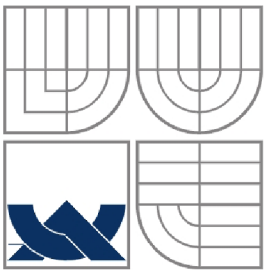


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

MODEL ELEKTRICKÉ STANICE S KOMUNIKAČNÍM PROTOKOLEM IEC 61850

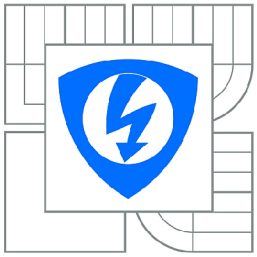
MODEL OF ELECTRICAL STATION WITH IEC 61850 COMMUNICATION PROTOCOL

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER´S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. IVO STODŮLKA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. JAROSLAVA ORSÁGOVÁ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student:	Bc. Ivo Stodùlka	***ID:***	106792
Ročník:	2	***Akademický rok:***	2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Model elektrické stanice s komunikačním protokolem IEC 61850

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Konfigurace ochranných a řídicích terminálů REF 542*plus* a RE_615.
2. Komunikační protokol IEC 61850.
3. Postup pro konfiguraci IEC 61850 u REF 542*plus* přes SCL Tool, u RE_615 přes PCM600.
4. Srovnání obou popsaných postupů.
5. Testování komunikace podle IEC 61850.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynù vedoucího práce

Termín zadání:	6.2.2012	***Termín odevzdání:***	18.5.2012

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.
Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

Bibliografická citace práce:

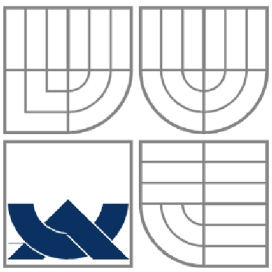
STODŮLKA, I. Model elektrické stanice s komunikačním protokolem IEC 61850. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 97s.

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si 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.

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslavě Orságové, Ph.D. za pedagogickou podporu a celému týmu ochranářů z firmy ABB PPMV s.r.o. především za cenné technické připomínky a rady při tvorbě této práce. Taktéž bych rád poděkoval svým rodičům a přítelkyni za celkovou podporu při studiu na vysoké škole.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

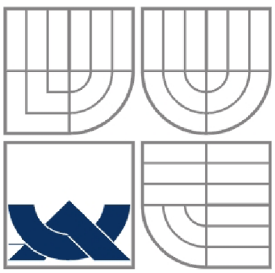
Model elektrické stanice s komunikačním protokolem IEC 61850

Ivo Stodůlka

vedoucí: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2012

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Model of electrical station with IEC 61850 communication protocol

by

Ivo Stodůlka

Supervisor: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Brno University of Technology, 2012

Brno

ABSTRAKT

Množství předávaných informací v systémech automatizace rozvoden exponenciálně vzrostl s nástupem moderních digitálních ochranných a řídicích zařízení. Tyto systémy byly většinou založeny na principech definovanými samotnými výrobci s různými funkcemi, omezeným datovým tokem a vzájemnou nepropojitelností. Mezinárodní komunikační standard IEC 61850 byl vytvořen s cílem zavedení jednoznačných pravidel a struktury do komunikační části elektrických rozvoden při použití nejmodernějších technologií. Tento standard klade taktéž velký důraz na vzájemnou interoperabilitu zařízení různých výrobců.

Tato diplomová práce je zaměřena na pochopení základních principů, praktické využití a testování digitálních ochran s implementovaným komunikačním standardem IEC 61850. První teoretická část práce detailně popisuje základní principy, služby a možnosti abstraktního komunikačního modelu definovaného standardem IEC 61850. Druhá část se zabývá konfigurací IEC 61850 u ochranného terminálu REF 542*plus,* kde je využití tohoto standardu omezeno pouze na vertikální komunikaci. Testování vertikální komunikace u ochrany REF 542*plus* bylo prováděno pomocí nástroje IED Scout od firmy OMICRON. Třetí část práce je zaměřena konfiguraci ochrany pole REF615 s plnohodnotnou implementací standardu IEC 61850 zahrnující vertikální i horizontální komunikaci pomocí GOOSE zpráv a následné testování pomocí nástroje ITT600 SA Explorer od firmy ABB. Testování obou ochranných relé bylo prováděno na testovacích panelech v laboratoři ochran firmy ABB PPMV Brno**.**

V závěru práce jsou shrnuty přínosy komunikačního standardu IEC 61850 a srovnány engineeringové postupy pro ochranný terminál REF 542*plus* a ochranu pole REF615.

KLÍČOVÁ SLOVA: REF 542*plus*; REF615; IED; IEC 61850; GOOSE; SCL; ITT600 SA Explorer; IED Scout; PCM600; IET600; engineering

ABSTRACT

The amount of information transmitted in automation systems has grown exponentially, since the modern digital protection and control devices had been introduced. These systems with different features, limited data flow and the mutual incompatibility were mostly based on the principles defined by vendors themselves. The international communication standard IEC 61850 was created with the aim of introducing definite rules and the structure into the communication part of the electrical substations with the application of the latest technologies. This standard also emphasises the mutual interoperability of the different vendors´ devices.

This thesis is focused on the comprehension of basic principles, the practical application and the testing of digital protections with IEC 61850 communication standard implemented. The first part of my thesis is a theoretical one and describes basic principles, services and possibilities of the abstract communication model defined by IEC 61850 standard. The second part of my thesis describes the configuration of IEC 61850 communication standard of the protective terminal REF 542*plus* with the partial support of this standard including only the vertical communication and the subsequent testing using the OMICRON's testing tool IED Scout. The third part of my thesis is focused on the configuration of the feeder protection REF615 which has fully implemented IEC 61850 standard covering both vertical and horizontal communication by means of the GOOSE messages and the subsequent testing using the ABB's testing tool ITT600 SA Explorer. The testing of both protective devices was carried out in the laboratory of the protection relays on the testing panels at ABB PPMV Brno.

The conclusion summarizes the contributions of IEC 61850 communication standard and there are also compared the engineering procedures of the protective terminal REF 542*plus* and the feeder protection REF615.

KEY WORDS: REF 542*plus*; REF615; IED; IEC 61850; GOOSE; SCL; ITT600 SA Explorer; IED Scout; PCM600; IET600; engineering

OBSAH

1 ÚVOD 16

2 CÍL PRÁCE 17

3 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL IEC 61850 18

3.1 KOMUNIKAČNÍ STANDARD IEC 61850 18

3.2 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL IEC 61850 20

3.3 VERTIKÁLNÍ A HORIZONTÁLNÍ KOMUNIKACE 21

3.3.1 VERTIKÁLNÍ KOMUNIKACE 21

3.3.2 HORIZONTÁLNÍ KOMUNIKACE 22

3.4 DATOVÝ MODEL DLE IEC 61850 26

3.4.1 FYZICKÉ ZAŘÍZENÍ 27

3.4.2 LOGICKÉ ZAŘÍZENÍ 28

3.4.3 LOGICKÉ UZLY 29

3.4.4 DATOVÉ OBJEKTY, DATOVÉ ATRIBUTY, FUNKČNÍ OMEZENÍ 30

3.4.5 OSTATNÍ PRVKY STRUKTURY: DATOVÉ SADY A ŘÍDÍCÍ BLOKY 33

3.5 KONFIGURAČNÍ POPISOVÝ JAZYK SYSTÉMU – SCL 37

4 OCHRANNÝ TERMINÁL REF 542*PLUS* 41

4.1 FUNKCE TERMINÁLU REF 542*PLUS* 41

4.2 ZÁKLADNÍ POPIS TERMINÁLU REF 542*PLUS* 41

4.3 KONFIGURACE TERMINÁLU REF 542*PLUS* POMOCÍ CONFIGURATION TOOL 42

4.4 TERMINÁL REF 542*PLUS* A KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL IEC 61850 43

5 OCHRANA POLE REF615 45

5.1 FUNKCE OCHRANY POLE REF615 45

5.2 ZÁKLADNÍ POPIS OCHRANY POLE REF615 45

5.3 KONFIGURACE OCHRANY POLE REF615 POMOCÍ PCM600 46

5.4 OCHRANA POLE REF615 A KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL IEC 61850 47

6 TESTOVÁNÍ KOMUNIKACE IEC 61850 49

6.1 TESTOVÁNÍ VERTIKÁLNÍ KOMUNIKACE 49

6.2 TESTOVÁNÍ HORIZONTÁLNÍ KOMUNIKACE GOOSE 49

7 ENGINEERING KOMUNIKACE IEC 61850 U TERMINÁLU REF 542*PLUS* 50

7.1 VÝCHOZÍ PODKLADY PRO MODEL 50

7.2 ENGINEERINGOVÝ POSTUP – VERTIKÁLNÍ KOMUNIKACE 50

7.2.1 NASTAVENÍ KOMUNIKACE V CONFIGURATION TOOL 50

7.2.2 VYGENEROVÁNÍ MODELU IEC 61850 V PROGRAMU SCL TOOL 52

7.3 TESTOVÁNÍ VERTIKÁLNÍ KOMUNIKACE S IEC 61850 POMOCÍ IED SCOUT 56

7.3.1 TESTOVÁNÍ MĚŘENÝCH A VYPOČÍTANÝCH HODNOT OCHRANOU 56

7.3.2 TESTOVÁNÍ OVLÁDÁNÍ A VYČÍTÁNÍ POLOH PRIMÁRNÍCH OBJEKTŮ 57

7.3.3 TESTOVÁNÍ SIGNALIZACE UŽIVATELSKY DEFINOVANÝCH HODNOT 58

7.3.4 TESTOVÁNÍ UŽIVATELSKY DEFINOVANÝCH POVELŮ 59

7.3.5 TESTOVÁNÍ ŘÍZENÍ PŘENOSU DAT OCHRANOU DO NADŘAZENÉHO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU 60

8 ENGINEERING KOMUNIKACE IEC 61850 A GOOSE U OCHRANY POLE REF615 61

8.1 VÝCHOZÍ PODKLADY PRO MODEL 61

8.2 ENGINEERINGOVÝ POSTUP – VERTIKÁLNÍ KOMUNIKACE 62

8.3 ENGINEERINGOVÝ POSTUP – HORIZONTÁLNÍ KOMUNIKACE GOOSE 64

8.4 TESTOVÁNÍ VERTIKÁLNÍ KOMUNIKACE 67

8.5 TESTOVÁNÍ FUNKCÍ VYUŽÍVAJÍCÍ HORIZONTÁLNÍ KOMUNIKACI GOOSE 68

8.5.1 TESTOVÁNÍ POSTUPNÉHO VYPÍNÁNÍ POŠKOZENÉ ČÁSTI ROZVODNY REALIZOVANÉ POMOCÍ GOOSE (AKTIVACE VÝFUKOVÝCH KLAPEK) 69

8.5.2 TESTOVÁNÍ LOGICKÉ OCHRANY PŘÍPOJNIC REALIZOVANÉ POMOCÍ GOOSE 70

8.5.3 TESTOVÁNÍ POSTUPNÉHO VYPÍNÁNÍ POŠKOZENÉ ČÁSTI ROZVODNY REALIZOVANÉ POMOCÍ GOOSE (PŘI SELHÁNÍ VÝKONOVÉHO VYPÍNAČE) 72

9 SHRNUTÍ A SROVNÁNÍ ENGINEERINGU IEC 61850 U OCHRAN REF 542*PLUS* A REF61575

10 ZÁVĚR 77

10.1 SOUČASNÝ STAV DANÉ PROBLEMATIKY 77

10.2 NABYTÉ POZNATKY A VÝSLEDKY PRÁCE 77

10.3 MOŽNOSTI DALŠÍHO POSTUPU PRÁCE 78

POUŽITÁ LITERATURA 79

PŘÍLOHA A PODKLAD PRO KONFIGURACI OCHRANY REF 542*PLUS*, SIGNÁL LIST 83

PŘÍLOHA B PODKLAD PRO KONFIGURACI OCHRANY POLE REF615, SIGNÁL LIST 85

PŘÍLOHA C TESTOVÁNÍ FUNKCÍ VYUŽÍVAJÍCÍ GOOSE 87

PŘÍLOHA D ZNAČENÍ A PŘEHLED LOGICKÝCH UZLŮ [40] 90

PŘÍLOHA E KONFIGURAČNÍ SOUBORY - CD-ROM 97

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3-1 Služby komunikačního protokolu IEC 61850 a využití ISO/OSI modelu ethernetu.[19] 20
Obr. 3-2 Princip vertikální a horizontální komunikace. 21
Obr. 3-3 Tradiční způsob posílání signálů mezi ochranami pomocí metalických propojů. [24] .. 22
Obr. 3-4 Horizontální komunikace mezi ochranami dle IEC 61850 s využitím GOOSE. [24]..... 22
Obr. 3-5 Princip cyklického vysílání GOOSE zpráv jednotlivým odběratelům. 23
Obr. 3-6 Definice doby přenosu. [4] 24
Obr. 3-7 Modelování fyzické rozvodny dle IEC 61850, vytvořeno na základě [19]. 26
Obr. 3-8 Přístup klienta k datům v ochraně dle IEC61850..... 27
Obr. 3-9 Definování názvu fyzického zařízení (technického klíče). 28
Obr. 3-10 Část datové struktury modelu IEC 61850 v ochraně REF615. 28
Obr. 3-11 Definování názvu logického uzlu. 30
Obr. 3-12 Organizace dat v logickém uzlu XCBR v ochraně REF615. 31
Obr. 3-13 Předdefinovaná datová sada v REF615 „Měření“ pro vertikální komunikaci. 33
Obr. 3-14 Organizace dat v datové sadě v rámci jednoho datového paketu. [19] 33
Obr. 3-15 Princip funkce BRCB a URCB, přepracováno z [7]. 34
Obr. 3-16 Komunikační modely pro přenos vzorkovaných hodnot. [17]..... 36
Obr. 3-17 Definovaní logického uzlu, datových objektů a datových atributů v jazyku SCL. 37
Obr. 3-18 Schéma komunikačního engeenerigu dle IEC 61850 a proces předávání informací. ... 39
Obr. 3-19 Předávání informací na staniční úrovni.[21] 40
Obr. 4-1 Základní součásti ochranného terminálu REF 542plus.[33] 42
Obr. 4-2 Příklad funkčního schématu ve FUPLE. 43
Obr. 4-3 Komunikační modul IEC 61850 pro terminál REF 542plus. 44
Obr. 4-4 Schéma komunikace v REF542 plus s využitím komunikačního modulu IEC 61850. 44
Obr. 5-1 Základní popis částí ochrany REF615. 46
Obr. 5-2 Příklad funkčního schématu v FBD v PCM600..... 47
Obr. 7-1 Schéma modelu elektrické stanice s ochrannou REF 542plus a IEC 61850. 50
Obr. 7-3 Nastavení generování událostí pro IEC 61850 v Configuration Tool..... 51
Obr. 7-2 Nastavení základních parametrů bloku vypínače pro dálkové řízení. 51
Obr. 7-4 Nastavení Mainboard a komunikačního modulu IEC 61850 v Configuration Tool..... 52
Obr. 7-5 Import RCA, SVG a základní nastavení v SCL Tool..... 52
Obr. 7-6 Automatické generování logických uzlů pro měření a primární objekty. 53
Obr. 7-8 Nastavení BRCB pro model IEC 61850 v REF 542plus. 54

Obr. 7-7 Uživatelsky definované LN a DO pro Binární vstupy, výstupy, komunikační bloky. 54

Obr. 7-9 Schéma engineeringu IEC 61850 u REF 542plus. 55

Obr. 7-10 Ověření konfigurace klienta a serveru pomocí příkazového řádku.....56

Obr. 7-11 Testování vyčítání měřených a vypočítaných hodnot prostřednictvím IED Scoutu. 56

Obr. 7-12 Testování ovládání a vyčítání poloh vypínače prostřednictvím IED Scoutu.....57

Obr. 7-13 Testování vyčítání poloh odpojovače (vozíku) prostřednictvím IED Scoutu.....58

Obr. 7-14 Testování vyčítání poloh zkratovače prostřednictvím IED Scoutu.....58

Obr. 7-15 Testování uživatelsky definovaných signalizací pomocí IED Scoutu. 58

Obr. 7-16 Testování uvolnění blokovacího relé pomocí IED Scoutu. 59

Obr. 7-17 Testování uživatelsky definovaných povelů zapnutí a vypnutí přes IED Scout. 59

Obr. 7-18 Testování funkcionality RCB pomocí ITT SA Explorer. 60

Obr. 8-1 Schéma modelu elektrické stanice s ochranou REF615, IEC 61850 a GOOSE. 61

Obr. 8-2 Základní vztah mezi bloky FBD a modelem v IEC 61850 v ochraně REF615. 62

Obr. 8-3 Postup konfigurace ochrany REF615 s IEC 61850 pomocí nástroje PCM600. 64

Obr. 8-4 Engineering horizontální komunikace GOOSE v IET600. 65

Obr. 8-5 Propojení namapovaných signálů GOOSE v modelu IEC 61850 s funkčním schématem. 67

Obr. 8-7 Datový tok po horizontální komunikaci v modelované části rozvodny. 68

Obr. 8-6 Testování dálkového ovládání výkonového vypínače pomocí 68

Obr. 8-8 Testování postupného vypínání poškozené části rozvodny realizované pomocí GOOSE po aktivaci výfukových klapek ve vývodovém poli 2. 70

Obr. 8-9 Realizace logické ochrany přípojnic s ochranou REF615 a GOOSE. 71

Obr. 8-10 Zapojení testeru při testování logické ochrany přípojnic. 71

Obr. 8-11 Testování logické ochrany přípojnic (Přívod x Vývod 1) realizované pomocí GOOSE. 72

Obr. 8-12 Zapojení testeru při testování ochrany při selhání vypínače. 73

Obr. 8-13 Testování ochrany při selhání výkonového vypínače ve vývodovém poli 1 realizované pomocí GOOSE. 74

SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 Přehled standardu IEC 61850.[18] *18*

Tab. 3-2 Srovnání vybraných komunikačních protokolů s IEC 61850. [1] *20*

Tab. 3-3 Typy zpráv a jejich maximální doba přenosu, vypracováno dle [4]. *24*

Tab. 3-4 Doporučený rozsah MAC adres služeb IEC 61850 a jejich priorita. [11] *25*

Tab. 3-5 Doporučené hodnoty VLAN priority služeb IEC 61850. [11] *25*

Tab. 3-6 Rozsahy privátních IP adres využitelných pro adresaci ochran, vytvořeno z [30]. *27*

Tab. 3-7 Označení napěťové úrovně. [12] *28*

Tab. 3-8 Skupiny logických uzlů. [9] *29*

Tab. 3-9 Organizace dat v logickém uzlu XCBR dle IEC61850-7-4. [9] *30*

Tab. 3-10 Nejběžnější datové třídy, značení a jejich význam, vytvořeno z [8]. *32*

Tab. 3-11 Nejběžnější funkční omezení pro datové atributy, vytvořeno z [8]. *32*

Tab. 3-12 Typy spouštění reportování. [7] *35*

Tab. 3-13 Základní parametry GoCB bloku, základ vychází z [29] a doplněno zkušenostmi. *35*

Tab. 3-14 Normalizované typy souborů dle IEC 61850-6. ..... *38*

Tab. 4-1 Prezentace různých dat a prvků v různých částech engineeringu REF 542 plus. *44*

Tab. 5-1 Prezentace různých dat a prvků v různých částech engineeringu REF615. ..... *48*

Tab. 7-1 Pravidla pro vytváření LN, DO binárních vstupů, výstupů a komunikačních bloků. *53*

Tab. 8-1 Shrnutí nastavení DS a řídicích bloků GoCB pro horizontální komunikaci GOOSE. *65*

Tab. 8-2 Vypínací schéma pro vyřazení poškozené části rozvodny pomocí GOOSE při aktivaci výfukových klapek. *69*

Tab. 8-3 Příklad nastavení ochran a testeru při testování logické ochrany přípojnic. *71*

Tab. 8-4 Vypínací schéma pro vyřazení poškozené části rozvodny pomocí GOOSE při selhání výkonového vypínače. *73*

Tab. 8-5 Příklad nastavení ochrany a testeru při testování ochrany při selhání vypínače. *73*

Tab. 9-1 Shrnutí engineeringu IEC 61850 a GOOSE u ochran REF542plus a REF615. ..... *75*

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABB	ASEA Brown Bovery
ASCII	Americký standardní kód pro výměnu informací *(American Standard Code for Information Interchange)*
BRCB	Řídící blok pro reportování událostí s vyrovnávací pamětí *(Buffered Report Control Block)*
BB	Přípojnice *(Busbar)*
CBCSWI	Logický uzel řídící jednotky spínače (*Switch controller*)
CCBRBRF1	Ochrana proti selhání výkonového vypínače (*Circuit breaker failure protection*)
CID	Soubor obsahují popis konfigurace IED *(Configured IED Description.)*
CILO	Logický uzel vzájemného blokování *(Interlock)*
CTRL	Logické zařízení pro ovládání *(Control)*
CSMA/CD	Protokol pro přístup k přenosovému médiu s vícenásobným kolizím přístupem a naslouchání nosné (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
DA	Datový atribut *(Data Attribute)*
DEFHPTOC1	Logický uzel směrové zemní nadproudová časově závislé ochrany – rychlý stupeň (Directional earthfault overcurrect – high stage)
DNP	Protokol distribuované sítě *(Distributed Network Protocol)*
DPS	Dvoubitový stav *(Double point status)*
DPC	Dvoubitový stav *(Double point control)*
DO	Datový objekt *(Data Object)*
DOI	Instance datového objektu (Data Object Instantiated)
DR	Logické zařízení poruchového zapisovače *(Disturbance Recorder)*
DS	Datová sada *(Data Set)*
EXT	Fyzické zařízení rozšířené *(Extended)*
FBD	Jazyk funkčních bloků *(Function Block Diagram)*
FC	Funkční omezení *(Function Constraints)*
FTP	Protokol pro přenos souborů *(File Transfer Protocol)*
FUPLA	Funkční blokový programovací jazyk (*Functional Programming Language*)
GOOSE	*Objektově orientovaná událost rozvodny (Generic Object Oriented Substation Events)*
GSE	Generická událost rozvodny *(Generic Substation Event)*
GSSE	Generická stavová událost rozvodny *(Generic Substation State Events)*
GoCB	Řídící blok pro reportování GOOSE zpráv *(Goose Control Block)*
GUI	Grafické uživatelské rozhraní *(Graphical User Interface)*
ICD	Soubor obsahující popis schopností IED (*IED Capability Description)*
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise *(International Electrotechnical Commission)*
IED	Inteligentní elektronické zařízení *(Intelligent Electronic Device)*
IEEE	Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství *(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)*
IID	Soubor obsahují popis instance IED *(Instantiated IED Description)*
INT32	32 bitový integer
ISO	Mezinároní organizace pro standartizaci *(International Organization for Standardization)*
IET	Integrovaná engineeringová sada nástrojů (Integrated Engineering Toolbox)
ITH	Jmenovitý krátkodobý teplená proud *(Rated short-time thermal current)*

ITT	Integrovaný testovací nástroj (Integrated Testing Tool)
LAN	Lokální síť (Local Area Network)
LED	Dioda emitující světlo *(Light-Emitting Diode)*
LON	Místně provozovaná síť (Local Operating Network)
LD HMI	Místní oddělené rozhraní člověk-stroj (*Local Detached HumanMachine Interface*)
IP	Internetový protokol *(Internet Protocol)*
LD	Logické zařízení *(Logical Device)*
LD0	Logické zařízení nula *(Logical Device zero)*
LN	Logický uzel *(Logical Node)*
LN-Instance-ID	Identifikátor logického uzlu *(Logical Node – Instance – Identifier)*
LLN0	Logický uzel nula *(Logical Node zero)*
LPHD	Logický uzel pro informace o logickém zařízení *(Physical Device information)*
MAC	Jedinečný identifikátor síťového zařízení *(Media Access Control)*
MEAS	Logické zařízení měření *(Measurement)*
MMS	Specifikace zpráv pro výrobu *(Manufacturing Message Specification)*
MSVCB	Řídící blok pro řízení přenosu vzorkovaných hodnot dle jednosměrného modelu *(Multicast Sampled Value Control Block)*
MCAA	Výběrová aplikační asociace (*Multicast Appilication Association)*
NN	Nízké napětí
PC	Osobní počítač *(Personal Computer)*
PCM	IED manager pro chránění a ovládání (*Protection and Control IED Manager*)
PD	Fyzické zařízení *(Physical Device)*
PTOC	Logický uzel časové nadproudové ochrany *(Protection time overcurrent)*
PTRC	Úprava vybavovacích popudů ochrany (*Protection trip conditioning*)
PROT	Logické zařízení ochran *(Protection)*
RTD	Odporový senzor (*Resistance Temperature Device*)
RTU	*Jednotka vzdáleného terminálu (Remote terminal unit)*
RCB	Řídící blok pro reportování událostí *(Report Control Block)*
SAS	Automatizační systém rozvodny *(Substation Automation System)*
SBO	Před ovládáním vyber (*Selected Before Operate*)
SCADA	Dispečerské řízení a sběr dat *(Supervisory control and data acquisition)*
SCD	Soubor popisující konfiguraci rozvodny *(Substation Configuration Description)*
SCL	Konfigurační popisový jazyk systému *(Substation Configuration Language)*
SCSM	Mapování specifických komunikačních služeb *(Specific Communication Service Mapping)*
SED	Soubor obsahující popis rozvodny určený pro výměnu dat mezi rozvodnami (*System Exchange Description*).
SGCB	Řídící blok pro řízení procesu nastavení *(Setting Group Control Block)*
SmpRate	Vzorkovací frekvence (*Sampled Rate*).
SPA	*Strömberg Protection Acquisition bus*
SPR_CHR	Nastřádaná pružiny *(Spring charge)*
SPR_CHR_ST	Inicializace změny signálu z nastřádané pružiny (*Spring charge start*)
SVCB	Řídící blok pro řízení přenosu vzorkovaných hodnot. *(Sampled Value Control Block)*
SSD	Soubor obsahující specifický popis systému *(System Specific Description).*
SS-to-SS	Komunikace mezi rozvodnami *(Substation-to-Substation communication)*

ST	Funkční omezení – Stavová informace *(Status)*
SVCB	*(Sampled Value Control Block)*
TAL	Životnost ethernetového rámce *(Time Allowed To Live)*
TCP/IP	Primární transportní protokol síťové vrstvy *(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)*
TPAA	Aplikační asociace se dvěma účastníky *(Two Party Application Association)*
TrgOps	Nastavení spouštění reportování *(Trigger Options)*
USVCB	Řídící blok pro řízení přenosu vzorkovaných hodnot dle obousměrného modelu *(Unicast Sampled Value Control Block)*
URCB	Řídící blok pro reportování událostí bez vyrovnávací paměti *(Unbuffered Report Control Block)*
VN	Vysoké napětí
VLAN	Virtuální místní síť *(Virtual Local Area Network)*
VVN	Velmi vysoké napětí
WAN	Rozsáhlá síť (*Wide Area Network*)
XCBR	Logický uzel výkonového vypínače *(Circuit Breaker)*
XML	Rozšiřitelný značkovací jazyk (*Extensible Markup Language)*

1 ÚVOD

Řídicí systémy elektrických stanic (SAS – Substation Automation System) jsou běžně používané systémy pro dálkové řízení, ochranu a monitorování elektrických rozvoden. Nicméně s nástupem moderních a stále vyvíjejících se elektronických, informačních a komunikačních technologií, vedlo k zásadním změnám vnímání a způsobu provozování SAS v elektrických rozvodných stanicích.

S nástupem řídicích systému využívající pro automatizaci rozvoden nejrůznější softwarové nástroje se začaly pro přenos dat s výhodou využívat sériové linky, které nahradily tradiční přenos dat po měděných vodičích. Tyto systémy byly většinou založeny na principech definovanými samotnými výrobci těchto systémů jako je např. SPABUS (ABB) nebo standardech známých z jiných aplikacích především z průmyslové automatizace např. MODBUS (Modicon), DNP3.0 (Distributed Network Protocol), Profibus (Siemens) apod.

Tyto systémy se odlišovaly především různou funkcí a vzájemnou nepropojitelností. Řešení vzájemné interoperability zařízení různých výrobců, někdy dokonce i zařízení téhož výrobce různých verzí se stalo inženýrskou noční můrou, která se může v konečném důsledku konverzí protokolů a radikálním přetvořením organizačních procesů tzv. re-engineeringem velmi prodražit.

S nárůstem požadavků na automatizované decentralizované řízení rozvoden, optimalizací samotného řízení, udržování v činnosti s minimálním lidským zásahem a s nárůstem telekomunikačních požadavků se již tyto systémy a komunikační protokoly ukázaly jako nedostačující. Cílem tedy bylo navrhnout takový komunikační standard, který splní všechny nynější i budoucí výkonnostní požadavky a umožní si mezi výrobci volně vyměňovat informace, bude tedy nezávislý na typu použitém zařízení. Na základě všech těchto požadavků vznikl komunikační standard a protokol IEC 61850, který přináší do komunikační části elektrických rozvoden NN, VN a VVN jednoznačný řád a strukturu za použití nejmodernějších technologií. Důraz je taktéž kladen zpětnou kompatibilitu všech zařízení v rozvodně v rámci celé délce její životnosti. Tato skutečnost platí především pro komunikační technologie použité v rozvodně, protože právě tato část rozvodny v poslední době zažívá největší technologický rozvoj.

2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je zhodnocení komunikačního standardu IEC 61850, sestavení engineringových postupů pro komunikaci s IEC 61850 u ochranného a řídicího terminálu REF 542*plus* a ochrany pole REF615 z řady RELION® s následným otestováním této komunikace pomocí dostupných nástrojů a srovnáním obou engineeringových postupů.

3 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL IEC 61850

V dávné době se používaly jednoduché ale vysoce specializované komunikační protokoly s patentově chráněnou strukturou, různou funkcí a vzájemnou nepropojitelností. S nárůstem požadavků na automatizované řízení rozvoden, optimalizací samotného řízení, udržování v činnosti s minimálním lidským zásahem a s nárůstem telekomunikačních požadavků se již tyto komunikační protokoly ukázaly jako nedostačující. Cílem tedy bylo navrhnout takový komunikační standard, který splní všechny nynější i budoucí výkonnostní požadavky a umožní si mezi výrobci volně vyměňovat informace, bude tedy nezávislý na typu použitém zařízení. Na základě všech těchto požadavků vznikl komunikační standard IEC 61850.

3.1 Komunikační standard IEC 61850

Komunikační standard IEC 61850 (český ekvivalent ČSN 61850) byl sestaven pomocí spolupráce velkých firem (ABB, Alstom, Schneider, SEL, Siemens, Toshiba atd.) a mezinárodní elektrotechnické komise IEC (International Electrotechnical Commission, Geneva). Tento standard definuje metodu komunikace, komunikační protokol, komunikační rozhraní a objektově orientované datové modely pro oblast energetiky a elektrizačních soustav s ohledem na nynější i budoucí požadavky. Definuje tedy komunikaci jak mezi ochranami v rozvodně, tak komunikaci mezi jednotlivými rozvodnami a dokonce i mezi rozvodnami a dispečinkem. Základní přehled těchto standardů je uveden v následující tabulce *Tab. 3-1*. Jak je patrno IEC 61850 vychází z čtrnácti hlavních dokumentů, které tvoří hlavní pilíř tohoto standardu. V současnosti je standard dále rozšiřován pro vodní, větrné a decentralizované zdroje (fotovoltaické elektrárny, akumulační zdroje, kombinovaná výroba tepla a elektrické energie) s čímž rostou jeho možnosti aplikovatelnosti nejen v energetice.

Tab. 3-1 Přehled standardu IEC 61850.[18]

Označení normy	Název	Stručná charakteristika
IEC 61850-1	Úvod a přehled	Standard specifikuje důvod vzniku tohoto komunikačního standardu a popisuje jeho základní principy a výhody oproti starším protokolům.
IEC 61850-2	Výklad zvláštních výrazů	Standard objasňuje význam zvláštních výrazů, především specifických zkratek, jež jsou hojně v tomto standardu využívány.
IEC 61850-3	Všeobecné požadavky	Standard definuje všeobecné zvýšené požadavky na zařízení IEC 61850 (elektromagnetická kompatibilita, provozní teploty, tlaky, spolehlivost, udržovatelnost…)
IEC 61850-4	Systémové a projektové řízení	Standard definuje požadavky na správu systémů, řízení projektů, na speciální podpůrné nástroje pro inženýrské práce a systém zkoušek rozvoden VN a VVN.
IEC 61850-5	Požadavky na komunikaci pro funkce a modely zařízení	Standard definuje komunikaci mezi IED, jako jsou ochrany, odpojovače nebo transformátory, systémem rozvodny a požadavky na jednotlivé typy zpráv mezi nimi. Definuje taktéž názvy logických uzlů jednotlivých zařízení.

Tab. 3-1 Pokračování.

