

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

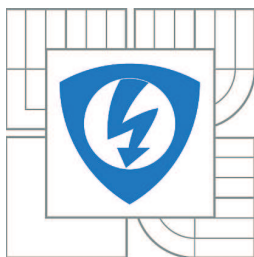
PROJEKT KOMUNIKACE DISTANČNÍCH OCHRAN 7SA 610 PRO
CHRÁNĚNÍ PŘENOSOVÉHO VEDENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN BARTKO

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Jan Bartko

ID: 83943

Ročník: 2

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Projekt komunikace distančních ochran 7SA 610 pro chránění přenosového vedení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Technický popis ochrany 7SA 610 a jejích ochranných funkcí.
2. Způsob konfigurace a nastavení ochrany, komunikace PC - ochrana, požadavky na vzájemnou komunikaci dvou ochran při chránění oboustranně napájeného vedení.
3. Projekt komunikace mezi ochranami.
4. Otestování komunikační cesty, pomocí sekundárního testeru ochran.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 20.5.2011

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

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 způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

BARTKO, J. *Projekt komunikace distančních ochran 7SA 610 pro chránění přenosového vedení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 50 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D

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

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslavě Orságové, Ph.D. za trpělivost, cenné rady a připomínky k mé práci a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

Projekt komunikace distančních ochran 7SA 610 pro chránění přenosového vedení

Bc. Jan Bartko

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

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2011

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Project of Communication for Distance Protections 7SA 610 Protecting a Transmission Line

by

Bc. Jan Bartko

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

Brno University of Technology, 2011

Brno

ABSTRAKT

Tato práce v úvodní části popisuje strukturu a funkce distanční ochrany Siemens Siprotec 7SA610 a předkládá základní teoretické poznatky o komunikačním standardu IEC 61850. Dále se práce zaměřuje na konfiguraci topologie dvou distančních ochran 7SA610, PC a sekundárního testeru ochran Omicron CMC256+. Pro testování této sítě byly ochrany naprogramovány pomocí softwarového nástroje DIGSI za účelem posílání a přijímání GOOSE zpráv. Byla vytvořena jednoduchá testovací funkce a v dalším kroku byl z řídicího systému složeného z PC a testeru simulován povel opětného zapínání. Ochrana zpracovala příkaz a zároveň vyslala GOOSE zprávu s požadavkem na opětné zapínání i pro druhou ochranu. Posledním úkolem bylo změřit pomocí sekundárního testeru ochran dobu přenosu GOOSE zprávy mezi ochranami. Toto měření bylo realizováno testerem Omicron CMC 256+, který obsahuje rozšíření NET-1, díky kterému je kompatibilní se standardem IEC 61850. V závěru práce jsou shrnuty dosažené výsledky a nastíněn další možný postup.

KLÍČOVÁ SLOVA: distanční ochrana; komunikace; IEC 61850; GOOSE; doba přenosu; opětné zapínání

ABSTRACT

This work describes the structure and function of the distance protection relay Siemens 7SA610 SIPROTEC and presents the basic theoretical knowledge of the communication standard IEC 61850 at the beginning. It focuses on the configuration of the topology of two 7SA610 distance protection relays, PC and secondary relay test set Omicron CMC256 +. These two distance protection relays were programmed by using software implement DIGSI to transmit and receive GOOSE messages. It served to testing this created network by simple function. Computer and tester simulated the control system and commanded auto-reclosure to the first distance protection. Instruction was processed and also sended to the second distance protection. The final objective was to measure the tranfer time of GOOSE message between two distance protection relays. There was used a secondary tester. This measurement was implemented the tester Omicron CMC 256 +, which involves extending the NET-1 and so is compatible with the standard IEC 61850. The results and further actions are summarized in conclusion.

KEY WORDS: distance protection relay; communication; IEC 61850; GOOSE; transfer time; reclosure

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
1 ÚVOD	13
2 DISTANČNÍ OCHRANA SIPROTEC 7SA 610	14
2.1 ZÁKLADNÍ STRUKTURA PŘÍSTROJE	14
2.1.1 ANALOGOVÉ VSTUPY.....	14
2.1.2 MIKROPOČÍTAČOVÝ SYSTÉM.....	15
2.1.3 BINÁRNÍ VSTUPY A VÝSTUPY.....	15
2.1.4 PRVKY NA ČELNÍM PANELU	15
2.1.5 SÉRIOVÁ ROZHRANÍ.....	16
2.1.6 PROUDOVÉ NAPÁJENÍ.....	17
2.2 OBLASTI POUŽITÍ	17
2.2.1 OCHRANNÉ FUNKCE.....	18
2.2.2 HLÁŠENÍ A UKLÁDÁNÍ HODNOT PORUCHOVÝCH VELIČIN	18
2.2.3 KOMUNIKACE	19
2.3 VLASTNOSTI	19
2.4 ROZSAH FUNKCÍ.....	20
NADPROUDOVÁ ČASOVÁ OCHRANA	22
3 STANDARD IEC 61850.....	26
3.1 MOŽNOSTI	26
3.2 NOVÉ VLASTNOSTI	27
3.3 PŘÍNOSY PRO UŽIVATELE	28
3.4 VYTVÁŘENÍ SIGNÁLŮ A DATOVÁ HIERARCHIE.....	29
3.5 ZPRÁVY GOOSE, GSSE A SV.....	32
3.6 MOŽNOSTI TESTOVÁNÍ OCHRAN POMOCÍ STANDARDU IEC 61850	33
4 PROJEKT KOMUNIKACE OCHRAN	35
4.1 SESTAVENÍ TOPOLOGIE A NASTAVENÍ OCHRAN.....	35
4.2 POSÍLÁNÍ TESTOVACÍ GOOSE ZPRÁVY	38
4.3 POVEL OPĚTNÉHO ZAPÍNÁNÍ Z ŘÍDÍCÍHO SYSTÉMU.....	41
4.4 MĚŘENÍ DOBY PŘENOSU GOOSE	43
5 ZÁVĚR.....	46
5.1 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU	47
POUŽITÁ LITERATURA	48
PŘÍLOHA A - CFC FUNKCE V OCHRANĚ AEA01	49
PŘÍLOHA B - CFC FUNKCE V OCHRANĚ AEA02.....	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Přední a zadní pohled na pouzdro distanční ochrany Siprotec 7SA610.</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 2-2 Hardwarová struktura digitální distanční ochrany 7SA610.</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 3-1 Kruhová topologie vytvářející redundanci.</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3-2 Struktura sběrnice pro stanici s Ethernetem a IEC 61850.</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 3-3 Modelování uzlů podle fyzických zařízení.</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 3-4 Příklad stromu datových objektů (DO) logického uzlu (LN) vypínače.</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 3-5 Příklad formátu funkčního celku.</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 3-6 Srovnání architektury testovacího systému pro ochrany s různými rozhraními.</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 4-1 Optický komunikační modul pro IEC 61850 s integrovaným switchem.</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4-2 Názorná demonstrace způsobu zapojení optických kabelů.</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4-3 Topologie zapojení.</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 4-4 Blokové schéma funkce TestSignal.</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 4-5 Vytvořená skupina TestSignal v matici I/O ochrany AEA01.</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 4-6 Vytvořená skupina TestSignal v matici I/O ochrany AEA02.</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 4-7 Umístění signálu TestSignal v datové posloupnosti podle IEC 61850.</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 4-8 Topologie rozšířená o sekundární tester ochran Omicron CMC 256+.</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 4-9 Doba přenosu GOOSE zprávy mezi ochranami.</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 4-10 Propojení ochran s testerem při měření doby přenosu GOOSE.</i>	<i>44</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2-1 Vybavení a příslušenství dostupných distančních ochran.</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 3-1 Srovnání tradiční architektury s IEC 61850.....</i>	<i>28</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	Analog/Digital
BI	Binar Input
BO	Binar Output
CFC	Creating Functionality or Interlock Conditions
ECT	Electronic Current Transducer
EVT	Electronic Voltage Transducer
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Events
GPS	Global Positioning System
GSSE	Generic Substation State Events
HMI	Human Machine Interface
I/O	Input/Output
ICD	IED Capability Description
IEC	International Electrotechnical Commission
IED	Intelligent Electronic Device
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
IRIG-B	Inter-Range Instrumentation Group - Time Code Format B
LD	Logical Device
LED	Light-Emitting Diode
LN	Logical Node
MU	Merging Unit
OZ	opětné zapínání
PD	Physical Device
RUT	Relay Under Test
RxD	Receive Data
ŘS	řídící systém
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SCD	Substation Configuration Description
SCL	Substation Configuration Language
SV	Sampled Values
TCP	Transmission Control Protocol

TxD	Transmit Data
UTP	Unshielded Twisted Pair
XML	Extensible Markup Language

1 ÚVOD

Chránění přenosových linek závisí na celé řadě ochranných článků. Tyto články musí být spolehlivé a bezpečné za všech provozních podmínek v silovém systému, protože selhání nebo slabá odolnost jakéhokoliv z nich může zapříčinit problémy v celém systému ochran.

K distančním ochranám se vztahuje nemálo požadavků, jako například rychlost, přesnost, spolehlivost, apod. Nedílnou součástí dnešních systémů chránění se stala komunikace mezi jednotlivými prvky soustavy, a to jak úrovně - horizontální (např. ochrana – ochrana), tak meziúrovně - vertikální (např. ochrana – dispečink).[1]

A právě na poli průmyslové komunikace se odehrálo v poslední době množství změn a přešlo k novým postupům. Za nejsledovanější se dá považovat postupné zavádění standardu IEC 61850, jenž představuje milník v efektivitě a flexibilitě komunikačních systémů rozvoden.

Mnohé komunikační protokoly jsou regionálně omezené a prakticky žádný není kompatibilní s jiným. S ohledem na zvyšující se koncentraci řídicích energetických systémů i za hranicemi České Republiky vzniká vážný problém: protokoly spolu musí spolupracovat. To není vždy možné bez ztráty informací, protože rozsah a zpracování v jednotlivých protokolech se odlišuje. A to přináší další nadbytečné náklady. Nový standard IEC 61850 slibuje komunikaci bez hranic.

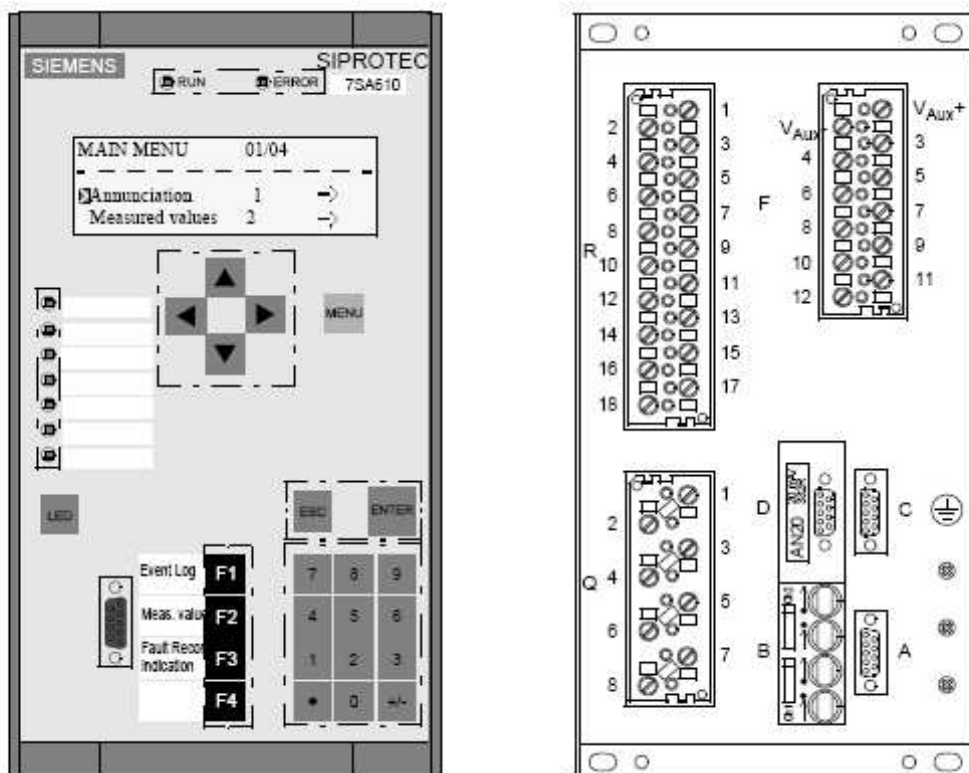
IEC 61850 překračuje hranice různými způsoby. Je to první a také jediný standard, který se vztahuje na všechny úrovně rozvodného systému, konkrétně procesní, sběrnice a staniční úroveň. Jednotlivá zařízení komunikují na jedné úrovni nebo mezi úrovněmi, a to se stejným protokolem. Struktura sběrnice používaná pro komunikaci je flexibilní a může být také navržena pomocí kruhové topologie jako redundantní. Pomocí protokolu TCP/IP mohou být ostatní služby např. webové, rovněž přenášeny pro vzdálenou údržbu prostřednictvím stejné komunikační sítě.

Tato práce nejprve předkládá technický popis distančních ochran 7SA 610. Představuje ovládací prvky, ochranné funkce a také možnosti komunikace těchto zařízení. Dále se zabývá možnostmi implementace standardu IEC 61850 do těchto ochran, požadavky na topologii zapojení a vzájemnou komunikaci při chránění oboustranně napájeného vedení i spojení s řídicími systémy. Projekt komunikace spočívá ve vzájemném posílání GOOSE zpráv a jejich vyhodnocení.

Následuje testování komunikační cesty pomocí sekundárního testeru ochran a softwarových nástrojů.

2 DISTANČNÍ OCHRANA SIPROTEC 7SA 610

Digitální distanční ochrana Siemens SIPROTEC 7SA610 je vybavena výkonným mikroprocesorem. Díky tomu mohou být všechny úkoly, od snímání měřených veličin až po vydávání příkazů výkonovým spínačům, plně digitálně zpracovány.



Obr. 2-1 Přední a zadní pohled na pouzdro distanční ochrany Siprotec 7SA610.

2.1 Základní struktura přístroje

Řada digitálních distančních ochrany SIPROTEC 7SA6 má velmi flexibilní řešení. Množství funkcí a vlastností, kterými přístroje disponují, závisí jen na přání a možnostech zákazníka. Může se tedy snadno stát, že dvě na první pohled totožné ochrany 7SA610 mají ve skutečnosti zcela odlišné parametry, funkce nebo komunikují pomocí různých komunikačních protokolů. K řešení této práce byly Ústavem elektroenergetiky propůjčeny dvě shodné distanční ochrany SIPROTEC 7SA610 s vnitřním uzpůsobením dle tab. 2-1. Základní struktura je blokově naznačena na obr. 2-2.

2.1.1 Analogové vstupy

Měřicí vstupy ME transformují proudy a napětí, jež přicházejí od měřících převodníků, a přizpůsobují je interní úrovni, se kterou přístroj pracuje. Přístroj disponuje 4 proudovými vstupy a 4 napěťovými vstupy. Tři proudové vstupy slouží jako vstupy proudů fázových vodičů, další (I_4) může být použit pro zemní proud (nulový bod proudového transformátoru), zemní proud paralelního vedení (pro kompenzaci paralelního vedení) nebo pro proud nulového bodu napájecího transformátoru (pro určení směru spojení se zemí).

Pro každé napětí vodič – zem je k dispozici jeden napěťový vstup. Další napěťový vstup (U_4) může být alternativně použit pro nulové napětí (e-n-napětí), pro napětí přípojnice (pro kontrolu synchronizace a zapínání) nebo pro libovolné napětí U_x (pro přepětovou ochranu). Analogové veličiny se dále přivádějí do bloku vstupních zesilovačů EV.

