmbH, 2010. 16 s. Dostupný z WWW: http://www.omicron.at/fileadmin/user_upload/files/pdf/en/IEDScout-Examples-ENU.pdf
- [7] *GOOSE Configuration Example, Manual*, elektronický text. OMICRON electronics GmbH, 2010. 20 s. Dostupný z : Súčasť softvérového vybavenia testru OMICRON CMC256+
- [8] *Reoil, REF615, Aplikačný manuál*, elektronický text. ABB Oy, 2011. 186 s. Dostupný z WWW: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/649ffb56715c6a6ec125783e002ed8dc/\\$file/ref615_appl_757137_czb.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/649ffb56715c6a6ec125783e002ed8dc/$file/ref615_appl_757137_czb.pdf)
- [9] *Reoil, REF615, Návod pro obsluhu*, elektronický text. ABB Oy, 2011. 139 s. Dostupný z WWW: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/4679549a68c252ccc125783000433661/\\$file/re_615_oper_757135_czc.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/4679549a68c252ccc125783000433661/$file/re_615_oper_757135_czc.pdf)