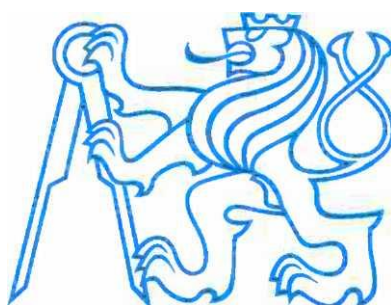


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta elektrotechnická**

**K13115 - Katedra Elektroenergetiky**



**Modernizace ochran rozvodů 6kV  
v čerpací stanici Hněvkovice**

**Diplomová práce**

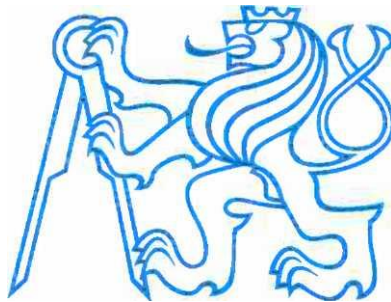
**Bc. Ivo Jíša**

**Praha 2017**

**CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE**

**Faculty of Electrical Engineering**

**Department of Electrical Power Engineering**



**Modernization of the switchroom 6 kV  
protections in the pumping station  
Hněvkovice**

**Master's thesis**

**Bc. Ivo Jíša**

**Praha 2017**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

katedra elektroenergetiky

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Ivo Jíša

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Obor: Elektroenergetika

Název tématu: **Modernizace ochran rozvodů 6kV v čerpací stanici Hněvkovice**

Pokyny pro vypracování:

1. Popis rozvodny 6kV včetně připojení k R110 Kočín
2. Důvody modernizace zařízení a její návrh
3. Konfigurace a program funkčních zkoušek
4. Zpracování nové výkresové dokumentace
5. Selektivita a nastavení ochran
6. Závěr, vyhodnocení

Seznam odborné literatury:

- [1] Ing. Rudolf Grym, Ing. Jiří Bermann aj.: Chránění II, IRIS Havířov 2004, ISBN 80-903540-0-9
- [2] ČSN EN 60 044 (-1, -2, -5, -6), ČSN EN 60 909, ČSN EN 61 936-1: (ČSN 33 3051, ČSN 33 3022 aj.)
- [3] Technická dokumentace provozovatele i dodavatelů nové technologie

Vedoucí: Ing. Vlastimil Staude

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2017/2018

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 18.4.2016

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne: 9. 1. 2017

.....

podpis

## **Poděkování**

Na úvod bych chtěl vyjádřit poděkování vedoucímu své diplomové práce Ing. Vlastimilu Staude za jeho cenné rady, připomínky, ochotu a vstřícnost při vedení během její tvorby. Dále Ing. Stanislavu Boučkovi a Ing. Jiřímu Hrubému za odborné konzultace. Celé rodině za podporu, toleranci a vytrvalost.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce pojednává o jedné z možností jak za co nejpříjemnější cenu provést záměnu elektromechanických ochranných zařízení za digitální ochranné terminály na rozvodnách 6kV čerpací stanice Hněvkovice. S cílem co největší unifikace použitých číslicových terminál a zjednodušení výstroje přístrojových částí rozvaděče ve vývodových polích rozvodnách 6kV, se zachováním, nebo zvýšením uživatelsky-přátelského ovládání.

V tomto směru by mohla diplomová práce sloužit jako vzor pro dokončení obdobných plánovaných rekonstrukcí rozvodnách 6kV ve venkovních objektech Jaderné elektrárny Temelín, nebo i na jiných podobně konstrukčně řešených rozvodnách 6kV.

### **Klíčová slova**

Čerpací stanice Hněvkovice, rozvodna 6kV, ochrana, terminál, instrumentace, obvod, dokumentace, postup

## **Abstract**

This master's thesis deals with one of the options regarding how to swap electromechanical protections for digital protection terminals 6 kV in the switch rooms 6 kV of the pumping station Hněvkovice for the most reasonable price. The target is to maximize the unification of used digital terminals and the simplification of the distributor's instrumental parts equipment in the output fields of the switch rooms 6 kV, while maintaining or increasing user-friendly operation.

In this direction could this thesis serve as a model for completion of the similar planned reconstructions of switch rooms 6 kV in the external objects of the nuclear power plant Temelin, or of other similarly structurally solved switch rooms 6 kV.

### **Keywords**

Pumping station Hněvkovice, switch room 6 kV, terminal, instrumentation, circuit, drawing ...