Blok vstupních zesilovačů zajišťuje vysokohmou zátěž vstupních veličin a obsahuje filtry, které se optimálně přizpůsobují s ohledem na šířku pásu a rychlost zpracování pro vyhodnocení měřených hodnot.

Blok analogově-digitálních převodníků AD obsahuje také paměťové členy pro přenos dat do mikropočítače.

2.1.2 Mikropočítačový systém

Mikropočítačový systém μC se používá k řízení měřených veličin a zpracovávání vlastních ochranných a řídicích funkcí. K nim především patří:

- filtrování a úprava měřených veličin
- stálá kontrola měřených veličin
- kontrola podmínek pro detekci poruchy jednotlivých funkcí ochrany
- dotaz na mezní hodnoty a časové průběhy
- řízení signálů pro logické funkce
- rozhodování o příkazech pro vypnutí a zapnutí
- ukládání hlášení, údajů o poruchových stavech a hodnotách poruchových veličin pro potřeby analýzy poruch
- správa operačního systému a jeho funkcí, jako např. ukládání dat, reálný čas, komunikace, rozhraní atd.

Informace jsou poskytnuty k dispozici přes výstupní zesilovač AV.

2.1.3 Binární vstupy a výstupy

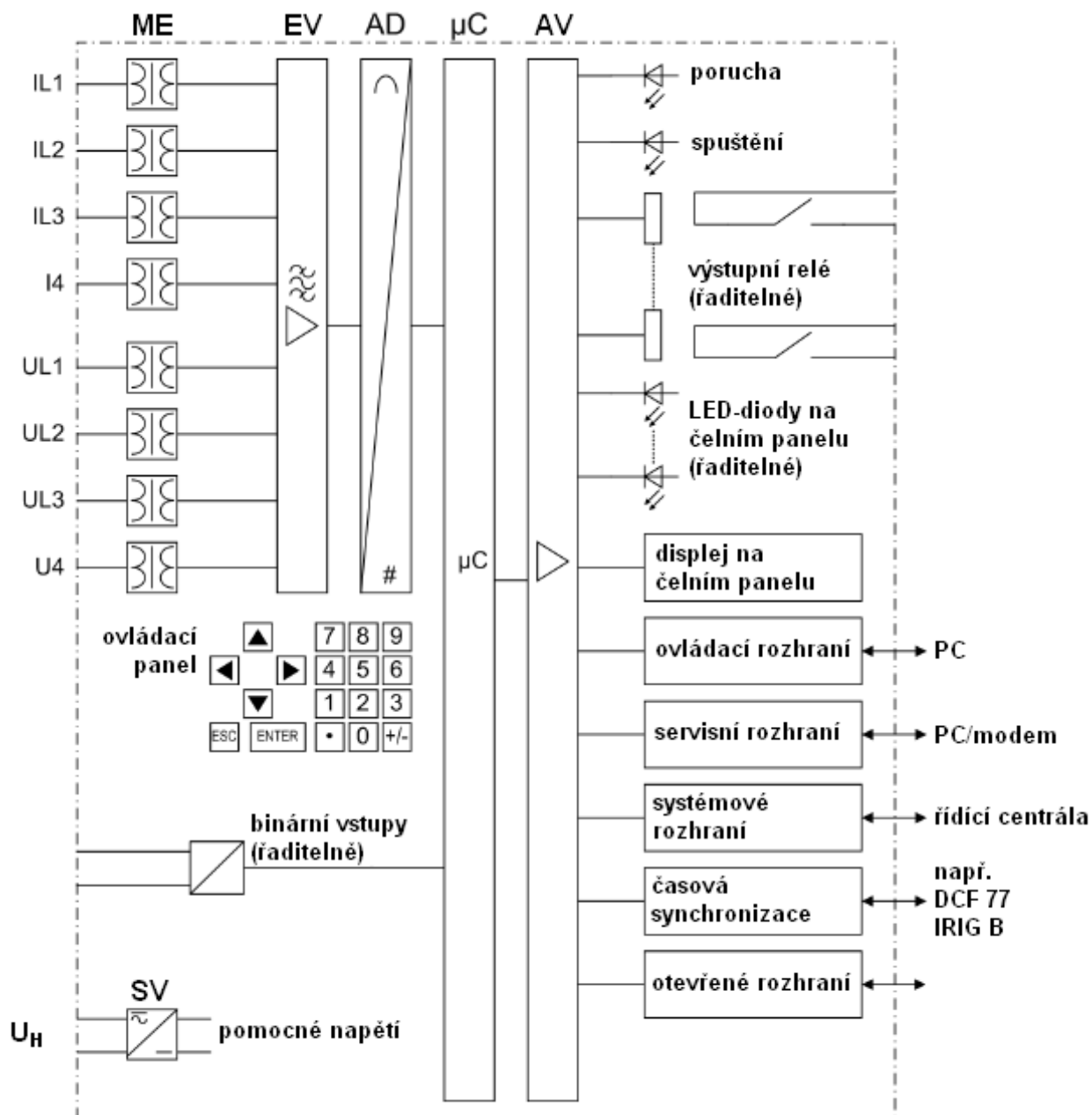
Binární vstupy a výstupy počítačového systému jsou vedeny přes vstupní/výstupní členy. Odtud systém získává informace o zařízení (např. dálkové nulování) nebo od jiných přístrojů (např. blokovací příkazy). Výstupy představují především příkazy pro spínací prvky a hlášení pro dálkovou signalizaci důležitých událostí a stavů.

2.1.4 Prvky na čelním panelu

Optická indikace (LED-diody) a zobrazovací pole (displej) na čelním panelu přístroje podávají informace o funkci přístroje a zobrazují události, stavy a měřené hodnoty.

Integrované ovládací a číselné klávesy ve spolupráci s displejem umožňují lokální komunikaci s přístrojem. Takto mohou být vyvolávány všechny informace o přístroji, jako například projektované a nastavovací parametry, provozní a poruchová hlášení, měřené hodnoty a mohou také být měněny nastavovací parametry.

Pokud je přístroj vybaven i řídicími funkcemi pro ovládání zařízení, je možné využívat čelního panelu k provádění úkonů.



Obr. 2-2 Hardwarová struktura digitální distanční ochrany 7SA610.

2.1.5 Sériová rozhraní

Přes sériové *ovládací* rozhraní na čelním panelu je možné komunikovat s osobním počítačem za použití obslužného programu DIGSI 4. To poskytuje pohodlné ovládání všech funkcí přístroje.

Přes sériové *servisní* rozhraní je rovněž žádoucí komunikovat s přístrojem pomocí osobního počítače, a to za použití DIGSI 4. Toto rozhraní zvláště vyhovuje pevným kabelovým propojením přístrojů s osobním počítačem nebo pro ovládání modemem.

Přes sériové *systémové* rozhraní mohou být všechna přístrojová data přenášena do centrálního vyhodnocovacího zařízení nebo dispečinku. Podle způsobu použití pracuje toto rozhraní s různými fyzikálními přenosovými procesy a různými protokoly.

Další rozhraní slouží k *časové synchronizaci* interních hodin externími synchronizačními zdroji.

Přes doplňkové moduly rozhraní se realizují další komunikační protokoly.

2.1.6 Proudové napájení

Popsaným funkčním jednotkám dodává potřebný výkon v různých napěťových úrovních proudový napájecí zdroj SV. Krátkodobá přerušení napájecího napětí, ke kterým může docházet při zkratu v systému napájení pomocným napětím, se obvykle překlenují velkokapacitním kondenzátorem.

Tab. 2-1 Vybavení a příslušenství dostupných distančních ochran.

Soubor funkcí/provedení
Distanční ochrana se 4-řádkovým displejem
Typ přístroje
Distanční ochrana , střední napětí/vysoké napětí, velikost skříně 1/3 x 19"
Měřicí vstupy (4xU, 4xI)
I _{ph} = 1A, I _e = 1A (min. = 0.05A)
Pomocné napětí (proud. napájení, prah. hodnota pro spínání binárních vstupů)
DC 110V až 250 V ¹⁾ , AC 115V, prahová hodnota binárního vstupu 73V ²⁾
Skříň/počet vstupů a výstupů
Skříň do rozvodné desky, 1/3 x 19", 5 BI, 8 BO(5 fast), živý kontakt
Regionálně specifická přednastavení/označení funkcí a přednastavení jazyků
Region svět, jazyk anglický (jazyk měnitelný)
Systémové rozhraní: funkčnost a hardware (port B)
IEC protokol
DIGSI/Modemové rozhraní (port C)
DIGSI 4, elektrické RS232
Funkce 1
Vypnutí 1-/3-pólové; s ochranou proti přetížení; s BCD-výstupem místa poruchy
Funkce 2
Detekce poruchy Z<, polygon, U, I, θ; s registrací kývání; s kompenzací paralel. vedení
Funkce 3
automatika OZ; kontrola synchronizace; ochrana proti selhání spínače; napěťová ochrana
Funkce 4
Ochrana proti spojení se zemí/směrová pro uzemněné sítě

2.2 Oblasti použití

Digitální distanční ochrana SIPROTEC 7SA6 představuje selektivní a rychlé ochranné zařízení pro otevřená vedení a kabely napájené z jedné nebo více stran v radiálních, kruhových nebo libovolných mřížových sítích jakýchkoliv napěťových řad. Nulový bod sítě může být uzemněný, kompenzovaný nebo izolovaný.

Přístroj je univerzálně použitelný, jelikož je vybaven funkcemi, jež se obvykle používají pro ochranu odbočky vedení. Stejně tak je nasnadě přístroj použít jako časově odstupňovanou

záložní ochranu ke všem druhům ochranných zařízení pracujících na principu porovnávání pro vedení, transformátory, generátory, motory a přípojnice všech napěťových řad.

2.2.1 Ochranné funkce

Základní funkci tvoří určení vzdálenosti zkratu distanční měřením. Především pro komplexní poruchy ve více fázích je distanční měření koncipováno pro více systémů. Různé druhy detekce poruchy nyní umožňují velkou schopnost přizpůsobit se poměrům v síti a filozofii uživatele. Distanční ochrana může být doplněna příslušenstvím pro přenos signálu různými druhy přenosu (pro 100%-ně rychlé odpojení). Dále se vyskytuje možnost ochrany před zemním zkratem (pro vysokoohmové spojení se zemí, záleží na variantě), která může pracovat směrově, nesměrově a doplňkově s přenosem signálu. Pro vedení bez napájení nebo nedostatečně napájená na jednom konci je možné pomocí přenosů rychlé vypnutí ochrany na obou koncích vedení. Při napojení vedení na poruchu po celé trase vedení se vydává okamžitý nezpožděný signál k vypnutí ochrany.

Při výpadku měřicího napětí kvůli poruše v sekundárním obvodu (např. sepnutí ochranného spínače měřicího transformátoru napětí nebo vypnutí pojistky) má přístroj možnost samočinně přejít do nouzového režimu pomocí integrované nadproudové ochrany, dokud není měřicí napětí opět k dispozici. Ochrana se skládá ze tří proudově nezávislých stupňů (UMZ) a jednoho proudově závislého stupně (AMZ); pro stupeň AMZ je k dispozici řada charakteristik různých standardů. Stupně jsou libovolně kombinovatelné. Alternativně se používá nadproudová časová ochrana jako záložní nadproudová časová ochrana, tzn. pracuje nezávisle a paralelně s distanční ochranou.

Většina funkcí ochrany proti zkratu vykazuje schopnost (podle varianty) jednopólového vypnutí. Funkce mohou spolupracovat s integrovanou automatikou opakovaného zapínání, s kterou je u otevřených vedení možné krátkodobé jednopólové, třípólové nebo jedno- a tří-pólové krátké přerušení jakož i více přerušovacích cyklů. Před opakovaným zapnutím po třípólovém vypnutí ochrany může přístroj zkontrolovat oprávněnost opakovaného zapnutí kontrolou napětí a/nebo synchronizace. Připojení externí automatiky opakovaného zapínání a/nebo kontroly synchronizace rovněž umožňuje zdvojnásobení ochrany s jednou nebo dvěma automatikami opakovaného zapínání.

Kromě zmíněných funkcí ochrany proti zkratu jsou k dispozici další ochranné funkce, jako evidence zemních zkratů (pro izolované sítě nebo kompenzované sítě), vícestupňová přepět'ová a podpět'ová ochrana, ochrana proti selhání výkonového spínače, ochrana proti účinkům kývání výkonu (při impedanční detekci poruchy, současně účinkující jako tlumení kývání pro distanční ochranu), jakož i jako ochrana proti tepelnému přetížení, která chrání provozní prostředky (především kabely) před nepřipustným oteplováním. K rychlému vyhledání poškozeného místa po zkratu je integrován lokalizátor poruchy, u kterého mohou být kompenzovány také vlivy paralelních vedení.

2.2.2 Hlášení a ukládání hodnot poruchových veličin

Provozní hlášení podávají informace o stavech zařízení a samotného přístroje. Měřené veličiny a z nich vypočítané hodnoty se po vyžádání zobrazí a přenesou přes rozhraní. Hlášení přístroje je odkázáno na určitý počet LED-diod na čelním panelu (řaditelné), přes výstupní kontakty dále externě zpracovávána (řaditelné), provázána uživatelsky definovatelnými logickými funkcemi a/nebo předávána přes sériová rozhraní (viz níže uvedená Komunikace). V případě poruchy (porucha v síti) se klade důraz na uložení důležitých událostí a změn stavu do protokolů o poruchách. Okamžité hodnoty poruchových veličin jsou rovněž ukládány v přístroji a poté poskytnuty k dispozici pro následnou analýzu poruch.

2.2.3 Komunikace

Pro komunikaci s externími ovládacími, řídicími a paměťovými systémy se používají sériová rozhraní.

Devítipólový konektor DSUB na čelním panelu slouží k lokální komunikaci s osobním počítačem. Prostřednictvím ovládacího softwaru SIPROTEC - DIGSI 4 mohou být přes toto ovládací rozhraní prováděny všechny ovládací a vyhodnocovací úkony, např. nastavení a změna projektovaných a nastavovacích parametrů, konfigurace uživatelsky specifikovatelných logických funkcí, načítání provozních a poruchových hlášení jakož i měřených hodnot, načítání a zobrazování záznamů o hodnotách poruchových veličin, dotaz na stavy přístroje a měřené veličiny, vydávání řídicích příkazů.

Další rozhraní se umísťují dle přání zákazníka a nachází se na zadní straně přístroje. Takto se za určitých podmínek navazuje rozsáhlá komunikace s ostatními digitálními ovládacími, řídicími a paměťovými zařízeními:

Servisní rozhraní se používá při nestandardních stavech sítě. Komunikace probíhá pomocí sériového portu COM osobního počítače a obslužného softwaru DIGSI 4. Rychlost tohoto rozhraní je značně omezena.

Systémové rozhraní je využíváno pro centrální komunikaci mezi zařízením a řídicím centrem. Pro přenos dat je k dispozici několik standardizovaných protokolů. Modul EN 100 umožňuje integrovat zařízení do 100Mb ethernetové komunikační sítě v procesním řízení a automatizovaném systému pomocí protokolů IEC 61850. Souběžně v souvislosti s provozními stavy sítě dokáže toto rozhraní také komunikovat pomocí DIGSI a mezi ochranami pomocí GOOSE zpráv.