Označení normy	Název	Stručná charakteristika
IEC 61850-6	Konfigurační popisový jazyk pro komunikaci v elektrických stanicích týkající se IED	Standard definuje formáty souborů pro popis konfigurace jednotlivý IED zařízení a komunikačního systému, včetně jednotného značkovacího jazyka, jimiž jsou popsány struktury datových modelů, které jsou obsahem těchto souborů.
IEC 61850-7-1	Základní komunikační struktura pro podřízené stanice a napájecí zařízení: Zásady a modely.	Standard definuje způsob dosažení interoperability jednotlivých zařízení standardizací základní komunikační struktury na základě přesné specifikace modelů jednotlivých zařízení.
IEC 61850-7-2	Základní komunikační struktura pro podřízené stanice a napájecí zařízení: Abstraktní rozhraní pro komunikační služby ACSI.	Standard definuje komunikačních rozhraní mezi klientem a vzdáleným serverem a rozhraní pro přenos časové kritických zpráv a pro přenos souborů vzorkovaných hodnot.
IEC 61850-7-3	Základní komunikační struktura pro podřízené stanice a napájecí zařízení: Obecné třídy dat.	Standardizuje třídy dat (jako např. stavy zařízení, konfiguraci zařízení, analogové hodnoty apod.), určuje jejich jednotný datový formát a vlastnosti (atributy).
IEC 61850-7-4	Základní komunikační struktura pro podřízené stanice a napájecí zařízení: Třídy kompatibilních logických uzlů a třídy dat.	Standard definuje jednotné názvy logických uzlů reprezentující jednotlivé typy zařízení a stanovuje jejich datové třídy pro komunikaci mezi IED.
IEC 61850-8-1	Mapování specifických komunikačních služeb (SCSM - Specific comm. service mapping)	Standard definuje metody pro výměnu časově kritických i nekritických dat po místních sítích pomocí mapování na MMS (Manufacturing Message Specification) a na ethernetové rámce z ISO/IEC 8802-3 (IEEE 802.3). Díl specifikuje výměnu dat v reálném čase, řídicí činnosti a sdělování zpráv.
IEC 61850-9-1	Mapování specifických komunikačních služeb (SCSM)	Standard definuje metodu přenosu vzorkovaných hodnot (elektronických transformátorů proudů a napětí, senzorů apod. s digitálním výstupem přes slučovací jednotku, po sériovém (neorientovaném) vícebodové procesní sběrnici typu peer-to-peer.
IEC 61850-9-2	Mapování specifických komunikačních služeb (SCSM)	Standard definuje metodu přenosu vzorkovaných hodnot po ethernetové procesní sběrnici definované standardem ISO/IEC 8802.3 (ISO - lnternational Organization for Standardization).
IEC 61850-10	Zkoušky shody	Standard definuje abstraktní typy zkoušek pro zařízení používaných v automatizovaných systémech rozvoden a jejich shodu s IEC 61850.

Tyto normy jsou určeny především pro výrobce IED zařízení, komunikačních komponent, testovacích aplikací a ostatního programového vybavení, jež musí splňovat požadavky kladené těmito standardy pro získání certifikace dle IEC 61850. Pro samotné uživatele IED jsou tyto standardy spíše informativním dokumentem objasňující základní funkce a principy tohoto komunikačního protokolu. Za uživatelsky nejdůležitější lze považovat především standardy IEC 61850-5, IEC 61850-6, IEC 61850-7-1 až IEC 61850-7-4.

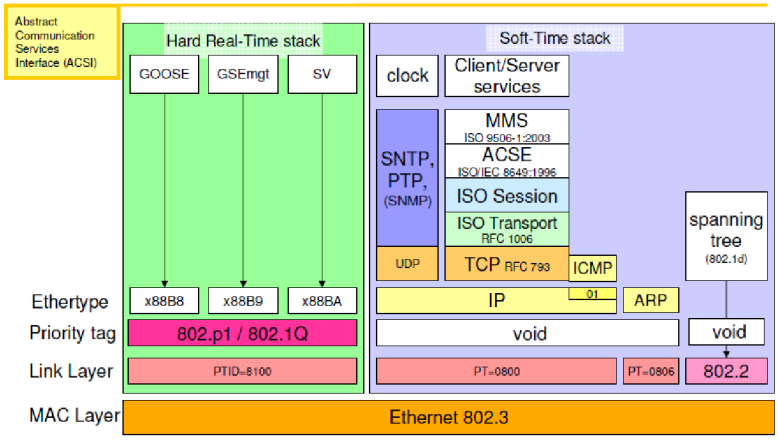
3.2 Komunikační protokol IEC 61850

Komunikační protokol IEC 64850 byl vyvinut na technologii ethernetu dle ISO/IEC 8802-3 (IEEE 802.3). Ethernet je v současné době nejrozšířenější medium pro lokální počítačové sítě LAN (Local Area Network), kde fyzickým médiem může být jak metalický kabel, tak i optické vlákno. Hlavní výhodou ethernetu je, že není proprientální tzn., že se jedná o standard, který využívá mnoho výrobců, je vyzkoušený časem a přitom se neustále vyvíjí, zvyšuje svou rychlost a přitom zachovává zpětnou kompatibilitu. V *Tab. 3-2* je uvedeno srovnání standardu IEC 61850 s vybranými komunikačními protokoly používaných v energetice.

Tab. 3-2 Srovnání vybraných komunikačních protokolů s IEC 61850.[1]

Komunikační protokol	Výrobce	Síťová architektura	Přístupová metoda	Přenosová rychlost	Využití ISO/OSI vrstev
IEC 61850	Standard	Klient - Server	CSMA/CD	10 Mbps, 100 Mbps	1-7
LON	ABB	Peer-to-Peer	PCSMA/CD	1,25 Mbps	1-7
SPABUS	ABB	Master - Slave	Cyklické dotazování	19,2 kbps	1,2,7
MODBUS	Modicon	Master - Slave	Cyklické dotazování	19,2 kbps	1,2,7
PROFIBUS	Siemens	Master - Slave	Token Ring	12 kbps	1,2,7
DNP3.0	GE Harris	Peer-to-Peer	Cyklické dotazování	19,2 kbps	1,2,7 (+)
IEC 60870-5	Standard	Master - Slave	Cyklické dotazování	19,2 kbps	1,2,7

Data, která jsou přenášeny sítí LAN, využívají komunikační vrstvu TCP/IP a ethernet dle ISO/IEC 8802-3. Způsob vyměňování časově kritických i nekritických dat se uskutečňuje mapováním z ACSI (Abstract Communication Service Interface) do několika služeb, ke kterým patří MMS (Manufacturing Message Specification), GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) nebo SMV (Sampled Measured Values). Architektura komunikačního protokolu je typu klient-server, ale využitím horizontální komunikace umožňuje předávat data ostatním zařízením. Zařazení jednotlivých služeb komunikačního protokolu IEC 61850 v ISO/OSI modelu ethernetu je patrné z *Obr. 3-1*. [19]



Obr. 3-1 Služby komunikačního protokolu IEC 61850 a využití ISO/OSI modelu ethernetu.[19]

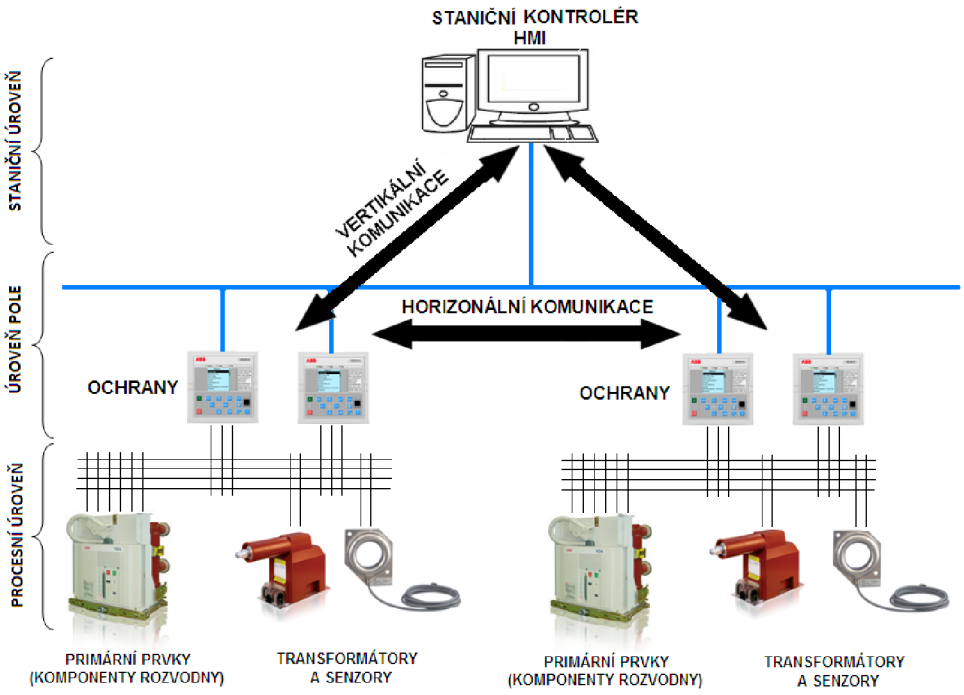
3.3 Vertikální a horizontální komunikace

3.3.1 Vertikální komunikace

Vertikální komunikace viz *Obr. 3-2* je určena pro předávání informací mezi jednotlivými úrovněmi řídicího systému elektrické stanice (Substation Automation Systém - SAS). Tato komunikace využívá metody přístupu klient/server, která poskytuje pouze časově nekritická data a služby. Příkladem takové komunikace může být např. komunikace mezi nadřazeným řídicím systémem SCADA představujícího klienta a ochrannými terminály, servery nebo taktéž mezi testovacím softwarem jako je IED Scout (OMICRON) nebo ITT SA Explorer (ABB) a ochranou.

Výhodou je, že jeden server může současně poskytovat data více klientům. V případě ochranného terminálu REF615 se například jedná o zpřístupnění dat až pěti klientům současně. Tato skutečnost se ovšem netýká ovládání primárních prvků, kde je naopak požadováno zpřístupnění pouze jednomu klientovi z důvodu bezpečnosti. Servery v rámci této komunikace poskytují následující služby:

- sběr dat a monitoring přes v rámci služby MMS (stavové hodnoty, alarmy, události, měřené a počítané hodnoty apod.
- dispečerské řídící povely (kombinované typu „vyber a proveď“ – ovládání primárních zařízení, jednoduché – reset signalizačních LED…).
- přenos souborů přes FTP (File Transfer Protocol) např. pro stahování záznamů z poruchových zapisovačů apod.

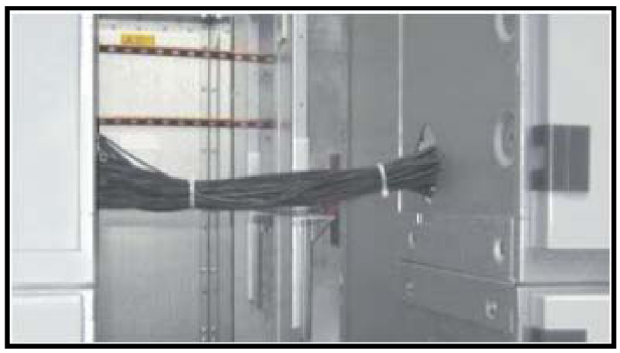


Obr. 3-2 Princip vertikální a horizontální komunikace.

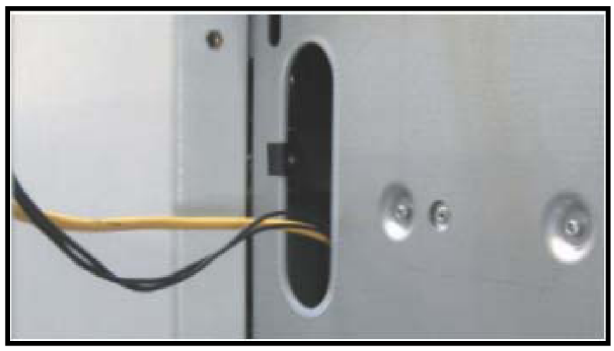
Vypracováno na základě [21].

3.3.2 Horizontální komunikace

Horizontální komunikace viz *Obr. 3-2* slouží k předávání informací pouze na jedné úrovni SAS, konkrétně na úrovni pole mezi jednotlivými ochrannými zařízeními. Horizontální komunikace dle IEC 61850 umožňuje nahradit tradiční přístup této komunikace, které bylo realizováno propojením binárních vstupů a výstupů jednotlivých zařízení pomocí velkého množství metalických vodičů viz *Obr. 3-3*, svorek, nebo pomocí sériové komunikace, přenosem po ethernetovém kabelu viz *Obr. 3-4*.



Obr. 3-3 Tradiční způsob posílání signálů mezi ochranami pomocí metalických propojů. [24]



Obr. 3-4 Horizontální komunikace mezi ochranami dle IEC 61850 s využitím GOOSE. [24]

Horizontální komunikace dle IEC 61850 je v současné době v digitálních ochranách využívaná především jak pro jednoduché aplikace, jako např. blokování startu zkratových ochran v přívodních polích startovacím signálem zkratových ochran ve vývodových polích (zvýšení selektivity chránění), zasílání vypínacího povelu z vývodního do přívodního pole, tak pro složitější automatizační a řídicí funkce rozvodny jako je záskok nebo zpětný záskok přívodů, blokáda mezi přívodními poli a příčnou spojkou přípojnic u dvousekčních a více sekčních rozvoden apod.

Komunikace využívá metody přístupu peer-to-peer (doslova rovný s rovným) neboli klient-klient, která umožňuje časově kritickou výměnu dat mezi jednotlivými ochranami. Architektura komunikačního systému podle IEC 61850 je sice typu klient-server, ale odstraňuje nevýhody klasické architektury klient-server tím, že umožňuje i stanicím, aby řídily přenos dat viz kapitola 3.4.5. To dovoluje přesunout řídicí a komunikační funkce blíže provozním procesům a přináší do sítí s architekturou klient-server velkou komunikační flexibilitu.

Dle IEC 61850-7-2 jsou definovány pro časově kritický a spolehlivý přenos informací v rámci horizontální komunikace zprávy typu GSE (Generic Substation Event – všeobecná událost rozvodny) využívající pro přenos tzv. multicasting. Kdy při multicastingové komunikaci jsou data přijímána pouze určitou skupinou ochranných zařízení.

Zprávy typu GSE jsou rozděleny do dvou tříd lišící se svou strukturou a různou časovou kritičností:

- **GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events** – objektově orientovaná událost rozvodny). Stavová data a hodnoty proměnných jsou organizována do tzv. data setů a přenášena v jednotném časovém intervalu přes místní síť LAN (Local

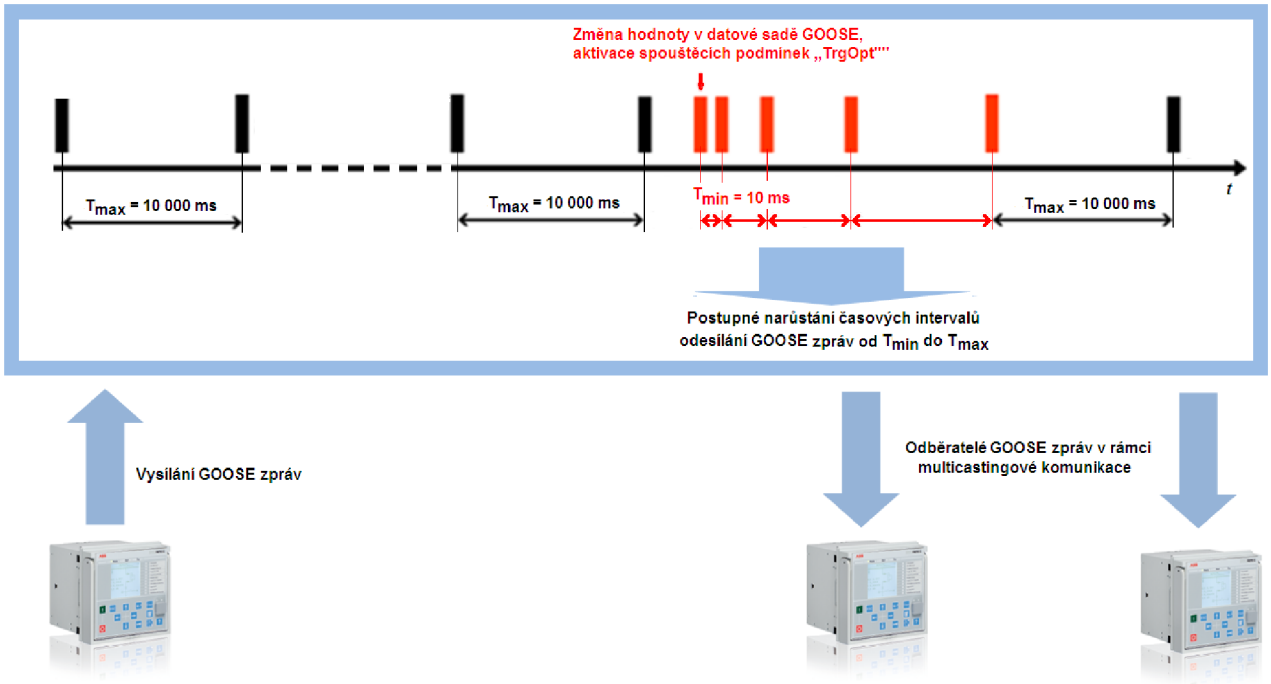
Area Network) zařízením, které jsou registrované pro odběr těchto dat v rámci multicastingu. Na tuto komunikaci jsou kladeny přísné požadavky, protože reakce ochran je závislá na rychlých reakcích ostatních zařízení.

- **GSSE (Generic Substation State Events** – generická stavová událost rozvodny). Prostřednictvím GSSE se přenášejí pouze stavová data. Využívá se přitom stavový seznam, což je v podstatě řetězec bitů, nikoliv datový objekt. Zprávy GSSE jsou na rozdíl od GOOSE zpráv přenášeny prostřednictvím MMS. Ve srovnání s GOOSE trvá jejich zpracování a přenos déle. GSSE podporuje pouze přenos stavových informací.

Horizontální komunikace GOOSE přenáší data (stavové hodnoty datových atributů jednotlivých logických uzlů) organizovaná v datových sadách a proces předávání těchto hodnot jednotlivým odběratelům je řízen pomocí speciálních objektů GoCB (GOOSE Control Block) podrobněji kapitola 3.4.5.

Jak je patrno z *Obr. 3-5* GOOSE zprávy jsou odesílány cyklicky v uživatelsky definovaném časovém intervalu T_{max}. Pokud dojde ke změně některého z přenášených datových atributů v datové sadě GOOSE tj. aktivace spouštěcích podmínek (Triggering Options) dle *Tab. 3-12* definovaných u jednotlivých datových atributů, GoCB blok změní časový interval cyklického odesílání aktualizovaných GOOSE zpráv na uživatelsky definovaný čas T_{min}. Pokud se přenášená data dále nemění je postupně GoCB blokem interval cyklické odesílání GOOSE zpráv zvětšován až na dobu T_{max}.

Tento způsob odesílání zajišťuje bezpečné a spolehlivé přednášení dat mezí odesílatelem a příjemci i při přehlcení komunikačního kanálu nebo ztrátě datového paketu. Navíc příjemce GOOSE zpráv může detekovat i přerušení komunikace pokud se cyklicky odesílaná data náhle ztratí.



Obr. 3-5 Princip cyklického vysílání GOOSE zpráv jednotlivým odběratelům.

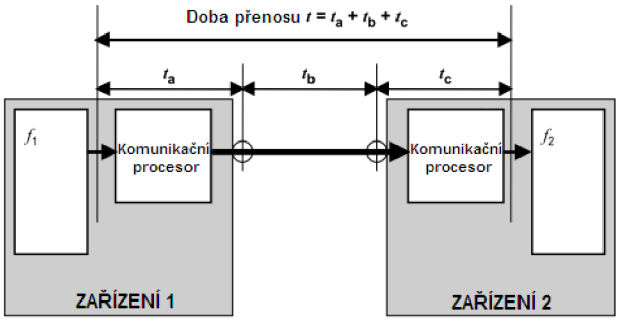
Skutečná detekce ztráty komunikace je však zajištěna speciálním parametrem určujícím životnost ethernetového rámce (Time Allowed To Live – TAL) definovaného výrobci ochran. Není-li ethernetový rámec nesoucí GOOSE data obdržen přijímačem v čase 2xTAL, tj. dojde ke ztrátě dvou po sobě jdoucí ethernetových rámců, příjemce identifikuje poruchu přenosu (např. REF615 zobrazí na displeji hlášku „GOOSE receiver error – Code 32“ tj. chyba příjmu GOOSE zpráv). Vztah mezi tímto parametrem TAL a parametrem T_{max} není v normě IEC 61850 definovaný, proto jednotliví výrobci musí uvádět mezní hodnoty T_{min} *a* T_{max}. Například dle [29] pro REF615 jsou mezní hodnoty těchto parametrů T_{min} = 10 ms, T_{max} = 10 000 ms a TAL se určuje na základě T_{max} zaokrouhleného na celé 1000 ms).

Výše popsaná neustálá supervize přenosu GOOSE zpráv, zvýhodňuje toto řešení oproti tradičnímu řešení posílání signálů mezi ochranami pomocí metalických vodičů, kde neustálá supervize v podstatě není možná.

Vlastní maximální doba přenosu definovaná podle *Obr. 3-6*. Pro jednotlivé typy zpráv, rozlišených dle funkce mezi zařízeními je určena standardem IEC 61850-5 viz *Tab. 3-3*. Pro GOOSE zprávy je určen typ zpráv 1A s třídou P1 pro distribuční soustavu a třídou P2/3 pro přenosovou soustavu. Podle dle nezávislé vysokonapěťové laboratoře KEMA [24] jsou tyto zprávy o 12 až 15 ms rychlejší než signály přenášené tradičními metalickými vodiči. Ochrana REF 615 dle [29] podporuje například GOOSE zprávy typu 1A, třídy P2/3 tj. s maximální dobou přenosu kratší než 3 ms.

Tab. 3-3 Typy zpráv a jejich maximální doba přenosu, vypracováno dle [4].

Typ zprávy		Maximální doba přenosu t_{max}
Typ 1A	Rychlé zprávy - tripy, třída P1	t_{max} < 10 ms
	Rychlé zprávy – tripy, třída P2/3	t_{max} < 3 ms
Typ 1B	Rychlé zprávy - ostatní, třída P1	t_{max} < 100 ms
	Rychlé zprávy - ostatní, třída P2/3	t_{max} < 20 ms
Typ 2	Středně rychlé zprávy	t_{max} < 100ms
Typ 3	Pomalé zprávy	t_{max} < 500ms
Typ 4	Prvotní data, třída P1	t_{max} < 10 ms
	Prvotní data, třída P2/3	t_{max} < 3 ms
Typ 5	Přenos souborů	t_{max} >1000 ms
Typ 6	Zprávy časové synchronizace	t_{max} < dáno přesností synchronizace



Obr. 3-6 Definice doby přenosu. [4]

Pro přenos GOOSE zpráv a vzorkovaný hodnot po procesní sběrnici dle IEC61850-9-2 se využívá pouze fyzická a linková vrstva komunikačního ISO/OSI modelu viz *Obr. 3-1* a to především z důvodu urychlení práce s časově kritickými daty. Z *Obr. 3-1* taktéž vyplývá, že identifikace GOOSE účastníků a odběratelů vzorkovaných hodnot nemůže být realizována pomocí IP adres (není využívaná transportní vrstva) a proto jsou pro adresaci využívány MAC adresy definované v linkové vrstvě. Tvar MAC adres je pro jednotlivé služby protokolu IEC 61850 standardizován tzn., že první tři oktety[1] MAC adresy jsou stanoveny institutem IEEE (01-0C-CD), další oktet je určen typem služby tj. 01 pro GOOSE, 02 pro GSSE a 04 je určen pro přenos vzorkovaných hodnot po procesní sběrnici. Poslední dva oktety jsou definovány uživatelsky dle rozsahů doporučených normou [11] viz *Tab. 3-4*. V praxi lze např. definovat poslední dva oktety, z důvodů přehlednosti např. podle čísla vývodu nebo pole.

Tab. 3-4 Doporučený rozsah MAC adres služeb IEC 61850 a jejich priorita. [11]

Služba	Doporučený rozsah MAC adres	
	Počáteční adresa (hexadecimální)	Koncová adresa (hexadecimální)
GOOSE	01-0C-CD-01-00-00	01-0C-CD-01-01-FF
GSSE	01-0C-CD-02-00-00	01-0C-CD-02-01-FF
Vzorkované hodnoty (Multicasting)	01-0C-CD-04-00-00	01-0C-CD-04-01-FF

Aby byla zajištěna potřebná vysoká rychlost přenášení GOOSE zpráv popř. vzorkovaných hodnot mezi ochranami propojených několika switchi, je možno dle IEEE 802.1Q prostřednictvím virtuální sítě VLAN[2] (Virtual Local Area Network), která má rozšířenou ethernetovou hlavičku, definovat prioritu ethernetového rámce (VLAN priority). Parametr VLAN priority může nabývat hodnot 1 až 7, kdy hodnoty 1 až 3 jsou určeny pro zprávy s nízkou prioritou a hodnoty 4 až 7 pro zprávy s vysokou prioritou. VLAN prioritu využívají především, switche, které předávají zprávy s vysokou prioritou (např. vypínací povely) ze zásobníku rychleji oproti zprávám s nízkou prioritou (např. indikace, nekritické blokády). Podmínkou využití VLAN sítě a jejích předností je podmíněno používanými switchi podporující tuto funkci. Doporučené hodnoty parametru VLAN priority jsou pro jednotlivé služby dle [11] uvedeny v *Tab. 3-5*.

Tab. 3-5 Doporučené hodnoty VLAN priority služeb IEC 61850. [11]

Služba	VLAN priority
GOOSE	**4**
GSSE	**1**
Vzorkované hodnoty (Multicasting)	**4**

Vypracováno na základě [4], [10], [11], [16], [17], [24], [29], [33].

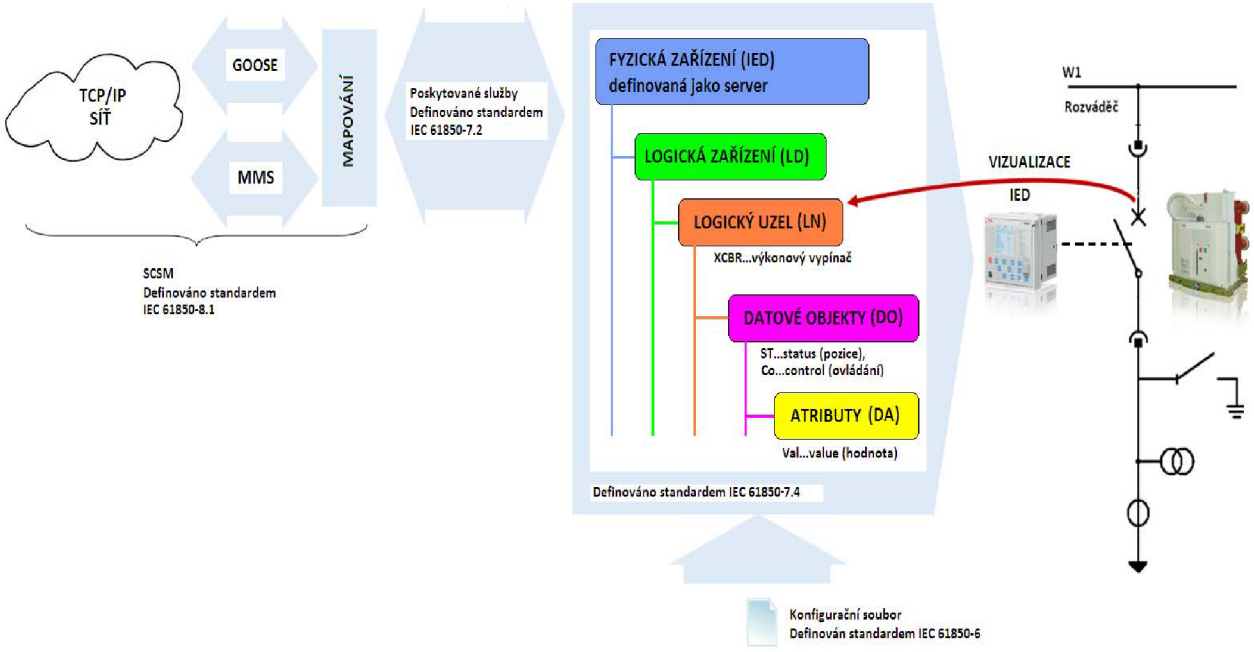
[1] Oktet představuje osmici bitů.

[2] Virtuální síť vytvořená ve fyzické síti. Na jedné fyzické síti muže být vytvořeno několik virtuálních sítí např. pro oddělení přenosu GOOSE zprávy a vzorkovaných hodnot.

3.4 Datový model dle IEC 61850

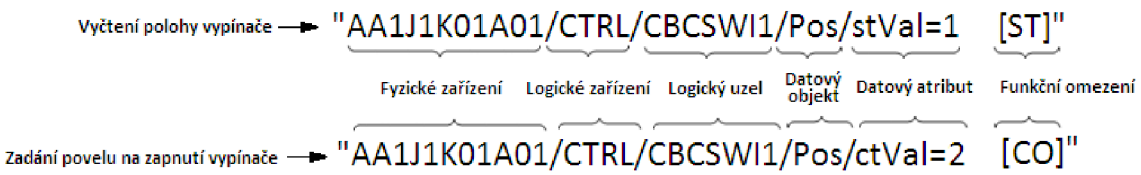
Všechna přístupná data jsou v ochranných terminálech organizována podle objektově orientovaného přístupu. Objektově orientované datové modely představují jednotlivé funkční celky (např. primární zařízení jako výkonový vypínač, odpojovač, zkratovač). Tento objektově orientovaný přístup umožňuje zachovat trvale konzistentní datový model (tvorba objektů stejné struktury, přebírání vlastností vzorového objektu apod.), který je nezávislý na vlastní realizaci přístroje nebo protokolu.

Pro dosažení interoperability mezi jednotlivými zařízeními, tedy schopnosti různých výrobců vzájemně spolupracovat, poskytovat si vzájemně služby a dosáhnout vzájemné součinnosti, musí mít všechny objekty v datovém modelu jasně definovanou jednotnou syntaxi (skladbu) a sématiku (značení). Tato skutečnost je určena standardy [8], [9] konkrétně IEC 61850-7-3 a IEC 61850-7-4. Standard IEC 61850 definuje pro každé zařízení jedinečný abstraktní model zobrazený na *Obr. 3-7*, který je nezávislý na konkrétní implementaci.



Obr. 3-7 Modelování fyzické rozvodny dle IEC 61850, vytvořeno na základě [19].

Ve své podstatě se jedná o vizualizaci konkrétního zařízení a jeho vlastností v logicky uspořádané stromové struktuře. Prostřednictvím této stromové struktury jasně definovaných objektů a jejich atributů přistupují klienti k údajům na serveru. Samotný standard již nedefinuje propojení těchto abstraktních modelů s reálnými zařízeními a ponechává tuto součást na samotných výrobcích ochran. Příklad přístupu klienta k datům na serveru je patrný na *Obr. 3-8*, kde je patrno vyčtení polohy vypínače (0 = mezipoloha, 1 = poloha vypnuto, 2 = poloha zapnuto, 3 = poloha zapnuto i vypnuto) tak zadaní příkazu k zapnutí vypínače (1 = vypnout, 2 = zapnout). Jednotlivé funkční celky tvořící tuto strukturu jsou popsány v následujících kapitolách.



Obr. 3-8 Přístup klienta k datům v ochraně dle IEC61850.

3.4.1 Fyzické zařízení

Fyzické zařízení (Physical Device - PD) představuje samotný ochranný terminál, který je definován jedinečnou IP adresou a pro vnější zařízení (klienty) je v rámci sítě přístupný přes objekt server. IP adresy ochran jsou vždy voleny z tzv. vyhrazených (privátních) IP adres (nemohou se objevit na internetu) třídy B nebo C viz *Tab. 3-6* v závislosti na požadavcích. Tato skutečnost se nevztahuje pouze na IEC 61850, ale obecně na komunikační protokoly využívající TCP/IP protokol.

Např. třída B je taková síť, kde první dvě čísla čtyř číselné IP adresy označují adresu sítě a zbylá dvě označují adresu hostitele (ochrany, PC stanice apod.). Obdobně je to u i třídy C, kde jsou první tři čísla používána pro označení sítě a poslední pro označení hostitele.

Tab. 3-6 Rozsahy privátních IP adres využitelných pro adresaci ochran, vytvořeno z [30].

Třída	Rozsah IP adres	Standardní maska	Počet sítí	Počet ochran (stanic) v jedné síti
B	172.16.x.x až 172.31.x.x	255.255.0.0	16	65 536
C	192.168.0.x až 192.168.255.x	255.255.255.0	256	256

Pozn.: x – určuje adresu ochrany.

Fyzické zařízení je taktéž definováno jedinečným názvem o maximálně desíti znacích, které je např. u ABB ochran řady REx 6xx definováno jako „Technical Key“, Siemens ochrany používají např. označení „IED Name“ a maximálně osm znaků. Ochrany různých výrobců definovaných v jednom projektu musí mít vždy stejný počet znaků technického klíče.

Význam názvu fyzického zařízení spočívá v přesné identifikaci řídicím systémem nebo jinou ochranou v rámci komunikace, ale dle [32] taktéž v zabránění nahrání špatné konfigurace do ochrany[3], tudíž se název fyzického zařízení nastavený v ochraně musí shodovat s názvem ve vytvořené konfiguraci.