# **OBSAH**

Seznam použitých technologických zkratk a symbolů.....	9
<b>1. ÚVOD, MOTIVACE A CÍLE .....</b>	<b>10</b>
<b>2. POPIS ROZVODNY 6 KV VČETNĚ PŘIPOJENÍ K R110 KOČÍN .....</b>	<b>11</b>
2.1. Konstrukční provedení rozvaděče R6 kV typ: VH 111.1 .....	11
2.2. Orientační popis obvodů jednotlivých polí.....	14
<b>3. DŮVODY MODERNIZACE ZAŘÍZENÍ A JEJÍ NÁVRH .....</b>	<b>15</b>
3.1. Technické požadavky .....	15
3.2. Provozní požadavky .....	16
3.3. Finanční požadavky.....	17
3.4. Unifikace pomocných přístrojů a provedení montáže .....	17
3.5. Unifikace hlavních přístrojů ochran (terminálů).....	18
3.6. Unifikace pomocných systémů ochran .....	22
3.7. Komunikace a záznamová zařízení.....	24
<b>4. KONFIGURACE A PROGRAM FUNKČNÍCH ZKOUŠEK .....</b>	<b>25</b>
4.1. Návrh konfigurace terminálů .....	25
4.2. Havarijní záblesková ochrana.....	29
4.3. Program funkčních zkoušek .....	30
<b>5. ZPRACOVÁNÍ NOVÉ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE .....</b>	<b>33</b>
<b>6. SELEKTIVITA A NASTAVENÍ OCHRAN .....</b>	<b>34</b>
6.1. Podklady pro zkratové výpočty .....	34
6.2. Základní parametry rozvoden, kabelů a zařízení .....	34
6.3. Technická data motoru .....	36
6.4. Podklady pro nastavení napěťových ochran .....	37
6.5. Stávající a nové nastavení ochran.....	55
<b>7. ZÁVĚR, VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>65</b>
7.1. Technický přínos .....	65
7.2. Přínos pro provozní personál .....	66
7.3. Přínosy z hlediska zadavatele .....	66
<b>LITERATURA .....</b>	<b>67</b>
<b>PŘÍLOHA seznam dokumentace.....</b>	<b>68</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	
Obrázek 1 Čelní panel REF615.....	18
Obrázek 2 Čelní panely použitých přístrojů pro HZO řady REA .....	23
Obrázek 3 Fázorový diagram výpočtu nulové složky při zemním spojení v L1.....	42
Obrázek 4 Fázorový diagram výpočtu zpětné složky při zemním spojení v L1 .....	44
Obrázek 5 Fázorový diagram výpočtu nulové složky při poruše MTN v L1 .....	45
Obrázek 6 Fázorový diagram výpočtu zpětné složky při poruše MTN v L1 .....	48
Obrázek 7 Vektory napětí v izolované soustavě s MTN.....	50
Obrázek 8 Vektory napětí v izolované soustavě při ferorezonanci.....	51

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Vybrané ochranné funkce REM615 .....	19
Tabulka 2 Vybrané ochranné funkce REF615 .....	21
Tabulka 3 Data pro zkratové výpočty .....	34
Tabulka 4 Základní technická data rozveden a rozvaděčů .....	34
Tabulka 5 Základní technická data spotřebičů .....	35
Tabulka 6 Seznam kabelů .....	35
Tabulka 7 Příklad výrobního štítku motoru .....	36
Tabulka 8 Data pro nastavení a funkce ochran v poli měření rozvodny 6 kV .....	55
Tabulka 9 Funkce ochran v poli přívodu rozvodny 6kV .....	56
Tabulka 10 Funkce ochran v poli spojky rozvodny 6kV .....	57
Tabulka 11 Funkce ochran v poli vývodu na R6kV pro MVE .....	58
Tabulka 12 Funkce ochran v poli vývodu na transformátor VS 6/0,4kV .....	59
Tabulka 13 Funkce ochran v poli vývodu pro motor 6kV .....	60
Tabulka 14 Funkce ochrany a data pro nastavení působení automatiky selhání vypínače .....	63



## ***Seznam použitých technologických zkratk a symbolů***

AC	Střídavá soustava
ACT	Application configuration tool – nástroj pro tvorbu konfigurace
APV	Automatika podpěťového vypínání
ASV	Automatika selhání vypínače
BD	Bloková dozorna
ČS	Čerpací stanice
DC	Stejnoseměrná soustava
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
ETE	Jaderná elektrárna Temelín
GOOSE	Režim přenosu rychlých informací ve standardu IEC 61850
HVB	Hlavní výrobní blok
HZO	Havarijní záblesková ochrana
MTN	Měřicí transformátor napětí
MVE	Malá vodní elektrárna
NJZ	Nový jaderný zdroj
PPO	Pracovní postup opravy
PTP	Přístrojový transformátor proudu
vn	Vysoké napětí
VS	Vlastní spotřeba
R6 kV	Rozvodna 6 kV
r0,4 kV	Rozvaděč 0,4 kV
RVHP	Rada vzájemné hospodářské pomoci
SBO	station black out – úplná ztráta zdrojů napájení

## 1. Úvod, motivace a cíle

Součástí elektrárny Temelín je řada vnějších objektů, jejichž napájení bylo postupně ožívováno již od roku 1989. Jedním z prvních zprovozněných objektů byla čerpací stanice surové vody Hněvkovice, ve které jsou v rozvodnách VN použity ještě maloolejové vypínače z produkce EJV Brno a elektromechanické a elektronické ochrany z produkce ZPA Trutnov.

Rozvodny jsou v relativně dobrém stavu, ale řada komponent použitých v přístrojové části se již nevyrobí a není za ně vhodná náhrada, a proto je nutné provést rekonstrukci. Realizace dílčích úprav za provozu není prakticky možná a musí vždy dojít k odstavení celé rozvodny, a proto je zadána příprava jejich celkové rekonstrukce. Součástí rekonstrukce je zpravidla výměna přístrojové části včetně ochran, a výměna původních maloolejových vypínačů 6 kV.

Při projednávání zadání rekonstrukce byly zvažovány dvě možnosti způsobu realizace. První možnost je klasická, kdy do původních skříní je proveden retrofit nové přístrojové části a nových vypínačů. Druhá možnost je úplná výměna rozvaděče například za typ UniGear.

Provozní požadavky na čerpací stanici jsou oproti původním doplněny o požadavky nové, související s režimem SBO elektrárny, se samostatným provozem čerpací stanice a s požadavky pro napájení bloků vodou po dostavbě NJZ.

Tato práce je zaměřena na přípravu návrhu rekonstrukce přístrojové části rozvodu 6 kV BCG a BCH, které jsou součástí rozvodu čerpací stanice Hněvkovice.