2.3 Vlastnosti

- výkonný 32-bitový mikroprocesorový systém
- kompletní digitální zpracování naměřených hodnot, od snímání a digitalizaci měřených veličin až po rozhodnutí o vypnutí a zapnutí výkonového spínače
- interní obvody podílející se na zpracování jsou zcela galvanicky odděleny od měřících, řídicích a napájecích obvodů zařízení. Oddělení je zabezpečeno proti poruchám a je realizováno převodníky pro přenos měřených hodnot, binárními vstupními a výstupními moduly a měniči stejnoměrného popř. střídavého napětí
- úplný funkční rozsah úkolů obvykle potřebných pro ochranu odbočky vedení
- různé druhy detekce poruchy volitelné u distanční ochrany; díky tomu přizpůsobení různým poměrům v síti a filozofiím uživatelů
- polygonální charakteristika vypínání s odděleným nastavením podél osy X (dosah) a osy R (rezerva odporu), pro spojení se zemí oddělené nastavování R
- určování směru cizím napětím neovlivněným zkratem jakož i napěťová paměť a díky tomu dynamicky neomezená směrová citlivost
- možná kompenzace vlivu paralelního vedení při spojení se zemí
- neustálý výpočet a zobrazování provozních měřených hodnot na čelním panelu
- jednoduché ovládání pomocí integrovaného ovládacího pole nebo pomocí připojeného osobního počítače s naváděním obsluhy
- ukládání poruchových hlášení jakož i okamžitých hodnot pro záznam poruch
- možná komunikace s centrálními řídicími a paměťovými zařízeními přes sériová rozhraní (podle objednané varianty), s možností zvolit datové kabely, modem nebo optické kabely
- neustálá kontrola měřených veličin jakož i hardwaru a softwaru přístroje

2.4 Rozsah funkcí

Digitální distanční ochrana řady SIPROTEC 7SA6x je vybavena (částečně závisle na variantě) následujícími funkcemi:

Distanční ochrana

- ochrana pro všechny druhy zkratů v sítích s uzemněným, kompenzovaným nebo izolovaným nulovým bodem;
- různé druhy detekce poruchy dovolují přizpůsobení různým poměrům v síti a uživatelským filozofiím: možnost volby detekce poruchy nadproudem, detekce poruchy řízené napětím a úhlem fázového posunu nebo impedanční detekce poruchy (s polygonální charakteristikou závislou na úhlu fázového posunu);
- spolehlivé rozlišení mezi poměry při zatížení a při zkratu i u dlouhých, velmi zatížených vedeních;
- velká citlivost při provozu s malou zátěží, vysoká stabilita vůči zátěžovým skokům nebo kývání výkonu;
- optimální přizpůsobení poměrům vedení díky polygonální charakteristice vypínání s odděleným nastavením podél osy X (dosah) a osy R (rezerva odporu), pro spojení se zemí oddělené nastavování R;
- po 6 měřících systémech pro distanční zóny;
- 6 distančních zón, s možností volby směru dopředu nebo dozadu nebo bez udání směru, jedna zóna s přesahem a možností stupňování;
- 9 časových stupňů pro distanční zóny;
- určování směru cizím napětím neovlivněným zkratem jakož i napětíová paměť a díky tomu dynamicky neomezená směrová citlivost neovlivněná vyrovnávacími procesy kapacitních napětíových měničů;
- necitlivá vůči saturaci proudových měničů;
- možná kompenzace vlivu paralelního vedení;
- nejkratší čas příkazu ca. 17 ms (při $f_N = 50$ Hz) popř. 15 ms (při $f_N = 60$ Hz);
- možné vypínání vázané na fázi (pro provoz s jednopólovým nebo jedno a třípólovým krátkodobým přerušením);
- možné okamžité nezpožděné vypnutí při napojení na zkrat.

Doplňkové funkce při kývání sítě

- snímání kývání měřením dZ/dt se třemi měřícími systémy;
- snímání kývání minimálně do frekvence kývání 7 Hz;
- účinné také během jednopólového krátkodobého přerušení;
- nastavitelné programy kývání;
- zabránění nežádoucímu vypnutí distanční ochranou během kývání sítě;
- doplňkově také parametrizovatelné na vypnutí v případě vypnutí ze synchronizace.

Doplňkové funkce pro přenos signálu

- strhávání (přímo, přes detekci poruchy nebo odděleně nastavitelnou zónu přesahu);
- porovnávací obvody (proces potvrzení nebo blokování, s oddělenou zónou přesahu nebo směrovou detekcí poruchy);
- ochrana trasy vedení / zpětné blokování (se stejnoměrným napětím pro lokální spoje nebo extrémně krátká vedení);
- vhodné pro vedení s dvěma nebo třemi konci;
- fázově oddělený přenos možný u vedení se dvěma konci.

Ochrana před zemním zkratem (volitelná)

- nadproudová časová ochrana s maximálně 3 nezávislými stupni (UMZ) a jedním proudově závislým stupněm (AMZ) pro vysokoohmové spojení se zemí v uzemněných sítích;
- pro ochranu AMZ možný výběr z různých charakteristik různých standardů;
- stupeň AMZ může být také nastaven jako čtvrtý nezávislý stupeň;
- vysoká citlivost (dle provedení možné od 3 mA);
- stabilizace fázových proudů proti chybovým proudům při nasycení proudových transformátorů;
- stabilizace zapínání s druhou harmonickou;
- volitelně ochrana proti zemnímu zkratu s časem vypnutí závislým na nulovém napětí;
- každý stupeň nastavitelný nesměrově nebo směrově – dopředu nebo dozadu;
- určení směru nulovými složkami proudu a napětí (I_0 , U_0), nulovým proudem a proudem protékajícím nulovým bodem transformátoru (I_0, I_Y) nebo zpětnými složkami proudů a napětí (I_2, U_2);
- jeden nebo více stupňů mohou spolupracovat s přenosem signálu, vhodné také pro vedení se třemi konci;
- možné okamžité nezpožděné vypnutí při napojení na zkrat s libovolným stupněm.

Vypínání na koncích vedení s chybějícím nebo slabým napájením

- možné ve spolupráci s procesem přenosu signálu;
- umožňuje rychlé odpojení obou konců vedení, i když na jednom z konců není žádné nebo pouze slabé napětí;
- možné fázově oddělené vypínání a jednopólové krátkodobé přerušení (provedení s jednopólovým vypnutím).

Externí přímé a dálkové vypínání

- vypínání ochrany lokálního konce vedení z externího přístroje přes binární vstup;
- vypínání ochrany vzdáleného konce vedení interními ochrannými funkcemi nebo externím přístrojem přes binární vstup (s přenosem signálu).

Nadproudová časová ochrana

- volitelně jako nouzová funkce při výpadku měřicího napětí nebo jako rezervní funkce použitelná nezávisle na měřeném napětí;
- maximálně dva proudově nezávislé stupně (UMZ) a jeden proudově závislý stupeň (AMZ) vždy pro fázové proudy a pro zemní proud;
- pro ochranu AMZ možný výběr z různých charakteristik různých standardů;
- možnosti blokování např. pro zpětné blokování s libovolným stupněm;
- možné okamžité nezpožděné vypínání při napojení na zkrat s libovolným stupněm;
- ochrana proti spojení se zemí: doplňkový stupeň pro rychlé vypnutí ochrany při poruchách mezi proudovým transformátorem a odpojovačem vedení (pokud je k dispozici zpětné hlášení o poloze odpojovače); zvláště vhodné pro zařízení s 1 ½ - uspořádáním výkonového spínače.

Rychlé vypínání při velkém proudu

- rychlé vypínání pro všechny poruchy na 100% trasy vedení;
- volitelné při ručním zapínání nebo při každém zapnutí výkonového spínače;
- s integrovaným rozpoznáním zapnutí.

Citlivá registrace zemního zkratu (volitelné)

Pro kompenzované popř. izolované sítě s

- registrací nulového napětí;
- určením fáze, na které došlo k zemnímu zkratu;
- citlivé určení směru, kterým se nachází zemní zkrat;
- korektura chyby úhlu fázového posunu pro proudový transformátor.

Automatika opětného zapínání (volitelné)

- pro opětné zapínání po jednopólovém, třípólovém nebo jedno a třípólovém vypnutí;
- jedno nebo několikanásobné opětné zapnutí (až 8 pokusů po opětovném zapnutí);
- s oddělenými dobami působení pro jeden opakovaný pokus o zapnutí, volitelně také bez dob působení;
- s oddělenými beznapět'ovými pauzami po jednopólovém a třípólovém vypnutí, odděleně pro první čtyři opakované pokusy o zapnutí;
- volitelně řízeno detekcí poruchy ochrany s oddělenými beznapět'ovými pauzami pro jedno, dvou nebo třífázová detekce poruchy ;
- volitelně s adaptivní pauzou bez napětí, zkrácené opětné zapnutí a kontrola zpětného napětí.

Kontrola synchronizace a kontrola zapnutí (volitelná)

- kontrola synchronních podmínek před opakovaným zapnutím po třípólovém vypnutí;
- rychlé měření hodnoty difference napětí U_{diff} , difference úhlu fázového posunu ϕ_{diff} , a difference kmitočtu f_{diff} ;
- alternativně kontrola přítomnosti napětí před opakovaným zapnutím;
- možné sepnutí při asynchronních podmínkách v síti po předchozím vypočtení okamžiku synchronnosti;
- nastavitelné minimální a maximální napětí;
- možná kontrola synchronních podmínek nebo přítomnosti napětí také před ručním zapnutím výkonového spínače; s oddělenými mezními hodnotami;
- možné měření také přes transformátor;
- volitelné měřené napětí fáze-fáze nebo fáze-země.

Napěťová ochrana (volitelná)

Vícestupňová registrace přepětí a podpětí:

- dva přepět'ové stupně pro napětí vodič-země vždy se společným zpožděním;
- dva přepět'ové stupně pro napětí vodič-vodič vždy se společným zpožděním;
- dva přepět'ové stupně pro symetrické sousledné složky napětí vždy s jedním zpožděním;
- dva přepět'ové stupně pro symetrické zpětné složky napětí vždy s jedním zpožděním;
- dva přepět'ové stupně pro nulové složky napětí nebo pro jiné libovolné jednofázové napětí vždy s jedním zpožděním;
- nastavitelné přídržné poměry pro funkce přepět'ové ochrany;
- dva podpět'ové stupně pro napětí vodič-země vždy se společným zpožděním;
- dva podpět'ové stupně pro napětí vodič-vodič vždy se společným zpožděním;
- dva podpět'ové stupně pro symetrické sousledné složky napětí vždy s jedním zpožděním;
- nastavitelné proudové kritérium pro funkce podpět'ové ochrany.

Lokalizace poruch

- start příkazem k vypnutí ochrany nebo při odpadu detekce poruchy;
- výpočet vzdálenosti poruchy vlastními pamět'mi měřených veličin;
- výstupním údajem o místě poruchy je hodnota v ohmech, kilometrech nebo mílích a v % délky vedení;
- volitelně s kompenzací paralelního vedení;
- volitelně se zohledněním zatěžovacího proudu u jednofázově oboustranně napájených zemních zkratech;

- výstupní údaj o místě poruchy možný také v BCD-kódu nebo jako analogová hodnota (záleží na objednané variantě).

Ochrana proti selhání výkonového spínače (volitelná)

- s nezávislými proudovými stupni pro kontrolu toku proudu každým pólem výkonového spínače;
- s nezávislými stupni časové kontroly pro jednopólové a třípólové vypínání ;
- náběh příkazu k vypnutí každé integrované ochranné funkce;
- možný náběh externích vypínacích funkcí;
- jednostupňová nebo dvoustupňová;
- krátké sestupné časy a časy odpadu.

Ochrana proti tepelnému přetížení (volitelná)

- teplotní obraz teplotních ztrát chráněného objektu způsobených proudem;
- měření efektivní hodnoty proudu pro všechny tři vodiče;
- nastavitelné teplotní a proudově závislé varovné stupně.

Analogové výstupy (volitelné)

- možný výstup až čtyř analogových hodnot (záleží na objednané variantě); měřené hodnoty, místo poruchy, odpojený zkratový proud.

Uživatelsky definovatelné funkce

- volně programovatelná propojení interních a externích signálů k realizaci uživatelsky definovatelných logických funkcí;
- všechny běžné logické funkce;
- zpoždění a dotazy na mezní hodnoty.

Zpracování příkazů

- zapínání a vypínání spínacích přístrojů ručně pomocí lokálních řídicích kláves, programovatelných funkčních kláves, pomocí systémových rozhraní (např. od SICAM nebo LSA) nebo pomocí ovládacích rozhraní (prostřednictvím osobního počítače a ovládacího programu DIGSI 4);
- zpětné hlášení spínacích stavů přes pomocné kontakty spínačů (u příkazů se zpětným hlášením);
- ověření, zda kontakty spínačů nezaujímají nesmyslné polohy, a podmínek blokování pro spínání.

Kontrolní funkce

- kontrola interních měřících obvodů, napájení pomocným napětím jakož i hardwaru a softwaru a tím zvýšená spolehlivost;
- kontrola sekundárních obvodů proudových a napěťových transformátorů pomocí kontrol součtů a symetrie;
- možná kontrola vypínacího obvodu;
- kontrola zatěžovacích impedancí, orientace a sledu fází.

Další funkce

- baterií zálohované hodiny, které jsou synchronizovatelné synchronizačním signálem (DCF 77, IRIG-B prostřednictvím satelitního přijímače), binárním vstupem nebo systémovým rozhraním;
- paměť hlášení pro posledních 8 síťových poruchách (porucha v síti) s přiřazením reálného času;
- protokoly o zemních zkratech až pro 8 zemních zkratů (přístroje schopné citlivě registrovat zemní zkrat);
- ukládání a přenos údajů o hodnotách poruchových veličin pro záznam poruch v maximálním časovém intervalu celkem asi 15 s;
- statistika spínání: načítání příkazů k vypnutí a zapnutí uskutečněných přístrojem, jakož i protokolování údajů o zkratech a akumulování odpojených zkratových proudů;
- pomoc při uvádění do provozu jako je kontrola připojení a směřování a zkouška výkonového spínače.[4]

3 STANDARD IEC 61850

Soubor norem IEC 61850 (český ekvivalent je ČSN EN 61850) definuje pravidla pro komunikaci mezi zařízeními v rozvodnách a stanovuje požadavky, které jsou na rozvodny a jejich zařízení z hlediska komunikace kladeny. Neobsahuje jen definice komunikačních protokolů, ale také standardy pro řídicí funkce a engineering rozvoden.

Ve světě se pro komunikaci v rozvodnách používá více než padesát různých protokolů, ale jen soubor norem IEC 61850 představuje jednotnou, standardizovanou, na dodavateli nezávislou metodu pro tvorbu komunikační sítě a integraci jednotlivých zařízení rozvodny. Základním cílem při tvorbě tohoto souboru norem totiž bylo umožnit vytváření systémů, v nichž budou komunikovat zařízení od různých výrobců. Tato zařízení, spojená komunikační sítí, se označují zkratkou *IED* – *Intelligent Electronic Devices* (inteligentní elektronická zařízení) – a zajišťují ochranu rozvodny, dohled nad jejím provozem a automatizací, měření a regulaci v rozvodně. K plnému využití všech výhod nového souboru norem je potřebné vědět, co tento soubor obsahuje, v čem je jiný než předchozí komunikační standardy a co může uživatelům přinést.

3.1 Možnosti

Všechna zařízení IED, v rozvodnách nebo i jinde v rozvodné síti, komunikují proto, aby uskutečnila sběr provozních dat, nastavovala parametry regulace a jednotlivá zařízení na dálku konfigurovala a ovládala. Skutečnost, že různá IED sdílejí data a řídicí příkazy, umožňuje realizovat nové funkce pro distribuovanou ochranu rozvoden, jejich regulaci a automatizaci provozu. Jednotný komunikační systém nahradí složitou vyhrazenou kabeláž, která je určena pro zajištění různých funkcí rozvodny, i nákladné jednoúčelové komunikační kanály, jež poskytují komunikaci mezi rozvodnou a dalšími stanicemi elektrizační sítě (elektrárnami, dispečinkem či dalšími rozvodnami). Soubor norem IEC 61850 zajišťuje vzájemnou součinnost zařízení a systémů v rozvodnách tím, že standardizuje jejich rozhraní, protokoly a datové modely. To umožňuje snížit náklady na integraci zařízení rozvoden.