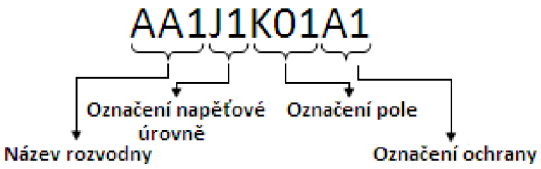
Jelikož název fyzického zařízení není standardizován obecnou normou IEC 61850, je tato skutečnost ponechána na dohodě mezi výrobci ochran a samotnými zákazníky. Název fyzického zařízení (Technical Key) lze např. definovat dle standardu [12] jehož znázornění je uvedeno na *Obr. 3-9*. Jak je patro název fyzického zařízení se skládá z názvu rozvodny (číselný index rozlišuje více rozvoden na jednom projektu), označení napěťové úrovně dle *Tab. 3-7*, označení

[3] Servisní ethernetové porty ochran mají většinou vždy stejnou (výrobcem definovanou) IP adresu, tudíž je identifikace podle IP adresy nedostačující.

pole (číselný index určuje pořadí pole) a označení ochrany (číselný index rozlišuje pořadí ochrany v poli, pokud pole obsahují více ochran).

Tab. 3-7 Označení napěťové úrovně. [12]

Označení napěťové úrovně					
B	>420 kV	**F**	60 - 110 kV	**K**	10 - 20 kV
C	380 - 420 kV	**G**	45 - 60 kV	**L**	6 - 20 kV
D	420 - 380 kV	**H**	30 - 45 kV	**M**	1 - 6 kV
E	110 - 220 kV	**J**	20 - 30 kV	**N**	< 1 kV

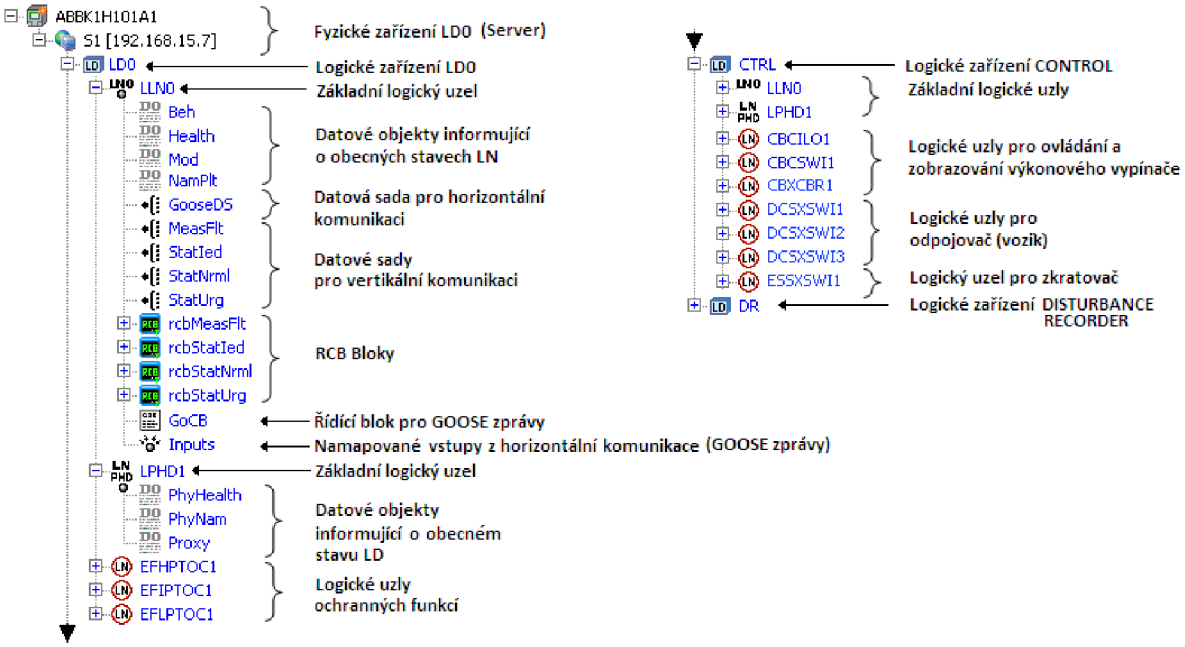


Obr. 3-9 Definování názvu fyzického zařízení (technického klíče).

Vypracováno na základě [7], [12], [30], [32].

3.4.2 Logické zařízení

Logická zařízení (Logical Device - LD) jsou v datovém modelu podskupinou fyzických zařízení a může jich být v jednom fyzickém zařízení definováno hned několik viz *Obr. 3-10*. Logická zařízení definují skupiny logických uzlů a služeb, které mají podobné rysy. Pro ochranu REF615 se např. jedná o logická zařízení ovladatelná CTRL (ConTRoL), logické zařízení pro poruchový zapisovač DR (Disturbance Recorder) a obecné zařízení pro ochranné a měřící funkce LD0 (Logical Device zero). V ochranách Siemens jsou např. definovány logická zařízení CTRL, DR, MEAS (MEASurement), PROT (PROTection) a EXT (EXTended). Jak je patrno názvy logických zařízení a jejich účel opět specifikuje výrobce ochran.



Obr. 3-10 Část datové struktury modelu IEC 61850 v ochraně REF615.

Dle standardu [6] musí každé logické zařízení obsahovat minimálně tři logické uzly a to následující:

- **LPHD (Physical Device information)** obsahující obecné informace o fyzickém zařízení jako je např. název PD, fyzický stav zařízení (aktivní, neaktivní, v poruše), reset fyzického zařízení apod.
- **LLN0 (Logical Node zero)** obsahující obecné informace o všech logických uzlech jako provozní režim (místní, dálkové – stavy a ovládání), datové sady (Data Set – DS) a objekty pro řízení zasílání událostí do komunikace tzv. Report Control Block (RCB). Základní informace z tohoto logického uzlu jsou dědičné i pro ostatní logické uzly nacházející se ve společném logickém zařízení.
- **LN (Logical Node)** reprezentující např. konkrétní ochrannou funkci definovanou dle IEC 61850-7-4.

Vypracováno na základě, [6], [9], [19], [20], [29], [31].

3.4.3 Logické uzly

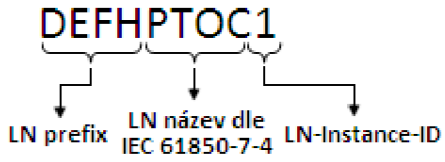
Skupiny dat a služeb, které logicky souvisí se specifickou funkcí v elektrizační soustavě, jsou reprezentovány tzv. logickými uzly (Logical Node – LN), jež tvoří podstrukturu logických zařízení. Ve své podstatě se jedná o vizualizaci konkrétních zařízení jako např. primární prvky (výkonový vypínač, odpojovač, zkratovač…) a jejich vzájemné blokády, ochranné funkce implementované v ochraně, funkce pro měření analogových hodnot apod. V současné době standardy IEC 61850-7-4, IEC 61850-7-410 (LN pro vodní elektrárny), IEC 61850-7-420 (Distribuované zdroje energie) a IEC 61400-25 (LN pro větrné elektrárny) definují 283 různých logických uzlů. Kompletní přehled všech logických uzlů a jejich význam je uveden v příloze D.

Názvy logických uzlů jsou odvozeny od názvů skutečných zařízení (např. XCBR – Circuit BReaker, výkonový vypínač, CILO – InterLOck, vzájemné blokování, PTOC – Time Over Current, časová nadproudová ochrana), přičemž první písmeno vždy reprezentuje skupinu logických uzlů, které spolu úzce souvisí, viz *Tab. 3-8*.

Tab. 3-8 Skupiny logických uzlů. [9]

A	Automatizované řízení	**P**	Ochranné funkce
C	Dispečerské řízení	**Q**	Události související s kvalitou elektrické energie
D	Distribuované zdroje energie (IEC 61850-7-420)	**R**	Funkce související s ochranami
F	Funkční bloky	**S**	Dohled a monitoring
G	Všeobecné funkce	**T**	Přístrojové transformátory a senzory
H	Vodní elektrárny (IEC 61850-7-410)	**W**	Větrné elektrárny (IEC 61400-25)
I	Rozhraní a archivace	**X**	Rozvodny
K	Mechanická a neelektrická primární zařízení	**Y**	Výkonové transformátory a související funkce
L	Systémy logických uzlů	**Z**	Ostatní zařízení
M	Měření		

Každý název logického uzlu může mít samotnými výrobci navíc definovanou tzv. LN-Instance-ID (Logical Node – Instance – Identifier) jako příponu a LN-prefix jako předponu viz *Obr. 3-11*. LN-Instance-ID slouží především k rozlišení dvou funkcí stejného typu (např. dva vypínače v jednom poli u dvojitého systému přípojnic XCBR1, XCBR2) a LN-prefix sloužící k bližší účelové identifikaci logického uzlu (např. DEFHPTOC1 – směrová zemní nadproudová časově závislá ochrana – rychlý stupeň).



Obr. 3-11 Definování názvu logického uzlu.

Vytvořeno na základě [9].

3.4.4 Datové objekty, datové atributy, funkční omezení

Každý logický uzel obsahuje několik datových objektů (Data Objects – DO), které můžou být přejímány ostatními logickými uzly. Datové objekty ve své podstatě reprezentují základní stavební prvek objektově orientovaného modelu IEC 61850, který obsahuje datové atributy. Datové atributy reprezentují nejmenší funkční část zařízení, jako jsou např. logické stavy vypínačů, povely, parametry nastavení ochran, měřené hodnoty apod.

V *Tab. 3-9* je uveden názorný příklad seskupení povinných a volitelných datových objektů v logickém uzlu XCBR definovaný standardem IEC 61850-7-4. Z této tabulky je patrno jaké data a služby je schopen tento logický uzel poskytnout klientovi a v jaké formě. Aplikace *Tab. 3-9* na konkrétní příklad tj. XCBR v ochraně REF615 je pak znázorněna na *Obr. 3-12*. Ve skutečnosti výrobce u této ochrany v datovém objektu „Pos“ používá datovou třídu DPS (Double Point Status) namísto DPC (Controllable Double Point), tudíž bude klientovi umožněno pouze sledovat polohu vypínače, vlastní ovládání vypínače pomocí komunikace je totiž zajištěno pomocí datového objektu v logickém uzlu řídící jednotka spínače CBCSWI1 (Switch controller).

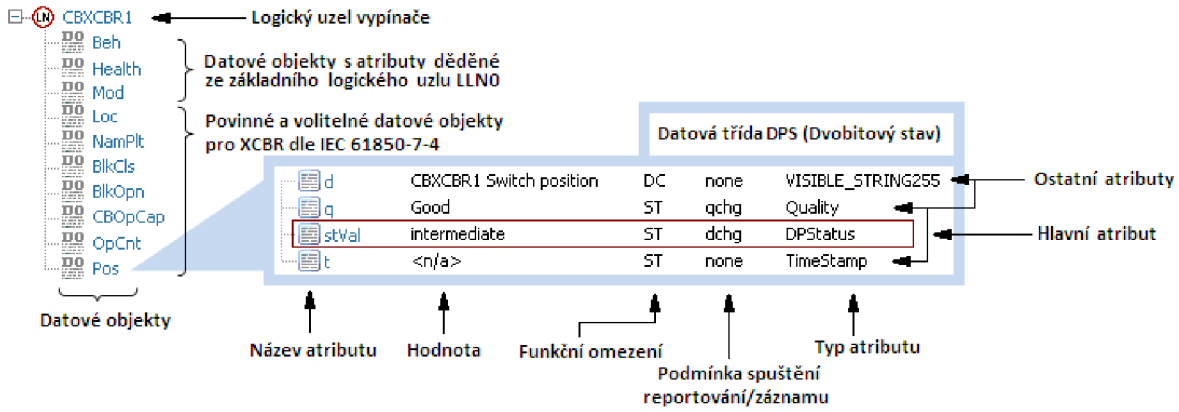
Tab. 3-9 Organizace dat v logickém uzlu XCBR dle IEC61850-7-4. [9]

Logický uzel XCBR			
Název datového objektu	**Obecná datová třída**	**Popis**	**●/○**
Společné informace o LN			
EEName	DPL	Popisový štítek externího vybavení *(Device nameplate)*	○
EEHealth	ENS	Fyzický stav externího vybavení *(External equipment health)*	○
LocKey	SPS	Místní nebo dálkové ovládání *(Local or remote key)*	○
Loc	SPS	Režim místního řízení *(Local control behaviour)*	●
OpnCnt	INS	Čítač počtu operací *(Operation counter)*	●
CBOpCap	ENS	Provozuschopnost vypínače *(Circuit breaker operating capability)*	○

Tab. 3-9 Pokračování.

Logický uzel XCBR			
Název datového objektu	**Obecná datová třída**	**Popis**	**●/○**
POWCap	ENS	Možnost vypínaní v daném bodě vlny *(Point on wave switching capabality)*	○
MaxOpCap	INS	Provozuschopnost vypínače při akumulaci střadače *(Circuit breaker operating capabality when fully charged)*	○
Dsc	SPS	Nesouhlas *(Discrepancy)*	○
Ovládání			
LocSta	SPC	Oprávnění ke spínání na staniční úrovni *(Switch autority at station level)*	○
Pos	DPC	Přepnutí polohy *(Switch Position)*	●
BlkOpn	SPC	Blokování vypnutí *(Block opening)*	●
BlkClc	SPC	Blokování zapnutí *(Block close)*	●
ChaMotEna	SPC	Aktivace pohonu střadače *(Charger motor enabled)*	○
Nastavení			
CBTmms	ING	Vypínací čas vypínače *(Closing time of breaker)*	○
Měřené hodnoty			
SumSwARs	BCR	Suma vypnutých proudů s možností resetu *(Sum of Switched Amperes)*	○

Pozn.: ● povinný datový objekt, ○ volitelný (nepovinný) datový objekt



Obr. 3-12 Organizace dat v logickém uzlu XCBR v ochraně REF615.

Forma v jaké jsou data poskytována klientovi je určena třídou datového objektu dle IEC 61850-7-3. Třídy jsou rozčleněny dle vlastních významů, tedy konkrétně zda určují o informace o stavu, povely vysílané z komunikace, měřené nebo nastavené analogové hodnoty, časové údaje, histogramy, grafické záznamy apod. Samotné třídy už definují přímo názvy používaných atributů (Data atributte – DA) a jejich typ (např. BOOLEAN 2 – dvoustavová hodnota pravda/nepravda; INT32 – 32 bitový integer, STRING – řetězec, QualitySignal – validita signálu, TimeStamp – časová známka apod.) což je patrné i z *Obr. 3-12*. Nejběžnější typy datových tříd jsou uvedeny v následující *Tab. 3-10*. Zkratka, kterou jsou datové třídy v komunikaci prezentovány je odvozena z původního anglického názvu.

Tab. 3-10 Nejběžnější datové třídy, značení a jejich význam, vytvořeno z [8].

Stavové informace (binární, číselné hodnoty):	
SPS	Jednobitový stav
DPS	Dvoubitový stav
INS	Celočíselný stav
ACT	Informace o aktivaci ochrany
ACD	Informace o aktivaci směrové ochrany
BCR	Vyčítání dvojkového čítače
ENS	Jmenovitě uvedený stav
Měřené informace:	
MV	Měřená hodnota
CMV	Komplexní měřená hodnota
SAV	Vzorkovaná hodnota
WYE	Měřené fázové hodnoty
DEL	Měřené sdružené hodnoty
SEQ	Sekvence
HMV	Hodnota harmonické
HWYE	Hodnota harmonických pro WYE
HDEL	Hodnota harmonických pro DEL

Ovladatelné stavy:	
SPC	Jednobitové řízení
DPC	Dvoubitové řízení
INV	Celočíselné řízení
BSC	Signalizace dvojkově řízené polohy
ISC	Signalizace celočíselně řízené polohy
Ovladatelné analogové hodnoty:	
APC	Řízení nastavování analogových hodnot
Nastavení stavových hodnot:	
SPG	Jednobitové zadání
ING	Celočíselné zadání
TSG	Zadání času
Nastavení analogových hodnot:	
ASG	Zadávání analogových hodnot
CURVE	Zadávání křivky
Popisové informace:	
DPL	Popisový štítek zařízení
LPL	Popisový štítek logického uzlu

Posledním důležitým parametrem ve stromové struktuře IEC 61850 jsou tzv. funkční omezení (FC – Function Constraints), které jsou definované pro většinu datových atributů. Každé funkční omezení má za účel charakterizovat popis konkrétního datového atributu a jeho služby, které je schopen poskytnout klientovi. Konkrétně se tedy může jednat o atributy s FC určené pro řízení, hlášení, konfiguraci měření, skupiny nastavení apod. Například u atributu *CBXCBR1/Pos/StVal* v *Obr. 3-12* je definováno funkční omezení ST, kde dle *Tab. 3-11* je umožněno čtení, nahrazení, reportování a záznam.

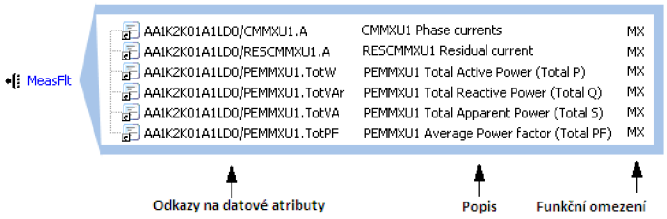
Tab. 3-11 Nejběžnější funkční omezení pro datové atributy, vytvořeno z [8].

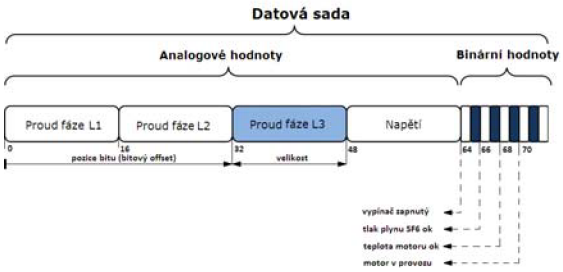
FC název	Význam	Počáteční hodnota	Dostupné služby
ST	Stavová informace	Získána z procesu	Čtení, nahrazení, reportování, záznam
MX	Měřená informace	Získána z procesu	Čtení, nahrazení, reportování, záznam
CO	Řízení	Neuvedeno	Čtení, zápis
MS	Řízení výběrových vzorkovaných hodnot	Nakonfigurována	Čtení, zápis
SP	Nastavení žádané hodnoty	Nakonfigurována a stálá	Čtení, zápis
US	Řízení separátních vzorkovaných hodnot	Nakonfigurována	Čtení, zápis
CF	Konfigurace	Nakonfigurována a stálá	Čtení, zápis
DC	Popis	Nakonfigurována stálá	Čtení, zápis

Vytvořeno na základě [8], [9], [19].

3.4.5 Ostatní prvky struktury: datové sady a řídící bloky

Datové sady (Data Set - DS) viz *Obr. 3-13* jsou speciální datové objekty, v nichž jsou definovány odkazy na konkrétní datové atributy jednotlivých logických uzlů, které jsou odesílány společně v rámci jednotného datového paketu viz *Obr. 3-14*. Takové uspořádání umožňuje rychlé, snadné a především samovolné zasílání předem stanovených požadovaných hodnot konkrétním klientům. Podmínkou atributů uspořádaných ve společné datové sadě je poskytování stejných služeb, což ve své podstatě znamená stejný typ funkčního omezení. Datové sady jsou u všech ochranných terminálů umísťovány vždy v *LD/LLN0*.





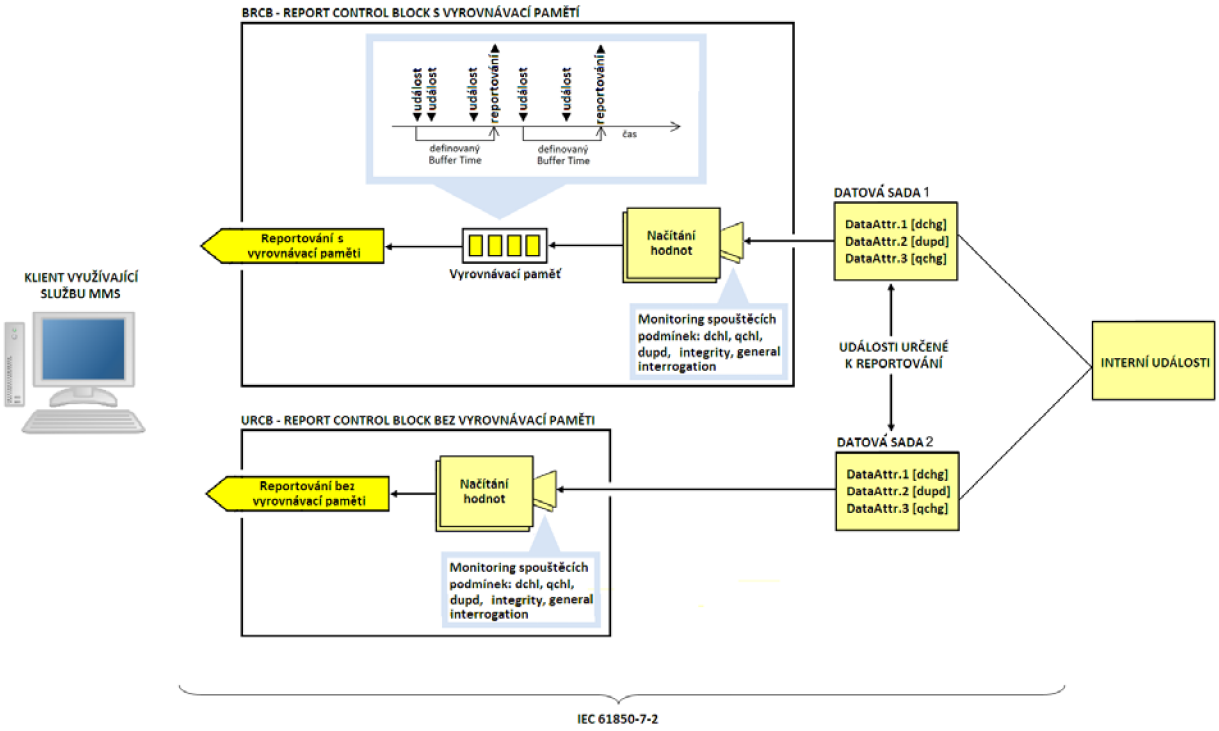
Obr. 3-13 Předdefinovaná datová sada v REF615 „Měření" pro vertikální komunikaci.

Obr. 3-14 Organizace dat v datové sadě v rámci jednoho datového paketu. [19]

Datové sady lze rozlišit dvojího typu:

- **Datové sady pro vertikální komunikaci**, jejichž předem definované informace a nekritické události jsou samovolně zasílána klientům tj. odběratelům těchto informací např. ochranný terminál REF615 podporuje maximálně 5 klientů se současným přístupem. Obsahují odkazy na více datových atributů (oproti DS pro horizontální komunikaci) v případě REF615 až 256 atributů. Mohou být předdefinovány jak výrobcem ochrany tak definovány uživatelsky.
- **Datové sady pro horizontální komunikaci** pro přenos kritických zpráv GOOSE. Obsahují méně datových atributů (oproti DS pro vertikální komunikaci) z důvodů minimalizace časové manipulace s datovým paketem. Pro ochranný terminál REF615 je možno definovat maximálně 20 datových atributů. Pokud datový atribut v datové sadě obsahuje i tzv. QualitySignal je povinnost ve stejné datové sadě přenášet i tento signál z toho důvodu, aby měli odběratelé GOOSE zpráv možnost neustále kontrolovat validitu signálu. Datové sady pro horizontální komunikaci jsou vždy definovány uživatelsky a jejich počet bývá omezen výrobcem ochran (např. pro REF615 je možno definovat maximálně 4 datové sady pro horizontální komunikaci).

Dalším speciálními datovými objekty jsou tzv. řídící bloky, které slouží řízení procesu reportování jednotlivých typů datových sad do komunikace. Obsahují především informace o datové sadě, kterou ovládají (jeden řídící blok řídí vždy reportování pouze jedné datové sady), dále informace o odběratelích těchto reportů tj. klientů a vlastního způsobu reportování (četnost reportování, podmínky apod.). Hlavní význam je patrný z *Obr. 3-15*.



Obr. 3-15 Princip funkce BRCB a URCB, přepracováno z [7].

Existují čtyři typy základních řídících bloků s odlišným použitím a vlastnostmi:

- **RCB bloky (Report Control Block)** pro řízení reportování datových sad v rámci vertikální komunikace. Mohou být definovány dvojího typu s vyrovnávací pamětí (Buffered Report Control Block - BRCB) a bez vyrovnávací (Unbuffered Report Control Block - URCB). Hlavní rozdíl spočívá v tom, že u BRCB jsou události uchovávány v krátkodobé paměti a odesílají se až po uplynutí tzv. Buffer Time, viz *Obr. 3-15* definovaného uživatelsky. U URBC se události odesílají bezprostředně po jejich aktivaci. Aktivace reportování událostí je u obou typů RCB bloků daná parametrem TrgOps (Trigger Options) definovaného vždy u datového atributu viz *Obr. 3-12*. Možné typy aktivace reportování s podrobným popisem jsou uvedeny v *Tab. 3-12*.

  Při použití nadřazeného řídicího systému SCADA se využívá reportování především pomocí BRCB, protože dle [7] nemůže dojít ke ztrátě dat vlivem omezeného datového toku nebo ztrátě spojení jako tomu může být u reportování s využitím URCB. Podmínkou odběru takto reportovaných dat je vždy podmíněna aktivací ze strany klienta.

Tab. 3-12 Typy spouštění reportování. [7]

Název	Význam
dchl	Hodnota atributu je reportována na základě změny atributu na jinou hodnotu.
qchg	Reportování je spuštěno a základě změny hodnoty QualitySignal přidruženého k hlavnímu atributu.
dupd	Hodnota atributu je reportována na základě aktualizace atributu (i na stejnou hodnotu).
integrity	Atributy v datové sadě jsou reportovány na základě uživatelsky definovaného časového údaje (Integrity period - IntgPd) nebo a základě vnějšího požadavku (General Interrogation - GI). Oba parametry je možno definovat přímo v nastavení RCB. Tyto typy spouštění reportování podporují jen řídící bloky URCB.
general interrogation	

- **GoCB bloky (GOOSE Control Block)** slouží pro řízení a cyklické reportování GOOSE zpráv dle *Obr. 3-5* v rámci vytvořené virtuální sítě VLAN. GoCB blocích jsou vždy definovány tyto základní parametry viz *Tab. 3-13*, které jsou důležité pro definování hlavičky ethernetového rámce přenášejícího data po multicastingové komunikaci. Pomocí GoCB jsou definováni i odběratelé GOOSE zpráv. GoCB bloky umí reportovat v datových sadách pouze binární a analogové hodnoty např. teplota okolí získaná ze RTD (Resistance Temperature Device) modulu sdílená mezi ochranami (nejedná se o vzorkované hodnoty z měření).

Tab. 3-13 Základní parametry GoCB bloku, základ vychází z [29] a doplněno zkušenostmi.

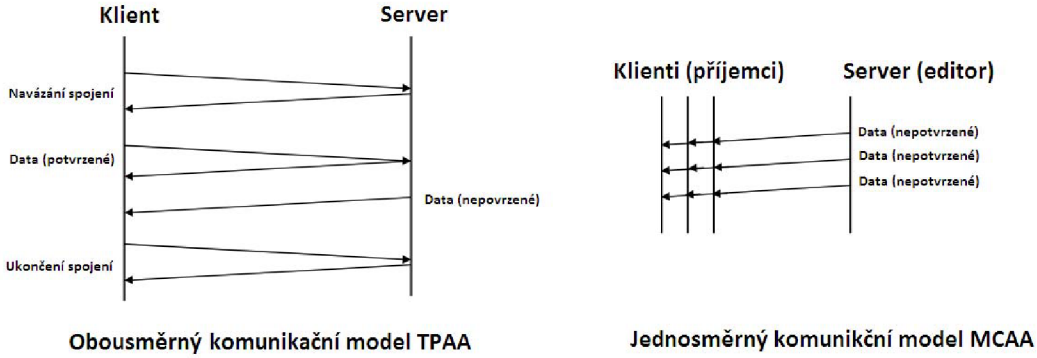
Název	Význam
APP ID	Identifikátor aplikace sloužící k identifikaci datové sady a GOOSE zpráv v rámci VLAN sítě. Jedná se o jedinečnou číselnou hodnotu v hexadecimálním tvaru v rozsahu 0000…3FFF. APPID v rámci datových sad, které jsou posílané mezi ochranami stejného typu můžou být stejné, ale pokud jsou datové sady odesílány mezi ochranami různého typu (různí výrobci apod.) musí být APPID odlišné.
MAC adresa	MAC adresa z rozsahu dle *Tab. 3-4* specifikující odesílatele GOOSE zprávy tedy GoCB, nemá tedy nic společného s běžnou MAC adresou ochrany.
VLAN ID	Identifikátor v rámci virtuální sítě, která je využívána pro filtraci zpráv ethernetovými switchi. Hexadecimální hodnota v rozsahu 000…FFF, kde 000 znamená že VLAN není definovaná. Odesilatelé a příjemci GOOSE zpráv musí být definování ve společné virtuální síti, tj. stejné VLAN ID. Různé VLAN lze např. využít pro oddělení odesílání GOOSE a vzorkovaných hodnot.
VLAN Prio	Priorita zprávy v rámci VLAN definovaná dle *Tab. 3-4*, využíváno ethernetovými switchi. Obvykle definována automaticky uživatelskými programy. Pokud tento parametr má být využit je nutné definovat VLAN ID.
MinTime, MaxTime	Hodnoty definující intervaly pro zasílání GOOSE zpráv dle *Obr. 3-5*.

- **SVCB bloky (Sampled Value Control Block)** sloužící pro řízení a přenos časově taktovaných vzorkovaných hodnot mezi jednotlivými ochranami, jejich časovou synchronizaci a to do té míry, že existuje jednoznačné přiřazení vzorku, času a sledu. Existují dva typy těchto řídících bloků, jež každý z nich zajišťuje jinou službu při přenosu vzorkovaných hodnot. Hlavním parametrem tohoto bloku je vzorkovací frekvence (SmpRate), který určuje frekvenci odběru vzorků. Spodní hranice vzorkovací frekvence je omezena měřenou požadovanou harmonickou a horní hranice použitou technologií ethernetu (přenosovou rychlostí).

  MSVCB bloky (Multicast Sampled Value Control Block) zajišťující přenos vzorkovaných hodnot dle jednosměrného komunikačního modelu MCAA (Multicast

Appilication Association), který vychází z mechanismu jeden editor – jeden a více odběratelů, kteří jsou předem definování viz *Obr. 3-16*. Kdy editor zapisuje hodnoty do vyrovnávací paměti a odběratelé je v pravidelných cyklech vyčítají. Odběratelé v tomto případě musí být schopni zjistit včasnost, ztrátu nebo duplicitu vzorků.

USVCB bloky (Unicast Sampled Value Control Block) zajišťující přenos vzorkovaných hodnot dle obousměrného komunikačního modelu TPAA (Two Party Application Association) viz *Obr. 3-16*. V prvním kroku se musí odběratel spojit se zařízením generující vzorkované hodnoty a tyto hodnoty si vyžádat. Server pak následně vzorkované hodnoty poskytne klientovi. Přenos je v tomto případě kontrolován od začátku až do konce.



Obr. 3-16 Komunikační modely pro přenos vzorkovaných hodnot. [17]

- **SGCB bloky (Setting Group Control Block)** sloužící k řízení procesu nastavovaní hodnoty nebo skupině hodnot pomocí komunikace. To umožňuje datovým atributům (určených k nastavování) v logických uzlech nabývat několika různých hodnot, které jsou nastavovány jeden po druhém.

Výše popsané datové speciální datové objekty jsou úzce spojené řízením komunikačního procesu a s prací s vlastními daty. Je ovšem nutné si uvědomit, že o tom zda všechny výše uvedené řízené procesy budou implementovány v ochranném nebo jiném zařízení dle IEC 61850 rozhoduje výrobce. Tudíž je nutné při specifikaci ochranného zařízení a požadovaných vlastností na tuto skutečnost brát zřetel. Např. ochranný terminál REF615 3.0 podporuje řízení procesů pomocí BRCB, URCB, GoCB a tedy i služby s tím spojené. Podpora MSVCB a USVCB bloků tj. podpora procesní sběrnice dle IEC 61850-9-2 pro přenos vzorkovaných hodnot je u této ochrany zatím otázkou budoucího vývoje.

Vypracováno na základě [6], [7], [16], [17], [19], [29].

3.5 Konfigurační popisový jazyk systému – SCL

Požadavky na automatizační systém rozvodných stanic jsou specifické v závislosti na jednotlivých projektech. S nástupem inteligentních ochran využívající model IEC 61850, interoperabilitní výměny dat mezi jednotlivými výrobci a využívání různých softwarových nástrojů na jednotlivých staničních úrovních byl definován standardem IEC 61850-6 jednotný programovací jazyk (Substation Configuration Language - SCL).

V praxi to znamená, že každý výrobce energetických zařízení využívající model IEC 61850, musí mít definovaný nástroj k tomu, aby dokázal exportovat vnitřní uspořádání dat v daném zařízení v jazyku SCL v požadovaném formátu souboru (viz níže), který bude srozumitelný i pro softwarové nástroje potřebné pro tvorbu komunikace od ostatních výrobců.