Pro zachování spolehlivosti provozu se nabízí zamýšlení nad otázkou efektivnější funkce a modernizace systému, zejména ve smyslu odstranění funkčních nedostatků a náhradou neobnovitelných komponent za nové. Stěžejním prvkem v této zamýšlené modernizaci je náhrada přístrojů ochran a integrace části reléového ovládání do těchto přístrojů a celková rekonstrukce přístrojové části, která umožní další dílčí úpravy za provozu bez odstavování rozvodu.

## 2. Popis rozvodny 6 kV včetně připojení k R110 Kočín

Pro lepší přehlednost při čtení následujícího textu se podívejte na výkres „Napájení vlastní spotřeby ČS Hněvkovice“ v příloze „A“.

Rozvod čerpací stanice Hněvkovice je tvořen rozvodnou 110 kV v zapojení H, dvěma transformátory 110 / 6 kV s výkonem 25 MVA, rozvodnami 6 kV BCG a BCH, dvěma transformátory 6 / 0,4 kV s výkonem 630 kVA a rozvaděči 0,4 kV BHL a BHM.

Rozvodna 110 kV je tvořena přívody linek V1346 a V1347 s odpojovači, podélnou spojkou složenou ze dvou odpojovačů a dvěma vývody na transformátory, každý s odpojovačem a vypínačem. Každý transformátor (110 / 6 kV, 25 MVA) napájí jednu rozvodnu 6 kV. Transformátor T101 rozvodnu BCG a T102 rozvodnu BCH.

### 2.1. Konstrukční provedení rozvaděče R6 kV typ: VH 111.1

Je tvořena tuhou konstrukcí z ocelových U profilů a je rozčleněna do čtyř prostorů:

- vypínačový
- přípojnicový
- prostor kabelových koncovek
- skříň s pomocnou výzbrojí (přístrojová část)

Vnější krytí je provedeno ze všech stran plechovými kryty tak, že zabraňují dotyku obsluhy na živé části. Z čelní strany jsou dveře opatřeny zámky, kryty ze zadní strany a shora jsou přišroubovány. Boční kryty jsou tvořeny plechem 2,5 mm silným a jsou přivařené nebo přišroubované (vnější boční kryty) ke konstrukci. Spodní část skříně je po vyrovnání jednotlivých skříní celého rozvaděče a odzkoušení zasouvání výsuvných částí ukotvena přivařením k základovému rámu. Prostory uvnitř skříně jsou odděleny kovovými nebo izolačními mezistěnami.

Vypínačový prostor je určen pro zasunutí výsuvné části vyzbrojené vypínačem těžké řady, případně měřícím nebo odpojovacím můstkem.

Přístup do vypínačového prostoru je dveřmi, které se otvírají vsunutím nožového klíče do otvoru po levé straně a následným nadzvednutím vodící tyče se západkami. Uzavření dveří se provádí jejich zabouchnutím a správné zajištění uzavření dveří je signalizováno bílým terčíkem, který se objeví v otvoru po levé straně dveří. Konstrukce zámku spolehlivě zabezpečuje dveře proti otevření působením přetlaku při případném vzniku obloukového zkratu uvnitř skříně.

Od přípojnicového prostoru a prostoru kabelových koncovek je vypínačový prostor oddělen izolačními přepážkami s otvory pro vyvedení pevných roubíků výsuvných kontaktů pro připojení výsuvné části.

V horní části u dveří jsou dvě mnohápólové zásuvky pro připojení ovládacích a signalizačních obvodů z výsuvné části do skříně s pomocnou výzbrojí.

Podlaha je svařená z plechu a jsou v ní vodící kolejničky pro výsuvnou část. Ve střední části podlahy jsou otvory pro aretaci podvozku výsuvné části v pracovní a odpojené (revizní) poloze a manipulační otvory pro zasouvací dvouramennou páku.

Přípojnicový prostor je umístěn v zadní části skříně nahoře a obsahuje podpěrné porcelánové izolátory, měděné pasové přípojnice a jejich odbočky. Přípojnice prochází napříč přípojnicovými prostory jednotlivých skříní celého rozváděče, přičemž v těchto prostorech nejsou jednotlivé skříně rozváděče odděleny od sebe přepážkami. V každé skříně jsou z přípojnic vyvedeny odbočky k praporcům horních roubíků výsuvných kontaktů. Jednotlivé části měděných pasů tvořících přípojnice a jejich odbočky jsou spojeny šrouby M16 dotaženými předepsaným momentem 30 Nm, přičemž hodnota úbytku napětí při procházejícím proudu 500 A nesmí překročit 8 mV na jedno stykové místo.

Přístup do prostoru přípojnic je možný buď zezadu, kde je kryt opatřen panty a zajištěn dvěma šrouby, nebo z vypínačového prostoru po demontáži izolační desky.

Prostor kabelových koncovek je umístěn v zadní části skříně dole. Do této části skříně jsou zaústěny kabely 6 kV z kabelového prostoru pod rozváděčem a zakončeny kabelovými koncovkami. Jednotlivé fáze kabelu jsou pak připojeny na praporce přístrojových transformátorů proudu a poté měděnou pasovinou upevněnou na podpěrné porcelánové izolátory přivedeny k praporcům dolních roubíků výsuvných kontaktů.

V případě, že je rozváděč navržen s podélnou spojkou s vypínačem a výsuvným odpojovacím můstkem je prostor kabelových koncovek v dotčených skříních standardně vybaven jako přípojnicový prostor.