Standard byl vytvářen za těmito hlavními cíly a klíčovými myšlenkami IEC 61850:

Interoperabilita

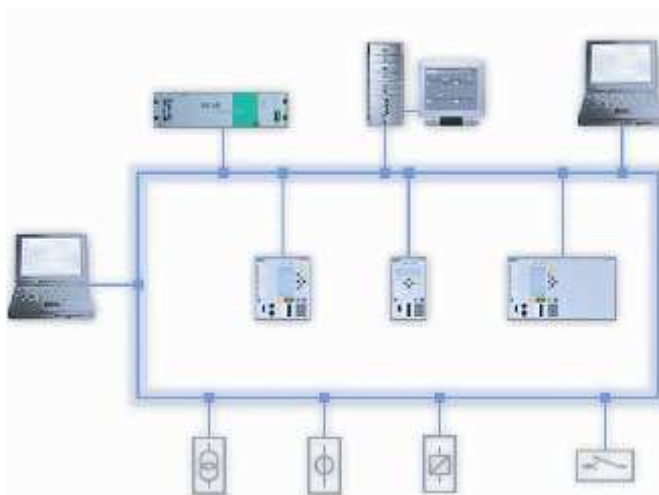
Schopnost zařízení IED jednoho nebo několika výrobců výměny informací a tyto informace použít pro své vlastní funkce.

Volná konfigurace

Podpora různých filosofí a umožnění volného přidělování funkcí, např. musí fungovat stejně dobře pro centralizované (RTU), nebo decentralizované (SCS apod.) systémy.

Dlouhodobá stabilita

Připravenost na budoucí vylepšení, tj. musí být schopen sledovat pokrok v komunikačních technologiích, stejně jako vyvíjející se požadavky na systém.



Obr. 3-1 Kruhová topologie vytvářející redundanci.

Soubor norem IEC 61850 ovšem nedefinuje pouze protokoly pro komunikaci mezi zařízeními uvnitř rozvodny, ale i mezi rozvodnami a dalšími členy elektrizační sítě (elektrárnami, dispečinkem atd.). Umožňuje přenášet důležité informace z jedné rozvodny do druhé, což je zvláště důležité při výpadku elektrizační sítě, a dovoluje integrovat zařízení a podsystémy v elektrizační síti a vytvořit z nich jednotný a úplný řídicí a komunikační systém – to je žádoucí pro efektivní řízení technických i ekonomických procesů v energetických a rozvodných společnostech.

IEC 61850 také splňuje požadavky energetických podniků na dlouhodobou rozšiřitelnost systémů. Nejenže umožňuje kombinovat v jednom systému zařízení od různých dodavatelů, ale dokonce je i navzájem zaměňovat. To zjednodušuje zásobování náhradními díly. To všechno vede k úsporám času a nákladů a ke zjednodušení řízení technických i ekonomických procesů v energetických společnostech.

3.2 Nové vlastnosti

IEC 61850 je jediný standard, který vyhovuje všem požadavkům energetických a rozvodných společností na celém světě na kompatibilitu instalovaného souboru regulačních a řídicích zařízení od různých výrobců. Protože protokoly IEC 61850 vycházejí z Ethernetu, je možné využít mnoho již důvěrně známých nástrojů a zařízení komunikační infrastruktury, které jsou používány v systémech podnikového řízení energetických závodů. Každý uzel sítě podle IEC 61850 připojený jako klient může řídit provoz na síti a komunikovat se všemi servery i podřízenými zařízeními. Protože podřízená zařízení jsou zpravidla zařízení IED, která ovládají např. transformátory nebo spínače v rozvodnách, může klient sbírat množství provozních dat, jež mu jednotlivá IED poskytují ke čtení.

Na rozdíl od mnoha jiných protokolů, které neumožňují vytvářet a přenášet soubory aktuálních a historických dat o provozu zařízení, protokoly IEC 61850 dovoluují přesouvat z IED do systémů SCADA soubory dat s informacemi o jejich aktivitách. Co se jeví mnohem zásadnějším, je možnost vytváření grafů časových průběhů provozních veličin, a to v režimu off-line. Zatímco u režimu on-line je doba obnovy dat až v jednotkách sekund, v režimu off-line mohou být data sbírána s periodou vzorkování v milisekundách, ukládána v zařízení a najednou přenesena do systému SCADA, kde se potom využívají k analýze událostí.

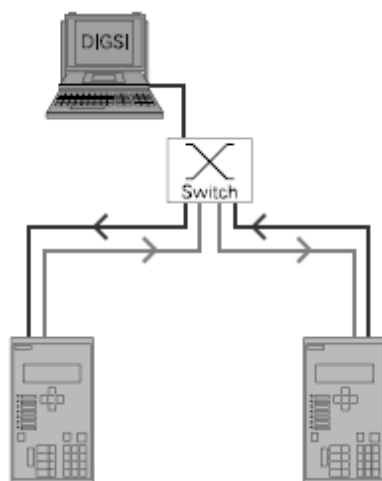
Tab. 3-1 Srovnání tradiční architektury s IEC 61850.

	Tradiční přístup	Plné využití IEC 61850
IED	Velké množství I/O	Malé množství I/O
	Přeprogramování vyžaduje předrátování	Ochrany posílají zprávy GOOSE všem ostatním
	Systém nekontroluje spojení dokud ho nepotřebuje.	Stav spojení je průběžně „hlídán“
Rozvaděče vn	Obsahují přemíru zařízení IT	Mohou být použity světelná čidla
	Obsahuje velké množství drátování	Bez drátování
	Počet I/O je definován IED zařízeními	Neomezený počet virtuálních I/O
Přístup řízení a ochran	Decentralizovaný	Kombinace centralizovaného a decentralizovaného
	Zálohovací řešení je drahé	Zálohování je vždy dané
	Omezené použití rozdílových ochran	Rozšířené použití rozdílových ochran

K definování datových modelů serverů, které poskytují data do komunikační sítě, dává IEC 61850 přednost objektově orientovanému programování před programováním konvenčním. Vzhledem k tomu, že objektově orientované programování klade důraz na data, a ne na procedury, jsou modifikace takto vytvořeného systému snadné a uživatel jej může bez velkého úsilí a nákladů přizpůsobit novým požadavkům. Programy a data jsou spojeny v „objektech“, tudíž se veškeré informace a informační funkce nacházejí na jednom místě. Zařízení s funkcí *publisher* posílá zprávy všem účastníkům (režim multicasting), ovšem čtou je jen registrovaní zájemci.

3.3 Přínosy pro uživatele

Soubor norem IEC 61850 umožňuje uživateli zjistit a předpovídat, jak budou data přenášena mezi klienty a službami zařízení různých výrobců a jak jimi budou transformovaná data identifikována. Tato předvídatelnost zjednodušuje integraci zařízení v systému. Architektura komunikačního systému podle IEC 61850 je sice typu klient-server, ale odstraňuje nevýhody klasické architektury způsobem, že umožňuje i klientským stanicím, aby řídily přenos dat. To dovoluje přesunout řídicí a komunikační funkce blíže provozním procesům a přináší do sítí s architekturou klient-server velkou komunikační flexibilitu. Protokoly podle IEC 61850 umožňují rychlý přenos časově kritických informací. Díky tomu komunikace splňuje požadavky na přenos dat bezpečnostních funkcí v automatizovaných rozvodnách.



Obr. 3-2 Struktura sběrnice pro stanici s Ethernetem a IEC 61850.

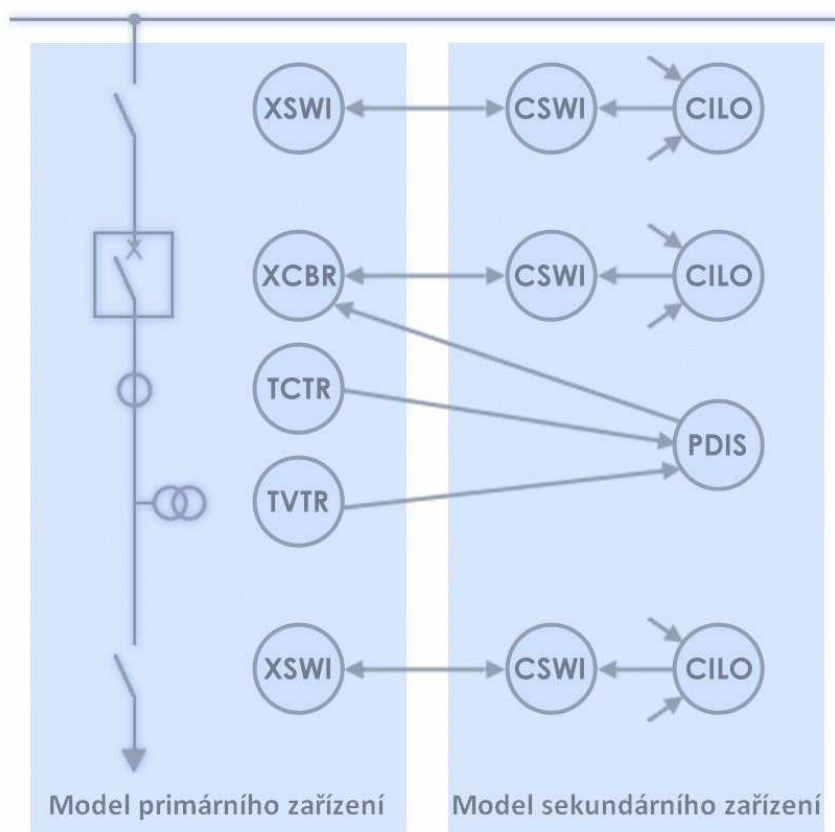
Vzhledem k tomu, že implementace souboru norem IEC 61850 v projektech rozveden, elektrizačních soustav i rozvodných soustav průmyslových podniků má velký vliv na investiční i provozní náklady, zákazníci stejně jako dodavatelé přikládají normám IEC 61850 velký význam. Při implementaci souboru norem IEC 61850 je ovšem nezbytné vybírat takové dodavatele, kteří mohou nabídnout velké technické znalosti i zkušenosti z realizovaných projektů. Technicky zdatní dodavatelé podmiňují dosažení optimálního výsledku. Podpora ze strany dodavatelů zajišťuje bezproblémovou konfiguraci systému a jeho uvedení do provozu, šetří čas, zvyšuje efektivitu inženýrských prací, zkracuje dobu návratnosti investic a umožňuje uživatelům využít skutečně plného potenciálu výhod, jež IEC 61850 přináší.

3.4 Vytváření signálů a datová hierarchie

Soubor norem IEC 61850 je určen výhradně pro použití v energetice. Jde o významný soubor norem, s nímž by se měli seznámit všichni, kdo v oblasti řízení elektrizačních soustav podnikají. Výhody implementace tohoto souboru norem v praxi jsou totiž zřejmé, a tak požadavek kompatibility zařízení a systémů s touto normou, je stále častější.[2]

Standard rozkládá známé funkční celky do nejmenších možných funkčních jednotek a standardizuje rozhraní těchto funkčních jednotek. Tato rozhraní představují rozhraní pro vstupní data, výstupní data a údaje potřebné pro konfiguraci. Funkční jednotka včetně jejích rozhraní se nazývá *logický uzel* (*LN - logical node*), například: PDIS pro distanční ochrany (DIS = distance), XCBR pro vypínače (CBR = circuit breaker) nebo CILO pro blokování (ILO = interlocking). Z těchto logických uzlů jsou pak kombinovány nebo modelovány konkrétní aplikované funkce.

Více než devadesát těchto uzlů je jednoznačně v IEC 61850 popsáno, čímž podporuje širokou základnu pro téměř všechny požadavky. Na obrázku 3-3 je znázorněn jednoduchý vývod, jenž demonstruje, jak se konkrétní funkce z tohoto repertoáru logických uzlů modelují. Jména použitých uzlů jsou napsány v kroužcích vedle jednotlivých zařízení. Dva odpojovače (XSWI), výkonový vypínač (XCBR), stejně jako přístrojové transformátory proudu nebo napětí (TCTR nebo TVTR) reprezentuje logický uzel. Spolu se skutečným zařízením dává model primárního zařízení. Na straně sekundárního zařízení kontrolují uzly typu CILO blokové podmínky, a je-li to nutné, stanovují povolení pro uzly typu CSWI. Ty pak posílají spínací povely k odpojovačům a vypínačům. Údaje snímačů a napětí jsou předána do uzlu PDIS, který představuje distanční ochranu a může dát podnět spouští vypínače, pokud dojde k poruše.



Obr. 3-3 Modelování uzlů podle fyzických zařízení.

Které funkce a jakým způsobem jsou seskupeny v rámci zařízení závisí opět na jednotlivých dodavatelích. Nicméně IEC 61850 vyžaduje profil od každého standardu-odpovídajícího zařízení, který poskytuje odpovídající popis pro ostatní. Tento profil je také znám jako popis zařízení (*device description*), nebo jako ICD (*IED Configuration Description*). ICD obsahuje všechny konfigurační údaje nezbytné k integraci zařízení do kompletního komunikačního systému. Jako logický důsledek požadavku interoperability musí být tento popis napsán v jazyce, kterému každý rozumí a je použitelný pro všechny.

Klíčem k výměně konfiguračních dat mezi zařízeními různých dodavatelů se stává standardizovaný popisný jazyk. Za tímto účelem byl vyvinut jazyk SCL (*Substation Automation Configuration Description Language*). Tímto jazykem mohou být napsány všechny relevantní informace následnou standardizovanou strukturou založenou na XML do textového souboru.

Typy souborů SCL – Konfigurační popisový jazyk stanice

- **SSD:** System Specification Description
XML popis funkcí v rozvodně
- **SCD:** Substation Configuration Description
XML popis “nastavení” rozvodny
- **ICD:** IED Configuration Description
XML popis konfigurace IED

Toto SCD vzniká pomocí konfiguračního softwaru – System Configuratoru. Samozřejmě, veškeré informace jsou napsány v SCL ve stejnou dobu a mohou být z tohoto důvodu bez problémů vyměňovány mezi různými konfiguračními nástroji.

Standard seskupuje logické uzly (LN) v rámci funkčních aspektů do logických zařízení (LD – *Logical Devices*), v případě našeho obrázku – *control* a *protection*. Uzly modelu primárního zařízení jsou tak přiděleny vstupním nebo výstupním rozhraním. Ostatní logické zařízení představují kupříkladu získané naměřené hodnoty nebo uložené hlášení o poruchách. Logická zařízení jsou samozřejmě vždy vložena do fyzických zařízení. Multifunkční zařízení SIPROTEC 4 také obsahuje zpravidla několik různých logických zařízení. Pointa ovšem tkví v tom, že logická zařízení potřebná pro úplné aplikace lze rozumně rozdělit mezi různé fyzické zařízení a mezi zařízení různých dodavatelů.