Standardizovaný jazyk SCL je založený na značkovacím jazyku XML (eXtensible Markup Language), což je velká výhoda, protože XML přímo informuje o významu a druhu dat v něm uložených a popisuje pouze logickou strukturu dokumentu. O tom v jaké formě budou data předložena uživateli je již ponecháno na výrobcích ochran. Příklad popisu části logického uzlu CSWI v SCL jazyce v jednom ze standardizovaných souborů je uveden na *Obr. 3-17*.

```
<IED Name="AA2SB1" Type="MyType">
  <AccessPoint Ref="S1">
    <Server>
      <LDevice Inst="C1">
        <LN0 LNType="LN0"/>
          <LN Name="1" LNClass="CSWI" LNType="SCWIa">
```

```
<LNodeType Ref="CSWIa" LNClass="CSWI">
  <DO Name="Pos" Type="DPC">
    <DA Name="stVal" FC="ST" TrgOpt="dchg" BType="Enum" EnumType="Pos"/>
    <DA Name="ctVal" FC="CO" TrgOpt="none" BType="Enum" EnumType="Pos"/>
  </DO>
  <DO Name="GrpAl" Type="SPS">
    <DA Name="stVal" FC="ST" TrgOpt="dchg" BType="BOOL">
  </DO>
</LNodeType>
```

Obr. 3-17 Definovaní logického uzlu, datových objektů a datových atributů v jazyku SCL.

Norma IEC 61850-6 definuje šest typů souborů v SCL jazyce dle *Tab. 3-14,* které mají odlišný obsah a jsou určeny k různému účelu v jednotlivých dílčích částech komunikačního engineeringu.

Tab. 3-14 Normalizované typy souborů dle IEC 61850-6.

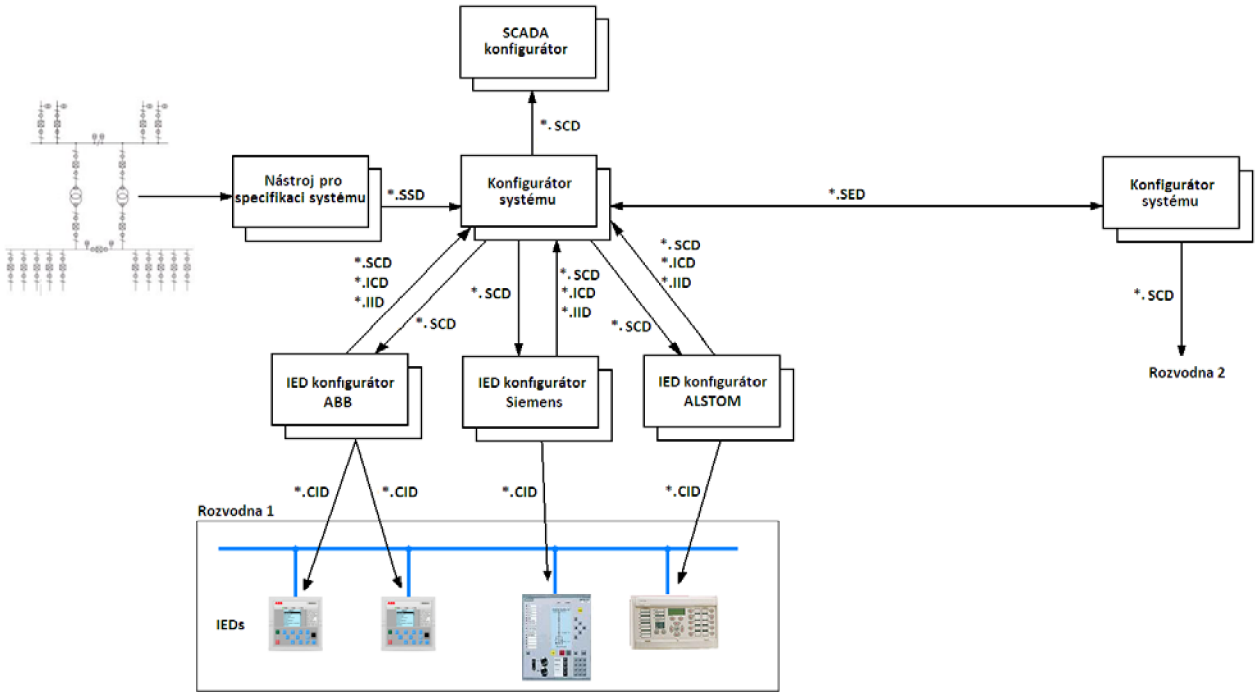
Typ souboru	Popis
***.ICD**	*IED Capability Description.* Soubor obsahuje komunikační služby dostupné v ochraně a popis implementovaného datového modelu a funkcí, tedy jinak řečeno schopnosti dané ochrany (např. LN, datové sady, RCB – s výchozím nastavení apod.). Je používán k přenosu dat mezi konfigurátorem IED a konfigurátorem systému, tedy pro systémového inženýra. Všechny konfigurátory IED určené pro ochrany s IEC 61850, musí být schopny prezentovat data pro komunikaci v tomto typu souboru.
***.CID**	*Configured IED Description.* Soubor obsahuje všechny nakonfigurované datové modely a funkce jedné specifické ochrany (stejně jako ICD), ale navíc obsahuje i kompletní nastavení komunikace jako např. způsob reportování dat v RCB, nastavení GOOSE odběratelů apod. Je používán k přenosu dat mezi IED konfigurátorem a ochranou.
***.SCD**	*Substation Configuration Description.* Soubor obsahující kompletní popis komunikačního systému rozvodny. Popisuje komunikaci jak na staniční úrovni (mezi stanicemi) tak na úrovni pole (mezi ochranami) a to jak vertikální tak horizontální komunikaci. Obsahuje TCP/IP adresy, MAC adresy, technické klíče, datové modely a funkce všech ochran a především nastavení sdílených dat mezi ochranami. Vzniká složením ICD, CID, IID, SED souborů. Taktéž obsahují tzv. šablony datových typů (DataTypeTemplates), které obsahují všechny datové typy, které se vyskytují v SCD.
***.SSD**	*System Specific Description.* Soubor obsahující vnější formální popis celé rozvodny. Tedy jednopólové schéma rozvodny a vzájemného propojení primárních prvků a jejích vzájemných vazeb. Obsahuje požadované informace pro komunikaci (nahrazuje tzv. signal list) a specifikuje datový tok (např. horizontální komunikaci GOOSE).
***.IID**	*Instantiated IED Description.* Jedná se o soubor se stejným významem a použitím jako ICD, neobsahuje žádné informace o GOOSE engineeringu a tedy ani o ostatních zařízeních v rozvodně. Je určen pouze pro jednu ochranu na jedinečném projektu. Byl definován v IEC 61850-6 edice 2.
***.SED**	*System Exchange Description.* Jedná se soubor, který je podskupinou SCD, slouží pro popis rozhraní jednoho projektu, tak aby mohl být používán i pro jiný projekt. Jinak řečeno slouží jako podklad k vytváření komunikace mezi různými rozvodnami tzv. SS-to-SS Communication (Substation-to-Substation Communication) a následný re-import upraveného komunikačního rozhraní zpět do jednotlivých projektů.

Existují dva druhy softwarových prostředků pro práci s normalizovanými typy souborů, které mají definovaný různý účel. V praxi se však může jednat o jeden software mající schopnosti obou (DIGSI Manager - Siemens). Jedná se o tyto softwarové prostředky:

- **Konfigurátor IED** je softwarový prostředek specifický pro výrobce ochrany, který je schopen exportovat jednotlivé soubory ochran tedy ICD, IID, importovat SCD soubor a nahrávat konfigurační soubory komunikace CID do ochrany. Taktéž muže být schopen vyexportovat komunikační soubor celé rozvodny SCD, ve kterém je nutno ovšem nastavit horizontální komunikaci pomocí konfigurátora systému. Příkladem konfigurátora IED je PCM600 (ABB), DIGSI Manager (Siemens), Micom S1 Studio (Alstom) apod.
- **Konfigurátor systému** je softwarový prostředek nezávislý na používaných ochranách schopný importovat exportovat všechny typy SCL souborů dle *Tab. 3-14*. Používá se pro nastavení komunikace a především pro doplnění informací sdílených mezi jednotlivými ochranami popř. jednotlivými rozvodnami. Po doplnění těchto informací konfigurátor systému generuje SCD soubor jako zpětnou vazbu pro konfigurátora IED mající zase vazbu na konkrétní ochranu. Příkladem konfigurátora

systému je IET600 (ABB), DIGSI Manager (Siemens), SCL Manager (Kalkitech)[4], Helinks STS (Helinks)[4] nebo Visual SCL (ASE)[4].

Proces předávání informací pomocí SCL souborů v jednotlivých částech komunikačního engineeringu IEC 61850, tedy mezi konfigurátorem IED, konfigurátorem systému a ochranou je znázorněn na *Obr. 3-18*. Jak je patrno z tohoto obrázku celý proces komunikačního engineeringu začíná vyexportování ICD nebo IID souborů (pokud se jedná o jednotlivé ochrany) popř. SCD souboru (pokud se jedná o celou rozvodnu) z jednotlivých IED konfigurátorů výrobců ochran. Tyto soubory se společně se souborem SSD (pokud je k dispozici nebo je požadován) a naimportují do konfigurátora systému, ve kterém provede požadované nastavení komunikace určenou pro úroveň pole. Následně se pomocí konfigurátora systému provede vyexportování SCD souboru, který je zpětně importován do jednotlivých konfigurátorů IED. Konfigurátor IED separuje jednotlivé části SCD souboru do CID souborů a provede jejich nahrání do příslušných ochran. CID soubory se ve většině případů nahrávají společně s konfigurací ochrany (např. všechny ochrany řady RELION® vč. REF615) anebo samostatně pomocí FTP přenosu (např. REF 542*plus*, rodina ochran REx 54x apod.).



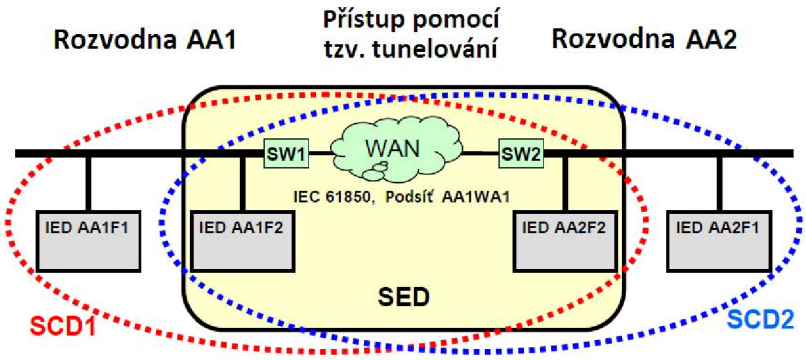
Obr. 3-18 Schéma komunikačního engeenerigu dle IEC 61850 a proces předávání informací.

Podobným způsobem lze popsat i předávání informací na staniční úrovni tedy SS-to-SS[5] komunikace, kde se pro přenos dat mezi různými projekty používá SED soubor. SED soubor je

[4] Na stránkách výrobců dostupné výukové verze zdarma ke stažení ovšem s omezenou funkčností.
[5] Pod SS-to-SS komunikací si lze představit např. komunikaci mezi rozvodnami různých napěťových úrovní.

část souboru SCD s definovanými přístupovými právy[6] jednotlivých ochran pro engineering SS-to-SS komunikace (modifikovaný SCD soubor). Obsahuje rozhraní pouze části projektu (rozvodny), která se podílí na komunikaci s částí rozvodny druhého projektu viz *Obr. 3-19*. Příkladem definování SS-to-SS komunikace může být např. potřeba definovat jednotný soubor SCD v rámci více projektů v jedné energetické síti nebo potřeba dodefinovat přenos GOOSE a vzorkovaných hodnot mezi různými projekty popř. jejími částmi.

Proces předávání informací dle IEC 61850-90-1 a ohledem na *Obr. 3-19* probíhá následovně. Z projektu AA2 (reprezentovaného souborem SCD2) se pomocí konfigurátora systému vyexportuje SED soubor, kde bude umožněno definovat komunikaci pouze pro IED AA2F2 (povolená přístupová práva). Tento SED soubor naiportuje do projektu AA1 (reprezentovaného souborem SCD1). Pomocí konfigurátora systému se dodefinuje požadovaný datový tok mezi IED AA1F2 a IED AA2F2. Následně se opět pomocí konfigurátora systému vyexportuje SED soubor se stejným obsahem jako předchozí s navíc definovaným IED AA1F2, který se naimportuje do původního projektu AA2 čímž se dokončí proces předávání informací mezi stanicemi (různými projekty). [13]



Obr. 3-19 Předávání informací na staniční úrovni.[21]

Vypracováno na základě [5], [13], [14], [15], [21], [23].

[6] Přístupovými právy se v tomto případě rozumí možnost manipulovat s modelem IEC 61850 (např. definovat datový tok mezi ochranami apod.) podrobně popsáno v IEC 61850-90-1 [13].

4 OCHRANNÝ TERMINÁL REF 542*PLUS*

4.1 Funkce terminálu REF 542*plus*

Terminál REF 542*plus* od firmy ABB integruje v jedné jednotce soubor všech sekundárních funkcí, které jsou určeny pro rozvodny nízkého, vysokého a velmi vysokého napětí tj. chránění, řízení a ovládání, měření, monitorování a samočinnou diagnostiku a komunikaci. Sekundární funkce jsou většinou koncipovány jako volně konfigurovatelné softwarové moduly (bloky), které umožňují společně s uživatelsky definovanou řídící logikou splnit široké spektrum požadavků v aplikacích rozvodných zařízení. [2]

Jakožto multifunkční ochranný terminál v sobě integruje velké množství ochranných a řídících funkcí pro rozvodny, generátory, motory, vedení a vypínače jako jsou např.:

- nadproudové ochrany (časově závislé, nezávislé, zemní, směrové).
- napěťové ochrany (podpěťové, přepěťové).
- frekvenční (nadfrevenční, podfrekvenční, funkce frekvenčního odlehčování).
- ochrany vedení (distanční, diferenciální).
- ochrany motoru a generátoru (tepelná, kontrola počtu startů, zablokování rotoru, synchro-check).
- ochrany přípojnic (logická ochrana).
- ochrany vypínače (ochrana proti selhání vypínače, kontrola vypínací cesty).
- ochrany proti nesymetrii proudu a napětí.
- speciální funkce (funkce opětovného zapínání, regulátor účiníku, poruchová zapisovač).

Z hlediska komunikace jsou podporovány komunikační protokoly SPABUS (Strömberg Protection Acquisition bus) na němž vnitřně pracuje dále MODBUS® RTU (Remote terminal unit), MODBUS® TCP, LON (Local Operating Network), Profibus DP (použitelné spolu s komunikační gateway SPA-ZC 302) IEC 60870-5-103, IEC 61850-8-1 (pouze vertikální, tj. není podporován přenos GOOSE zpráv). REF 542*plus* má taktéž integrovaný WEB server, který umožňuje uživateli sledovat události v rozvodně pomocí komerčního PC a webového rozhraní. [33]

4.2 Základní popis terminálu REF 542*plus*

Terminál REF 542*plus* se skládá ze dvou hlavních částí a to tzv. základní jednotky (Base Unit) a jednotky pro místní ovládání LD HMI (Local Detached Human Machine Interface) viz *Obr. 4-1*, které mezi sebou komunikují pomocí sériového rozhraní RS 232.

Jednotka HMI tvoří uživatelské rozhraní mezi základní jednotkou a primárními objekty v poli rozvodny. Prostřednictvím HMI může uživatel ovládat spínací prvky (vypínač, popř. odpojovač, zkratovač v případě, že jsou realizovány s elektrickými pohony), zobrazovat aktuální měřené veličiny, kontrolovat stavové hodnoty (alarmy, události), nastavovat ochranné funkce, měnit pracovní režim terminálu popř. přes optické rozhraní nahrávat konfiguraci terminálu.

Základní jednotka REF 542*plus* má architekturu mikroprocesorového zařízení, které získává hodnoty z energetického technologického procesu nebo z dispečerského řízení prostřednictvím integrovaných modulů a to analogových, binárních a komunikačních. Takto získané hodnoty jsou poskytovány integrovaným funkcím (ochranné, řídící, komunikační), které na základě vnitřního algoritmu ovládají binární a analogové výstupy mající zpětnou vazbu na technologický proces a poskytují aktuální informace zpět prostřednictvím komunikačního modulu do dispečerského centra.

1) Modul analogových vstupů pro transformátory proudů, napětí popř. senzory. 2) Základní modul s řídícím mikroprocesorem. 3) Komunikační modul, různé druhy SPA-BUS, MODBUS, LON, IEC 61850 apod. 4) Modul analogových vstupů a výstupů 0/4-20 mA. 5) Moduly binárních vstupů a výstupů. 6) Napájecí modul. 7) Displej HMI jednotky. 8) Tlačítka pro pohyb v nabídkovém menu HMI. 9) Tlačítka pro ovládání primárních prvků pomocí HMI. 10) Optické rozhraní pro připojení k PC. 11) Čidlo elektronického klíče 12) Pohotovostní tlačítko. 13) Sloupcové indikátory měřených hodnot. 14. Programovatelní signalizační LED. 15) LED Provozní LED signalizace.

Obr. 4-1 Základní součásti ochranného terminálu REF 542plus.[33]

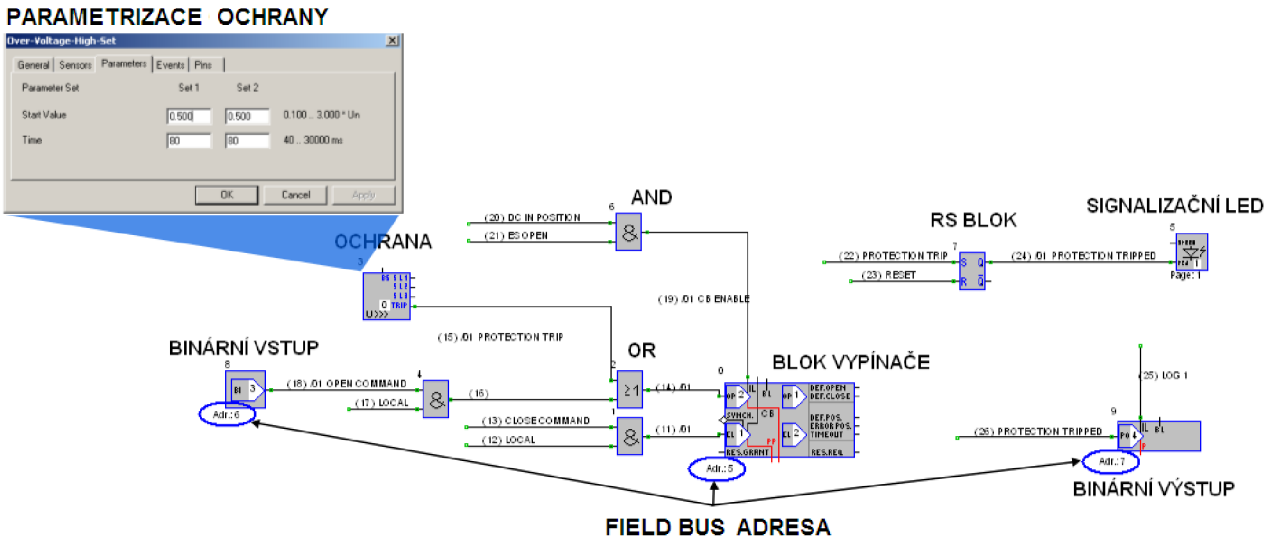
4.3 Konfigurace terminálu REF 542*plus* pomocí Configuration Tool

Pro vytváření kompletní konfigurace terminálu REF 542*plus* a nahrávání konfigurace do terminálu se používá softwarový nástroj Configuration Tool verze V4D.08[7] (aktuální verze). Coonfiguration Tool umožnuje nastavit všechny moduly zabudované v základní jednotce, nastavovat ochranné funkce, komunikaci, upravovat jednopólové schéma zobrazené na HMI, stahovat data z poruchového zapisovače a především vytvářet funkční schéma v grafickém jazyce FUPLA (FUnctional Programming Language) viz *Obr. 4-2*.

V tomto grafickém jazyce jsou prezentovány všechny funkce (ochrany, primární prvky, binární vstupy a výstupy, časovače, čítače, poruchový zapisovač apod.) pomocí funkčních bloků s uživatelsky definovaným nastavením, které vrací do logického schématu logické hodnoty (logická 1 nebo logická nula) s nimiž má možnost uživatel provádět základní logické operace pomocí logických funkcí (AND, NAND, OR, NOR, RS, JK apod.).

Podrobnější informace o způsobu konfigurace terminálu REF 542*plus* lze nalézt např. v literatuře [2] a parametry jednotlivých bloků jsou popsány v literatuře [27] a [28].

[7] U starších verzí nemusí být podporovány některé ochranné funkce a především funkční bloky, využívané pro komunikační protokol IEC 61850. Tyto funkce souvisí s historickým vývojem tohoto nástroje a samotné ochrany.



Obr. 4-2 Příklad funkčního schématu ve FUPLE.

4.4 Terminál REF 542*plus* a komunikační protokol IEC 61850

Jak už bylo zmíněno ochranný terminál REF 542*plus* vnitřně pracuje na protokolu SPABUS, což v podstatě znamená, že všechny funkce (funkční bloky), mimo funkce realizující základní logické operace (AND, OR apod.) mají vždy přidělenou jedinečnou Field bus adresu viz *Obr. 4-2*. Tyto adresy jsou využívány pro přesnou definici zpráv[8] posílaných mezi masterem a podřízenými slave jednotkami (ochrany). Pokud funkční bloky nejsou použity ve funkčním schématu FUPLY nemůžou být data z těchto funkčních bloků poskytována ani v rámci komunikace.

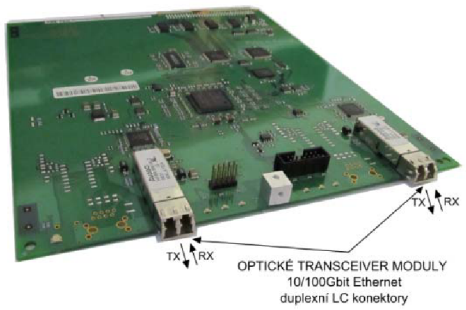
Aby bylo umožněno vnějšímu řídicímu systému přistupovat k datům v REF 542*plus* pomocí protokolu IEC 61850 je potřeba použít speciální komunikační modul viz *Obr. 4-3*. Tento komunikační modul podporuje připojení do 10/100 Mbitové sítě pomocí dvou portů. Modul je dostupný ve dvou verzích a to v provedení s konektory RJ45 tj. připojení k síti pomocí metalických vodičů, nebo v provedení s optickými vysílači (transceivery) s duplexními konektory LC pro multividová optická vlákna. Tento komunikační modul podporuje na úrovní pole pouze hvězdicovou topologii, na vyšší úrovni je dovolenou použít i topologii kruhovou. [34]

Komunikační modul IEC 61850 komunikuje s mikroprocesorem pomocí SPABUS protokolu, ale s klientem díky implementovanému ethernetovému rozhraní a nahranému CID souboru v komunikačním modulu je již využíván komunikační protokol IEC 61850 viz *Obr. 4-4*.

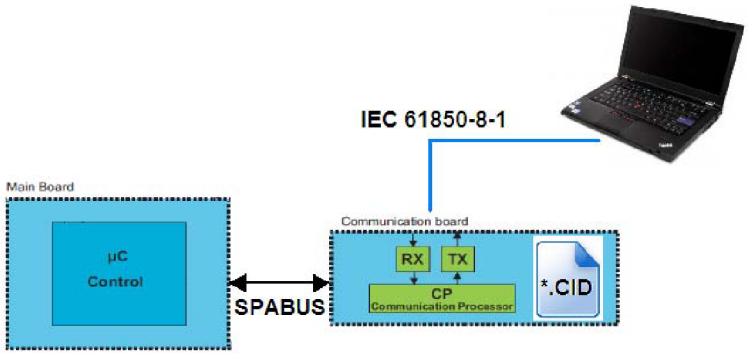
K definování CID souboru popisující vnitřní uspořádání modelu dle IEC 61850 pro REF 542*plus* se používá nástroj SCL Tool Verze 3.1d (aktuální verze). Pomocí tohoto nástroje se data reprezentovaná Field bus adresami a kódem funkce přiřadí jednotlivým atributům konkrétních logických uzlů, čím vytvoří v podstatě popisový model v CID souboru. Tento

[8] SPABUS zprávy jsou vždy určeny Field bus adresou definující funkci a kódem funkce definující konkrétní vyčítaný parametr podrobněji např. [25].

postup je plně kompatibilní s myšlenkou IEC 61850, kdy nezáleží na vnitřním uspořádání zařízení nebo vnitřně používaném komunikačním protokolu viz kapitola 3.4. V *Tab. 4-1* je pro názornou představu uveden příklad nejběžnějších dat a prvků, jako jsou měření, primární prvky, vstupy výstupy a ochranné funkce v jednotlivých částech engineeringu REF 542*plus*.

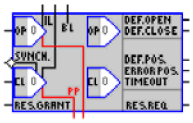
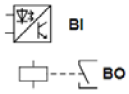
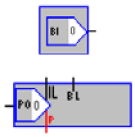
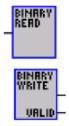


Obr. 4-3 Komunikační modul IEC 61850 pro terminál REF 542plus.



Obr. 4-4 Schéma komunikace v REF542 plus s využitím komunikačního modulu IEC 61850.

Tab. 4-1 Prezentace různých dat a prvků v různých částech engineeringu REF 542 plus.

Fyzické zařízení	Reprezentace ve FUPLE	Reprezentace ve SPABUS	Reprezentace v IEC 61850
Výkonový vypínač: polohy, pozice, ovládání, blokády.		Uživatelsky definovaná Field bus adresa ve FUPLE v rozsahu 5…49,111…127 +funkční kód dle [25]	LN: CBCILO LN: CBXCBR LN: CBXCSW + datové objekty a atributy
Binární vstupy a výstupy: stavové hodnoty. 		Uživatelsky definovaná Field bus adresa ve FUPLE v rozsahu 5…49,111…127	LN: BIOGGIO + datové objekty a atributy
Ochranné funkce: zkratová…		Pevně definovaná Field bus adresa dle [25].	LN: OCNDPTOC LN: OCNDGGIO +datové objekty a atributy
Měřicí funkce: U,I,	Parametrizační tabulka: Analog Inputs	Pevně definovaná Field bus adresa dle [25].	LN:UIMMXU + datové objekty a atributy
Vnitřní signály: uživatelské signály (alarmy, události), povely z dispečinku		Pevně definovaná Field bus adresa a uživatelsky definovaná Instance number.	LN: EVNGGIO LN: ALMGGIO LN: COMGGIO + datové objekty a atributy

5 OCHRANA POLE REF615

5.1 Funkce ochrany pole REF615

Ochrana pole REF615 patří do rodiny ochran RELION® od firmy ABB, které jsou navrženy s ohledem na plnohodnotné využití standardu IEC 61850 pro komunikaci a součinnost zařízení určeného pro plnohodnotnou automatizaci rozvoden včetně podpory horizontální komunikace GOOSE s přenosem stavových a analogových hodnot. Ochrana pole REF615 má v sobě integrované funkce pro chránění, ovládání a měření, které jsou určené především pro venkovní vedení a kabelové rozvody v radiálních, okružních nebo zauzlených distribučních sítích. Své uplatnění může taktéž najít v aplikacích kde je požadován nezávislý a redundantní systém ochran. Integrované jsou ochranné, ovládací a monitorovací funkce jako např.:

- nadproudové ochrany (časově závislé, nezávislé, zemní, směrové).
- napěťové ochrany (podpěťové, přepěťové).
- ochrany proti nesymetrii proudu a napětí.
- ochrana proti tepelnému přetížení.
- záblesková ochrana.
- ochrany vypínače (ochrana proti selhání vypínače, kontrola vypínací cesty).
- monitorování pojistek (jejich poškození), vypínače (počty sepnutí, nastřádání pružiny, servisní intervaly) apod.
- speciální funkce (funkce opětovného zapínání, synchro-check, poruchový zapisovač).

Pro konkrétní koncová energetická zařízení vyžadující specifické ochranné a měřící funkce jsou určeny ostatní produkty z produktové řady 615 jako např. REM615 (integrovány ochranné a měřící funkce pro motory), RED615 (integrovaná diferenciální ochrana vedení), RET (integrovány ochranné funkce pro transformátory) a REU (integrovány monitorovací funkce napětí přípojnic a funkce odpínání a obnovy zátěže).

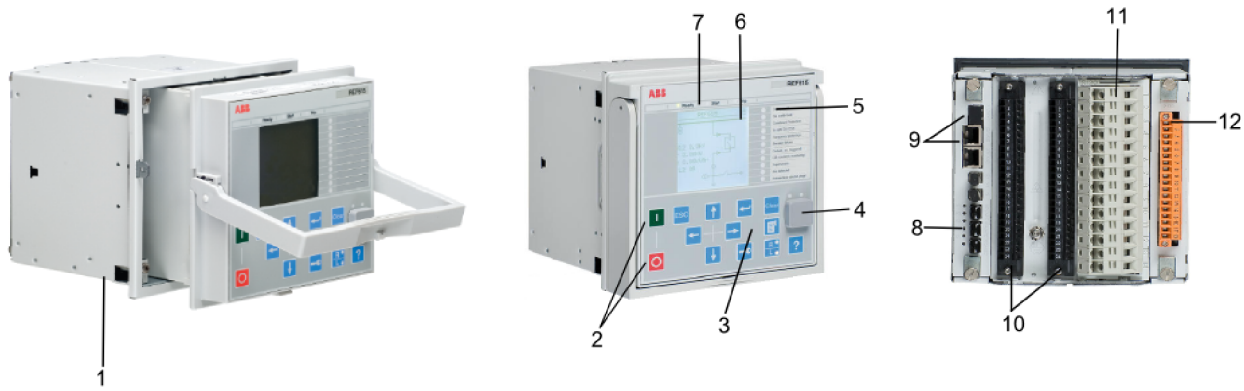
Z hlediska komunikace jsou podporovány komunikační protokoly IEC 61850 (plnohodnotná podpora), MODBUS RTU, MODBUS ASCII (American Standard Code for Information Interchange), MODBUS TCP, DNP3 (sériový přenos nebo přes TCP/IP), IEC 60870-5-103. Prostřednictvím těchto protokolů jsou pro nadřazený systém k dispozici všechny provozní informace a umožněno základní ovládání ochrany. [35]

5.2 Základní popis ochrany pole REF615

Ochrana REF615 je řešena v kompaktním výsuvném provedení, které umožňuje rychlejší a snadnější manipulace s ochranou např. při servisu nebo poruše. Ochrana je dostupná v 8 standardních konfiguracích (A až H) podrobněji viz [35], které se liší možnostmi použití ochranných funkcí a především hardwarovou konfigurací analogových a binárních vstupů a komunikačním modulem s různým rozhraním (sériové RS232, RS485, ethernetové 100BASE-TX (s metalickými vodiči), 100BASE-FX (s optickými kabely)) nacházející se na zadním panelu ochrany. Integrovaná technologie ethernetu podporuje jak topologii hvězdicovitou tak topologii kruhovou.

Podporována je taktéž funkce přístupu pomocí Web HMI, které umožňuje jednoduchou správu pomocí internetového prohlížeče především v aplikacích, kde není požadován přímo nadřazený řídicí systém. [35]

Prostřednictvím jednoduchého displeje je podobně jako u REF 542*plus* umožněno ovládat primární prvky (REF615 podporuje pouze jeden ovladatelný prvek – výkonový vypínač), zobrazovat měřené veličiny, stavové hodnoty (alarmy, události), nastavovat ochranné funkce, měnit pracovní režim a nahrávat prostřednictvím servisního ethernetového portu konfiguraci (výchozí IP: 192.168.0.254). Názvy všech funkcí (ochranné, monitorovací, měřící) v menu ochrany odpovídají názvům logických uzlů v komunikaci (dle IEC 61850) i názvu funkcí definovaných při engineeringu ochrany. Tím je zajištěna jednoznačnost funkcí jak na uživatelské úrovni, tak na úrovni engineeringu.



1) Pevná a výsuvná část ochrany. 2) Tlačítka pro ovládání vypínače. 3) Tlačítka pro pohyb a provádění operací v menu. 4) Servisní ethernetový port. 5) Programovatelné LED. 6) Display. 7) Provozní signalizační LED. 8) Vstupy pro snímače záblesku. 9) Komunikační porty (2xRJ45, 1xduplex LC). 10) Modul binárních vstupů, výstupů a napájení. 11) Modul analogových vstupů (proudových) a binárních vstupů (v závislosti na provedení). 12) Modul binárních vstupů, výstupů, analogových (napěťových) nebo senzorových vstupů (v závislosti na provedení).

Obr. 5-1 Základní popis částí ochrany REF615.

5.3 Konfigurace ochrany pole REF615 pomocí PCM600

Pro vytváření kompletního engineeringu ochran rodiny RELION® (mimo definování horizontální komunikace) se používá program PCM600 2.4.1 (aktuální verze, Protection and Control IED Manager). Tento nástroj lze použít i pro parametrizaci ochran REx541/543/545, REF 542*plus* a SPACOM.