Ve spodní části tohoto prostoru prochází průběžná zemnicí přípojnice. Prostup z kabelového prostoru pod rozváděčem do každé jednotlivé skříně je protipožárně utěsněn.

Přístup do prostoru kabelových koncovek je možný zezadu, kde je kryt opatřen panty a zajištěn dvěma šrouby, nebo z vypínačového prostoru po demontáži izolační desky.

Skřín s pomocnou výzbrojí (přístrojová část) obsahuje měřicí, ovládací a návěštní obvody, a tvoří samostatný, od silových vn částí oddělený prostor. Přívody k výše uvedeným obvodům jsou provedeny vícežilovými Cu kabely, vedenými v krytém prostoru na levém

boku skříně z kabelového prostoru pod rozváděčem. Pohyblivé přívody pomocných obvodů výsuvné části jsou přivedeny přes vícepólové konektory.

Výzbroj je typizována a je umístěna přehledně na třech panelech:

- dveře s přístroji ukazovacími, signalizačními a ovládacími
- střední panel s elektroměry, ochranami, relé ap.
- zadní panel se svorkovnicemi, jističi, pojistkami, relé ap.

Každá z rozvodů BCG a BCH 6 kV se skládá z následujících polí – přívod, spojka rozvodů 6 kV, pole měření, vývod na distribuční transformátor vlastní spotřeby, vývod na MVE Hněvkovice (vše 1x) a klíčovým polem jsou vývody na elektromotory čerpadel (3x + 1x rezerva).

Spojka rozvodů 6 kV je kabelová a ručně ovládaná.

Vývody na distribuční transformátory vlastní spotřeby 6 / 0,4 kV napájí rozvodny 0,4 kV BHL a BHM s podélnou spojkou vybavenou AZR.

Přístrojová část rozvodů BCG a BCH obsahuje zpravidla tyto základní obvody, ochrany a automatiky:

- a) systém proudových nebo napěťových ochrany pole (vývodu)
- b) havarijní záblesková ochrana (HZO)
- c) automatika podpěťového vypínání (APV)
- d) obvod místního a dálkového ovládní (zapínání a vypínání)
- e) místní signalizace polohy vypínačů VN a kontrola zapínacích a vypínacích obvodů
- f) obvod místní a dálkové poruchové signalizace
- g) obvod místního a dálkového měření proudu nebo napětí

## **2.2. Orientační popis obvodů jednotlivých polí.**

### ***Obvody ovládání pole měření***

Toto pole je atypické. Instrumentace obsahuje především zdrojový obvod APV sestavený z relé V 15. Jako napěťová zemní ochrana zde slouží napěťové relé GV 12 doplněná zatěžovacím odporem proti ferorezonanci.

### ***Obvody ovládání pracovního přívodu***

Instrumentace obsahuje navíc stavovou blokádu zapínacího obvodu. Ochrana není instalována v poli přívodu, ale ve skříni ochran transformátorů.

### ***Obvody ovládání podélné spojky***

Instrumentace neobsahuje APV, obsahuje navíc stavovou blokádu zapínacího obvodu. Ochrana je jednoduchá jednostupňová zpožděná nadproudová nezávislá AT 31X.

### ***Obvody ovládání motorového vývodu***

Instrumentace obsahuje navíc technologické blokády zapínacího obvodu. Ochrana je soubor ochran motorových vývodů ALOX M205, který obsahuje mžikovou zkratovou nadproudovou nezávislou ochranu, zpožděnou nadproudovou rozběhovou nezávislou ochranu, ochranu při proudové nesymetrii a tepelný model.

### ***Obvody ovládání vývodu na distribuční transformátor***

Instrumentace neobsahuje APV. Ochrana je nadproudová dvoustupňová. První stupeň jsou tři mžiková nadproudová relé A 15 působící přes koncové relé ochrany AT 31X. Druhý stupeň je zpožděná nadproudová nezávislá ochrana AT 31X uvolňovaná podpětím ze strany 0,4 kV. Vypínací obvody jsou doplněny o vazbu na dveřní kontakty a termostat transformátoru.

### ***Obvody ovládání vývodu na MVE***

Instrumentace neobsahuje APV a obvod dálkového ovládání. Ochrana je nadproudová dvoustupňová. První stupeň jsou tři mžiková nadproudová relé A 15 působící přes koncové relé ochrany AT 31X. Druhý stupeň je zpožděná nadproudová nezávislá ochrana AT 31X.

### 3. Důvody modernizace zařízení a její návrh

Rozvodny BCG a BCH včetně transformátorů 110 / 6 kV T101 a T102 byly zprovozněny kolem roku 1990 s instrumentací poplatnou této době, tj. pouze na přístrojové základně dostupné v rámci RVHP. Základ instrumentace přístrojových částí R6 kV je převážně na bázi pomocných relé RP 700 PC, RP 701 KC, RA 70, A 1996 a ovladače a signálky řady T6 a ukazatele US1. Ochranou výbavu tvoří elektromechanické ochrany AT 31X, A 15, V 15, GV 12 a elektronické ochrany na bázi operačních zesilovačů ALOX M205, ER 723.

Základním nedostatkem příslušné instrumentace je neexistence automatických kontrolních systémů ochran vyžadovaných ČSN 33 3051 a nemožnost komunikace s řídicími a informačními systémy. Z hlediska údržby je u elektromechanických ochran nutná kontrola (tj. úplné sekundární a funkční zkoušky) v intervalu 12 měsíců. U ochran řady ALOX je aplikován ruční test v intervalu 6 měsíců a sekundární a funkční zkoušky v intervalu 3 let.