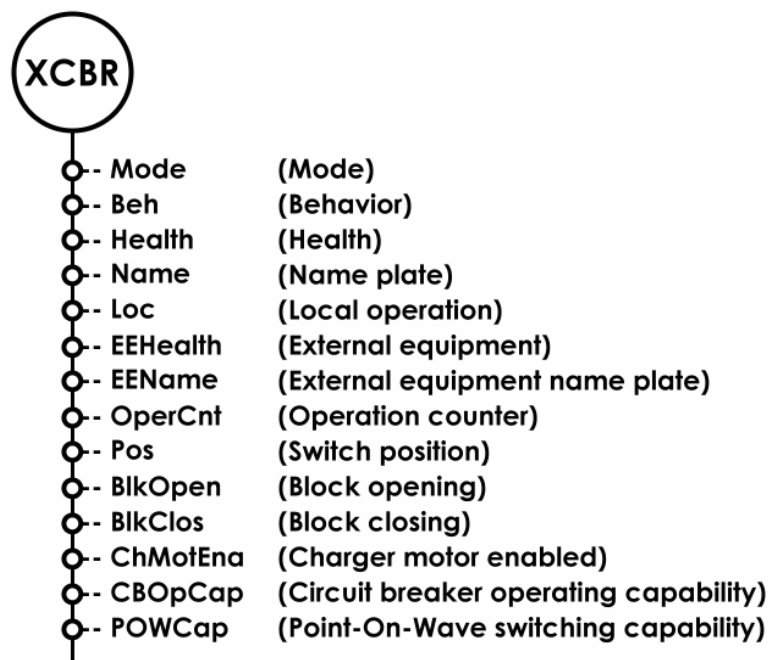
Standard třídí všechna data, která protékají logickým uzlem do přesně definovaných datových objektů (DO – *Data Object*). Budeme-li mít například uzel XCBR, který reprezentuje vypínač, můžeme vidět tento uzel a jeho podřízené datové objekty v ucelené kompaktní formě, jak naznačuje obr. 3-4. Jedná se, mimo jiné, o datové objekty pro *provozní režim* (Mode), nebo *pozici* (Pos).

Podle IEC 61850 informace, jako je datový objekt, je vždy zastoupená na základě úplné cesty s následující syntaxí:

Logical Device (LD) / Logical Node (LN) / Data Object (DO).

Vzhledem k tomu, že logical node XCBR je přiřazen k logical device CTRL, bude výsledný formát pro pozici vypínače následující:

CTRL / XCBR / POS

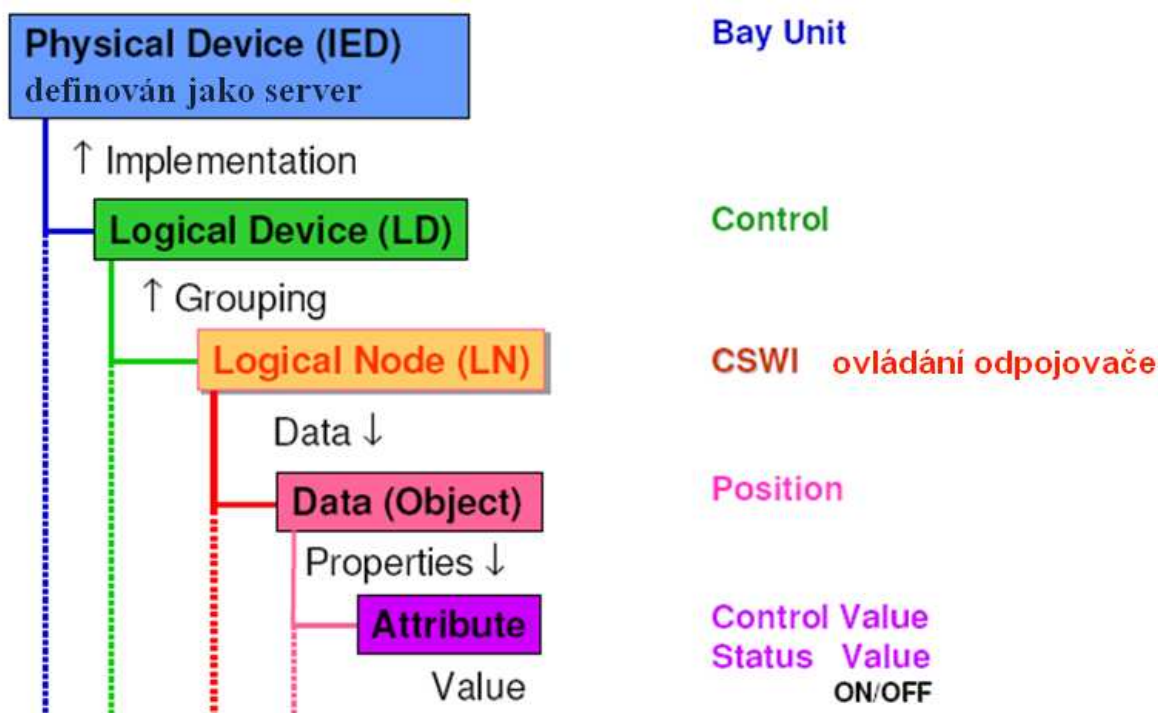


Obr. 3-4 Příklad stromu datových objektů (DO) logického uzlu (LN) vypínače.

Každý *data object* vlastní také zpravidla takzvané datové atributy (DA – *Data Attributes*), jako aktuální hodnotu objektu nebo jednotku hodnoty. CTRL / XCBR / POS má proto datové atributy, které se odkazují na pozici vypínače. Atribut je například *ctlVal* (řídící hodnota). Změnou hodnoty uložené v tomto atributu můžeme otevřít a zavřít vypínač. Dále je atribut *stVal*

(stavová hodnota) přenášén na signál o stavu vypínače.[4] Kompletní strom seřazení dat tohoto příkladu je na obr. 3-5.

I když se celý systém řazení funkcí může zdát na první pohled složitý a matoucí, pevně daná hierarchie a struktura syntaxe přispívá velkou měrou k interoperabilitě celé soustavy a zvyšuje její spolehlivost.



Obr. 3-5 Příklad formátu funkčního celku.

3.5 Zprávy GOOSE, GSSE a SV

GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events) je generická, objektově orientovaná událost rozvodny. Stavová data a hodnoty proměnných se seskupují do jednoho datového objektu a přesouvají se v daném časovém intervalu. Účelem je nahradit konvenční zařízení pro logické řízení, potřebná ke koordinování vnitřní komunikace po sběrnici rozvodny. Když je detekována událost, zařízení IDE použijí přenos typu multicast, aby o ní informovala zařízení, která jsou registrována pro odběr jejich dat. Komunikace se podrobována přísným požadavkům: od vzniku události do odeslání zprávy nesmí uplynout více než 4 ms.

GSSE (Generic Substation State Events) je 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 se přenášejí prostřednictvím MMS. Ve srovnání s GOOSE trvá jejich zpracování a přenos déle.

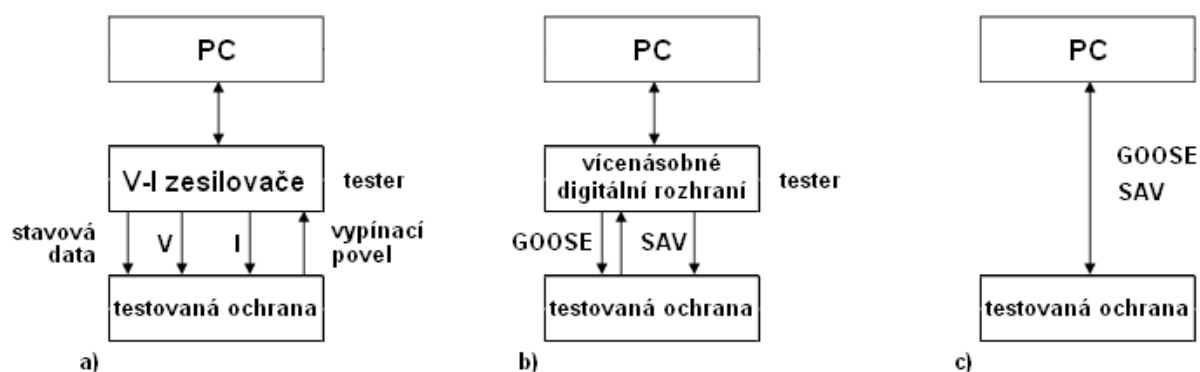
SV (Sampled Values), vzorkované hodnoty z přístrojových transformátorů (popř. směšovacích jednotek) jsou podmíněny časovou koherentností. Toho lze dosáhnout, buď synchronním odběrem vzorků ze všech analogových hodnot v celé rozvodně, nebo časovým označením vzorků. Ve druhém případě je nezbytná místní nebo globální časová synchronizace. SV zprávy na rozdíl od GOOSE a GSSE se odebírají periodicky.

3.6 Možnosti testování ochran pomocí standardu IEC 61850

Jako ochranný mechanismus tisíců primárních zařízení hraje ochrana zásadní úlohu při zajišťování bezpečnosti celého energetického systému. Za účelem zajištění fungování ochrany dle očekávání se požaduje podrobení ochranu různým testům během její životnosti, včetně certifikovaných typových zkoušek v oblasti designu a výroby, testu uvedení do provozu po instalaci a údržbové testy po určité době provozu. Ve srovnání s daty v ustáleném stavu jsou přechodná data použitelnější k ověření ochrany, protože se více blíží k reálným podmínkám elektrizační soustavy.

Použití IEC 61850-9-2 v digitálních stanicích umožňuje ochranám, vypínačům, a měřicím transformátorům (včetně slučovacích jednotek) propojení přes sdílený Ethernet. Ochrana má schopnost sbírat jeho měření, stejně jako informace o stavu a předat kontrolní příkazy přes stejný Ethernetový port. Takto je možné testovat ochranné relé pomocí samostatného PC bez komerčních zkušebních zařízení. Všechny testovací úlohy, včetně vytvoření přechodných dat, přenos/přijmutí SV/GOOSE zpráv a rozboru, jsou realizovány na samostatném PC. Navíc komunikační modul založený na WinPcap je vyvinut pro odesílání a přijímání četných SV/GOOSE zpráv v PC, místo mnoha ethernetových portů komerčního zkušebního zařízení.

Obecně platí, že testovací systém ochrany se skládá z PC a drahého testovacího zařízení - testeru. PC se využívá pro generování přechodných dat a hodnocení chování testované ochrany (RUT – relay under test). Tester je navržen tak, aby vpustil signál proudu a napětí do RUT podobně jako přístrojové transformátory a přijal signály z reakce RUT. V poslední době přináší rozvoj digitálních technologií v rozvodnách velké změny pro ochrany a jejich testovací systém se též neustále zdokonaluje. Obr. 3-3 ukazuje srovnání architektury testovacích systémů pro ochrany s různými rozhraními. Pro ochrany s mnoha analogovými rozhraními v tradičních rozvodnách (Obr. 3-3a) musí zkušební zařízení obsahovat těžkopádné V-I zesilovače k poskytnutí analogových měření a informací do RUT. Nicméně vzhledem k příchodu IEC 61850 jsou paralelní kabely mezi ochranou a testerem nahrazeny průmyslovým Ethernetem (Obr. 3-3b). Ochrany jsou schopny zachytit a předávat informace prostřednictvím několika digitálních komunikačních linek typu bod-bod. Takže V-I zesilovače mohou být odstraněny, ale pro komunikaci s ochranou, se ještě vyžaduje testovací zařízení. Ochrana obsahuje více digitálních ethernetových portů, např. SV, GOOSE vstup a GOOSE výstup.



Obr. 3-6 Srovnání architektury testovacího systému pro ochrany s různými rozhraními.

Zcela nedávno IEC zrušil digitální komunikační protokoly bod-bod: IEC 61850-9-1 a IEC 60044-8. IEC 61850-9-2 se doporučuje vzhledem k jeho významným výhodám. Například ve společné komunikační síti budou datové pakety obsahující vzorky hodnot proudu a napětí k dispozici pro jakékoli zařízení připojené k síti (Obr. 3-3c). Ochrana flexibilně přijímá požadované informace úpravou parametrů sítě namísto přidávání nových bod-bod linek. Aplikace IEC 61850-

9-2 umožňuje ochraně sběr vzorkovaných hodnot, stejně jako informací o stavu a předat příkazy přes stejný Ethernetový port. Proto je možné vyzkoušet tento druh ochran použitím samostatného PC bez nákladných zkušebních zařízení.[3]

4 PROJEKT KOMUNIKACE OCHRAN

Základem práce bylo sestavení vhodné topologie, nastavení obou ochran a softwaru a otestování komunikace jak mezi sebou (horizontální komunikace server-server), tak i s nadřazeným řídicím systémem – v našem případě simulovaným pomocným PC (vertikální komunikace client - server). Až v okamžiku úspěšného propojení všech prvků byt možný přechod k vlastnímu programování a měření. Zde už se otvírala široká škála možností testování komunikace od jednoduchého posílání jednotlivých GOOSE zpráv až po simulaci nejrychlejšího předání trip signálu při silném zahlcení komunikační linky.

Praktická část této práce je postavena na třech pilířích. První úkol zněl naprogramovat ochrany pomocí softwarového nástroje DIGSI k posílání a přijímání GOOSE zpráv. K tomuto účelu se vytvořila jednoduchá funkce **TestSignal**, se schopností po stlačení funkčního tlačítka **F1** na předním panelu této ochrany rozsvítit indikační diodu LED1 a zároveň poslat GOOSE zprávu, vyžadující rozsvícení stejné LED diody, ochraně druhé. Stejným způsobem se pomocí tlačítka **F2** indikační diody na obou ochranách resetují.

V druhém kroku následovala simulace povelu **opětného zapínání** (dále jen OZ) pomocí PC z nadřazeného systému. Ten ochrana zpracuje a zároveň vysílá GOOSE zprávu s požadavkem na OZ i pro druhou ochranu. Tato ochrana musí být samozřejmě nastavena tak, aby na tento signál tzv. „čekala“.

Třetím záměrem bylo změřit pomocí sekundárního testeru ochran **dobu přenosu** (transfer time) GOOSE zprávy mezi ochranami. Tuto časovou prodlevu můžeme rozdělit na několik částí – čas zpracování zprávy komunikačním procesorem na vysílací ochraně, samotný čas přenosu po komunikační lince, a konečně zpracování komunikačním procesorem na ochraně přijímací. Celková doba přenosu potom představuje časový rozdíl mezi reakcí ochran. Pro toto měření byl použit tester **Omicron CMC 256+**. Ten obsahuje rozšíření **NET-1**, díky kterému je kompatibilní se standardem IEC 61850.

4.1 Sestavení topologie a nastavení ochran

I když se na první pohled může zdát, že zapojení dvou identických ochran mezi sebou a počítačem nepředstavuje žádný problém, skutečnost je trochu složitější.

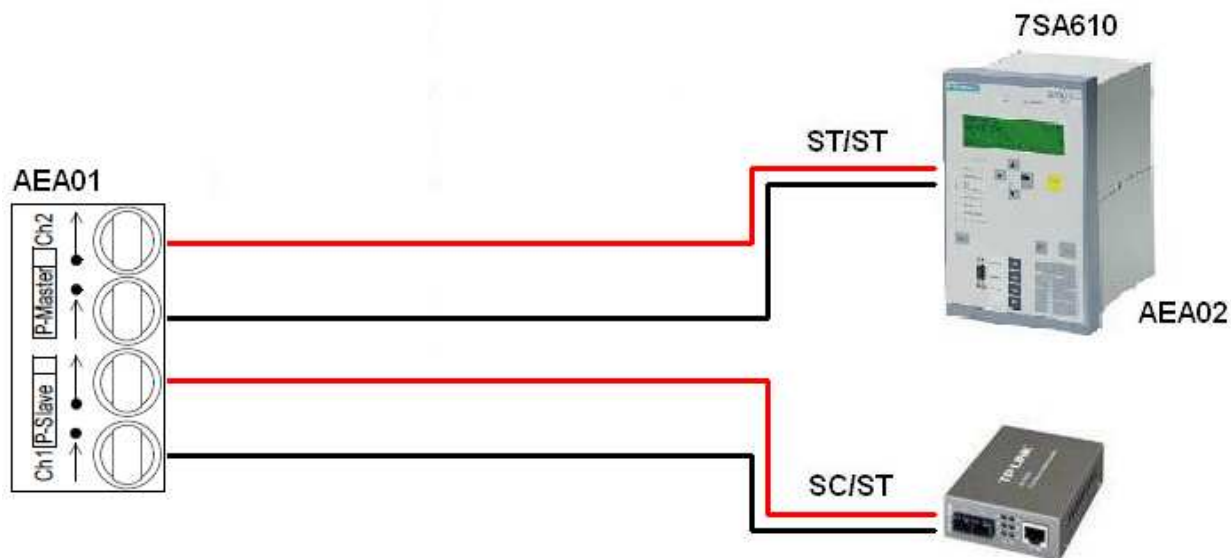
Komunikační modul distanční ochrany **EN100** se vyrábí ve dvou variantách. Metalická varianta má běžný konektor **RJ45**, který se používá i u síťových karet počítačů, notebooků, apod. Naproti tomu optická varianta (obr. 4-1) je od ostatních síťových prvků galvanicky oddělena a používá optický konektor typu **ST**. Tato varianta se používá v případech rozlehlejších sítí, které jsou nad možnosti metalických kabelů (nad 100m). V našich laboratorních podmínkách by plně postačovala metalická varianta. Nicméně distanční ochrany, které byly testovány, měly komunikační modul optický. To poněkud zkomplikovalo situaci, protože bylo nutné pořídit k sestavení plné topologie metalicko-optický převodník včetně odpovídající kabeláže.