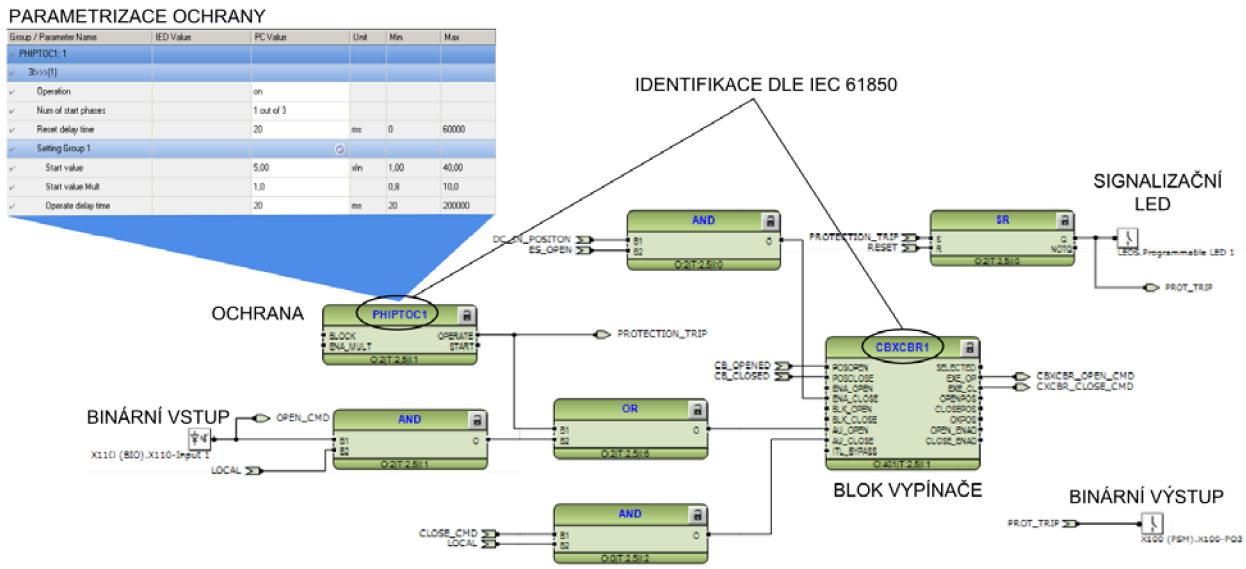
Program PCM600 pro engineering ochran využívá následující implementované nástroje:

- *Application Configuration* – grafické rozhraní pomocí kterého se vytváří řídicí logika ochrany pro všechny prvky a funkce v rozvodně v jazyku FBD (Function Block Diagram) což je jazyk obdobný FUPLE co se týká principu a možnosti využití v nejrůznějších aplikacích viz *Obr. 5-2* (stejná aplikace jako ve FUPLE *Obr. 4-2*).
- *Parameter Setting* – nástroj pro parametrizaci (nastavení) ochranných a měřících funkcí a parametrizaci bloků použitých v Application Configuration.
- *Signal Matrix* – nástroj určený propojení vstupů a výstupů funkcí (podobně jako Application Configuraton) ale zobrazovaných v matici. Tento nástroj je využíván

především pro přivedení signálů z GOOSE na bloky v Application Configuration, kde s nimi lze dále pracovat viz *Obr. 8-5*.

- *Disturbance Handling* – nástroj pro stahování a diagnostiku záznamů z poruchových zapisovačů.
- *Signal Monitoring* – nástroj pro monitorování binárních vstupů a výstupů ochrany, měřených hodnot a stavů signalizačních LED.
- *Graphical Display Editor* – nástroj pro tvorbu SLD (Single line diagram) zobrazovaného na displeji ochrany.

Všechny výše popsané nástroje využívají odkazování na funkce a jejich parametry definovaného dle IEC 61850 viz *Obr. 3-8,* což usnadňuje a zrychluje orientaci ve všech částech engineeringu.



Obr. 5-2 Příklad funkčního schématu v FBD v PCM600.

5.4 Ochrana pole REF615 a komunikační protokol IEC 61850

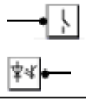
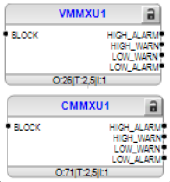
Pomocí bloků FBD v nástroji Application Configuration jsou definovány úplně všechny funkce dostupné v ochraně tedy i měřící a monitorovací. Funkčních bloky definované v FBD představují jeden nebo více logických uzlů v komunikaci např. funkční blok vypínače CBXCBR1 svými vstupy a výstupy reprezentuje datové atributy logických uzlů CBXCBR1 (vypínač – polohy), CBCSWI1 (spínač – povely na zapnutí, vypnutí) a CBCILO (sdružuje blokády) v modelu dle IEC 61850. Tuto skutečnost je nutné mít vždy při programování ochrany na paměti, protože pokud blok funkce není použit v FBD, není generovaný ani logický uzel v modelu IEC 61850 (podobně jako v REF 542*plus*). Obdobné pravidlo platí i pro signály přivedené na tyto bloky, tedy pokud signál nebude přiveden na vstup příslušného bloku, nebude umožněno hodnotu datového atributu z příslušného logického uzlu v rámci komunikace vyčíst (např. polohy vypínače, signál z nastřádání pružiny apod.).

Podle použitých funkčních bloků v FBD program PCM600 sám generuje model dle IEC 61850 v CID souborech pro jednotlivé ochrany. které se nahrávají do ochrany vždy společně s konfigurací.

Nástroj PCM600 umožňuje taktéž definovat strukturu celé rozvodny viz *Obr. 8-3*, pomocí níž PCM600 generuje SCD soubor složený z CIDů jednotlivých použitých ochran (bez horizontální komunikace) určeného pro konfigurátor systému (vytvoření horizontální komunikace, definovaní vlastních datových sad apod.), testovací nástroje a nadřazené řídicí systémy.

V *Tab. 5-1* je pro názornou představu a pro srovnání s REF 542*plus* (viz *Tab. 4-1*) uveden příklad nejběžnějších dat a prvků, jako jsou měření, primární prvky, vstupy výstupy a ochranné funkce v jednotlivých částech engineeringu REF615.

Tab. 5-1 Prezentace různých dat a prvků v různých částech engineeringu REF615.

Fyzické zařízení	Reprezentace v FBD (PCM600)	Reprezentace v IEC 61850
Výkonový vypínač: polohy, pozice, ovládání, blokády.		LN: CBCILO1 LN: CBXCBR1 LN: CBXCSW1 + datové objekty a atributy
Binární vstupy a výstupy: stavové hodnoty.		LN: XGGIO + datové objekty a atributy
Ochranné funkce: zkratová…		LN: PHIPTOC1 + datové objekty a atributy
Měřicí funkce: U, I,		LN: VMMXU1 LN: CMMXU1 + datové objekty a atributy
Vnitřní signály: uživatelské signály (alarmy, události)	není umožněno[9]	není umožněno[9]

[9] U REF615 není umožněno přímo namapovat uživatelské signály pomocí bloků jako u REF 542*plus*, lze ale např. využít bloku poruchového zapisovače a jeho vstupů (v komunikaci IEC 61850 → LN: *RBRD64.EInput.stVal*).

6 TESTOVÁNÍ KOMUNIKACE IEC 61850

6.1 Testování vertikální komunikace

Význam testování vertikální komunikace spočívá v ověření implementovaných funkcí ochrany přístupných přes model IEC 61850 popsaný v CID souboru ochrany. Úspěšné otestování vertikální komunikace je důležité především pro další navazující engineering centrálních monitorovacích řídicích systémů SCADA a dispečerských řídicích systémů.

Otestování vertikální komunikace IEC 61850 zahrnuje především následující body:

- testování zobrazení měřených a vypočítaných hodnot.
- testování zobrazování stavových hodnot (polohy) primárních prvků v rozvodně.
- testování zobrazování uživatelsky definovaných a ostatních stavových hodnot (vypínací povely, alarmy, události…).
- testování ovládání primárních prvků řízených prostřednictvím povelů z nadřazeného řídicího systému (vypínač, motorově ovládaný odpojovač a zkratovač).
- testování ostatních povelů z řídicího systému (uživatelsky definované např. reset alarmů, uvolnění blokovacího relé apod.).
- testování přenosu vzorkovaných hodnot.
- testování řízení přenosu pomocí RCB.

Pomocí komunikačního standardu IEC 61850 a nástrojů k těmto testům určeným (IED Scout, ITT SA Explorer apod.), které simulují chování nadřazeného řídicího systému, je možno tyto výše uvedené testy provádět velmi snadno, rychle a v uživatelsky téměř jednotném prostřední – objektově orientovaná struktura modelu IEC 61850. Samozřejmostí vyplývající ze standardu je možnost využití testovacích nástrojů třeních stran, čímž muže být dokázána právě požadovaná interoperabilita mezi různými výrobci viz kapitola 7.3

6.2 Testování horizontální komunikace GOOSE

Význam testování horizontální komunikace GOOSE spočívá především v testování následujících skutečností:

- testování správně definovaného datového toku mezi jednotlivými ochranami.
- ověření přiřazení zasílaných signálů jednotlivým funkcím v ochranách.
- testování realizovaných funkcí využívající GOOSE zprávy.

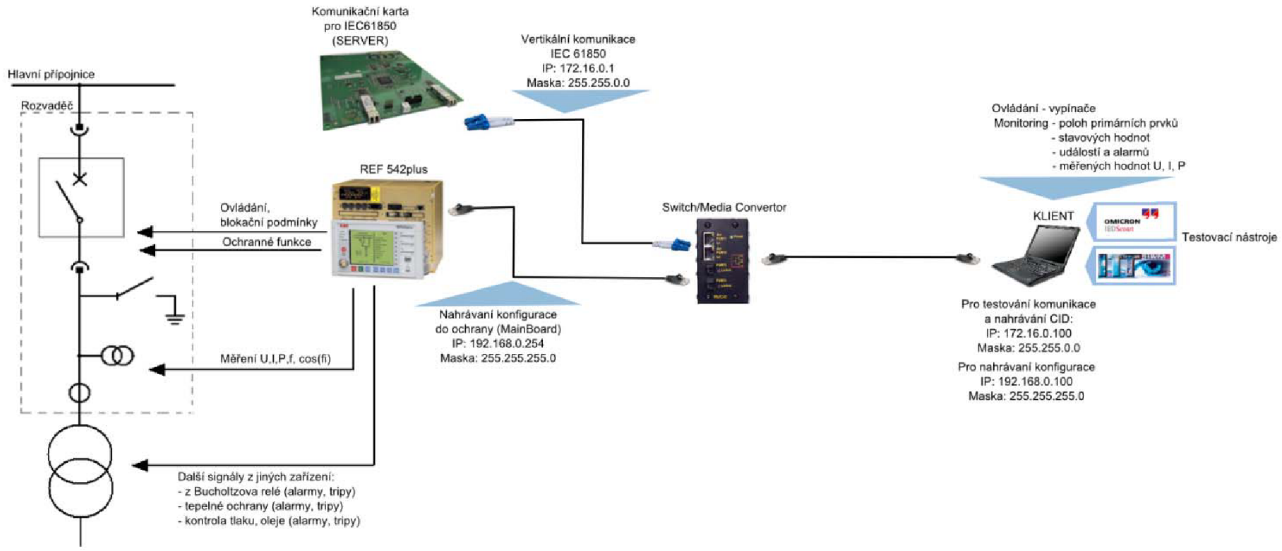
Pomocí nástroje ITT – Explore GOOSE lze toto testování provádět velmi jednoduše a především s názornou představou o kompletním datovém toku po horizontální komunikaci viz kapitola 8.3.

7 ENGINEERING KOMUNIKACE IEC 61850 U TERMINÁLU REF 542*PLUS*

7.1 Výchozí podklady pro model

Jako výchozí podklad pro model bylo zvoleno vývodové pole pro výkonový transformátor viz *Obr. 7-1* simulované na panelu v ABB PPMV Brno. Vlastní konfigurace terminálu vychází ze signálů přiváděných na binární a analogové vstupy a výstupy terminálu dle přílohy A.

V testovacím panelu jsou povely a signály z primárních prvků jako je výkonový vypínač, odpojovač (vozík) a zkratovač simulovány pomocí programovatelného automatu LOGO! Siemens. Naprogramovaná logika v LOGO! Siemens kopíruje chování koncových spínačů a ovládacích a blokačních cívek, jako je tomu reálném primárních prvcích vysokonapěťového rozvaděče. Povely přiváděné z ostatních zařízení rozvaděče (mikrospínače výfukových klapek, signály z Bucholtzova relé, externí tepelné ochrany a úrovně oleje apod.) jsou simulovány spínači na panelu připojenými na binární vstupy. Kompletní vytvořená logika pro ovládání tohoto pole se nachází v příloze E na přiloženém CD.

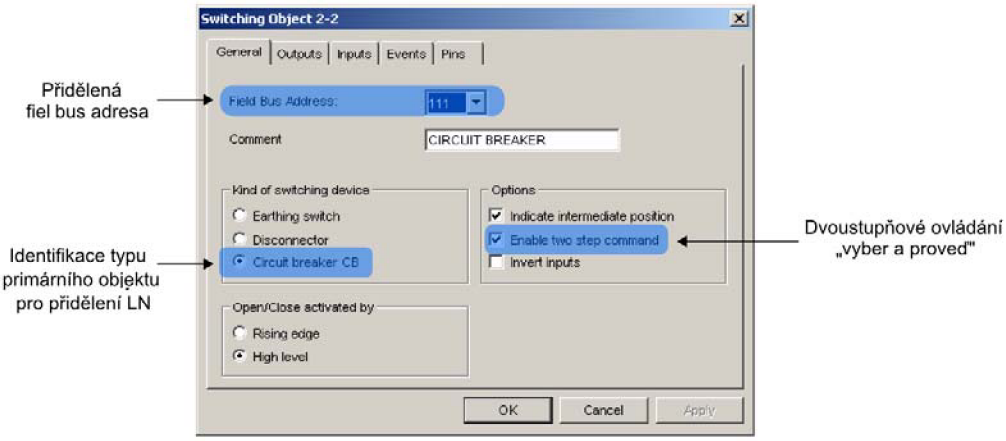


Obr. 7-1 Schéma modelu elektrické stanice s ochrannou REF 542plus a IEC 61850.

7.2 Engineeringový postup – vertikální komunikace

7.2.1 Nastavení komunikace v Configuration Tool

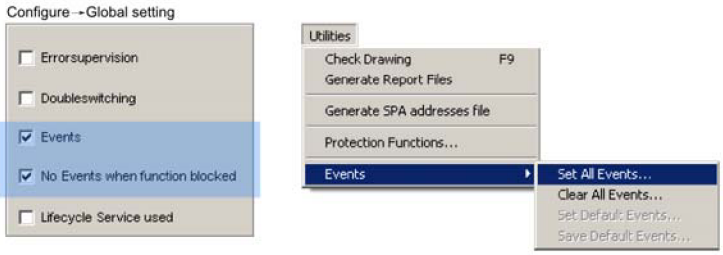
Před začátkem engineeringu komunikace IEC 61850 je nutné, aby vytvořená konfigurace pro ochranný terminál byla otestovaná a funkční. To znamená, že jsou ve funkčním schématu definované všechny požadované funkční bloky ochran, primárních prvků (nutné přidělení funkcí vypínač, odpojovač, zkratovač), vstupů, výstupů komunikačních bloků a bloků pro analogové vstupy s proudovou smyčkou 4-20 mA. U bloku výkonového vypínače je navíc nutno pro dálkové řízení nutno zatrhnout funkci dvoustupňového řízení (Enable two step command) reprezentující funkci „vyber a proveď“ viz *Obr. 7-2* z důvodů uvedených v kapitole 7.3.2.



Obr. 7-2 Nastavení základních parametrů bloku vypínače pro dálkové řízení.

Ve funkčním schématu FUPLY musí být taktéž použity funkční bloky PTRC (Protection trip conditioning), které dle standardu IEC 61850 sdružují popudové signály od jednotlivých ochran. Nedodržení výše uvedených aspektů má za následek nezařazení později definovaných funkcí do modelu IEC 61850 ve vygenerovaném CID souboru.

Předávání informací do komunikace IEC 61850 v ochraně REF 542*plus* funguje na základě generování událostí jednotlivými funkčními bloky ve FUPLE. Proto je nutné v Configuration Tool v záložce **Configure→Global Setting** povolit generování událostí a zpřístupnit všechny události generované jednotlivými funkčními bloky. Lze provést hromadné povolení generování v záložce **Utilities→Set All Events** viz *Obr. 7-3***.**

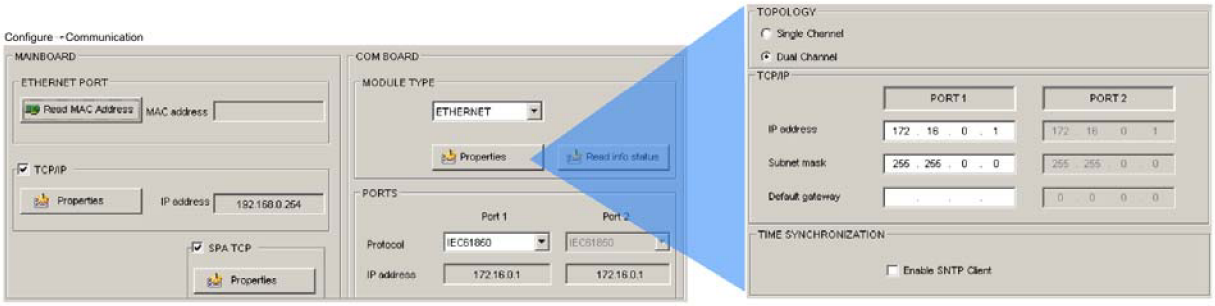


Obr. 7-3 Nastavení generování událostí pro IEC 61850 v Configuration Tool.

Následně se provede základní nastavení MainBoard modulu (pro nahrávání konfigurace pomocí ethernetového portu) a komunikačního modulu IEC 61850 dle v záložce **Configuration→Communication**. Toto nastavení odpovídá parametrům dle navrženého modelu na *Obr. 7-1*. Ethernetovému portu Mainboardu je přidělena IP: 192.168.0.254 (maska podsítě: 255.255.255.0) a bude umožňovat komunikaci pomocí SPA TCP (tj. využití tradiční SPABUS komunikace a pro nahrávání konfigurace[10]). Oběma portům u komunikačního modulu IEC 61850 je přidělena stejná IP: 172.16.0.1, maska podsítě: 255.255.0.0 a nastavená dvoukanálová topologie, která umožňuje přístup k ochrannému terminálu z dvou na sobě nezávislých sítích (není určeno pro kruhovou topologii). Pokud je vyžadovaná časová

[10] Nahrávání konfigurace přes ethernetový port je rychlejší a umožňuje významné ušetření času. První nahrání konfigurace musí být provedeno vždy přes sériový optický port na HMI jednotce z důvodů nastavení IP adres.

synchronizace přes SNTP server je nutné zatrhnout položku **Enable SNTP Client** (v tomto případě není využívána).

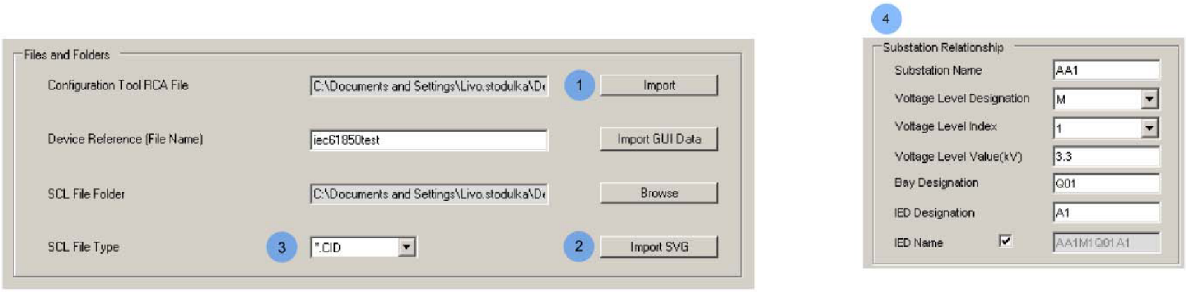


Obr. 7-4 Nastavení Mainboard a komunikačního modulu IEC 61850 v Configuration Tool.

Posledním krokem v Configuration Tool je vygenerování souboru RCA (**Utilities→Generate SPA adresses file**) a SVG (**Configure→HMI→Export to SVG**). RCA soubor obsahuje základní informace o všech použitých funkcích v konfiguraci a především jejich přidělených fielbus adresách, ze kterých se generuje model IEC 61850. SVG soubor obsahuje jednopólové schéma.

7.2.2 Vygenerování modelu IEC 61850 v programu SCL Tool

Základním podkladem pro vygenerování CID s modelem IEC 61850 (3) jsou již zmiňované RCA a SVG soubory, které se dle *Obr. 7-5* (1), (2) naimportují do SCL Tool a provede se základní nastavení struktury rozvodny (4) a identifikace ochrany (fyzického zařízení) dle pravidel uvedených v kapitole 3.4.1. V případě definovaného SNTP serveru pro časovou synchronizaci je nutné taktéž doplnit základní informaci o tomto serveru (IP, časové pásmo apod.) v tomto případě není využíván.

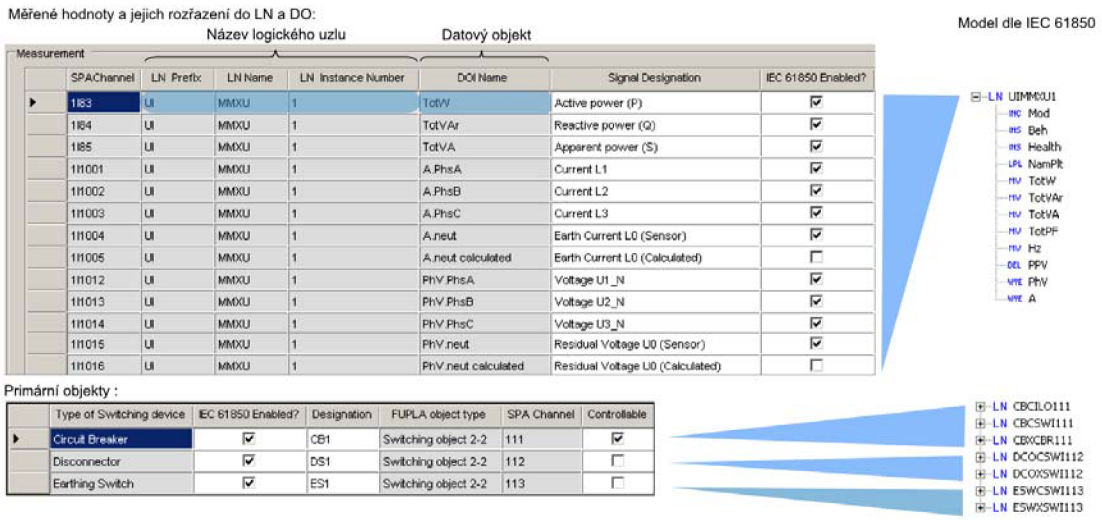


Obr. 7-5 Import RCA, SVG a základní nastavení v SCL Tool.

Po naimportování RCA souboru se automaticky v SCL Tool přiřadí se základní názvy logických uzlů a datových objektů následujícím funkcím:

- *Měření U, I, P, Q, S apod.* – zařazeny všechny do logického uzlu MMXU viz *Obr. 7-6*. Důležité je si dávat pozor na hodnoty, které jsou počítané a měřené (mají definovaný jiný SPA channel) a nelze je zpřístupnit v modelu IEC 61850 zároveň.

- *Primární objekty (vypínač, odpojovač, zkratovač)* – uživatel definuje pouze zastoupení v modelu IEC 61850 a ovladatelnost pomocí vzdáleného přístupu z nadřazeného řídicího systému.
- *Ochranné funkce* – přiřazeny automaticky do modelu.
- *Binární vstupy, výstupy, komunikační bloky* – uživatel musí definovat manuálně název logického uzlu a datový objekt dle smluvených pravidel.



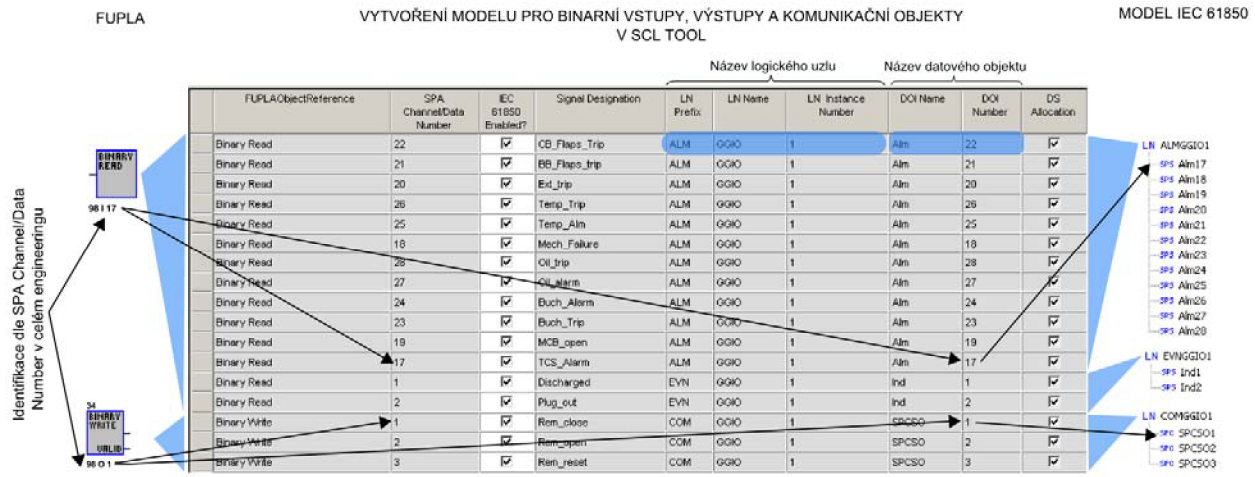
Obr. 7-6 Automatické generování logických uzlů pro měření a primární objekty.

Vytváření logických uzlů obsahující data z binárních vstupů, výstupů a komunikačních bloků se řídí pravidly (interní smluvená pravidla ABB) definovaná *Tab. 7-1*. Všechny tyto prvky představují stavové hodnoty „*stVal*“ (nebo jednobitově řízené hodnoty „*ctlVal*“) všeobecných funkcí, proto představují logické uzly GGIO (Generické provozní vstupy a výstupy). Z důvodů rozlišení se datovým objektů přiřazuje číslo (DOI Number – Data Object Instantiated), které je z důvodů přehlednosti a jednoznačné identifikace voleno stejné jako SPA Channel/Data Number viz *Obr. 7-7*. Tato skutečnost platí i u automaticky generovaných logických uzlů.

Tab. 7-1 Pravidla pro vytváření LN, DO binárních vstupů, výstupů a komunikačních bloků.

Objekt ve Fuple	Funkce	LN prefix	LN	LN Instance number	DO
1-0, 0-1	Binární vstup, výstup	BIO	GGIO	1…x	Ind (SPS)
Binary read	Událost	EVN			Ind (SPS)
Binary read	Alarm	ALM			Alm (SPS)
Binary write	Povel	COM			SPCSO (SPC)

Vysvětlivky: BIO…Bingy input/output; EVN…Event; Ind…Indicate; Alm…Alarm; SPCSO…Single Point Controllable Status Output; COM…Command;



FUPLAObjectReference	SPA Channel/Data Number	IEC 61850 Enabled?	Signal Designation	LN Prefix	LN Name	LN Instance Number	DOI Name	DOI Number	DS Allocation
Binary Read	22	☑	CB_Flaps_Trip	ALM	GGIO	1	Alm	22	☑
Binary Read	21	☑	BB_Flaps_trip	ALM	GGIO	1	Alm	21	☑
Binary Read	20	☑	Ext_trip	ALM	GGIO	1	Alm	20	☑
Binary Read	26	☑	Temp_Trip	ALM	GGIO	1	Alm	26	☑
Binary Read	25	☑	Temp_Alm	ALM	GGIO	1	Alm	25	☑
Binary Read	18	☑	Mech_Failure	ALM	GGIO	1	Alm	18	☑
Binary Read	28	☑	Oil_trip	ALM	GGIO	1	Alm	28	☑
Binary Read	27	☑	Oil_Alarm	ALM	GGIO	1	Alm	27	☑
Binary Read	24	☑	Buch_Alarm	ALM	GGIO	1	Alm	24	☑
Binary Read	23	☑	Buch_Trip	ALM	GGIO	1	Alm	23	☑
Binary Read	19	☑	MCB_open	ALM	GGIO	1	Alm	19	☑
Binary Read	17	☑	TCS_Alarm	ALM	GGIO	1	Alm	17	☑
Binary Read	1	☑	Discharged	EVN	GGIO	1	Ind	1	☑
Binary Read	2	☑	Plug_out	EVN	GGIO	1	Ind	2	☑
Binary Write	1	☑	Rem_close	COM	GGIO	1	SPCSO	1	☑
Binary Write	2	☑	Rem_open	COM	GGIO	1	SPCSO	2	☑
Binary Write	3	☑	Rem_reset	COM	GGIO	1	SPCSO	3	☑

Obr. 7-7 Uživatelsky definované LN a DO pro Binární vstupy, výstupy, komunikační bloky.

Z výše nadefinovaných logických uzlů (vytvořených uživatelsky nebo automaticky) se automaticky generují datové sady pro vertikální komunikaci. Dalším krokem engineeringu je tedy provést nastavení RCB bloků pro reportování těchto událostí v datových sadách. Nástroj SCL Tool už obsahuje výchozí nastavení těchto řídicích bloků (způsob reportování pomocí BRCB, **Buffer Time: 100 ms**, počet povolených odběratelů apod. viz *Obr. 7-8*). Výchozí nastavení však ještě neumožní ochrannému terminálu, aby řídil přenos dat (ověřeno testem viz kapitola 7.3.5). Aby se tento způsob řízení přenosu umožnil, je nutné povolit parametr **DataSet Enable**. Vhodné je taktéž povolit parametr **Time Stamp Enable**, který každé vygenerované události přiřadí časovou značku. Pokud jsou předem známy odběratelské klientské stanice (jako např. v tomto případě) je taktéž vhodné je nastavit jejich IP adresu a masku podsítě viz *Obr. 7-8*. Některé nadřazené řídicí systémy si řídí přenos dat samy a výše uvedené dodatečné nastavení je zbytečné, nastavení ovšem umožňuje tuto funkcionalitu BRCB s dostupnými testovanými prostředky jednoznačně odzkoušet.

ZÁKLADNÍ PARAMETRY NASTAVENÍ RCB*

Report Control : Name	Report Control : Buffer Enable	Report Control : Buffer Time	OptFields : DataSet Enable	OptFields : ReasonCode Enable	OptFields : DataRef Enable
rcb_C	☑	100	☑	☑	☐
rcb_F	☑	100	☑	☑	☐
rcb_B*	☑	100	☑	☑	☐
rcb_A*	☑	100	☑	☑	☐

RptEnabled : Number of Subscribing Clients	Report Control : Configuration Revision	OptFields : Sequence Number Enable	OptFields : TimeStamp Enable	OptFields : DataSet Enable
4	1	☑	☑	☑
4	1	☑	☑	☑
4	1	☑	☑	☑
4	1	☑	☑	☑

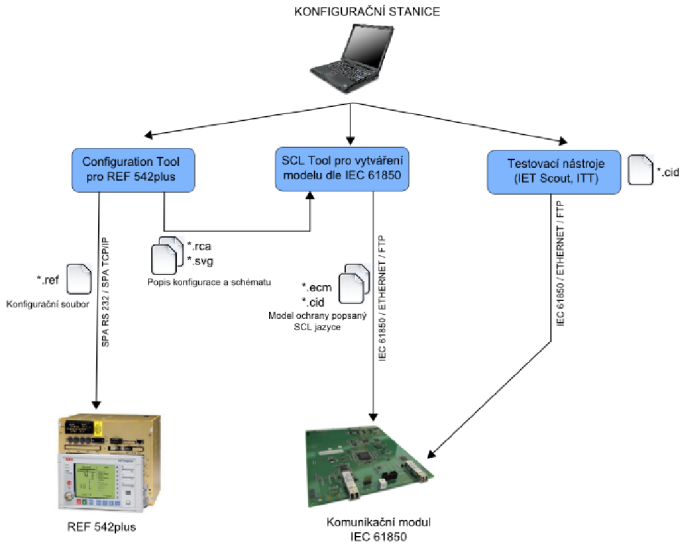
Client IED Name	IP	IP Subnet
Client1	172.16.0.100	255.255.0.0
Client2	127.0.0.1	255.255.255.0
Client3	127.0.0.1	255.255.255.0
Client4	127.0.0.1	255.255.255.0

← Nastavení odběratele zpráv (z datových sad) - klientské PC

*Pozn.: Nejedná se o všechny dostupné parametry. Ostatní parametry lze nastavit, až ve vygenerovaném CID souboru.

Obr. 7-8 Nastavení BRCB pro model IEC 61850 v REF 542plus.

Posledním krokem je vygenerování výše uvedených modelů a funkcí do jednotného popisového CID souboru pomocí SCL Tool. Spolu s generování CID souboru se taktéž generuje ECM soubor obsahující informace o základním nastavení komunikace (časová synchronizace, zabezpečení, přístup přes web server apod.) a GUI soubor (Graphical User Interface), který shrnuje všechna výše uvedená nastavení a je možno jej použít pro rychle generování modelu v SCL Tool pro stejné typové představitele (vývodová pole se stejnými funkcemi). Vygenerované soubory CID a ECM se následně prostřednictvím FTP protokolu nahrají do komunikačního modulu REF 542*plus*. Pro nahrávání lze použít přímo nástroj SCL Tool. Na *Obr. 7-9* je znázorněno schéma engineeringu IEC 61850 u REF 542*plus*.