Protože na ČS Hněvkovice již byla provedena modernizace ochran transformátorů 110 / 6 kV (T101 a T102) na bázi ochran řady RELION firmy ABB (RET 615 a RET 630) rozhodl jsem se pro použití dalších ochran této řady při modernizaci rozvodu BCG a BCH.

Výchozí požadavky pro výběr přístrojů jsou tyto:

- a) technické požadavky
- b) provozní požadavky
- c) finanční požadavky

Obsah těchto požadavků se částečně překrývá a formulují je takto:

#### 3.1. Technické požadavky

Přístroje a ostatní instrumentace musí zajistit minimalizaci aktivního přístrojového vybavení a maximální integraci stávajících ovládacích i ochranných funkcí, a měl by disponovat vysokým rozsahem pomocného napájení, dlouhodobou životností, odolností a kompatibilitou EMC.

U přístrojů je požadována spolehlivá autodiagnostika a maximální programová variabilita, musí obsahovat ochranné funkce pro všechny typy polí, tj. proudové, napěťové i motorové, musí obsahovat zapisovače událostí a poruch (Event recorder, Disturbance recorder), musí zajistit komunikaci se systémem sběru dat a systémem časové synchronizace v souladu se standardem IEC 61850 (nevylučujeme ani použití přenosu GOOSE informací).

Přístroj by měl disponovat dostatečným počtem binárních vstupů pro sběr informací z ostatních přístrojů (vypínač, jističe, atp.) a kontaktních výstupů pro ovládání a signalizaci.

Nově bude požadována funkce ASV (automatika selhání vypínače) vývodů rozvodny, případně ASV přívodních vypínačů. Dále by tento přístroj měl umožnit doplnění ochran proti přetížení.

### **3.2. Provozní požadavky**

Provozní požadavky doznaly největších změn.

Původně byl požadován zaručený chod minimálně tří čerpadel za provozu obou HVB. V souvislosti s NJZ vyvstal požadavek na zaručenou provozuschopnost minimálně čtyř čerpadel (to ve stávající konfiguraci není možné).

V souvislosti se zvýšenými nároky na jadernou bezpečnost - řešení stavu SBO (station black out – úplná ztráta zdrojů napájení) – je zvažováno a zkušebně ověřeno použití hydrogenerátorů MVE pro napájení bezpečnostních systémů elektrárny prostřednictvím soustavy 110 kV. Tento režim by měl být nově zařazen mezi používané provozní režimy a tomu by mělo být přizpůsobeno ovládání R6 kV, ale prozatím není stanoveno jakým způsobem.

Dalším požadavkem je zajištění zásobování surovou vodou i v případě ztráty napájení ze soustavy 110 kV. V tomto směru je novou a ověřenou schopností ČS Hněvkovice způsobilost udržet v samostatném provozu jedno z čerpadel surové vody napájením pouze z generátoru MVE bez podpory soustavy 110 kV, ale přímý rozběh čerpadla jen pomocí generátoru není možný. Proto bude zpracována studie řešící možnost spouštění pohonu v této situaci.

Požadavky na instrumentaci z hlediska provozní obsluhy a údržby jsou následující:

- jednoduchost údržby, zmenšení počtu údržbových a kontrolních zásahů, zkrácení délky údržbových zásahů.
- rychlá diagnostika poruch a závad hlavních i pomocných přístrojů, rychlá a snadná opravitelnost
- rychlý rozbor působení ochran s určením možné příčiny
- rychlé a jednoduché změny konfigurace podle aktuálních provozních potřeb



### **3.3. Finanční požadavky**

Obsah tohoto požadavku je zdánlivě jednoduchý, ale tento požadavek má dva aspekty:

Investiční náročnost – minimální cena pořizovaných přístrojů, cena projektu, montáže a výchozích sekundárních a komplexních funkčních zkoušek včetně výchozí revize

Provozní náročnost – minimalizace nákladů na pravidelnou údržbu a minimalizace skladových zásob

Základním způsobem řešení těchto požadavků je maximální standardizace a unifikace použitých přístrojů, a pokud dojde někdy k rozporu mezi požadavkem na provozní a investiční finanční náročnost, musí mít požadavky na unifikaci a standardizaci maximální přednost, protože nákupy pouze podle pořizovacích cen povedou v závěru k navyšování skladových zásob a nákladů na údržbu.

V případě ČS Hněvkovice ETE by proto modernizace měla být řešena použitím obdobných nebo shodných materiálů jako rekonstrukce rozveden R6 kV na 1. HVB. Navíc s ohledem na časové omezení musí být montáž přístrojové části prakticky kompletně provedena v předstihu, což významně omezuje možnost použití již nainstalovaných přístrojů.

### **3.4. Unifikace pomocných přístrojů a provedení montáže**

Řadové svorkovnice X1, X2 a X3 budou vytvořeny z bez šroubových svorek WAGO s předním příívodem, zkušební svorkovnice budou typu MMLG 02 firmy AREVA.

Propojovací vodiče byly původně taženy za zadním panelem a byly omezeně přístupné (výměna vyžadovala odstavení a zajištění rozvodny). Nově budou uloženy v instalačních žlabech na zadním panelu, aby byla umožněna jejich výměna bez odstavování rozvodny.

Jističe budou použity z řady Minia firmy OEZ typu LTN-UC dvupólové pro stejnosměrné ovládací obvody a LTE jednopólové a třípólové pro střídavé obvody s pomocnými kontakty.