Obr. 4-1 Optický komunikační modul pro IEC 61850 s integrovaným switchem.

Jelikož komunikační cesta mezi PC a ochranou je využívána pouze pro nahrání nastavení do ochran, nekladly se na převodník žádné zvláštní nároky na rychlost, funkce nebo podporovanou vlnovou délku. Z tohoto důvodu se pořídil zcela běžný převodník 10/100Base-TX UTP na 100Base-FX pracující v režimu multi-mode na vlnové délce 1310nm s konektory RJ45/SC. K němu pak byly dodány optické kabely s vícevidovým skleněným vláknem a konektory ST/ST s poměrem průměrů jádra a izolace 50/125 μ m (pro komunikaci ochrana-ochrana) a SC/ST (pro komunikaci ochrana-převodník).

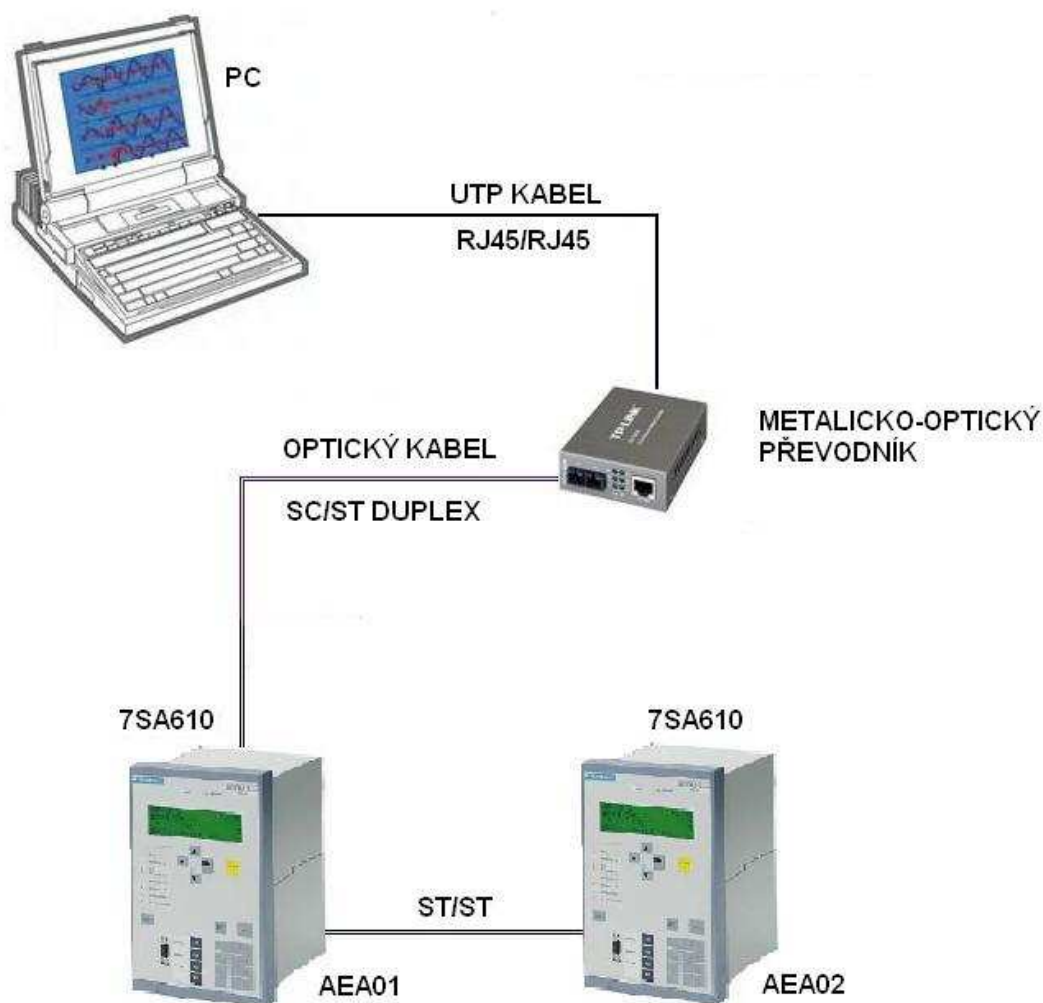
Nyní již nic nebránilo zapojení optické části komunikační cesty. Oba kabely se skládají ze dvou barevně odlišených vláken – červené a černé. Funkcí se nijak neliší, ovšem je důležité zapojit jeden konec kabelu na přijímání (RxD – Receive Data) a druhý na vysílání (TxD – Transmit Data). V případě konektoru SC na převodníku je situace o to jednodušší, že konektor je upraven tak, aby jej bylo možné zasunout jen jedním způsobem. Naproti tomu u propojení ochran kabelem ST/ST je možná určitá variabilita zapojení, tj. lze jej zapojit při dodržení „kroucení barev“ správně více způsoby. Zapojení, s nímž bylo pracováno popisuje obr. 4-2.



Obr. 4-2 Názorná demonstrace způsobu zapojení optických kabelů.

Konečně propojení PC s převodníkem nepodléhá jakémukoliv omezení. Použití obvyklé dvojlinky UTP s konektory RJ45/RJ45 a celé zapojení naznačuje obr. 4-3.

Sluší se podotknout, že zvolené zapojení není zdaleka jediným možným řešením. Pro zvýšení redundance je eventuální připojení s dalším převodníkem spojeným s ochranou AEA02. Na metalické straně by pak oba převodníky byly zapojeny do switchu a následně do PC. Dalším, poněkud skromnějším řešením by byla komunikace ochrany s PC přes sériový kabel ze servisního portu na čelním panelu ochrany. Tím by odpadla celá linka PC-převodník-ochrana. V našem případě se zdá ovšem otázka redundance zcela bezpředmětná a naopak umazáním ethernetového spojení mezi PC a ochranami by se zkomplikovala práce s nimi (pomalé připojení, nutnost neustále přepojovat sériový kabel z jedné ochrany na druhou, atd.), nehledě na to, že by se nenaplnil potenciál standardu. Proto se námi zvolená topologie jeví jako nejvhodnější.



Obr. 4-3 Topologie zapojení.

Po sestavení topologie přichází na řadu první propojení ochrany s PC. Ke komunikaci ochrany s PC byl použit software **DIGSI 4 verze 4.83** společnosti Siemens. Po instalaci softwaru je nutné doplnění o drivery a parametr sety konkrétního typu ochrany. V tomto případě tedy drivery pro ochranu 7SA 610. Použil se aktuální parametr set **V4.70.07**. Drivery a parametr sety jsou součástí instalačního CD nebo je možné je stáhnout na internetových stránkách výrobce. Jelikož byly obě ochrany téměř bez nastavení, upgrade jejich firmwaru na novější verzi se jevil zcela nezbytným.

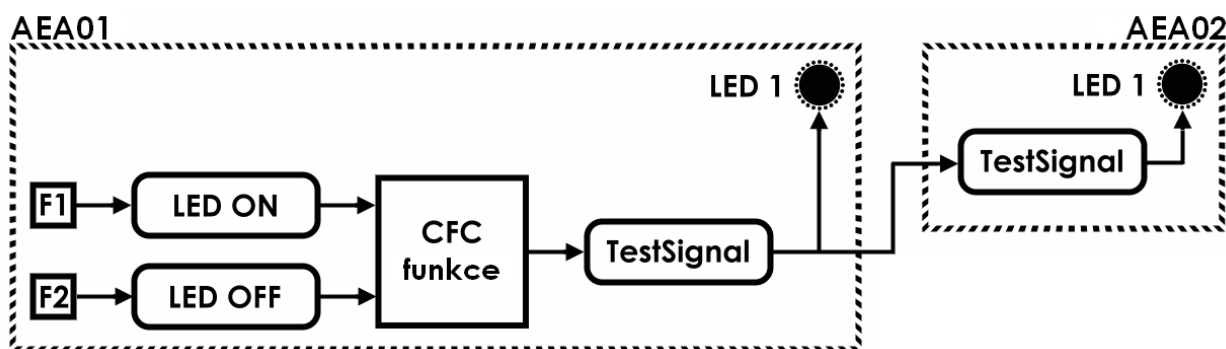
Verze měla stejné označení jako použitý parametr set v DIGSI, tedy **V4.70.07**. Softwarový nástroj k tomu určený lze opět najít na internetových stránkách firmy Siemens.

Je silně doporučeno při probíhajícím upgradu firmwaru nevytahovat ze servisního portu sériový kabel. Mohlo by dojít k trvalému poškození ochrany. Stejně následky může mít i ztráta napájecího napětí!

4.2 Posílání testovací GOOSE zprávy

Jak už bylo popsáno výše, jedním z praktických úkolů této práce bylo úspěšné posílání GOOSE zpráv mezi ochranami. K tomuto účelu byla vytvořena jednoduchá funkce **TestSignal**. Ta dokáže po stlačení funkčního tlačítka **F1** na předním panelu této ochrany rozsvítit indikační diodu LED1 a zároveň poslat GOOSE zprávu, vyžadující rozsvícení stejné LED diody, ochraně druhé. Stejným způsobem se pomocí tlačítka **F2** indikační diody na obou ochranách resetují.

Pro posílání GOOSE zpráv je třeba v programu DIGSI vytvořit projekt, který popíše použité ochrany a sváže je na komunikační úrovni. Po načtení nastavení z DIGSI do ochran už není spojení s PC nutné a ochrany komunikují jen horizontálně, tedy server – server.



Obr. 4-4 Blokové schéma funkce TestSignal.

Po spuštění DIGSI se zobrazí DIGSI Manager s prázdným polem pro rozpracované projekty. Kliknutím na ikonku **New project/Library** se objeví okno pro výběr umístění projektu a názvu. Pracovní název jsme zvolili **TestSignal**. Po načtení prázdného projektu a rozkliknutí ikony **Folder** se dají vytvořit samotné modely prvků: pravé tlačítko myši – **Insert New Object – SIPROTEC device** a přetáhnout do prostoru projektu požadovaný parametr set. Zobrazenou tabulku je nutné vyplnit podle MLFB kódu konkrétní ochrany.

Nyní tedy byla vytvořena první ICD konfigurace v projektu. Protože obě námi používané ochrany byly identické, prostým Copy – Paste systémem se vytvořila i druhá konfigurace. V této fázi je vhodné již změnit jména ICD konfigurací, aby se zabránilo jejich záměně. V našem případě byly zvoleny názvy **AEA01 7SA610** a **AEA02 7SA610**. Pravým kliknutím na prvek a výběrem **Object Properties...** se zobrazily vlastnosti ochrany, kde byla v záložce **Communication parameters** nastavena IP adresa zařízení na **192.168.0.1**, maska **255.255.255.0** a IED name na **AEA01**. Stejným postupem byly nastaveny **Communication parameters** i ve druhém prvku na IP **192.168.0.2**, masku **255.255.255.0** a IED name na **AEA02**. IP adresa je samozřejmě v rámci sítě unikátní. Proto není vhodné adresovat stejnou IP více než jeden prvek v síti, tedy včetně PC.

Komunikaci obou prvků je třeba „zastřešit“ dalším prvkem, který zajistí jejich interoperabilitu. Ten se nacházel v menu **Insert New Object – IEC61850 station**. Tento prvek je nutné svázat s **komunikátory** (v našem případě prvky **AEA01** a **AEA02**) v **Object Properties... – Communicator –Add**.

Protože GOOSE zpráva vzniká v **AEA01**, nejsložitější nastavování vyvstalo právě zde. Výrobce doporučuje pracovat s prvky v projektu v režimu **offline**, proto byla pro otevření objektu **AEA01** zvolena možnost **Offline**. Po načtení dat prvku a otevření okna editoru s upravitelnou maskou I/O matice, která se nacházela v záložce **Settings – Masking I/O (Configuration Matrix)**. Pro přehlednost je dobré nastavit v záložce **View – Expand All, No Filter** a **Indications and Commands Only**. Zde je nutné založit novou skupinu, a to pokud možno kolem skupiny **EN100-Modul 1**. Umístění skupiny neovlivňuje její funkci, ovšem z praktického hlediska je nelogické usadit komunikační skupinu mezi např. statistiku provozu a měření. Kliknutím na již existující skupinu bylo vybráno z místní nabídky **Insert Group – in front... (Insert Group – after...)**. Skupina byla nazvána **TestSignal**.

Protože signál zapnutí a vypnutí indikační LED diody vznikne uvnitř ochrany, byla použita informace typu **Internal ON/OFF**. Tedy z místního menu skupiny **TestSignal – Insert Information... – Annunciations – Tagging – Internal ON/OFF (InstSP)**. Informace byla pojmenována **LED ON**. Stejným způsobem byla vytvořena informace **LED OFF**. Pro zaslání GOOSE zprávy ochraně **AEA02** se vytvořila informace typu **Single Point**, tedy **Insert Information... – Annunciations – Single Point (SP) – Open/Close (SP)**. Ostatní nastavení je na obr. 4-5.