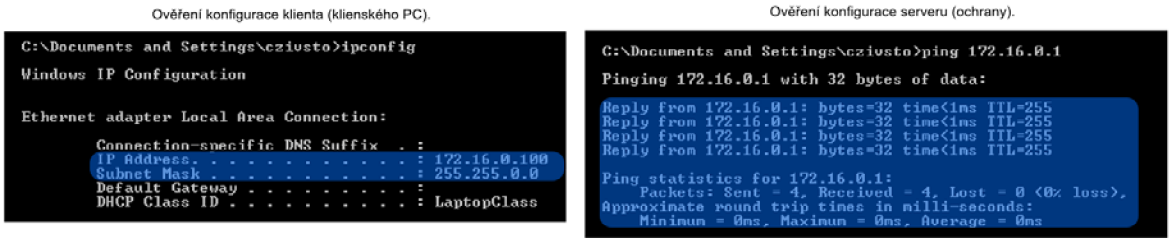
Obr. 7-9 Schéma engineeringu IEC 61850 u REF 542plus.

S vygenerovaným souborem CID lze pomocí SCL Tool dále pracovat jako např. upravovat datové sady (přidávat, mazat odkazy na datové atributy funkcí) a vytvářet nové, upravovat nastavení BRCB jako např. spouštěcí podmínky[11] pro reportování apod., a taktéž definovat nové RCB. Podrobněji popsáno např. v [36].

[11] Je vhodné např. u BRCB, který zajišťuje přenos datové sady s měřenými a počítanými hodnotami (u REF 542*plus* s výchozím pojmenováním rcb_C) nastavit spouštěcí podmínku Integrity period s integrační dobou 3000 ms. Tím je zajištěno pravidelné odesílání aktuální měřených hodnot s periodou 3000 ms klientovi (odběrateli zpráv).

7.3 Testování vertikální komunikace s IEC 61850 pomocí IED Scout

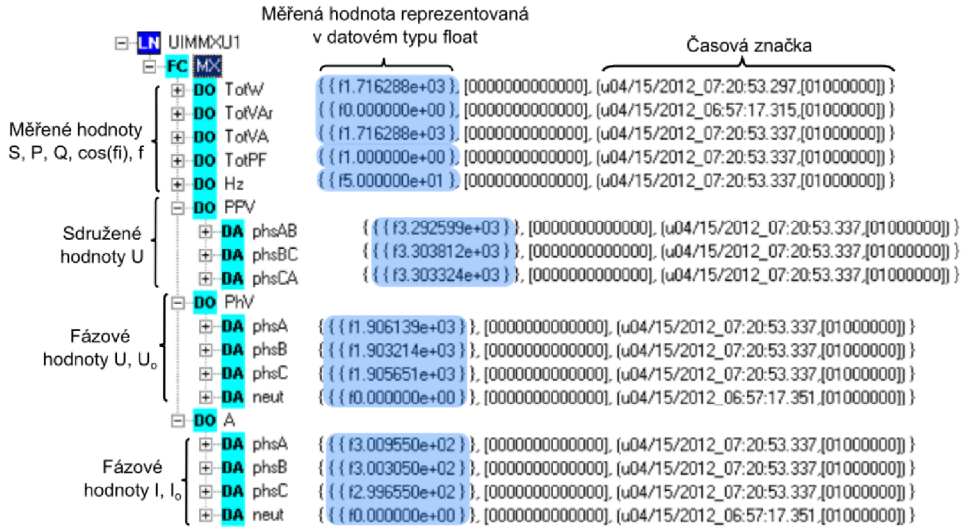
Požadavky na prováděné následující testy vertikální komunikace vycházejí z kapitoly 6. Před samotným testováním se pomocí nástroje IED Scout vyčte ze serveru představující ochranu požadovaný model z CID souboru a server se zpřístupní klientovi (klientské PC s IED Scout) online. Při problémech s komunikací je vhodné taktéž používat nástroj příkazový řádek a příkazy „*ipconfig*“ a „*ping*“ pro ověření dostupnosti serveru a správnosti nastavení IP adres jak je patrno na *Obr. 7-10*.



Obr. 7-10 Ověření konfigurace klienta a serveru pomocí příkazového řádku.

7.3.1 Testování měřených a vypočítaných hodnot ochranou

Při tomto testování je využíván sekundární tester (FREJA 300) simulující sekundární jmenovité hodnoty proudů a napětí připojený k analogovým vstupům ochrany REF 542*plus*. V ochraně jsou nastaveny převody napětí 3,3 kV / 110 V a převody proudů 300 A / 1 A. V zobrazeném modelu IEC 61850 v IED Scoutu v uzlu prezentujícím měření UIMMXU1 je pro všechny datové atributy aktivována funkce cyklického vyčítání (Polling), která každých 3000 ms obnovuje data získaná z ochrany. Výsledek správného nastavení ochrany i zobrazení v modelu IEC 61850 je patrný z *Obr. 7-11*, kde jsou měřené veličiny reprezentovány v základních jednotkách.



Obr. 7-11 Testování vyčítání měřených a vypočítaných hodnot prostřednictvím IED Scoutu.

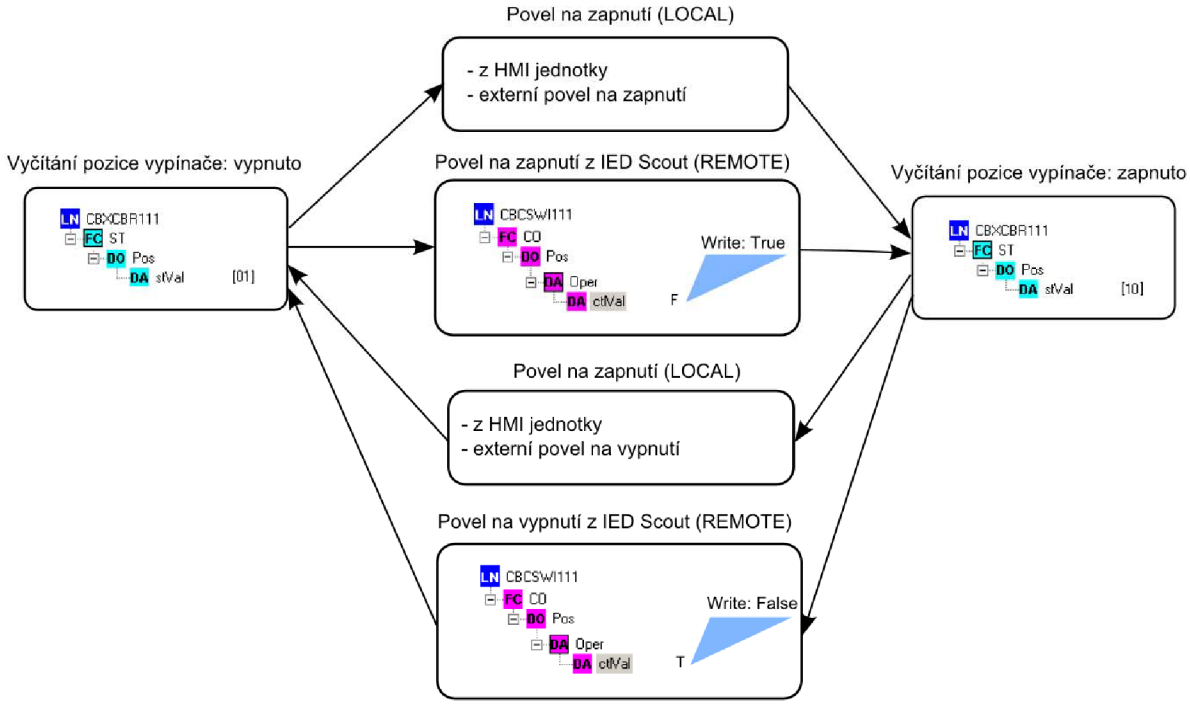
7.3.2 Testování ovládání a vyčítání poloh primárních objektů

Následující test ověřuje správné zobrazování poloh primárních prvků přes vzdálený přístup prostřednictvím programu IED Scout nacházejících se v modelovaném vývodovém poli. Ověřena je taktéž možnost ovládání výkonového vypínače prostřednictvím povelů zasílaných z nadřazeného řídicího systému z adresy *CBCSWI111.Pos.ctlVal* (True = povel na zapnutí, False = povel na vypnutí). Z důvodů vzdáleného přístupu (dálkovému ovládání) je nutné ochranný terminál REF 542*plus* provozovat v režimu REMOTE (režim se přepíná přiložením elektronického klíče a nastavení v menu HMI **E-key Status→REMOTE).**

Postup při ovládání primárních prvků může být různý, protože norma IEC 61850-7-2 definuje čtyři druhy zabezpečení řízení proti nechtěné manipulaci a záleží jen na konkrétních požadavcích a nastavení konkrétní ochrany (informacích ve vygenerovaném CID souboru):

- přímé ovládání s normální bezpečností.
- SBO (selected before operate) ovládání s normální bezpečností.
- přímé ovládání se zvýšenou bezpečností.
- SBO se zvýšenou bezpečností.

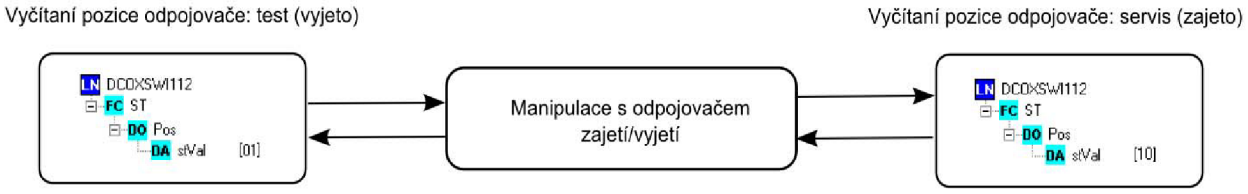
Při generování CID souboru pro REF 542*plus* je definované výchozí nastavení pro výkonový vypínač zabezpečení ovládání SBO se zvýšenou bezpečností (SBO with enhanced security) a tudíž je nutné vypínač označit (v případě REF 542*plus* označit povel zapnout nebo vypnout) a následně zaslat povel tak jak to je patrné na *Obr. 7-12*. Tato skutečnost je nejlépe patrná právě v IED Scoutu. U ITT SA Exploreru stačí pouze zasílat zapínací a vypínací povely prostřednictvím uživatelského rozhraní, program totiž označení obstarává sám a tím uživateli zjednodušuje a urychluje proces testování.



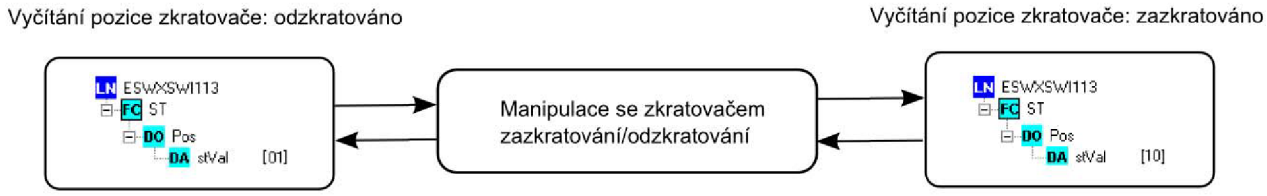
Obr. 7-12 Testování ovládání a vyčítání poloh vypínače prostřednictvím IED Scoutu.

U vyčítaných dat z adresy *CBXCBR111.Pos.stVal* reprezentující stavové hodnoty polohy vypínače (01 – vypnuto, 10 – zapnuto) je opět využita funkce cyklického vyčítání (Polling) pro - rychlou aktualizaci dat z ochrany. Výsledek testování je patrný z následujícího *Obr. 7-12*.

Obdobným způsobem jako vypínač lze vyčíst polohy odpojovače z adresy *DCOXSW112.Pos.stVal* viz *Obr. 7-13* a polohy zkratovače z adresy *ESWXSW112.Pos.stVal* viz *Obr. 7-14*.



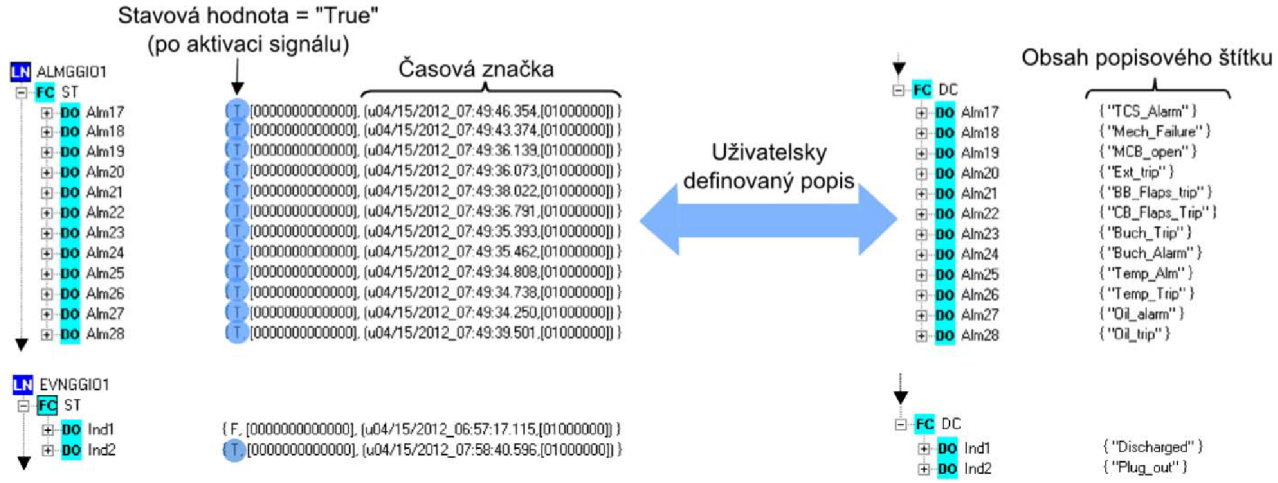
Obr. 7-13 Testování vyčítání poloh odpojovače (vozíku) prostřednictvím IED Scoutu.



Obr. 7-14 Testování vyčítání poloh zkratovače prostřednictvím IED Scoutu.

7.3.3 Testování signalizace uživatelsky definovaných hodnot

Následující test ověřuje správnost nadefinování a zobrazení uživatelských signálů přiváděných na bloky Binary Read ve Fuple reprezentovaných datovými objekty a atributy v logického uzlu ALMGGIO1 viz *Obr. 7-15*.



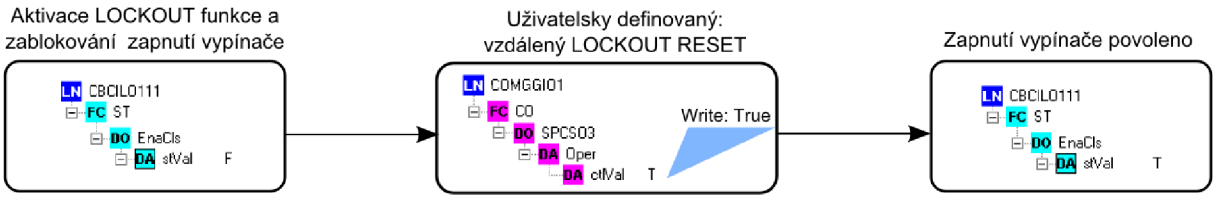
Obr. 7-15 Testování uživatelsky definovaných signalizací pomocí IED Scoutu.

Jednotlivé signály jsou simulovány na testovacím panelu pomocí tlačítek přivádějící na binární vstupy jednotlivé logické stavy (neaktivní=false, aktivní=true).

V praktických podmínkách se tyto signály vyčítají pomocí testovacího nástroje jednotlivě, vždy po nasimulování příslušného stavu v rozvaděči (např. vypínací povel od klapek, rozpojení obvodu vypínací cívky, vypínací povel od buchholtzova relé apod.). Obdobným stylem se testují i uživatelské signály přiřazené do logického uzlu EVNGGIO1 viz *Obr. 7-15.*

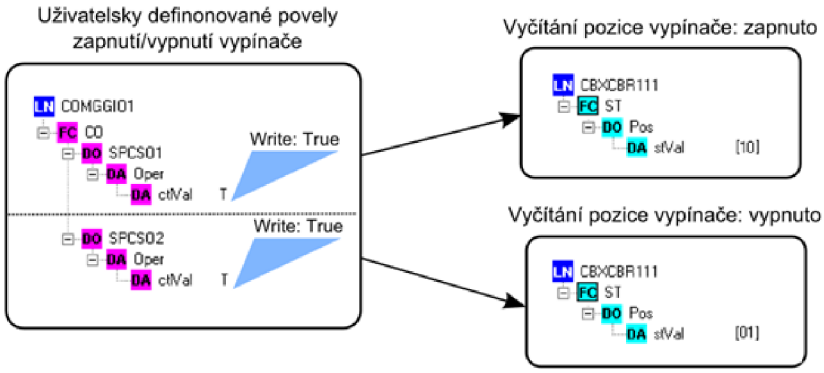
7.3.4 Testování uživatelsky definovaných povelů

Poslední částí je ověřit funkčnost signálů přenášející povely z řídicího systému na jednobitové bloky Binary Write ve Fuple, kde lze tyto signály různě uživatelsky využít ve funkčním schématu. V tomto případě je signál *COMGGIO1.SPCSO3.Oper.ctlVal* použit pro dálkové uvolnění (Lockout reset) blokovacího relé reprezentovaného naprogramovanou logikou v ochraně viz *Obr. 7-16*, které po vypínacím povelu některé z ochranných funkcí zablokuje zapnutí vypínače v modelu IEC 61850. Zablokování zapnutí vypínače je reprezentováno na adrese *CBCILO111.EnaCls.stVal.* Testovací procedura je patrná na *Obr. 7-16.*



Obr. 7-16 Testování uvolnění blokovacího relé pomocí IED Scoutu.

Další povely (další Binary Write bloky ve Fuple) jsou využívány pro zapnutí *COMGGIO1.SPCSO1.Oper.ctlVal* a vypnutí vypínače *COMGGIO1.SPCSO2.Oper.ctlVal* dle *Obr. 7-17.*



Obr. 7-17 Testování uživatelsky definovaných povelů zapnutí a vypnutí přes IED Scout.

Srovnáme-li ovládání výkonového vypínače přes logický uzel CBCSWI111 a přes povely definované v logickém uzlu COMGGIO1 jsou zde patrné následující odlišnosti. Povely zasílané přes adresu *CBCSWI111.Pos.ctlVal* jsou reprezentovány dvoubitovou hodnotou (zapnut=true, vypnout=false – dvoubitové řízení DPC) a mají ve většině případů realizováno zabezpečení přes

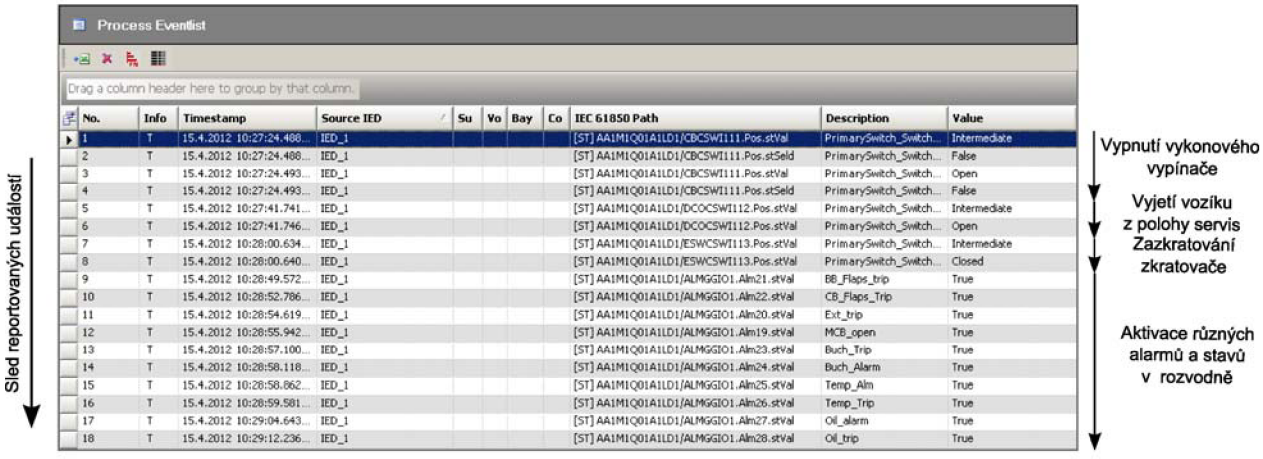
objekt SBO což před vlastním povelem znamená označit objekt. V tomto případě jsou povely realizovány přímo prostřednictvím bloku vypínače ve FUPLE. Povely realizované přes adresy *COMGGIO1.SPCSO1.Oper.ctlVal* a *COMGGIO1.SPCSO2.Oper.ctlVal* jsou reprezentovány vždy jednobitovou hodnotou (zapnout=true, vypnout=true, vždy ale zasílané z jiné adresy – jednobitové řízení SPC) a potřebné povely již jsou realizovány vytvořenou logikou ve Fuple. V tomto případě se jedná dle informací získaných z CID souboru o přímé ovládání s normální bezpečností (direct with normal security), kde není potřeba provádět výběr objektu.

7.3.5 Testování řízení přenosu dat ochranou do nadřazeného řídicího systému

Řízení přenosu dat ochranou nemusí být při výchozím nastavení definovaného výrobcem vždy funkční, tj. nejsou nastaveny všechny požadované parametry. Tato skutečnost už byla zmiňována v kapitole 7.2.2 při definování nastavení BRCB.

Pro otestování této funkcionality BRCB byl použit program ITT SA Explorer s integrovanou funkcí seznam procesních událostí (Process Eventlist), která je schopna zachytávat ochranou reportované události organizované v datových sadách. Řízení přenosu dat obstarávají RCB bloky a aby testovací nástroje byly schopny takto generované události přijímat je nutné vždy funkcionalitu řízení přenosu u jednotlivých RCB v testovacím nástroji povolit (Enable/Disable RCBs – služba definovaná standardem IEC 61850).

Názorné otestování řízení přenosu dat ochranou je znázorněno na *Obr. 7-18* kde patrný jak typ reportované události ochranou[12], časová značka, popis signálu a aktuální hodnota. Z *Obr. 7-18* je taktéž patrné, že dochází k reportování pouze hodnot, které se mění (ne celého obsahu datových sad). Z toho vyplývá další podstatná výhoda komunikačního protokolu IEC 61850, protože zde nedochází k zahlcení komunikačního kanálu vlivem zasílání velkého množství dat jako např. u protokolů využívající cyklické dotazování (SPABUS, DNP3.0) nebo token ring (Profibus). Reportované události jsou seznamu procesních událostí v ITT SA Explorer řazeny za sebou a je možné je archivovat ve formátu *.xml (excel).



Obr. 7-18 Testování funkcionality RCB pomocí ITT SA Explorer.

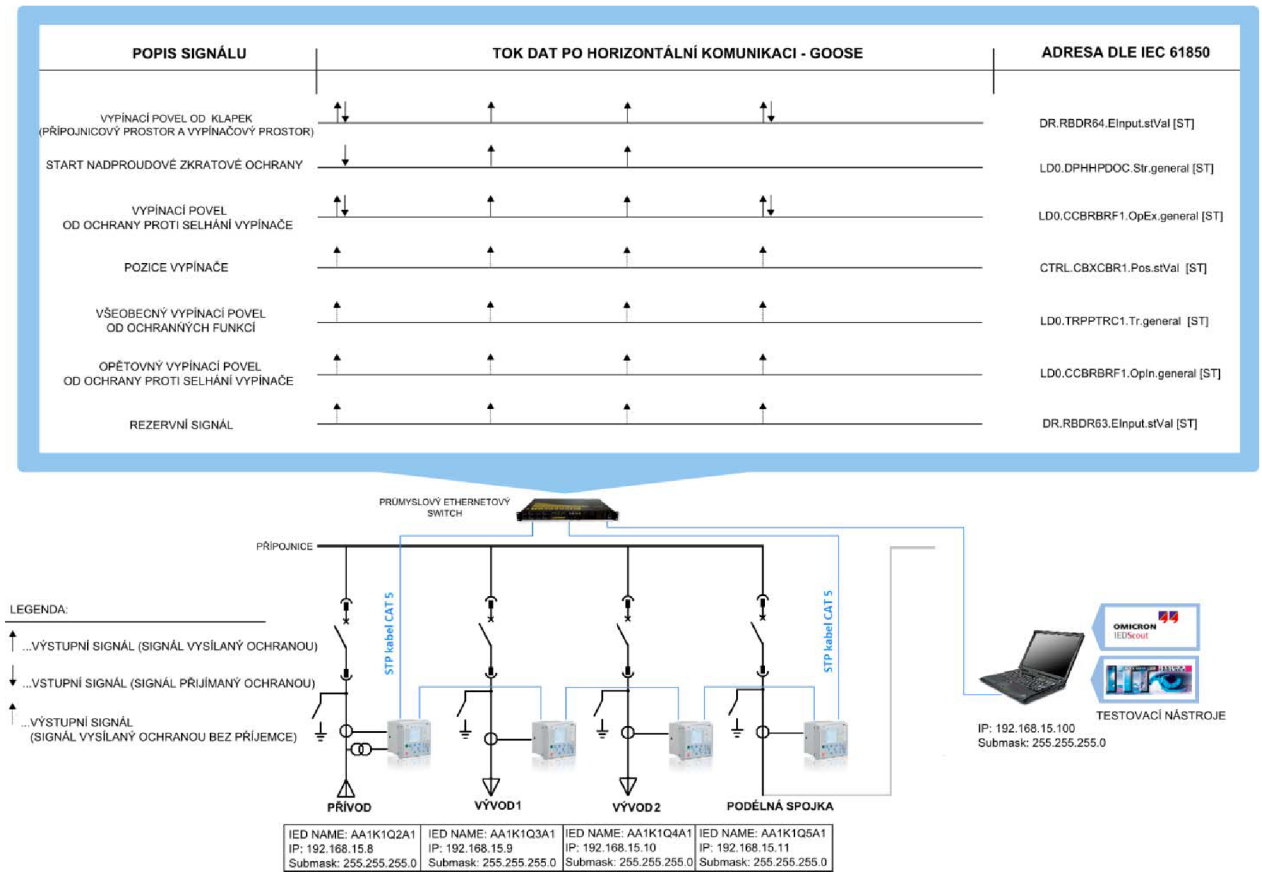
[12] U stavových hodnot je reportování spouštěno vždy na základě spouštěcích podmínek dchl, qchg viz *Tab. 3-11*.

8 ENGINEERING KOMUNIKACE IEC 61850 A GOOSE U OCHRANY POLE REF615

8.1 Výchozí podklady pro model

Jako výchozí podklad pro tento model byla využita část modelové testovací rozvodny v ABB PPMV Brno s ochranami REF615. Jednotlivým polím byla přiřazena funkce dle *Obr. 8-1*, tedy jedno přívodní pole, dvě vývodová pole a pole s podélnou spojkou přípojnic. Vlastní konfigurace (viz příloha E na přiloženém CD) je stejná pro všechny ochrany REF615 v jednotlivých polích a vychází ze signálů přiváděných na binární a analogové vstupy a výstupy viz příloha B. Jediným rozdílem v jednotlivých konfiguracích ochran je implementace ochranných a blokačních funkcí viz *Obr. 8-1* využívající horizontální komunikaci GOOSE jako jsou:

- vypínací povely od výfukových klapek z vypínačového a přípojnicového prostoru rozvaděče.
- ochrana při selhání výkonového vypínače.
- selektivní blokování zkratové ochrany v přívodním poli startem zkratové ochrany ve vývodovém poli (logická ochrana přípojnic).



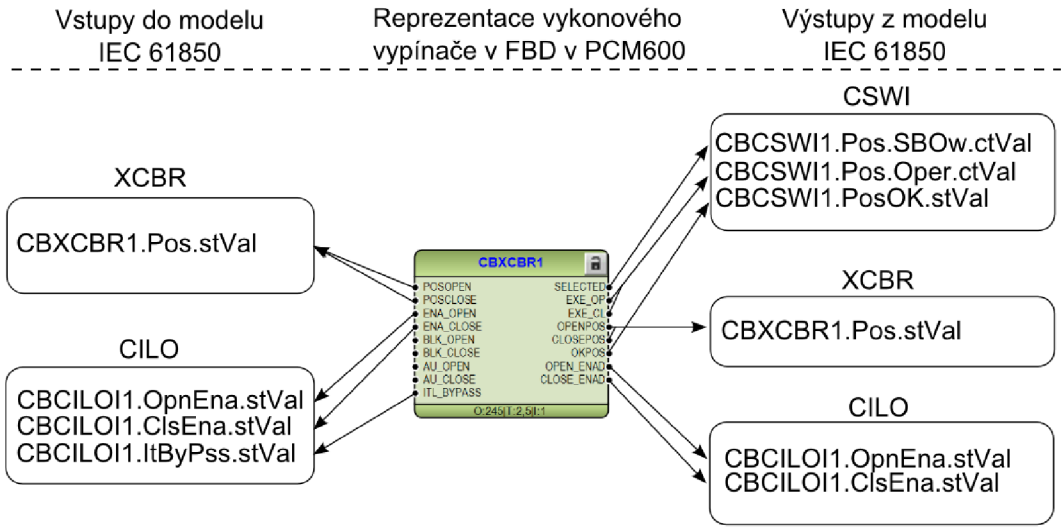
Obr. 8-1 Schéma modelu elektrické stanice s ochranou REF615, IEC 61850 a GOOSE.

Jak je patrno z *Obr. 8-1* vysílají jednotlivé ochrany po GOOSE i signály, které nejsou využívané přímo ostatními ochranami, avšak lze je s výhodou využít při testování funkcionality ochranných a blokačních funkcí nebo pro jejich časové odezvy vázající se např. na vypínací reakci výkonového vypínače.

Chování reálných primárních prvků je stejně jako v předchozím případě simuluje naprogramovaná logika v LOGO! Siemens. Ostatní binární signály jsou simulovány spínači na panelu. Všechny ochrany a ethernetový switch využívají pro komunikaci kruhovou topologii. Ke switchi je taktéž připojen osobní PC, který v tomto zapojení reprezentuje zároveň konfigurační a testovací stanici v rámci jednonoho přístupového bodu v modelované komunikační síti.

8.2 Engineeringový postup – vertikální komunikace

Celý engineeringový postup pro vertikální komunikaci IEC 61850 u ochrany pole REF615 vychází pouze z vlastní konfigurace a v implementovaných funkcích reprezentovaných bloky v FBD. Použitím bloku funkce PCM600 generuje automaticky příslušný logický uzel (nebo více logických uzlů – děděné atributy a hodnoty) se všemi příslušnými vlastnosti v popisovém CID souboru IEC 61850. Stavové hodnoty přiváděné na bloky v FBD pak přímo v modelu IEC 61850 reprezentují stavové hodnoty jednotlivých atributů logických uzlů viz *Obr. 8-2*. Nástroj PCM600 taktéž sám vytváří výchozí datové sady a příslušné řídící BRCB, včetně nastavení reportovacích podmínek. Pokud uživatel požaduje definovat datové sady s vlastním je nutno využít konfigurátor systému např. IET600 (ABB).



Obr. 8-2 Základní vztah mezi bloky FBD a modelem v IEC 61850 v ochraně REF615.

Jak je patrno odpadá tak složitý re-engineering podobný u REF 542*plus*, použití dalších nástrojů a minimalizace chyb lidského faktoru. Uživatel se tak může soustředit pouze na samotnou konfiguraci, kde ovšem nutná alespoň základní znalost komunikačního protokolu IEC 61850 (značení funkcí dle IEC 61850) a vztah mezi konfigurací v FBD a samotným modelem IEC 61850.

Při tvorbě konfigurace FBD v PCM600 je největší důraz kladen na standardizaci jak na samotnou konfiguraci FBD tak i reprezentaci signálů v komunikaci ve všech ochranách REF615. Tato skutečnost je daná právě implementovaným protokolem IEC 61850. Příkladem standardizace může být např. signál z vypínače signalizující nenastřádání pružiny, pro který je nutné dle [38] přednostně využít vstupy SPR_CH_ST (spring charge start – inicializace změny signálu nastřádané pružiny) a SPR_CH (spring charge – pružina nastřádána) bloku SSCBR1 (monitorování stavu vypínače). Případné nenastřádání pružiny je pak v každé ochraně REF615 možno tento signál vždy vyčíst z adresy *SSCBR1.SprChaAlm.stVal.*

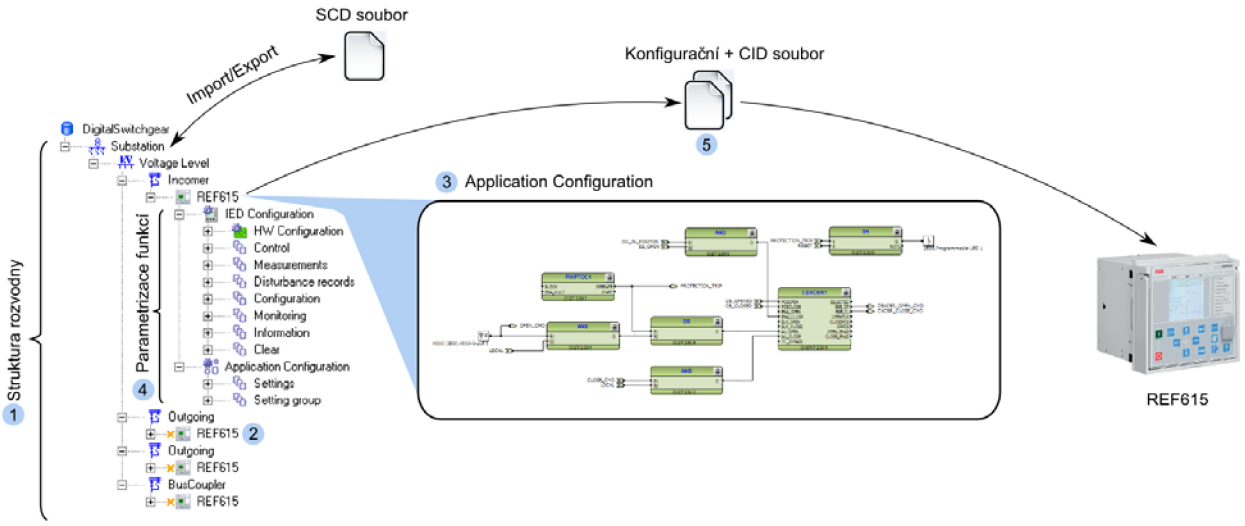
Podobných standardizovaných zákonitostí lze nalézt celou řadu viz [38] a jsou nutné pro plnohodnotné využití implementovaného komunikačního protokolu IEC 61850 v ochraně pole REF615.