Ovládací tlačítka včetně uzamykatelných budou z řady Harmony X5 firmy Schneider Electric, signálky a polohové signálky z produkce firmy ELECO (SUS-95 a HIS 95) a vačkové spínače typu VS16 firmy OBZOR Zlín.

Relé budou použita typu 3TH22 firmy Siemens a relé typu 55.33 a 88.12 firmy Finder.

Převodníky elektrických veličin budou programovatelné typu SINEAX M562.

### 3.5. Unifikace hlavních přístrojů ochran (terminálů)

Jako hlavní ochranné a ovládací přístroje jsou navrženy terminály řady RELION.

Na 1.HVB jsou použity jako hlavní přístroje terminály řady 670. Tyto přístroje jsou nadbytečně dimenzované z hlediska výpočetního výkonu, sw vybavení (jsou původně určeny pro úroveň přenosových soustav 400 kV) a jsou příliš finančně náročné.

Pro distribuční rozvodny nižších napěťových hladin jsou určeny přístroje řad 630 a 615. Z hlediska ceny bude použita řada 615. V rámci řady 615 existují různá provedení. Z důvodů maximálního zjednodušení logistiky bude použit typ REM 615, který obsahuje jak ochrany pro transformátorové tak i motorové vývody a dále obsahuje i napěťové ochranné funkce. Současně existuje možnost použití těchto přístrojů při dalších rekonstrukcích a jako náhrada již použitých ochran REF 615 na obou HVB.

Pro aplikaci byly zvoleny přístroje REM 615 a REF 615 oba v provedení G.

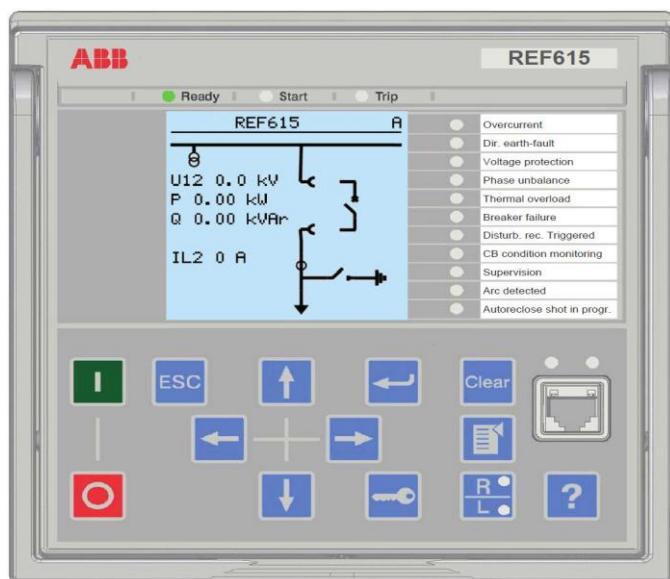
REM 615 v konfiguraci HBMC AE AG NACE BNN11G

REF 615 v konfiguraci HBFJ AE AG NACE BNN11G

Oba typy terminálů mají shodnou konfiguraci hardware, ale liší se v obsahu software.

Hardware přístroje obsahuje 4 proudové a 5 napěťových vstupů, 16 binárních vstupů a 10 kontaktních výstupů. Přístroj je vybaven velkým displejem a napájecím zdrojem pro rozsahem napájení 48-250 V DC; 100-240 V AC.

Detailně si můžete prohlédnout přístroj na obrázku číslo 1. Mezi oběma typy ochran není konstrukční rozdíl, pouze se liší v označení.



Obrázek 1 Čelní panel REF615

### 3.5.1. REM 615

REM 615 je ovládací terminál s proudovými a motorovými ochranami a s měřením založeným na napětovém a frekvenčním principu, který disponuje následujícím software.

Konfigurace software provedení obsahuje motorové ochrany a dále proudové, napětové a frekvenční ochrany (podrobněji viz tabulka ochranných funkcí).

V této konfiguraci může terminál sloužit pro motorové, transformátorové a různé systémové vývody.

V našem případě bude terminál použit pro motorové vývody, podélnou spojku, přívod od transformátorů T101, T102, pro vývody na MVE a pro vývod na transformátor vlastní spotřeby. Tato volba tak maximálně zjednodušuje logistiku terminálů pro tyto rozvodny.

Tento typ terminálu ale může být použit i na hlavních výrobních blocích jako náhrada stávajících terminálů REF 615 v úsekových rozvaděčích nn a prakticky ve všech aplikacích, s výjimkou pole měření nesystémových rozvodů R6 kV.

**Tabulka 1 Vybrané ochranné funkce REM615**

Vybrané základní ochranné funkce	IEC 61850 IEC 60617	Počet bloků
1-f až 3-f mžiková nadproudová nesměrová ochrana// nezávislá (DT) charakteristika	PHIPTOC 3I>>>	1
1-f až 3-f zpožděná nadproudová nesměrová ochrana // vysoké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	PHHPTOC 3I>>	1
1-f až 3-f zpožděná nadproudová nesměrová ochrana // nízké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	PHLPTOC 3I>	1
1-f zpožděná nadproudová nesměrová zemní ochrana // vysoké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	EFHPTOC Io>>	1
1-f zpožděná nadproudová směrová zemní ochrana // nízké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	DEFLPDEF Io> →	1
Ochranná automatika při selhání vypínače // volitelná proudová a stavová kontrola	CCBRBRF CBCM	1
Kontrola proudových okruhů	CCSPVC MCS 3I	1
Kontrola rozběhu motoru včetně proudového kritéria	STTPMSU Is2t n<	1
Ochrana před proudovým přetížením motoru (tepelný model)	MPTTR 3Ith>M	1