	Information				Source							Destination																
	Number	Display text	L	Type	BI				F	S	C	BO	LEDs							Buffer			S	X	C	CM		
					1	2	3	4					5	1	2	3	4	5	6	7	0	S					T	
EN100-Modul 1	009.0100.01	Failure Modul		IntSP																	IO							
	009.0101.01	Fail Ch1		IntSP																	IO							
	009.0102.01	Fail Ch2		IntSP																	IO							
TestSignal		LED ON		IntSP					1												IO					X		
		LED OFF		IntSP					2												IO					X		
		TestSignal		SP							X		U								IO		X					
Testing	07325	CB1-TESTtrip L1		OUT																	IO							
	07326	CB1-TESTtrip L2		OUT																	IO							
	07327	CB1-TESTtrip L3		OUT																	IO							
	07328	CB1-TESTtrip123		OUT																	IO							
	07329	CB1-TEST close		OUT																	IO							
	07345	CB-TEST running		OUT																	IO							
	07346	CB-TST stop FLT.		OUT_Ev																	I							

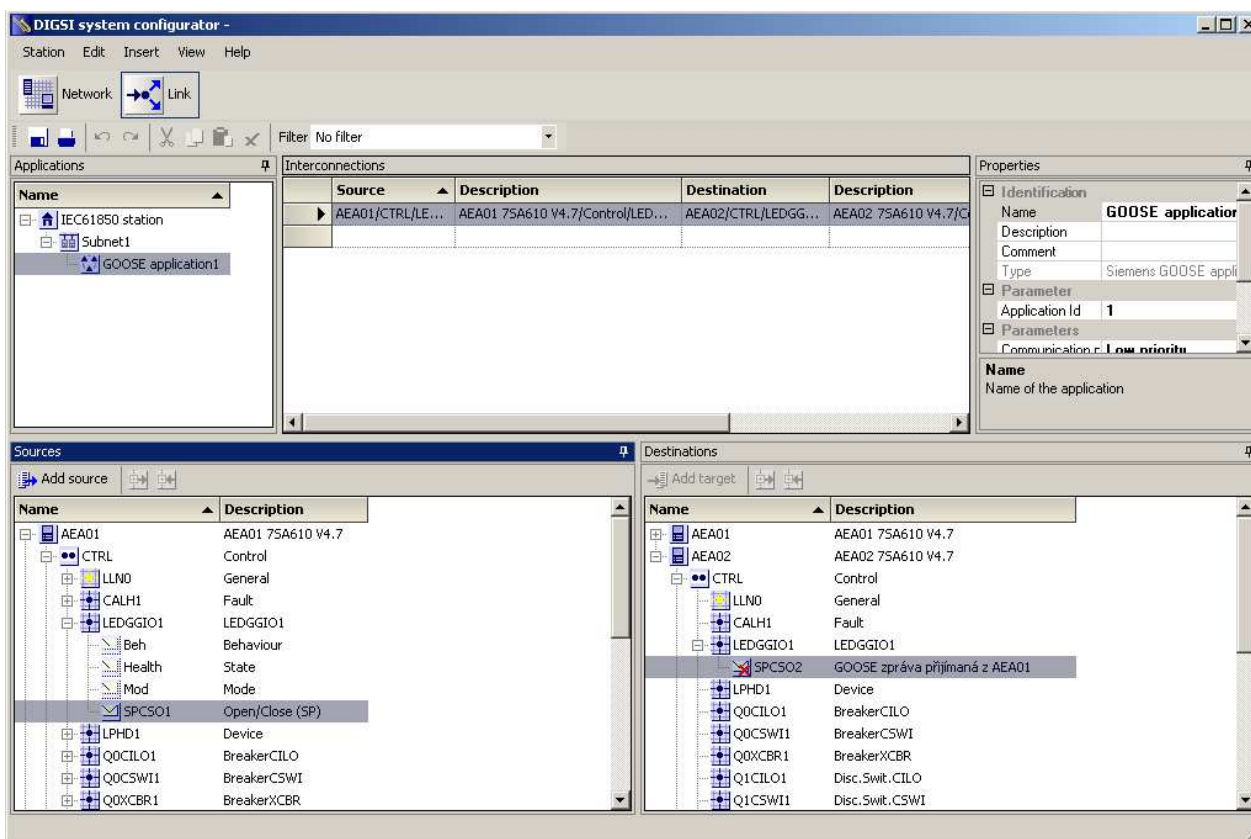
Obr. 4-5 Vytvořená skupina **TestSignal** v matici I/O ochrany **AEA01**.

Jak už bylo uvedeno v teoretické části práce, GOOSE zpráva vysílaná z jednoho zařízení může být přijímána více adresáty. Těm stačí na GOOSE prostě „čekat“. Tohoto bylo pro ochranu **AEA02** docíleno velice podobně, jako odesílání v případě **AEA01**. Opět byla v matici vytvořena nová skupina, tentokrát však naplněna informací, která nevzniká uvnitř ochrany, ale její zdroj je v systémovém rozhraní. Informace je pak typu **External Single Point Open/Close (ExSP)**, a to cestou **Insert Information... – Annunciations – Single Point (SP) – external Single Point Open/Close (ExSP)**. Další nastavení ukazuje obrázek 4-6.

Settings - Masking I/O (Configuration Matrix) - TestSignal / Folder / AEA02 7SA610 V4.7/7SA610																			
	Information			L	Type	Source					Destination								
	Number	Display text				BI	2	3	4	5	F	S	C	BO					
EN100-Modul 1	009.0100.01	Failure Modul			IntSP									1	2	3	4	5	6
	009.0101.01	Fail Ch1			IntSP														7
	009.0102.01	Fail Ch2			IntSP														8
TestSignal		TestSignal			ExSP						X								
Testing	07325	CB1-TESTtrip L1			OUT														
	07326	CB1-TESTtrip L2			OUT														
	07327	CB1-TESTtrip L3			OUT														
	07328	CB1-TESTtrip123			OUT														
	07329	CB1-TEST close			OUT														
	07345	CB-TEST running			OUT														
	07346	CB-TST stop FLT.			OUT_Ev														

Obr. 4-6 Vytvořená skupina TestSignal v matici I/O ochrany AEA02.

V dalším kroku bylo vytvořeno jednoduché CFC schéma. To používá jednoduchou logickou funkci RS. Rozkliknutím **Settings - CFC** v ochraně **AEA01** byly zobrazeny již vytvořené schémata. V místní nabídce vytvořila položka **Insert CFC chart** nové schéma. To bylo pomocí **Object properties...** přejmenováno na **GOOSE_TestSignal**. Po otevření schématu byl vložen z nabídky v levé části CFC editoru logický blok **RS – FlipFlop (Memory – RS_FF)**. Na vstup **R** tohoto bloku byl přiveden z nabídky **Interconnection to Address...** signál **LED OFF**. Podobně byl na vstup **S** přiveden signál **LED ON** a na výstup **Q** signál **TestSignal**. Tlačítkem **Run Sequence** na liště okna byl otevřen **Runtime editor**, ve kterém byl vytvořený signál přiřazen do správné sekvence – **Slow PLC**. Před ozavřením CFC editoru bylo schéma přeloženo tlačítkem **Compile**. Po uzavření modelu ochrany **AEA01** již byly oba prvky nastaveny.



Obr. 4-7 Umístění signálu TestSignal v datové posloupnosti podle IEC 61850.

Rozkliknutím třetího prvku **IEC61850 station** se otevřel již zmiňovaný **System Configurator**. V záložce **Link** se po otevření **GOOSE application1** zobrazil syntaxový strom obou ochran podle standardu IEC 61850. Z obrázku 4-7 je patrná datová hierarchie. Například vytvořený **TestSignal** v ochraně **AEA01** má syntax **AEA01/CTRL/LEDGGIO1/SPCSO1** podle klíče **PD/LD/LN/Data Object** (viz. obr. 3-5). Označené objekty na brázku 4-7 již byly jen přidány do propojovací tabulky stisknutím tlačítka **Add source**, případně **Add target**.

Protože byl změněn prvek **IEC61850 station**, bylo třeba aktualizovat parametr sety v jeho komunikátorech (**AEA01** a **AEA02**). V místní nabídce prvku **IEC61850 station – Object properties... - Update – Update all parameters sets**. [5]

V této fázi byl projekt prakticky dokončen a zbývalo jen nahrát jej do ochran. Protože se jednalo o první nahrání modelového zařízení do skutečné ochrany, bylo nutné ochrany inicializovat. Tím se smažou rozdíly mezi nimi, skutečná ochrana získá vlastní identitu v síti a nahraje se celý datový soubor. Inicializace zařízení je možné provést pouze pomocí sériového kabelu přes servisní port na čelním panelu ochrany. **Je proto nutné, aby byl v konfiguraci DIGSI povolen port COM.**

Inicializace vyžaduje zadání šestimístního hesla, jehož tovární nastavení je 000000.

Po inicializaci a oživení funkce již není servisní port potřeba. Změna nastavení může být prováděna pomocí ethernetového propojení jak je zakresleno na obr. 4-3. Tento způsob správy IED zařízení má spoustu výhod. Komunikace mezi serverem a klientem je mnohem rychlejší a odpadá i neustálé přepojování kabelu mezi servisními porty jednotlivých zařízení. V praxi to pak může vypadat tak, že je servisní technik schopen měnit nastavení zařízení, které je umístěno na druhém konci rozvodny, nebo pomocí webového rozhraní i zařízení z jiné rozvodny.

Celý postup pak lze shrnout do několika odrážek:

- *Vytvoření topologie*
- *Definice komunikátorů v DIGSI manageru*
- *Vytvoření funkce TestSignal v matici I/O*
- *Vytvoření logického bloku v CFC Editoru*
- *Propojení komunikátorů v System Configuratoru*
- *Inicializace ochran*

4.3 Povel opětného zapínání z řídicího systému

Automatika opětného zapínání je jednou z mnoha možností, kde se může průžná komunikace IED zařízení plně uplatnit. Proto se s využitím znalostí z předchozí kapitoly vytvořila poměrně složitější funkce, jež tuto situaci modeluje.

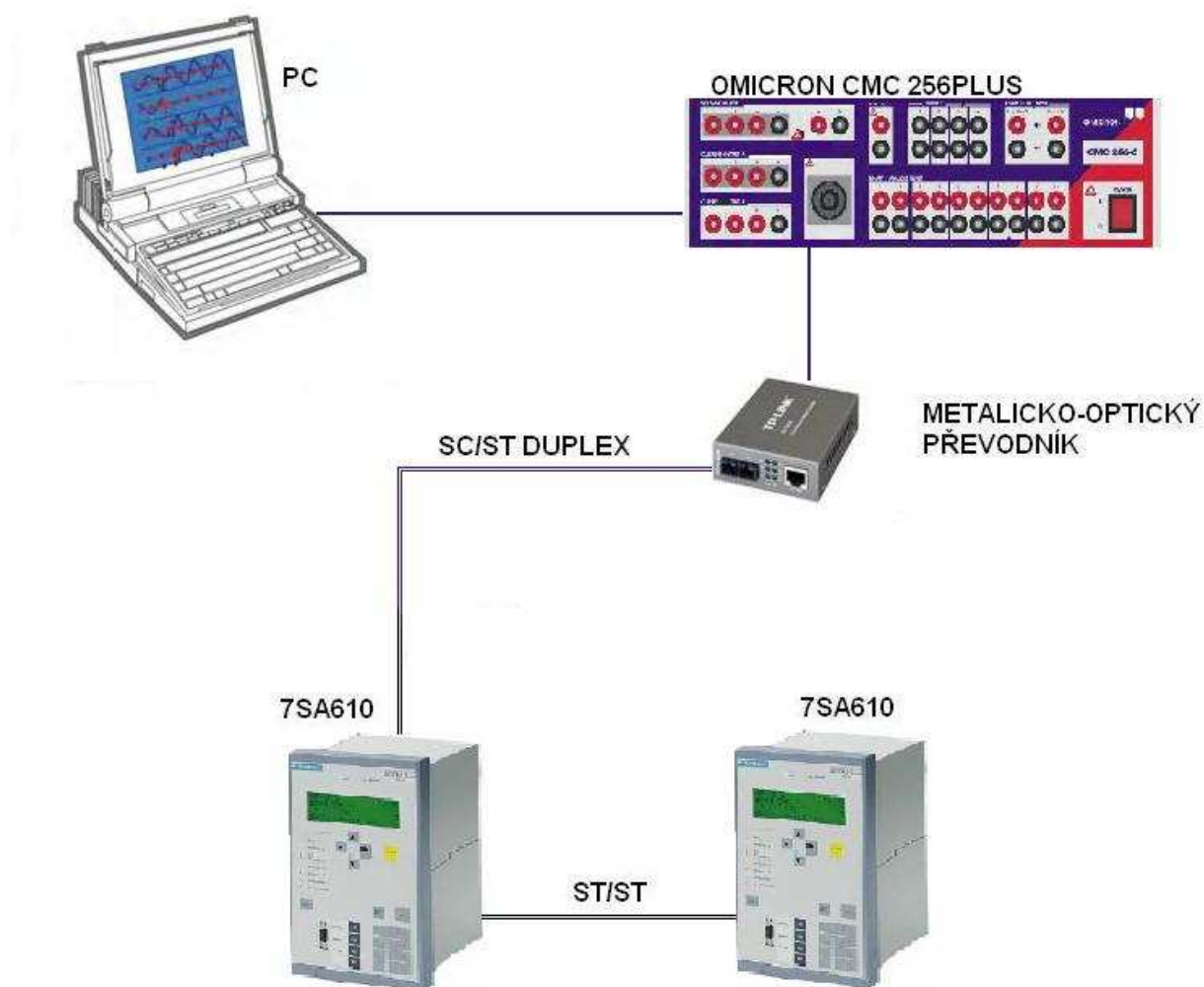
Okolnosti simulace by se daly popsat následovně: Z nadřazeného řídicího systému je poslán ethernetovou linkou povel ochraně **AEA01** k opětnému zapínání. Tato ochrana povel přijme, vykoná, rozsvítí indikační diodu **LED2** a současně pošle GOOSE do systémového rozhraní **OZ ZAP**. Tu přijme **AEA02**, rozsvítí diodu **LED2** a zároveň vykoná **OZ**.

I když je funkce rozsáhlejší než v případě **TestSignal**, princip zůstává stejný. Původní signál už ale nevzniká přímo na **AEA01**. Místo toho funkci spouští povel z řídicího systému. Ten musí

být logikou převeden na signál, se kterým už zařízení pracuje podobně jako v kapitole 4.2. Roli řídicího systému převzal kromě PC také tester **Omicron CMC256+**. Ten byl zapojen mezi PC a metalicko-optický převodník, jak je patrné z obrázku 4-8. Použit byl běžný kabel UTP. Ethernetový modul NET-1 na zadní straně testeru disponuje dvěma kanály. Kanál 1 byl připojen k PC, kanál 2 ke konvertoru. Po zařazení testeru do sítě bylo nutné přiřadit mu vlastní unikátní IP adresu. Zbytek zapojení zůstal nezměněn.

Protože ochrany byly z předchozího úkolu již inicializovány a komunikace fungovala bez problémů, pokračovala práce v DIGSI v již vytvořeném projektu **TestSignal**.

Funkce **OZ** je v defaultním nastavení vypnutá, a proto se musela v obou ochranách zapnout. V **Settings – Device Configuration** byl tedy v každé ochraně povolen 1 cyklus funkce **Auto-reclosure Function**.



Obr. 4-8 Topologie rozšířená o sekundární tester ochran Omicron CMC 256+.

V ochraně **AEA01** se do konfigurační matice přidala skupina **ovladani**. Ta obsahovala celkem čtyři informace. Původní povel z ŘS reprezentovala informace **LED2** typu **CF_D2**. Tento povel se upravil logikou **CMD_INF** v CFC na signál a následně přivedl na logický blok **RS_FF**, který rozdělval výstup z CFC podle hodnoty přicházejícího povelu. Zbylé informace jsou typu **SP** a vycházejí z upraveného povelu v CFC. **LED2** typu **SP** rozsvěcuje indikační diodu LED2,

OZ ZAP posílá GOOSE zprávu do **AEA02**. Pro samotné spuštění OZ bylo ještě třeba v obou ochranách nakonfigurovat ve skupině **Autoreclosure** zdroj signálu z CFC pro informace **>AR on** a **>AR off**. Za logickým blokem RS následoval logický negátor, který negoval vstupní hodnotu povelu a v případě negace nuly dával signál **>AR off** pro vypnutí OZ a zároveň posílal GOOSE **OZ VYP** do **AEA02**.

V konfigurační matici ochrany **AEA02** byla rovněž vytvořena skupina **ovladani**. Do ní se vložily informace **OZ ZAP** a **OZ VYP** typu **ExSP**. Jak už jejich název a typ napovídá, jsou to informace, které přijímají GOOSE zprávy z **AEA01**. Tyto signály přechází přes logický blok **CONNECT** (který mimochodem nedělá nic jiného, než že propojí vstupní a výstupní pole CFC) do OZ funkcí **>AR on** nebo **>AR off**. Jak už bylo uvedeno, pro obě tyto funkce je nutné nastavit v konfigurační matici **Source – Configured**. Protože může z **AEA01** přicházet díky negátoru vždy jen jeden GOOSE, nebylo již nutné přidávat do CFC další logické členy.

Zapojení logických členů v CFC obou ochran je pro přehlednost přiloženo v přílohách A a B.