Konfigurace REF615 společně s modelem IEC 61850 pro vertikální komunikaci zahrnuje následující body, které jsou podrobně rozepsány v [32], [38] a zobrazeny v *Obr. 8-3*:

- **Založení projektu a definice struktury rozvodny (1):** Uživatel definuje úroveň rozvodny, napěťovou úroveň a úroveň pole viz *Obr. 8-3*. Konfigurační nástroj PCM600 na základě této struktury definuje základní strukturu rozvodny v SCD souboru.
- **Definování typu požitých ochran v jednotlivých úrovních pole a definování technického klíče ochrany (2)**: PCM600 na základě uživatelem zadaného objednávacího čísla ochrany (platí u ochran rodiny RELION®) nadefinuje základní hardwarové a funkční vlastnosti ochrany (zahrnuje ochranné a speciální funkce implementované v ochraně). Funkce následně budou zpřístupněny v nástroji Application Configuration. Technický klíč ochrany je generován automaticky z názvů jednotlivých úrovní rozvodny (lze změnit).
- **Vytvoření funkčního schématu FBD v nástroji Application Configuration (3):** PCM600 na základě použitých bloků FBD generuje model IEC 61850 v CID souboru příslušné ochrany.
- **Nastavení parametrů funkcí v ochraně (4):** Zahrnuje nastavení převodů měřících transformátorů, parametrizaci ochranných a speciálních funkcí v FBD a základní nastavení samotné ochrany (např. prahová hodnota napětí pro binární vstupy apod.).
- **Nastavení komunikačních parametrů ochrany (4):** IP adresa a maska podsítě (zadní komunikační port) a IP adresa komunikační gateway.
- **Nahrání konfigurace společně s popisovým souborem CID do ochrany (5).**

Při definovaní pouze vertikální komunikace s IEC 61850 mají ochrany s implementovaným komunikačním protokolem IEC 61850 (nejen ochrana REF615) oproti ochranám bez IEC 61850 tedy např. REF 542*plus* jednu podstatnou výhodu. A to tu, že při zjištění chybějící funkce v konfiguraci (např. ochranné funkce) není nutné provádět celý engineering vertikální komunikace znovu[13].

[13] V případě zjištění chybějící funkce v konfiguraci REF 542*plus* je nutné celý engineering vertikální komunikace provést znovu, aby příslušná funkce byla zařazena v modelu IEC 61850 v CID souboru.



Obr. 8-3 Postup konfigurace ochrany REF615 s IEC 61850 pomocí nástroje PCM600.

8.3 Engineeringový postup – horizontální komunikace GOOSE

Při engineeringu horizontální komunikace GOOSE dochází ve své podstatě k vytvoření komunikačního kanálu mezi modely IEC 61850 v jednotlivých ochranách a k propojení nadefinovaných signálů GOOSE s vlastní konfigurací v FBD. Před samotným engineeringem je nutné mít vždy konfigurace všech ochran, mezi nimiž bude definována horizontální komunikace GOOSE, odzkoušené a funkční. Ochrany musí mít taktéž aktivní komunikační port s přidělenou IP adresou (v případě REF615 se jedná o zadní komunikační port).

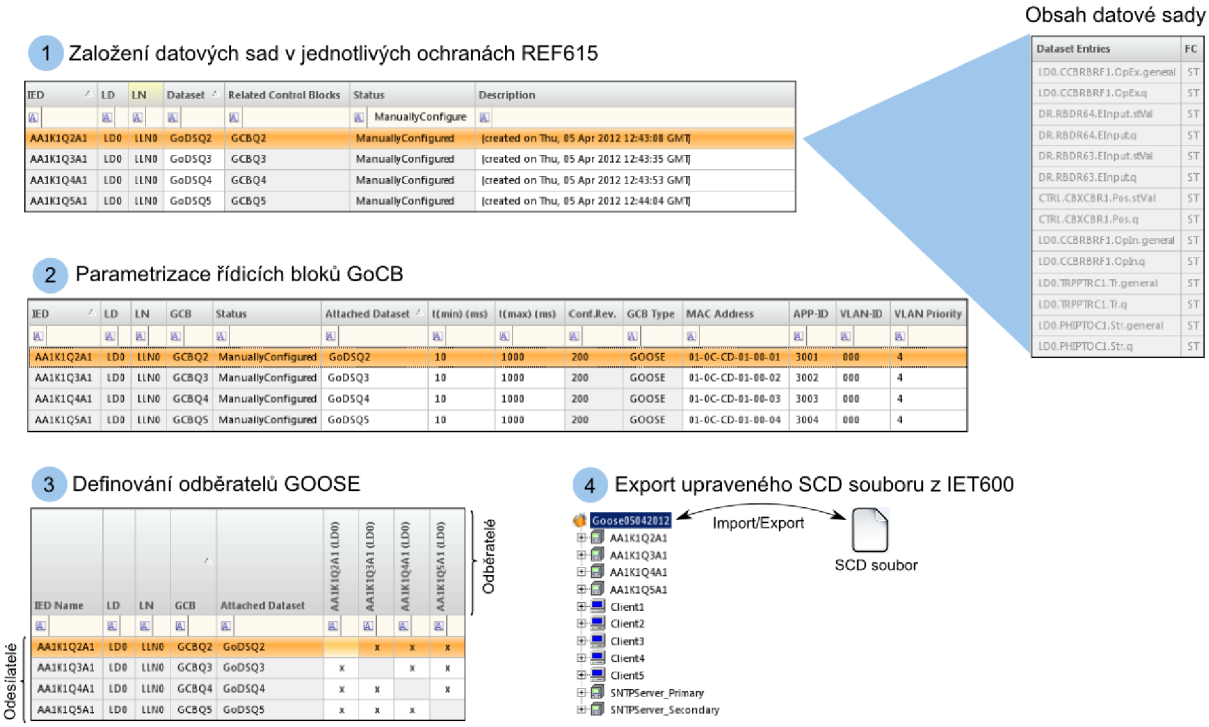
Engineering pro projekt dle *Obr. 8-1* začíná vyexportováním popisového SCD souboru celé rozvodny z PCM600 (viz *Obr. 8-3*) a naimportováním tohoto souboru do konfigurátora systému v tomto případě IET600 (Integrated Engineering Toolbox).

Tento nástroj umožňuje kompletní engineering a práci s modelem standardu IEC 61850 v uživatelsky jednoduchém rozhraní. Horizontální komunikace mezi ochranami může být definována mezi ochranami definovanými v jednom SCD souboru (jako v tomto případě), nebo mezi ochranami v jednom SCD souboru a jednotlivými ochranami reprezentované popisovými soubory ICD, IID, CID (ochrany více výrobců), nebo mezi samostatnými popisovými soubory jednotlivých ochran. Engineering horizontální komunikace v IET600 zahrnuje následující čtyři body, které jsou pro názornost opět zobrazeny na *Obr. 8-4*:

- **Vytvoření datových sad a definování odkazů na konkrétní signály (1):** V prvním kroku je nutné pro všechny ochrany, které vysílají GOOSE zprávy vytvořit datové sady ve struktuře *LD/LLN0* s odkazy na požadované signály z modelu IEC 61850 včetně přidružených quality signalů. V tomto případě jsou signály přidělovány dle *Tab. 8-1*, která vychází z návrhu dle *Obr. 8-1*. V praxi je vhodné definovat i rezervní GOOSE signály pro případ budoucího rozšíření horizontální komunikace[14].

[14]U vyšší řady ochran rodiny RELION® jsou k tomuto účelu v PCM600 definovány přímo speciální komunikační bloky.

- **Vytvoření řídicích bloků GoCB a jejich parametrizace (2):** Dalším krokem je vytvoření objektů (bloků) GoCB v jednotlivých ochranách pro řízení přenosu GOOSE zpráv ve struktuře *LD/LLN0* a jejich nastavení viz *Tab. 8-1* včetně přiřazení příslušné datové sady.
- **Definování odběratelů GOOSE zpráv v rámci multicastingové komunikace (3):** Dle *Tab. 8-1* jsou v tomto konkrétním případě všechny ochrany REF615 zároveň odesílatelé i příjemci. Pro identifikaci ochran se používá již zmiňovaný technický klíč definovaný v PCM600.
- **Vyexportování upraveného SCD souboru z IET600 (4)**



Obr. 8-4 Engineering horizontální komunikace GOOSE v IET600.

Tab. 8-1 Shrnutí nastavení DS a řídicích bloků GoCB pro horizontální komunikaci GOOSE.

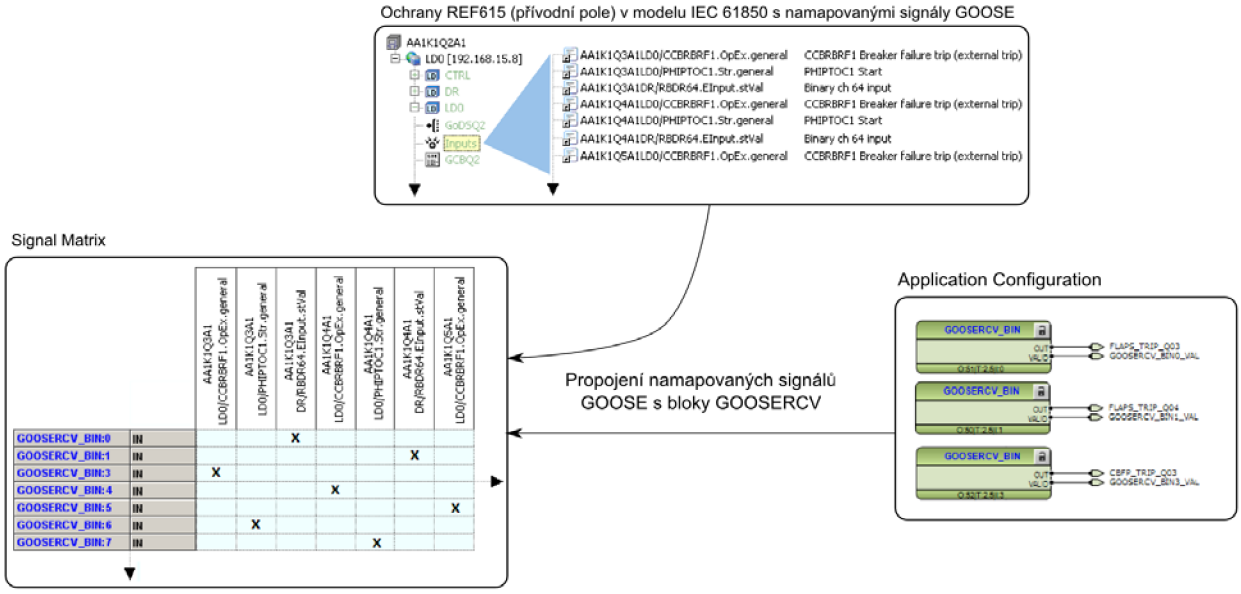
Ochrana (IED name): AA1K1Q2A1, IP: 192.168.15.8		
Nastavení GoCB:	**Parametry odesílání:** **T_{min}** = 10 ms, **T_{max}** = 1000 ms **MAC adresa:** 01-0C-CD-01-00-01	**Parametry ethernetového rámce:** **APP ID:** 3001 **VLAN ID:** 000 **VLAN priority:** 4
Odběratelé GOOSE:	**Ochrany (Technický klíč):** AA1K1Q3A1, AA1K1Q4A1, AA1K1Q5A1	
Obsah datové sady:	*LD0.PHIPTOC.Str.general [ST]* *LD0.TRPPTRC1.Tr.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpEx.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpIn.general [ST]*	*DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]* *DR.RBDR63.EInput.stVal [ST]* *CTRL.CBXCBR1.Pos.stVal [ST]*

Tab. 8-1 Pokračování.

Ochrana (IED name): AA1K1Q3A1, IP: 192.168.15.9, Submask: 255.255.255.0		
Nastavení GoCB:	**Parametry odesílání:** $\mathbf{T_{min}}$ = 10ms, $\mathbf{T_{max}}$ = 1000 ms **MAC adresa:** 01-0C-CD-01-00-02	**Parametry ethernetového rámce:** **APP ID:** 3002 **VLAN ID:** 000 **VLAN priority:** 4
Odběratelé GOOSE:	**Ochrany (Technický klíč):** AA1K1Q2A1, AA1K1Q4A1, AA1K1Q5A1	
Obsah datové sady:	*LD0.DPHHPDOC.Str.general [ST]* *LD0.TRPPTRC1.Tr.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpEx.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpIn.general [ST]*	*DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]* *DR.RBDR63.EInput.stVal [ST]* *CTRL.CBXCBR1.Pos.stVal [ST]*
Ochrana (IED name): AA1K1Q4A1, IP: 192.168.15.10, Submask: 255.255.255.0		
Nastavení GoCB:	**Parametry odesílání:** $\mathbf{T_{min}}$ = 10ms, $\mathbf{T_{max}}$ = 1000 ms **MAC adresa:** 01-0C-CD-01-00-03	**Parametry ethernetového rámce:** **APP ID:** 3003 **VLAN ID:** 000 **VLAN priority:** 4
Odběratelé GOOSE:	**Ochrany (Technický klíč):** AA1K1Q2A1, AA1K1Q3A1, AA1K1Q5A1	
Obsah datové sady:	*LD0.DPHHPDOC.Str.general [ST]* *LD0.TRPPTRC1.Tr.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpEx.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpIn.general [ST]*	*DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]* *DR.RBDR63.EInput.stVal [ST]* *CTRL.CBXCBR1.Pos.stVal [ST]*
Ochrana (IED name): AA1K1Q5A1, IP: 192.168.15.11, Submask: 255.255.255.0		
Nastavení GoCB:	**Parametry odesílání:** $\mathbf{T_{min}}$ = 10ms, $\mathbf{T_{max}}$ = 1000 ms **MAC adresa:** 01-0C-CD-01-00-04	**Parametry ethernetového rámce:** **APP ID:** 3004 **VLAN ID:** 000 **VLAN priority:** 4
Odběratelé GOOSE:	**Ochrany (Technický klíč):** AA1K1Q2A1, AA1K1Q3A1, AA1K1Q4A1	
Obsah datové sady:	*LD0.TRPPTRC1.Tr.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpEx.general [ST]* *LD0.CCBRBRF1.OpIn.general [ST]*	*DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]* *DR.RBDR63.EInput.stVal [ST]* *CTRL.CBXCBR1.Pos.stVal [ST]*

Pozn.: Význam jednotlivých signálů je uveden v *Obr. 8-1*.

Při zpětném importování SCD souboru s definovanou horizontální komunikací do PCM600 (viz *Obr. 8-3*) dochází k přepsání všech modelů IEC 61850 v CID souborech jednotlivých ochran. Jelikož model IEC 61850 je stejný jak v původních CID souborech tak v nově definovaných (doplněný pouze o horizontální komunikaci GOOSE), PCM600 opět automaticky přiřadí signály z modelu IEC 61850 k příslušným blokům FBD v nástroji Application Configuration. Uživatel musí manuálně dodefinovat pouze rozdíl, tedy přiřadit požadované přijímané signály z GOOSE k jednotlivým blokům FBD pomocí uživatelského rozhraní Signal Matrix dle *Obr. 8-5*. Pro příjem GOOSE signálů a zavedení do FBD logiky se dle [38] používají speciální FBD bloky jejichž použití je dáno typem přenášeného signálu (např. GOOSERCV_BIN – binární hodnoty; GOOSERCV_INTL – dvoubitové hodnoty; GOOSERCV_CMV – měřené hodnoty apod.).



Obr. 8-5 Propojení namapovaných signálů GOOSE v modelu IEC 61850 s funkčním schématem.

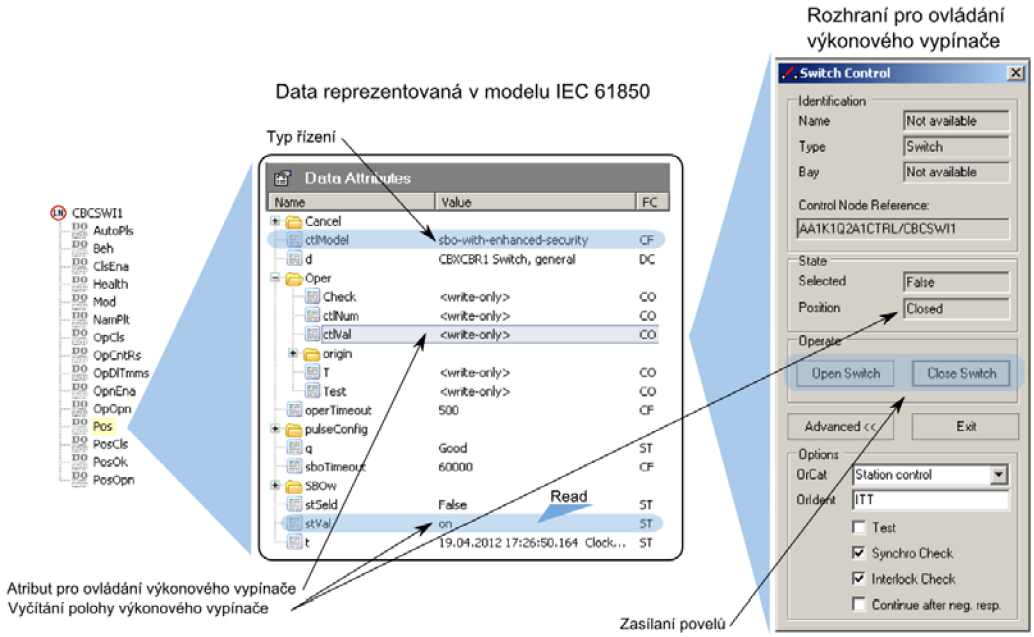
Výše popsané propojení je nutné provést ve všech ochranách REF615 v projektu, které přijímají GOOSE zprávy. Jelikož ochrany přijímají obsah celé datové sady mohou v Signal Matrix zůstat signály, které nejsou přidělené k žádnému FBD bloku. V případě požadavků je možné dodatečné signály do funkčního schématu zavést. Engineering horizontální komunikace GOOSE je zakončen nahráním konfigurace a CID souboru do jednotlivých ochran.

8.4 Testování vertikální komunikace

Testování vertikální komunikace u ochrany REF615 je totožné s postupy uvedenými u ochranného terminálu REF 542*plus* v kapitole 7.3, ale v tomto případě byly prováděny pomocí testovacího nástroje ITT600 SA Explorer. Oproti ochanému terminálu REF 542*plus* lze použít jeden popisový SCD soubor (z PCM600 nebo již modifikovaný z IET600) v němž jsou modely všech ochran a pomocí testovacího nástroje ITT600 SA Explorer lze k jednotlivým modelům přistupovat zároveň, což je především výhodné při testování horizontální komunikace GOOSE.

Na *Obr. 8-6* je pro úplnost uvedeno testování ovládání výkonového vypínače pomocí dálkového přístupu. Nástroj ITT600 SA Explorer má implementované uživatelské rozhraním pro ovládání výkonového vypínače obstarává za uživatele označování prvku (funkce SBO), které bylo nutné při použití v nástroji IED Scout viz *Obr. 7-12*.

Jelikož ochrana REF615 má protokol IEC 61850 implementovaný vnitřně a signály jsou mapovány automaticky je testování vertikální komunikace s IEC 61850 pouze formální záležitostí ověřující správnost přiřazení signálů uživatelem na jednotlivé bloky FBD především dle funkce, použití funkčních bloků v logickém schématu (např. funkční bloky pro měření) a jejich správnou parametrizaci. Otestování signálů vertikální u ochran s plnohodnotně implementovaným protokolem IEC 61850 je základem pro úspěšný engineering horizontální komunikace GOOSE.

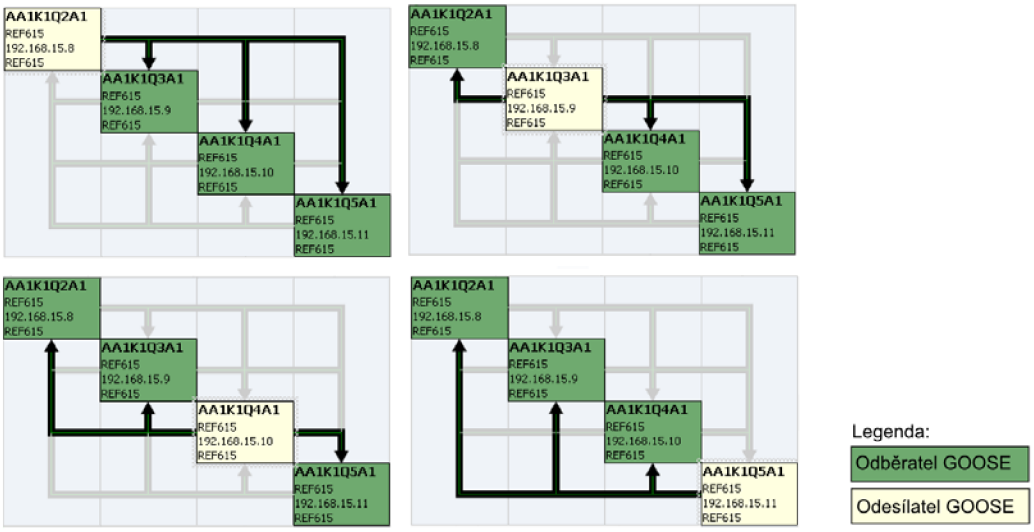


Obr. 8-6 Testování dálkového ovládání výkonového vypínače pomocí nástroje ITT600 SA Explorer.

.

8.5 Testování funkcí využívající horizontální komunikaci GOOSE

Při testování ochranných a logických funkcí využívající GOOSE zprávy je využíván testovací nástroj ITT600 SA Explorer s integrovaným nástrojem ITT – Explore GOOSE, který umožňuje zachytávat všechny GOOSE zprávy v rozvodně zasílané mezi jednotlivými ochranami. GOOSE zprávy z různých ochran je pak následně možno synchronizovaně vyhodnocovat a porovnávat v osciloskopickém prostředí zobrazující datový tok po horizontální komunikaci. Před vlastním testováním je taktéž doporučeno zkontrolovat pomocí testovacího nástroje definované odesílatele a příjemce GOOSE zpráv viz *Obr. 8-7*, což je vhodné např. při rozsáhlých rozvodnách pro základní a rychlou představu o datovém toku v rámci horizontální komunikace. Toto zobrazení je umožněno pouze při použití SCD souboru exportovaného z konfigurátora systému.



Obr. 8-7 Datový tok po horizontální komunikaci v modelované části rozvodny.

8.5.1 Testování postupného vypínání poškozené části rozvodny realizované pomocí GOOSE (aktivace výfukových klapek)

Jedním s moderních aktivních ochranných systémů rozvaděčů Unigear proti účinkům vnitřního obloukového zkratu je instalace různých typů snímačů (využívající tlak nebo záblesk) do různých částí rozvaděče. Příkladem tohoto mohou být snímače ITH sestávající se z mikrospínačů umístěných v horní části rozvaděče blízko klapek výfuku plynů tří výkonových oddílů (vypínače, přípojnice a kabelový prostor). Při aktivací ITH snímačů ve všech oddílech je nutné, aby poškozená část byla okamžitě vyřazena z provozu, tj. ITH snímače v kabelovém prostoru vyřadí z provozu poškozený vývod, ITH snímače ve vypínačovém a přípojnicovém prostoru vyřadí napájení celého oddílu. [39]

Realizace této speciální ochranné funkce je ve mnoha případech u VN rozvoden prováděna pomocí průběžných metalických propojů mezi jednotlivými poli rozvodny. V části rozvodny realizované v tomto modelu dle *Obr. 8-1* je postupné vypínání jednotlivých částí rozvodny (v závislosti na místě vzniku poruchy) realizováno pomocí GOOSE zpráv zasílaných z ochrany REF615 v místě vzniku poruchy do ochran REF615 umístěných v ostatních částech modelované rozvodny dle vypínacího schématu zobrazeného v *Tab. 8-2*.

Tab. 8-2 Vypínací schéma pro vyřazení poškozené části rozvodny pomocí GOOSE při aktivaci výfukových klapek.

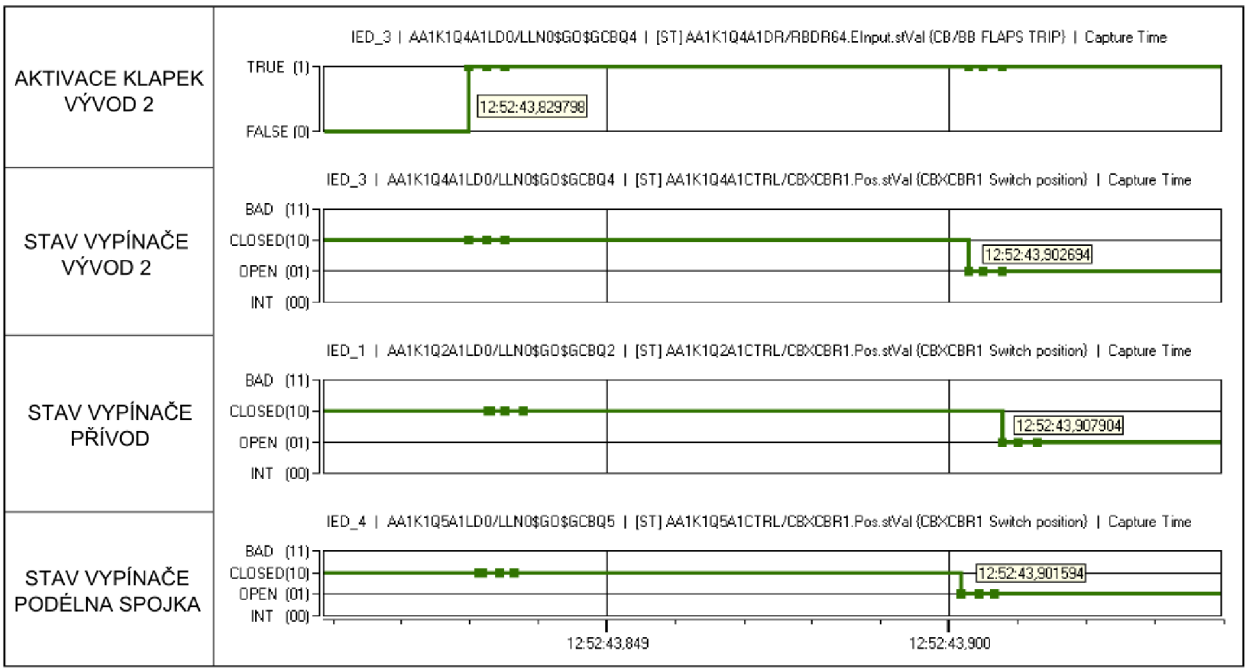
Vypínací povel, adresa IEC 61850 využitá pro GOOSE zprávu	Vypínač přívod	Vypínač vývod 1	Vypínač vývod 2	Vypínač podélná spojka
Aktivace klapek (BB, CB prostor) – Přívod *AA1K1Q2A1.DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]*	○	-	-	●
Aktivace klapek (BB, CB prostor) – Vývod 1 *AA1K1Q3A1.DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]*	●	○	-	●
Aktivace klapek (BB, CB prostor) – Vývod 2 *AA1K1Q4A1.DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]*	●	-	○	●
Aktivace klapek (BB, CB prostor) – Podélná spojka *AA1K1Q5A1.DR.RBDR64.EInput.stVal [ST]*	●	-	-	○

Pozn.: ○ Vypínací povel realizovaný přes metalické spojení; ● Vypínací povel realizovaný přes GOOSE; - žádný vypínací povel; BB - Busbar, CB - Circuit breaker.

Z datového toku získaného pomocí nástroje ITT – Explore GOOSE viz *Obr. 8-8* je pak patrná simulace aktivace výfukových klapek (v modelu simulováno spínačem na panelu) ve vývodovém poli č.2. Ochrana AA1KQ4A1 po detekci poruchy zasílá vypínací povel na vypínač v tomto poli a taktéž je detekována změna hodnoty v uživatelsky definované datové sadě na adrese *AA1KQ4A1.DR.RBDR64.EInput.stVal* (reprezentuje aktivaci klapek), která způsobí rychlé cyklické odesílání[15] této GOOSE zprávy do ochrany v přívodu a podélné spojce, které zajistí bezpečné oddělení poškozené části rozvodny od části zdravé do přibližně 80 ms[16]. Pro ostatní případy z *Tab. 8-2* je testovací proces a odstavování poškozené části nejlépe patrný z datového toku po horizontální komunikaci v příloze C.

[15] Cyklické odesílání je patrné i z osciloskopického průběhu na *Obr. 8-8*, kdy k rychlému cyklickému odesílání dochází při každé změně datového atributu (definované spouštěcí podmínky).

[16] Hodnota je pouze informativního charakteru a je platná pouze pro využívané testovací panely. Při použití reálných primárních zařízení může být tento čas odlišný.



Obr. 8-8 Testování postupného vypínání poškozené části rozvodny realizované pomocí GOOSE po aktivaci výfukových klapek ve vývodovém

8.5.2 Testování logické ochrany přípojnic realizované pomocí GOOSE

Dalším moderním způsobem chránění VN rozvoden je využití tzv. logické ochrany přípojnic, která mohla být plnohodnotně využita až s nástupem digitálních ochran s implementovanými více stupňovými ochrannými funkcemi. Princip logické ochrany spočívá v komunikaci (zablokování vynutí jedno ochrany popudem jiné ochrany) mezi ochranami v mnoha případech realizované pomocí metalického spojení. Výhoda pak spočívá ve zkracování vypínacích časů u zkratových ochran nebo v zablokování nežádoucího působení v případě, který si uživatel může sám určit. [3]

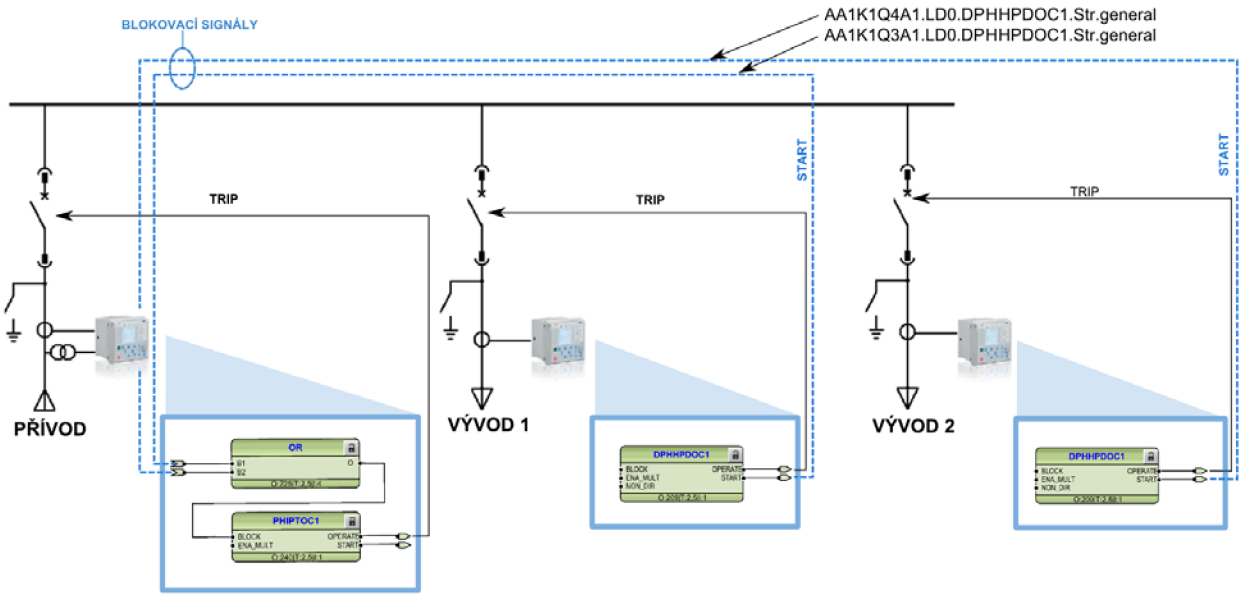
V případě využití protokolu IEC 61850 a GOOSE zpráv lze docílit velice rychlých blokačních časů dle následujících praktických testů s ochranou pole REF615 až pod 3 ms.

Na modelované části rozvodny byla realizována logická ochrana přípojnic pomocí ochrany PHIPTOC1 (třífázová nadproudová nesměrová ochrana, zkratový stupeň) v přívodním poli, která je blokována startem od nadproudových ochran DPHHPDOC1 (třífázová nadproudová směrová ochrana, rychlý stupeň, směrový člen vypnut) v obou přívodních polích. Principiální realizace logické ochrany přípojnic pomocí komunikačního protokolu IEC 61850 a GOOSE zpráv je naznačena na *Obr. 8-9*.