Vybrané základní ochranné funkce	IEC 61850 IEC 60617	Počet bloků
Motorová nadproudová ochrana na zpětnou složku proudu // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	MNSPTOC I2>M	2
Proudová nezávislá ochrana při zpětném sledu fází	PREVPTOC I2>>	1
Ochrana při zbrzděném rozběhu nebo při zadření motoru	JAMPTOC Ist>	1
Ochrana při rázové ztrátě zátěže	LOFLPTUC 3I<	1
Umožnění startu motoru v nouzových podmínkách	ESMGAPC ESTART	1
Počítadlo provozních hodin	MDSOPT OPTS	1
3-f podpět'ová ochrana // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	PHPTUV 3U<	1
3-f podpět'ová ochrana na souslednou složku // nezávislá (DT) charakteristika	PSPTUV U1<	1
3-f nadpět'ová ochrana na zpětnou složku // nezávislá (DT) charakteristika	NSPTOV U2>	1
Kontrola poruchy napět'ových pojistek	SEQSPVC FUSEF	1
Univerzální frekvenční ochrana (nadfrekvenční, podfrekvenční, přírůstek frekvence) // nezávislá (DT) charakteristika	FRPFRQ f>/f<, df/dt	2

### 3.5.2. REF 615

REF 615 je ovládací terminál vývodu se směrovými a nesměrovými ochranami a měřením založeným na napět'ovém a frekvenčním principu, který disponuje následujícím software.

Konfigurace software provedení obsahuje nesměrové a směrové proudové a napět'ové a frekvenční ochrany (podrobněji viz tabulka ochranných funkcí).

V tomto osazení může terminál sloužit jak pro transformátorové vývody a různé systémové vývody (spojka, vývod pro MVE, přívod, atd.), tak pro pole měření.

V našem případě bude terminál použit výhradně pro pole měření.

Tento typ terminálu může být použit i na hlavních výrobních blocích jako náhrada stávajících terminálů REF 615 v polích měření nesystémových rozveden R6 kV.

**Tabulka 2 Vybrané ochranné funkce REF615**

Vybrané základní ochranné funkce	IEC 61850 IEC 60617	Počet bloků
1-f až 3-f mžiková nadproudová nesměrová ochrana	PHIPTOC 3I>>>	1
3-f směrová nadproudová ochrana // vysoké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	DPHHPDOC 3I>>→	1
3-f směrová nadproudová ochrana // nízké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	DPHLPDOC 3I>→	2
Nadproudová ochrana na zpětnou složku proudu // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	NSPTOC I2>	2
1-f zpožděná nadproudová nesměrová zemní ochrana // vysoké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	EFHPTOC Io>>	1
Zemní směrová nadproudová ochrana // vysoké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	DEFHPDEF Io>>→	1
Zemní směrová nadproudová ochrana // nízké nastavení // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	DEFLPDEF Io>→	2
Ochranná automatika při selhání vypínače // volitelná proudová a stavová kontrola	CCBRBRF CBCM	1
Detekce zapínacího rázu	INRPHAR 3I2I>	1
Kontrola přerušení fáze	PDNSPTOC I2/I1>	1
Kontrola proudových okruhů	CCSPVC MCS 3I	1
3-f nadpěťová ochrana // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	PHPTOV 3U>	3
3-f podpěťová ochrana // volitelná nezávislá (DT) nebo závislá (IDMT) charakteristika	PHPTUV 3U<	3
1-f nadpěťová zemní ochrana // nezávislá (DT) charakteristika	ROVPTOV Uo>	3
Podpěťová ochrana na souslednou složku // nezávislá (DT) charakteristika	PSPTUV U1<	1
Nadpěťová ochrana na zpětnou složku // nezávislá (DT) charakteristika	NSPTOV U2>	1
Kontrola poruchy napěťových pojistek	SEQSPVC FUSEF	1
Univerzální frekvenční ochrana (nadfrekvenční, podfrekvenční, přírůstek frekvence) // nezávislá (DT) charakteristika	FRPFRQ f>/f<, df/dt	3

## **3.6. Unifikace pomocných systémů ochran**

### ***3.6.1. Havarijní záblesková ochrana***

Původní diskrétní havarijní zábleskové ochrany ER 723 byly později nahrazeny vylepšenými přístroji ERS 6/7, byly ale zachovány původní snímače EB 31 v prostoru přípojníc, vypínače a v prostoru kabelové koncovky.

Při rekonstrukci bude, po vzoru rozvodu R6 kV obou HVB, místo těchto přístrojů použita havarijní záblesková ochrana řady REA. Ilustrační obrázek č.:2 znázorňuje jednotlivé přístroje. Tato řada ochran detekuje optické projevy záblesku a působí na koncové prvky. Základní výhodou nové generace je extrémně vysoká rychlost působení, která umožňuje omezit škody na zařízení a především zvýšit bezpečnost osob. Přístroje mají možnost proudového podmínění funkce (nepoužíváme) a jako snímače může použít jak diskrétní čidla (nepoužíváme), tak i detekční optické vlákno. Na ETE je zásadně používáno detekční optické vlákno ve smyčkovém uspořádání. Toto řešení zajišťuje automatickou kontrolu souvislosti optického vlákna a automatickou signalizaci poruchy v případě jeho přerušení.

V běžných konfiguracích používáme základní přístroj REA 101 jako napájecí přístroj celého systému a současně jako přístroj pro jednu (základní) smyčku, který současně obsahuje i koncová a signalizační relé. Jednotky REA 103 se používají pro zvýšení počtu smyček (v tomto případě není nutné). Přístroje REA 105 umožňují vytvořit oblast se samostatnou logikou a působením. V našem případě bude na rozvodně omezen počet přístrojů z původních 9 ks nově na 4 ks.