Se změnou obsahu modelů ochran se musely aktualizovat i parametry sety, se kterými pracuje **IEC61850 station**. Z místní nabídky se tedy vybrala možnost **Object properties...**, dále záložka **Update** a **Update all parameter sets**. Po úspěšné aktualizaci parametrů setů se modely ochran nahrály do reálných zařízení prostřednictvím položky **DIGSI → Device...** z místního menu prvku, nebo z lišty **Device**. Typ připojení mezi PC a IED se zvolil **Ethernet**.

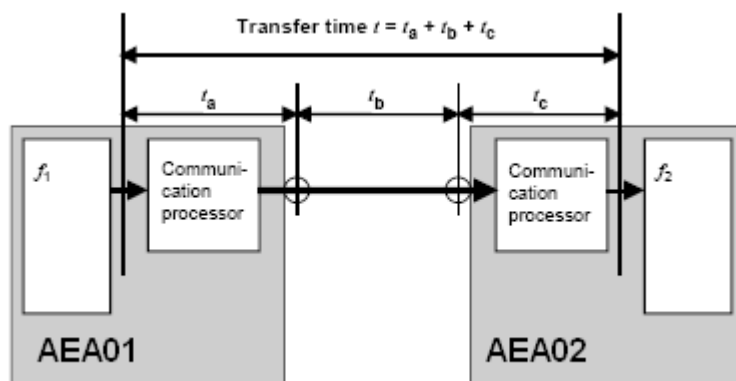
Nyní již byla celá sestava připravena k testování. Posílání původního povelu a monitoring sítě probíhal pomocí softwarových nástrojů **IEDScout** a **GOOSE Sniffer**. Tyto nástroje patří do skupiny ovládacích a měřicích programů **Test Universe**, jež je součástí testeru **CMC256+**. Po vyslání povelu z řídicího systému (IEDScout) se rozsvítily diody LED2 na obou ochranách, což indikovalo přijetí povelu ochranou **AEA01** i GOOSE zprávy ochranou **AEA02**. Překlopením povelu do stavu **false** ale poměrně často nedocházelo k negaci povelu a indikační diody zůstávaly rozsvícené. Tento problém se nepodařilo přesvědčivě vyřešit. Jednou z variant je však špatně zvolený typ informace **LED2 CF_D2**. Tento typ informace totiž využívá tzv. feedback, což je vlastně zpětná vazba pro potvrzení vykonání změny stavu. Takto si například řídicí systém potvrzuje u ovládání odpojovače jeho dojetí do koncové polohy. Možným řešením by proto mohlo být vytvoření zpětné vazby pomocí logických bloků, případně volba vhodnějšího typu proměnné.[6]

4.4 Měření doby přenosu GOOSE

Rozdíl reakcí komunikujících zařízení může způsobovat značné komplikace zvláště v situacích, kdy je vyžadována jejich rychlá spolupráce. Doba přenosu GOOSE zprávy je z tohoto důvodu důležitá vlastnost každé moderní sítě. Její celková délka ovšem nezáleží jen na vzdálenosti zařízení. Značnou část celkové doby přenosu totiž tvoří doba potřebná ke zpracování dat v komunikačních procesorech, jak je patrné na obr. 4-9.[7]

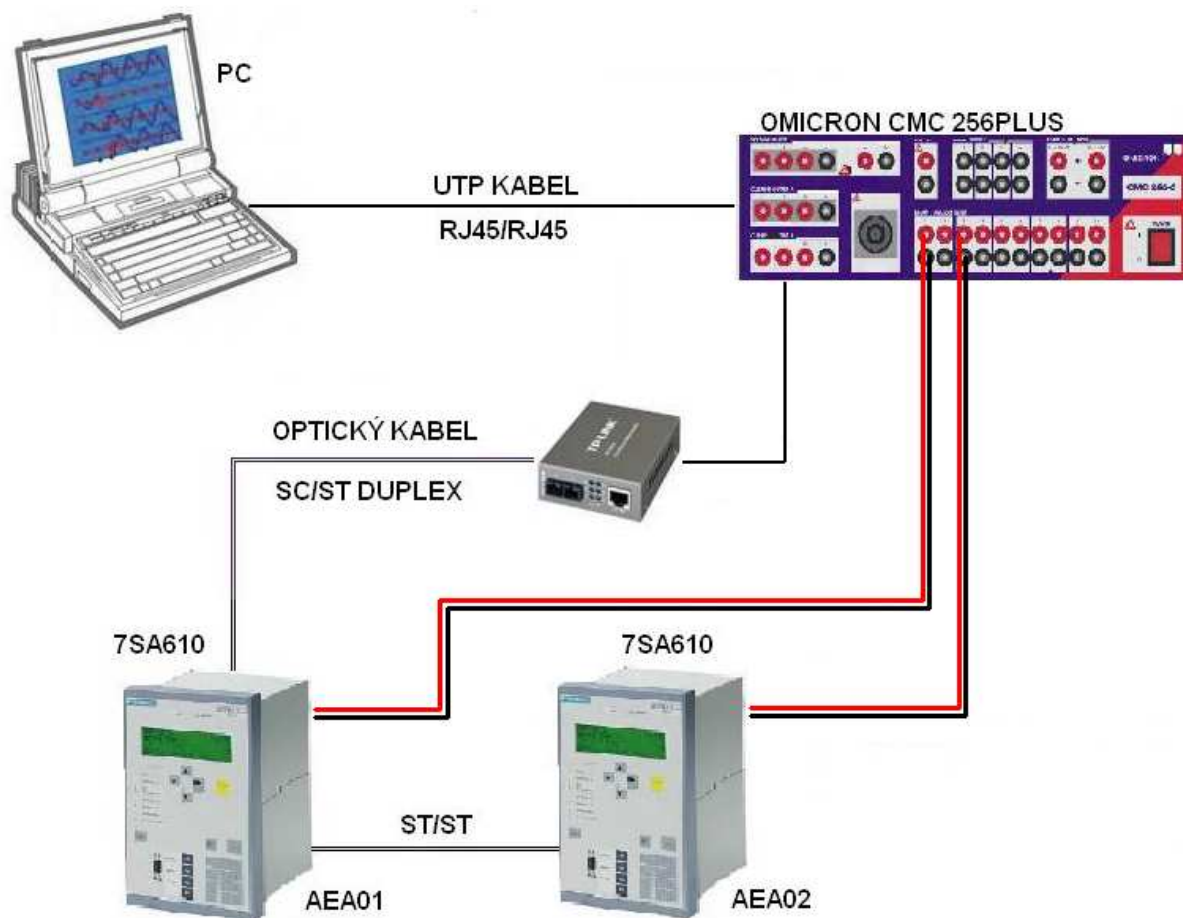
Pro toto měření se v mírné modifikaci opět využila funkce **TestSignal**. Přidáním binárního výstupu (dále jen BO) do destinace informace **TestSignal SP** v konfigurační matici ochrany **AEA01** a zároveň **TestSignal ExSP** ochrany **AEA02** se stisknutím tlačítka **F1** nejenom rozsvítí diody LED1, ale také sepnou označené BO. Následným stiskem tlačítka **F2** se opět rozepnou. Tyto BO se připojily na binární vstupy (dále jen BI) testeru **CMC256+**.

Pomocí měřicího programu **OMICRON EnerLyzer** bylo možné sledovat BI testeru a zaznamenávat čas sepnutí BO ochran. Pro snadnou kontrolu správnosti funkce posloužilo slyšitelné cvaknutí jejich při sepnutí i rozepnutí.



Obr. 4-9 Doba přenosu GOOSE zprávy mezi ochranami.

Propojení měřící soustavy zobrazuje obr. 4-10. Za předpokladu, že BO ochran a BI testeru jsou stejně rychlé, je časový rozdíl mezi sepnutím obou BI právě doba přenosu GOOSE zprávy. Při vzorkovací frekvenci měření 28 kHz a měřených hodnotách v řádu jednotek ms se chyba měření způsobená vzorkováním pohybovala kolem 1%. Větší vliv na měření tedy měly s největší pravděpodobností spínací časy relátek.



Obr. 4-10 Propojení ochran s testerem při měření doby přenosu GOOSE.

Průběhy spínání BI testeru se tedy zapisovaly v programu **EnerLyzer**. Tyto průběhy se následně analyzovaly v programu **TransView**, ve kterém se proložením obou sepnutí měřícími kursory určila přesná hodnota. Naměřené doby přenosu se vzájemně lišily i o 0,5 ms. **Po několikanásobných měření a vyhodnocení záznamů bylo dosaženo průměrné hodnoty doby přenosu GOOSE zprávy 5,379 ms.**

5 ZÁVĚR

Moderní digitální distanční ochrany 7SA 610 se vyznačují nejen množstvím funkcí, ale také značnou flexibilitou. Finální nastavení je přizpůsobeno přesně podle přání a možností zákazníka. Dalo by se tedy říci, že každá distanční ochrana, ač se může na první pohled jevit totožná, je svou kombinací funkcí a nastaveními unikátní.

Nejen pro distanční ochrany je velmi důležitá rychlá a spolehlivá komunikace jak mezi sebou, tak i s nadřazenými řídicími systémy. K tomu se používá velké množství specifických komunikačních protokolů, z nichž do popředí vychází v poslední době často diskutovaný standard IEC 61850. Nová procesní technologie a standard IEC 61850 nabízí spoustu výhod. V minulosti se nadřazený řídicí systém choval jako server a veškerá komunikace probíhala skrze něj. S příchodem IEC 61850 však již jako servery vystupují přímo jednotlivá IED, kdežto řídicí systém k nim přistupuje jako client. Díky tomuto řešení mohou komunikovat prvky v síti přímo mezi sebou bez nutnosti asistence řídicího systému. Další výhodou je snížení počtu propojovacích drátů, čímž se také sníží množství manuální práce nutné k jejich montáži. Dále snižuje počet nekontrolovaných funkcí téměř na nulu takže snižuje dobu, než bude zjištěna chyba a zvyšuje dostupnost systému. Se zavedením nových technologií je možná skutečná redundance za relativně nízkou cenu pro všechny funkce rozvodny. Postupnou integrací funkcí se zároveň snižuje počet fyzických zařízení, což má za následek zvýšení celkové spolehlivosti systému.

Praktická část práce se zakládala na sestavení vhodné topologie mezi ochranami navzájem (úrovňová komunikace server – sever) a řídicím systémem (meziúrovňová komunikace client – sever). Protože distanční ochrany, které byly k dispozici měly optické ethernetové moduly, rozšířila se celková topologie o metalicko-optický převodník. V podkapitole 4-1 jsou podrobně popsány zásady správného zapojení optické části a topologie zapojení vyplývá z obr. 4-3. V praxi se často využívá redundantního zapojení, čili jakéhosi zdvojení komunikační linky pomocí kruhového sestavení topologie. V tomto případě je však takové řešení bezvýznamné.

Protože verze parametr setu nahrané v ochranách nebyl kompatibilní s verzí v softwarovém nástroji DIGSI, proběhl update driverů DIGSI a kompletní přehrání firmwaru a parametr setu obou ochran. Tento krok způsobil, že se ochrany po restartu dostaly do monitor režimu.

V podkapitole 4-2 byl vytvořen projekt, obsahující modely dvou fyzických zařízení, tedy testovaných distančních ochran a prvku zajišťující komunikaci mezi nimi. Modely ochran byly pro jednoduchost pojmenovány **AEA01** a **AEA02**. V praxi se tímto způsobem označují vývodové pole v napěťové hladině 110 kV. Inicializací „naběhly“ ochrany do pracovního režimu a funkce posílání GOOSE zpráv bezchybně fungovala. Samotná funkce **TestSignal** mohla být rozšířena do obou ochran, což by znamenalo že GOOSE by dokázala posílat i **AEA02**. Tento krok se však nejevil jako vhodný, protože by se jednalo jen o zkopírování již vytvořené funkce. Celý postup tvorby projektu je dopodrobna popsán, aby tato práce mohla sloužit i jako jakýsi návod.

Meziúrovňové komunikaci ve standardu IEC 61850 byla věnována podkapitola 4-3. Jako základ posloužila funkce **TestSignal** z předchozí kapitoly. Povel **OZ** vznikl na úrovni klienta a proto bylo nutné jej logikou upravit na signál. Zde se při testech projevovala jistá nestabilita vytvořené funkce. Navzdory nejednodušším modifikacím logických bloků a typů proměnných se totiž nevracel signál **OZ VYP** pro vypnutí **OZ** a zároveň resetování indikačních diod LED2. Jedním z možných vysvětlení je právě špatná volba proměnné pro povel, nebo nesprávné ošetření logické funkce signálu.

Doba přenosu GOOSE zpráv mezi IED je důležitým ukazatelem spolehlivosti komunikace mezi zařízeními. V podkapitole 4-4 je využito dostupné testovací zařízení CMC256+ a jeho ovládacího a měřicího softwaru k jednoduchému testu doby přenosu GOOSE zprávy z **AEA01** do **AEA02**. Výsledek tohoto měření činil 5,379 ms, což řadí aplikaci podle IEC 61850 do výkonostní třídy P1. Tento výsledek byl očekáván, jelikož celá aplikace pracuje na sekvenci **slow PLC**, nebo **interlocking**. Dosažení vyšší výkonostní třídy je možné zařazením logických funkcí do rychlé sekvence a nastavením vysoké priority GOOSE.

Soubor s celým projektem **TestSignal** je uložen na přiloženém CD.

5.1 Návrh dalšího postupu

Komunikační standard IEC 61850 je paradoxně díky pevně stanoveným pravidlům syntax a hierarchii uložení dat velmi flexibilní a nabízí širokou škálu možností testování a měření.

IEC 61850 slibuje bezproblémovou komunikaci mezi zařízeními různých dodavatelů. Měření doby přenosu GOOSE zpráv by například mohlo sloužit jako základ ke složitějším měřením jako je například **round-trip test (ping-pong test)**. [8] Relevantnějších výsledků by se také dalo dosáhnout pomocí tzv. traffic simulátorů, které dokáží zahltit komunikační linku a tím simulovat skutečný provoz rozvodny. Dalším krokem by také mohlo být srovnání rychlosti trip signálu poslaného konvenční cestou a využitím IEC 61850.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DOHNÁLEK, P. Ochrany pro průmysl a energetiku. SNTL, Praha 1991 ISBN 80-03-00630-9, 340 stran
- [2] FORGUE, B., VLADYKA, P. IEC 61850: soubor norem pro komunikaci v energetice s velkým potenciálem výhod. *AUTOMA*, 3/2010, pp.10-12
- [3] ZHU, L., SHI, D., DUAN, X. Transient Test of IEC 61850-9-2 Based Digital Protective Relays Using a Standalone PC. In *IET Generation, Transmission & Distribution*. June 2010, pp. 13
- [4] SIPROTEC 7SA6xxx Distance Protection and Control V4.65, uživatelský manuál [on line]. SIEMENS CO. 764 stran, http://siemens.siprotec.de/download_neu/index_e.htm
- [5] IEC61850_STARTUP_A3_EN, uživatelský manuál [on line]. SIEMENS CO. 66 stran, http://siemens.siprotec.de/download_neu/index_e.htm
- [6] SIEMENS Co. DIGSI [počítačový program]. Ver. 4.83.
- [7] BRUNNER, CH. IEC 61850: Interoperability, Principles and Benefits. *PACWORLD* [on line], 3-5/2009
http://www.pacw.org/issue/summer_2009_issue/cover_story/iec_61850_interoperability_principles_and_benefits/article/2.html
- [8] STEINHAUSER, F. Performance Measurements for IEC 61850 IEDs and Systems. *PACWORLD* [on line], 12/2010
http://www.pacw.org/issue/december_2010_issue/performance/implementing_firewalls_for_modern_substation_cybersecurity/complete_article/1.html

PŘÍLOHA B - CFC FUNKCE V OCHRANĚ AEA02