Při provádění vlastního testu jsou zkratové proudy ve vývodních polích simulovány sekundárním testerem FREJA 300 dle zapojení na *Obr. 8-10*. Všechny potřebné nastavení pro ochranné funkce PHIPTOC1, DPHHPDOC1 a sekundární tester jsou shrnuty v *Tab. 8-3*.

Testovací procedura je opět patrná z osciloskopického průběhu zobrazující aktuální tok GOOSE zpráv po horizontální komunikaci mezi jednotlivými ochranami viz *Obr. 8-11*. Při vzniku zkratu ve vývodním poli č. 1 dochází k aktivaci nadproudové ochrany DPHHPDOC1 v tomto poli (*AA1K1Q3A1.LD0.DPHHPDOC1.Str.general*) a zároveň i nadproudové zkratové ochrany PHIPTOC1 v přívodním poli (*AA1K1Q2A1.LD0.PHIPTOC1.Str.general*). Ochrana AA1K1Q3A1 posílá blokovací signál do ochrany AA1K1Q2A1 v přívodním poli a dochází

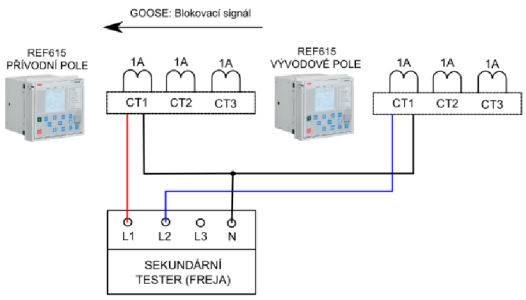
k zablokování nadproudové ochranné funkce PHIPTOC1 do 2,99 ms. Informaci o zablokování ochrany PHIPTOC1 v tomto případě reprezentuje signál *AA1K1Q2A1.RD.RDBR63.EInput.stVal* odesílaný ochranou AA1K1Q2A1 v přívodu. Jak je dále patrno z průběhů *Obr. 8-11,* ochrana *DPHHPDOC1* po 182,2 ms generuje vypínací popud *(AA1K1Q3A1.LD0.TRPPTRC1.Tr.general)* a dochází k vypnutí vypínače v tomto poli (*AA1K1Q3A1.CTRL.CBXCBR1.Pos.stVal*). Stav vypínače v přívodním poli reprezentovaný signálem *AA1K1Q2A1.CTRL.CBXCBR1.Pos.stVal* zůstává neovlivněn, ani v případě trvání simulované poruchy → stále aktivní blokace od ochrany *DPHHPDOC1* a správná funkčnost logické ochrany přípojnic. Ostatní záložní stupně nadproudových ochranných funkcí musí být v případě testovacího procesu logické ochrany přípojnic deaktivovány, aby byl proces blokování zřejmý. Obdobným způsobem byl proveden test logické ochrany přípojnic mezi vývodem 2 a přívodem viz zjednodušený datový tok po horizontální komunikaci v příloze C.



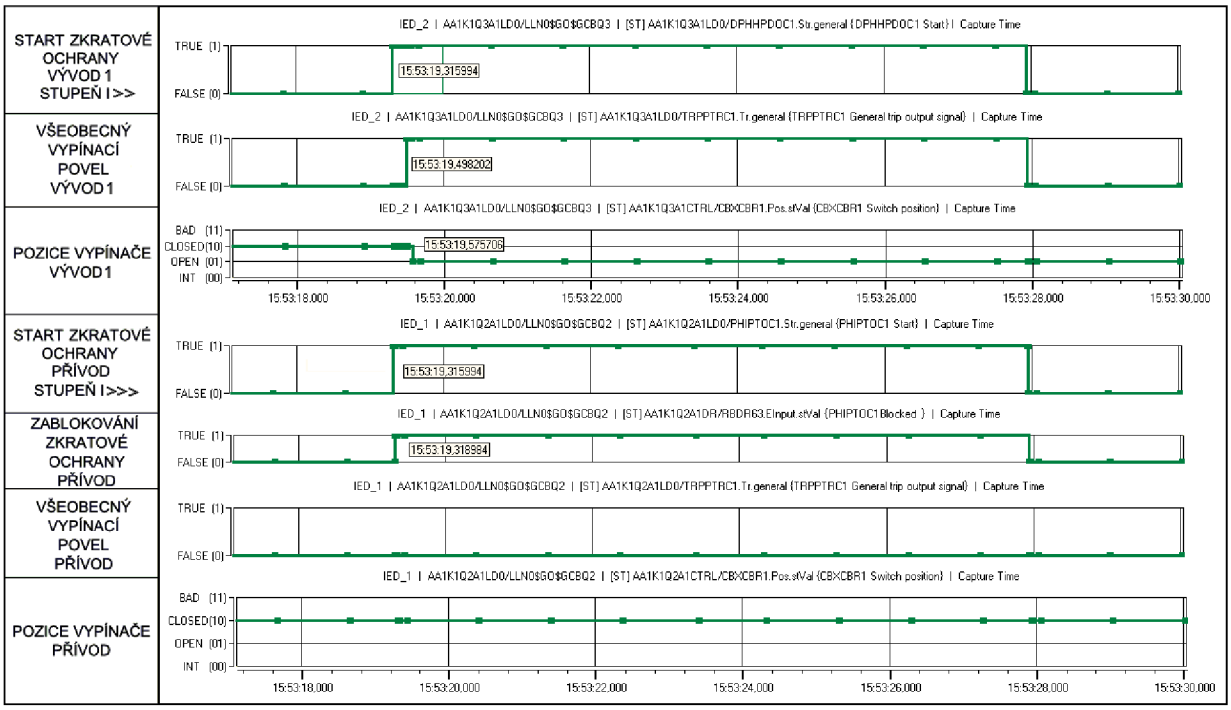
Obr. 8-9 Realizace logické ochrany přípojnic s ochranou REF615 a GOOSE.

Tab. 8-3 Příklad nastavení ochran a testeru při testování logické ochrany přípojnic.

PHIPTOC1 (přívod), DPHHPDOC1 (vývody)	
Start value:	$1xI_n$
Operate delay time:	200 ms
Nastavení sekundárního testeru	
Nastavený proud L1:	1,50 ∠0° A
Nastavený proud L2:	1,50 ∠0° A
Nastavený proud L3:	0 ∠0° A



Obr. 8-10 Zapojení testeru při testování logické ochrany přípojnic.



Obr. 8-11 Testování logické ochrany přípojnic (Přívod x Vývod 1) realizované pomocí GOOSE.

8.5.3 Testování postupného vypínání poškozené části rozvodny realizované pomocí GOOSE (při selhání výkonového vypínače)

Jednou z nejzávaznějších poruch v rozvodnách VN a VVN bývá selhání výkonového vypínače způsobené většinou mechanickými závadami nejrůznějšího typu. Při selhání výkonového vypínače je nejdůležitější rychlé vypnutí nadřazených vypínačů. Moderní digitální ochrany mají již implementované ochranné funkce k jednoznačné detekci poruchy vypínače založené většinou na principu sledování polohy vypínače nebo jím protékajícího proudu, jež jsou vyhodnocovány s časovým zpožděním od vypínacího popudu proudových ochranných funkcí. Pro rychlé zasílání vypínacích popudů do nadřazených výkonových vypínačů je možno dosáhnout opět v kombinaci s komunikačním protokolem IEC 61850 a GOOSE zpráv jako je naznačeno v následujících odstavcích.

Na části modelované rozvodny dle *Obr. 8-1* byla pro ochrany při selhání výkonového vypínače použita ve všech polích ochranná funkce CCBRBRF1 (Circuit breaker failure protection) jejíž funkce je podrobně popsána v [38]. Pro případné selhání výkonových vypínačů v jednotlivých polích je realizováno zasílání příslušných vypínacích povelů prostřednictvím GOOSE zpráv dle vypínacího schématu zobrazeného v *Tab. 8-4*.

Pro aktivaci funkce CCBRBRF1 je použit vypínací popud od ochranné funkce DPHHPDOC1 (stejné nastavení z *Tab. 8-3*.). Vlastní nastavení ochranné funkce CCBRBRF1 je shrnuto v *Tab. 8-4*.

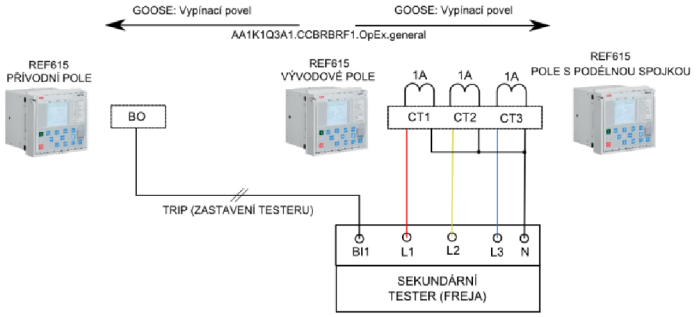
Tab. 8-4 Vypínací schéma pro vyřazení poškozené části rozvodny pomocí GOOSE při selhání výkonového vypínače.

Vypínací povel, adresa IEC 61850 využitá pro GOOSE zprávu	Vypínač přívod	Vypínač vývod 1	Vypínač vývod 2	Vypínač podélná spojka
Selhání výkonového vypínače – Přívod *AA1K1Q2A1.LD0.CCBRBRF1.OpEx.general*	x	-	-	●
Selhání výkonového vypínače – Vývod 1 *AA1K1Q3A1.LD0.CCBRBRF1.OpEx.general*	●	x	-	●
Selhání výkonového vypínače – Vývod 2 *AA1K1Q4A1.LD0.CCBRBRF1.OpEx.general*	●	-	x	●
Selhání výkonového vypínače – Podélná spojka *AA1K1Q5A1.LD0.CCBRBRF1.OpEx.general*	●	-	-	x

Pozn.: x Vypínač v poruše – retrip funkce CCBRBRF1; ● Vypínací povel realizovaný přes GOOSE; - žádný vypínací povel;

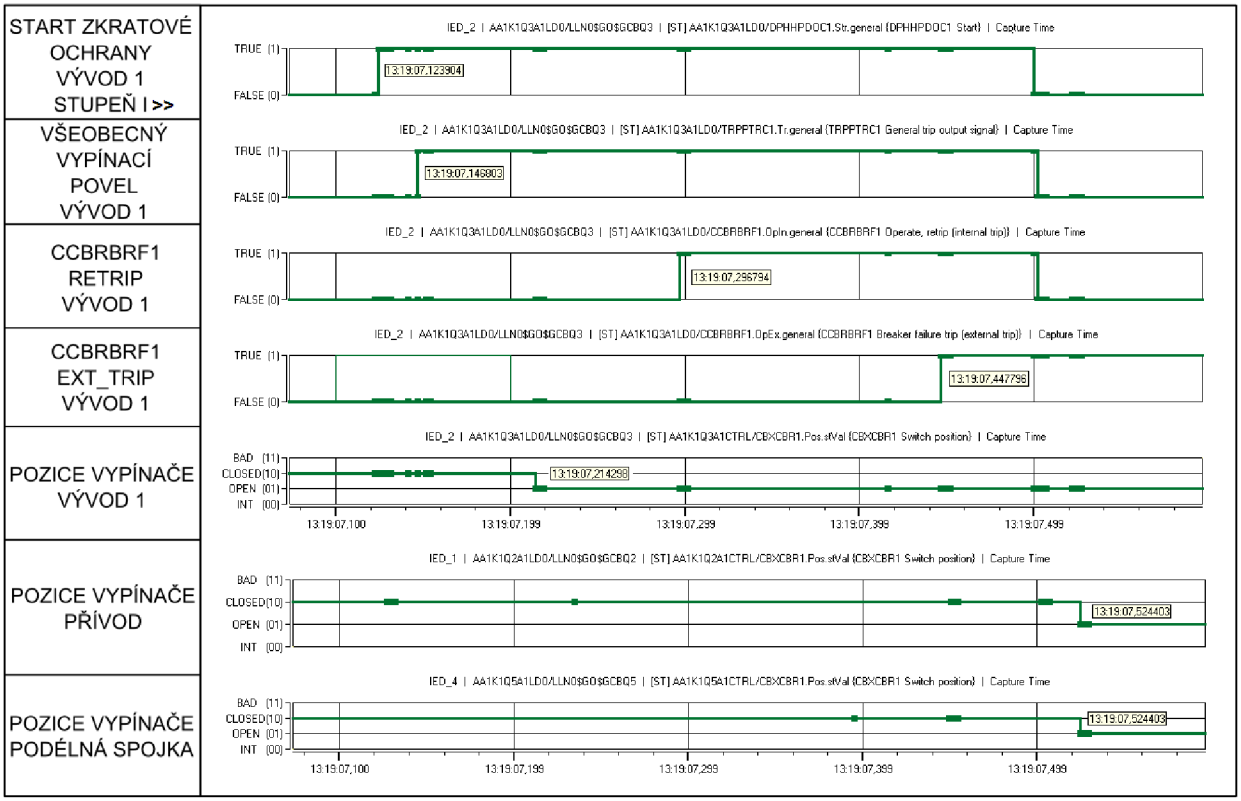
Tab. 8-5 Příklad nastavení ochrany a testeru při testování ochrany při selhání vypínače.

CCBRBRF1	
Current value:	$0{,}3xI_n$
CB failure mode:	Current
CB retrip mode:	Current check
Retrip time:	150 ms
CB failure delay:	300 ms
Nastavení sekundárního testeru	
Nastavený proud L1:	1,50 ∠0° A
Nastavený proud L2:	1,50 ∠0° A
Nastavený proud L3:	0 ∠0° A



Obr. 8-12 Zapojení testeru při testování ochrany při selhání vypínače.

Vzorové otestování této ochranné funkce využívající GOOSE pro vypínání nadřazených výkonových vypínačů je opět patrné z datového toku po horizontální komunikaci zachyceného nástrojem ITT – Explore GOOSE viz *Obr. 8-13* . Z průběhů je patrné, že při simulaci poruchy výkonového vypínače ve vývodovém poli dochází k chybné signalizaci polohy vypínače při simulovaném vypínacím popudu od nadproudové ochrany DPHHPDOC1. Tato skutečnost je patrná ze stále aktivního signálu *AA1Q3A1.LD0.DPHHPDOC1.Str.general*, který musí být v případě rozpojení proudového obvodu vypínačem deaktivován, což jak je patrno nenastalo. Tento stav vyhodnocuje ochranná funkce CCBRBRF1, která po neúspěšném opětovném popudu na vypnutí vypínače vysílá po 150 ms GOOSE zprávu do ostatních ochran v rozvodně, které na základě navrženého vypínacího schématu viz *Tab. 8-4* provedou vypnutí nadřazených vypínačů. V tomto případě vypínače v přívodním poli a v poli podélné spojky. Testovací proces selhání výkonových vypínačů v ostatních částech modelované rozvodny je patrný z přiložených datových toků po horizontální komunikaci v příloze C zachycených při jednotlivých testováních.



Obr. 8-13 Testování ochrany při selhání výkonového vypínače ve vývodovém poli 1 realizované pomocí GOOSE.

9 SHRNUTÍ A SROVNÁNÍ ENGINEERINGU IEC 61850 U OCHRAN REF 542*PLUS* A REF615

V *Tab. 9-1* jsou shrnuty a srovnány základní engineeeringové postupy pro konfiguraci komunikačního protokolu IEC 61850 u ochranného terminálu REF 542*plus* a ochrany pole REF615. Ze srovnání vyplývá, že engineering komunikace IEC 61850 je u ochrany REF615 méně časově náročný a práce s abstraktním modelem je jednodušší, protože je generován automaticky nástrojem PCM600 podle uživatelsky definovaných funkčních bloků. Omezení týkající se omezení komunikačního protokolu IEC 61850 především u ochranného terminálu REF 542*plus* jsou shrnuty v závěru této práce.

*Tab. 9-1 Shrnutí engineeringu IEC 61850 a GOOSE u ochran REF542*plus *a REF615.*

	Ochranný terminál REF542*plus*		**Ochrana pole REF615**
Vertikální komunikace s IEC 61850 – srovnání engineeringů			
1. Vytvoření funkčního schématu ve FUPLE pomocí nástroje Configuration Tool pro REF 542*plus*.		1. Vytvoření funkčního schématu FBD v PCM600.	
2. Parametrizace funkčních bloků (měřících funkcí, ochranných a řídicích funkcí); lze měnit bez vlivu na komunikační engineering.		2. Parametrizace funkčních bloků (měřících funkcí, ochranných a řídicích funkcí); lze měnit bez vlivu na komunikační engineering.	
3. Nastavení komunikačních parametrů (IP adresa, maska podsítě…).		3. Nastavení komunikačních parametrů (IP adresa, maska podsítě, technický klíč…).	
4. Nahrání konfigurace do ochrany REF 542*plus*.		4. Nahrání konfigurace společně s automaticky generovaným CID souborem s abstraktním model IEC 61850 do ochrany REF615.	
5. Testování uživatelsky definované konfigurace → bezprostřední vliv na následný engineering.		5. Testování uživatelsky definované konfigurace zároveň s komunikační částí → vždy pevně provázána s uživatelskou konfigurací v FBD.	
6. Vyexportování souboru RCA se SPA registry použitých funkcí a SVG souboru s jednopólovým schématem z nástroje Configuration Tool.		6. **V případě nalezení chybějící funkce ji lze snadno pomocí nástroje PCM600 doplnit → automaticky doplněna i do CID souboru.**	
7. Vytvoření CID a ECM souborů pomocí SCL Tool, kde uživatel musí do modelu IEC 61850 manuálně dodefinovat LN a DO pro signály reprezentované binárními vstupy, výstupy a komunikačními objekty a provést nastavení BRCB.			
8. Nahrání CID a ECM souborů do ochrany REF 542*plus*.			
9. Opětovné testování konfigurace nyní již zároveň s komunikační částí.			
10. **V případě nalezení chybějící funkce je nutné ji doplnit do konfigurace a opakovat engineering od bodu 5 → tj. vytvořit znovu popisový CID soubor.**			

Tab. 9-1Pokračování

	Ochranný terminál REF542*plus*		**Ochrana pole REF615**
Horizontální komunikace s GOOSE – srovnání engineeringů			
Přenos GOOSE zpráv není u ochrany REF 542*plus* podporován.		1. Export SCD souboru z PCM600 do konfigurátora systému (platí pro ochrany konfigurované pomocí PCM600).	
		2. Definování datového tok mezi jednotlivými ochranami.	
		3. Export SCD souboru z konfigurátora systému zpět do PCM600.	
		4. Nahrání konfigurace společně modifikovaným CID souborem do jednotlivých ochran.	
		5. Testování funkcí využívající horizontální komunikaci GOOSE.	

10 ZÁVĚR

10.1 Současný stav dané problematiky

Od vzniku komunikačního standardu IEC 61850 začali výrobci IED usilovně pracovat na implementaci toho protokolu do svých produktů. V současné době je již na trhu celá řada digitálních ochran s implementovaným protokolem IEC 61850 a to buď s plnohodnotnou, nebo jen částečnou podporou (starší typy digitálních ochran s komunikačním převodníkem). Při současném vývoji trendů energetice je výběr digitální ochrany s plně implementovaným protokolem IEC 61850 (ABB – ochrany řady RELION®, Siemens – ochrany řady SIPROTEC 4 apod.) jedinou rozumnou volbou s ohledem na cenu, budoucí vývoj nových technologií a neustále se zvyšujícími požadavky na spolehlivost elektrických sítí.

10.2 Nabyté poznatky a výsledky práce

Teoretická část této diplomové práce shrnuje všechny základní technické principy, vlastnosti a možnosti komunikačního standardu IEC 61850, který zavedl do komunikační části rozvoden NN, VN a VVN jednoznačný řád, strukturu zjednodušuje a zefektivňuje proces samotného engineeringu (tvorba výkresové dokumentace, programování ochranných relé), zapojování a testování.

Praktická část práce je zaměřena engineering komunikace IEC 61850 u ochranného terminálu REF 542*plus* a engineering komunikace IEC 61850 včetně horizontální komunikace GOOSE pro ochranu pole REF615. Z těchto obou postupů je patrné, že engineering komunikace IEC 61850 u ochrany REF615 z výrobní řady RELION®, jejíchž koncept je navržen plně v souladu se standardem IEC 61850, je konfigurační proces daleko méně časově náročnější a taktéž práce s abstraktním modelem IEC 61850 daleko jednodušší než v porovnání s konfiguračním procesem IEC 61850 u ochranného terminálu REF 542*plus*. Navíc z hlediska funkčnosti a využití standardu IEC 61850 není ochrana pole REF615 nijak omezena jako ochrana REF 542*plus,* kterou lze např. z hlediska komunikace provozovat pouze ve hvězdicové topologii (omezena komunikační redundance na úrovni pole), nemožnost zařadit do abstraktního modelu některé funkce (např. poruchový zapisovač) popř. využít některé služby (parametrizace ochranných funkcí prostřednictvím komunikace) a především nemožnost realizovat aplikace s horizontální komunikací GOOSE. Implementace standardu IEC 61850 v REF542*plus* však ukazuje možnost alespoň částečného využití tohoto komunikačního protokolu u starších digitálních ochran (vč. REF 542*plus*) ovšem za cenu složitějšího engineeringu a omezené funkčnosti.

Na prakticky prováděných testech u konfigurací obou ochran tj, REF 542*plus* (jednoduché vývodové pole pro transformátor) a REF615 (část rozvodny s přívodovým polem, dvěma vývodovými poli a polem s podélným spínačem přípojnic), jsou prezentovány ověřeny možnosti komunikačního protokolu IEC 61850 u jednotlivých ochran. U obou ochran bylo prováděno testování vertikální komunikace pomocí nástrojů IED Scout a ITT SA Explorer. V modelované části rozvodny byla realizovaná horizontální komunikace s využitím GOOSE zpráv mezi čtyřmi ochranami REF615, pomocí níž byly realizované základní vypínací a blokovací scénáře v této části rozvodny, které byly jednoduchým a názorným způsobem otestovány pomocí nástroje a ITT SA Explorer. Realizované funkce na modelované části rozvodny dokazují, že horizontální

komunikace GOOSE je vhodná jak pro jednoduché tak i pro technicky a investičně náročné aplikace, kde jsou požadovány vysoké nároky na dlouhodobou spolehlivost a rychlost přenosu informací, která se u klasických metalických spojení realizuje jen velmi obtížně. Ochrany využívající horizontální komunikaci GOOSE vždy provádějí samokontrolou všech odesílaných signálů a navíc je tato kontrola prováděna ve většině případů i v samotné konfiguraci. Při případné poruše komunikace je tento stav okamžitě signalizován na rozdíl od klasického metalického spojení, kdy přerušení vodiče je detekováno až při neprovedení požadované funkce, což může mít i katastrofální důsledky.

Jak je patrno komunikační standard IEC 61850 má dnes obrovský potenciál a to především díky jednoznačně stanoveným pravidlům a při použití nejmodernějších technologií. Určitou nevýhodou můžou být požadavky kladené na specializovaný personál a softwarové vybavení, které jsou nutné při provádění případných změn v samotných konfiguracích. Pro kvalifikovaný personál je však provádení těchto změn jednoduché, rychlé a bez změn ve výkresové dokumentaci, popř. propojení panelů.

10.3 Možnosti dalšího postupu práce

V současné době je komunikační standard IEC 61850 neustále rozšiřován o nové funkce[17], které se snaží výrobci implementovat do svých výrobků a zvýšit tak potenciál využití standardu IEC 61850 v technické praxi. Příkladem muže být snaha o zavedení jednotné procesní sběrnice dle IEC 61850-9-2, která v současné době není běžně využívána. Tato procesní sběrnice nabízí velký potenciál pro využití senzorové technologie, která v budoucnu nahradí klasické transformátory proudu a napětí. Pro úspěšné a plnohodnotné zavedení této sběrnice do praxe však chybí podpora jak ze strany výrobců digitálních ochran, tak i ze strany výrobců slučovacích jednotek. Zavedením sběrnice dle IEC 61850-9-2 se otevřou nové možnosti pro kompletní standardizovanou digitalizaci rozvoden NN, VN a VVN a taktéž nové možnosti z hlediska chránění elektrických zařízení a vlastních efektivnějších testovacích procesů.

[17] Nové funkce byly do standardu IEC 61850 implementovány např. vydáním jeho druhé edice.

POUŽITÁ LITERATURA

Monografie:

[1] STRAUSS, C. *Electrical network automation and communication systems*. Newnes, 2003. 202s. ISBN: 97-80-750-6580-10

[2] STODŮLKA, I. *Terminál pro řízení a chránění vývodového pole REF 542plus*. Bakalářská práce Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 82 s.

[3] GRYM, R., et al. *Chránění II*. 1. Vyd. Ostrava : IRIS, 2004. 305 s. ISBN 80-903540-0-9.

Normy a standardy:

[4] IEC 61850-5. *Communication networks and systems for power utility automation: Part 5: Communication requirements for functions and device models.* 1. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2003. 138s.

[5] IEC 61850-6. *Communication networks and systems for power utility automation: Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs.* 2. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2010. 220s.

[6] IEC 61850-7-1. *Communication networks and systems for power utility automation: Part 7-1: Basic communication structure – Principes and models*. 2. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2011. 294s.

[7] IEC 61850-7-2. *Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-2: Basic information and communication structure – Abstract communication service interface (ACSI)*. 2. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2010. 218s.

[8] IEC 61850-7-3. *Communication networks and systems for power utility automation: Part 7-3: Basic communication structure – Common data classes*. 2. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2010. 186s.

[9] IEC 61850-7-4. *Communication networks and systems for power utility automation: Part 7-4: Basic communication structure – Compatible logical node classes and data object classes*. 2. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2010. 184s.

[10] IEC 61850-9-1. *Communication networks and systems in substations – Part 9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link.* 1. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2003. 36s.

[11] IEC 61850-9-2. *Communication networks and systems in substations – Part 9-2: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3.* 1. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2004. 36s.

[12] IEC 61346-2. *Industrial systems, Installations and Equipment and Industrial Products - Structuring Principles and Reference Designations: Part 2: Classification of objects and codes for classes.* 1. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission, 2000. 218s.

[13] IEC 61850-90-1. *Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-1: Use of IEC 61850 for the communication between substations.* 1. Vyd. Geneva (Switzerland): International Electrotechnical Commission. 2010.81s

Články, prezentace:

[14] ADAMIAK, M., BAIGENT, D., MACKIEWICZ, R. *IEC 61850 Communication Networks and Systems In Substations: An Overview for Users*. The Protection & Control Jurnal: Smart Grid: The Road Ahead. 2009(spring), strana 61-68. Dostupné z WWW: <http://www.gedigitalenergy.com/multilin/journals/issues/Spring09/IEC61850.pdf>

[15] APOSTOV, A. *IEC 61850 Substation Configuration Language and Its Impact on the Engineering of Distribution Substation Systems.* International Congress on Electricity Distribution, CIDEL Argentina 2010. 6s. Dostupné z WWW: <http://www.cidel2010.com/papers/PAPER-31-28022010.PDF>

[16] APOSTOV, A. *IEC 61850 Distributed Analog Values Applications in Substation Automation Systems*. IEEE, 2005. 8s.

[17] CONG, W. PAN, Z. *Communication Service Model for Wide Area Protection System Based on IEC 61850.* Transactions of Tianjin University. 2008. Vol.14 No.3. strana 226-230. Dostupné z WWW: <http://www.springerlink.com/content/d8074727k4675781/fulltext.pdf>

[18] FORGUE, B.,VLADYKA, P. *IEC 61850: Soubor norem pro komunikaci v energetice s velkým potenciálem výhod*. AUTOMA. 2010(3), 10-12. Dostupné z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40771>

[19] KIRRMANN, H. *Introduction to IEC 61850 substation communication standard*. ABB Switzerland Ltd, 2004. Dostupné z WWW: <http://lamspeople.epfl.ch/kirrmann/Slides/AI_421_IEC61850.pdf>

[20] MESMAEKER, I., ET AL. *Substation Automation based on IEC 61850*. 11/2012. Dostupné z WWW:<http://www05.abb.com/global/scot/scot221.nsf/veritydisplay/f169c6ca0710df26c12570d1005396b5/$file/cairo-dfn.pdf>

[21] BRUNNER, CH., *IEC 61850 – Introduction*. 2009. 67s. Dostupné z WWW: < http://www.ieee.ch/assets/Uploads/pes/downloads/0904/09043iec61850.pdf >

[22] YINGYI, L., CAMPBELL, R. *Understanding and Simulating the IEC 61850 Standard.* Dostupné z WWW: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.176.5160&rep=rep1&type=pdf>

[23] WIMMER, W. *More than interoperable data exchange between engineering tools*. ABB Baden. Switzerland. 2005. 5s. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot221.nsf/veritydisplay/80467f9e16b5f20cc12570d10051f83a/$file/pscc_2005%20paper%20676%20wimmer.pdf>

Manuály, firemní literatura:

[24] ABB S.R.O. *IEC 61850 in ZX Gas-insulated medium voltage switchgear. 2010. Dostupné z WWW:* <*http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/8dfc9e7017ab4fb6c125764700470fed/$file/2452_iec%2061850%20in%20zx_en_.pdf*>

[25] ABB Oy. *Multifunction Protection and Switchbay Control Unit REF 542plus: Manual Part 4: Communication to station control system. 2002. 114 s.* Dokument ID: 1VTA100005en-1. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/a98a6e938151373ac1257444004adba5/$file/ref542plus_comm_1vta100005_ena.pdf>

[26] ABB s.r.o. *PPMV Brno UniGear Days 2011: IEC 61850 enabled UniGear.*

[27] ABB Oy. *REF 542plus: Protection Functions: Configuration and Settings Protection manual. 2009. 360s.* Document ID: 1VTA10002. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/9b41029b775e514cc1257750003674d9/$file/REF542plus_protman_755860_ENe.pdf>

[28] ABB Oy. *REF 542plus*: Configuration Tool Manual. 2010. *260s.* Document ID: 1MRS755871. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/e2dcb2b5b1b537d5c12577500036d0a0/$file/REF542plus_conftool_usg_755871_ENe.pdf >

[29] ABB Oy. *615 Series: IEC 61850 Engineering Guide*. 2010. 60s. Document ID: 1MRS756475. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/d8edc031e801bbb1c1257721004717af/$file/re_615_iec61850_eng_756475_ene.pdf>

[30] SIEMENS AG. *Ethernet & IEC 61850: Concepts, Implementation, Commissioning*. 2011. 100s. Dostupné z WWW: <http://siemens.siprotec.de/download_neu/software/DIGSI_4/Manual/IEC61850_IBS_Startup_A4_EN.pdf>

[31] SIEMENS AG. *Ethernet & IEC 61850: Start Up Manual*. 2009. 66s. Dostupné z WWW: <http://siemens.siprotec.de/download_neu/software/DIGSI_4/Manual/IEC61850_STARTUP_A3_EN.pdf>

[32] ABB Oy. *615 Series: Engineering Manual. 2010. 108s.* Document ID: 1MRS757121. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/4b467814aa7bc9c8c125773c0033d4ca/$file/RE_615_eng_757121_ENa.pdf>

[33] ABB Oy. *Feeder terminal REF 542plus: Product Guide*. 34s. Document ID: 1MRS756269. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/304fe84e52a1b3dcc12577500037fc6d/$file/ref542plus_tob_756269_enf.pdf>

[34] ABB Oy. *Application Recommendations REF 542plus: Application and Setting Guide*. 2008. 20s. Document ID: 1MRS756405. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/2d48af8b81a6bb56c12574c0001de98b/$file/appl_%20ref%20542plus_756405_enb.pdf>

[35] ABB Oy. *Feeder protection REF615: Product Guide*. 2010. Document ID: 1MRS756379C. Dostupné z WWW: <http://library.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/3ce9a84e7a02a14dc125747a002818f4/$File/REF615_pg_756379_ENc_.pdf>

[36] ABB Oy. *SCL Tool: Configuration manual.* 2007. 164s. Document ID: 1MRS756342. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/687eee9b9f4942cfc12576d500446450/$file/ref542plus_cm_756342_enb.pdf>

[37] ABB Oy. *IET600 Integrated Engineering Toolbox: User manual*. 2010. 62s. Document ID: 1KHL504666

[38] ABB Oy. *615 Series: Technical Manual.* 2010. 748s. Document ID: 1MRS756887. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/02327abcb4d03be7c12577b900267bb0/$file/RE_615_tech_756887_ENe.pdf>

[39] ABB s.r.o. *UniGear typ ZS1: Kovově krytý, vzduchem izolovaný rozvaděč vysokého napětí, odolný proti vnitřním obloukovým zkratům.* 2005. 91s. Document ID: 1VCL000010. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/2999fa858de0d3a9c12573e0002ce409/$file/ca_unigear(cs)r2-1vcl000010-11.2005.pdf>

[40] SCHWARTZ, K. IEC 61850 and IEC 61400-25 Logical Node Classes. 2010. 7s. <http://www.nettedautomation.com/download/std/LNs_2010-02-06.pdf

Počítačové programy:

[41] ABB Oy. *Configuration Tool pro REF 542plus* [program]. Verze V4D.08.

[42] ABB Oy. *REF 542plus SCL Tool* [program]. Verze 3.1d.

[43] ABB Oy. *Protection and Control IED Manager: PCM 600 Engineering Pro*. [program] Verze 2.4.1

[44] ABB Oy. *Integrated Engineering Toolbox: IET600* [program]. Verze 5.1.

[45] ABB Oy. *Integrated Testing Toolbox: ITT600 SA Explorer* [program]. Verze V1. SP1.

[46] OMICRON. *IED Scout* [program]. Verze 1.5.