Základní přístroj REA 101 bude umístěn v poli měření a bude vybaven samostatnou smyčkou kryjící kompletně prostory přípojníc a vypínačů všech polí.

V polích přívodu, spojky a vývodu na MVE budou doplněny samostatné jednotky REA 105, které vytvoří v těchto polích samostatné smyčky přes prostor vypínače a kabelové koncovky pole a umožní vytvořit samostatnou logiku vypínání pro tyto části.

Logika působení bude následující:

- a) záblesk v prostorech krytých jednotkou REA 101 přenáší komunikace jako povel TRIP do všech jednotek REA 105, kde spouští rychlé vypínací kontakty,
- b) záblesk v prostorech krytých jednotkou REA 105 je přenesen komunikací do všech jednotek REA 105 přes jednotku REA 101 a ve všech spouští rychlé vypínací kontakty a v místní jednotce REA 105 navíc spustí místní kontakt a místní signalizaci.



Obrázek 2 Čelní panely použitých přístrojů pro HZO řady REA

### 3.7. Komunikace a záznamová zařízení

Základním prostředkem sběru informací v tomto systému je samostatná lokální komunikační síť používající protokol TCP/IP ve standartu IEC 61850. Na úrovni ČS Hněvkovice bude vytvořena komunikační síť následovně:

- a) základní strukturou je optický kruh (ring) tří nadřazených switchů, jeden switch obsluhuje ochrany transformátorů T101 a 102, další switch obsluhuje ochrany rozvodny BCG a poslední switch ochrany rozvodny BCH,
- b) switch rozvodny umožňuje připojení jednotlivých přístrojů (terminálů) pomocí místních optických propojek (optický patchcord),
- c) do switchu transformátorů je připojen i zdroj přesného času a je zde napojení na servery různých služeb (funkcí) např. archivační server (např. systém sběru dat NEMES nebo jiné lokální řešení), rozhraní pro spojení s řídicím systémem, lokální nebo vzdálený dohledový systém, atd. Tyto služby a funkce jsou využívány všemi přístroji připojenými přes switche v kruhu.

Prostřednictvím sítě je prováděna časová synchronizace všech přístrojů v síti ze serveru SNTP navazujícího na přijímač GPS. Z přístrojů jsou kromě jiného přenášeny informace o jednotlivých událostech (Event Recorder) anebo jsou přenášeny záznamy o poruchových událostech (Disturbance Recorder - RDRE).

#### ***Event recorder***

Změnový záznam se skládá z názvu změny, času změny a způsobu změny (náběh nebo odpad). Jako změnový záznam se ukládá samostatně změna kteréhokoliv předvoleného vstupu z 64 dvouhodnotových vstupů bloku RDRE

#### ***Disturbance recorder***

Záznam poruchové události je aktivován změnou na libovolném analogovém nebo binárním vstupu Disturbance recorder a generuje balík průběhů 12 analogových hodnot a až 64 dvojhodnot z bloku RDRE v omezeném časovém úseku před a po vlastní poruše.

Konfigurace bloku RDRE je ve výkresech konfigurací realizována (přivedení signálů) pouze omezeně, protože závisí na definitivní verzi konfigurace ostatních bloků (ochrany, vstupy, výstupy, signalizace).



## 4. Konfigurace a program funkčních zkoušek

V této kapitole je popsána vnitřní konfigurace terminálů, která je zobrazena na příslušných výkresech logik. Úplné naprogramování terminálů se provádí pomocí PC s instalací programu PCM 600, který je volně šiřitelný a dostupný na internetových stránkách výrobce. Nejdříve jsou popsány obvody společné pro všechna pole.

Pro všechna pole jsou společné následující bloky DCSXSWI (zpracovává informace o stavu podvozku - pracovní a revizní poloha), skupina proudových měřících bloků CMMXU, CSMSQI a RESCMMXU, napěťových měřících bloků VMMXU, VSMSQI, RESVMMXU, výkonový měřící blok PEMMXU, frekvenční měřící blok FMMXU a obvody RDRE (disturbance recorder) a FLTRFRC, LEDPTRC. Bloky Control a Protection nastavují režim ovládání, případně parametrickou sadu ochran.

Pro všechna pole s výjimkou pole měření jsou společné následující bloky CBXCBR (sdružuje obvody ovládání a blokování zapínacích a vypínacích obvodů), SSCBR (sdružuje obvody monitoringu vypínače a kontroly charakteristik), TCSSCBR (obvody monitoringu zapínacích a vypínacích cest), MDSOPT (počítadlo provozních hodin).

Bloky RDRE nejsou podrobněji naprogramovány s ohledem na nedokončenou konfiguraci ostatních funkcí.

### 4.1. Návrh konfigurace terminálů

#### 4.1.1. Pole měření napětí rozvodny 6 kV

Ovládací obvody se skládají z obvodů monitoringu stavu podvozku, systému měření, a logiky signalizace. V terminálu je složitá kombinace signalizace místních poruch a sumární poruchové signalizace za rozvaděč. V terminálu jsou využity pouze napěťové ochranné funkce.

- a) podpěťová automatika (APV) je vytvořena funkcí 3U< (PHPTUV, 3-f podpěťová ochrana) blokovanou funkcí U2> (NSPTOV, nadpěťová ochrana na zpětnou složku) při poruše primárních pojistek MTN a vypnutým stavem jističe FA21
- b) nadpěťová zemní ochrana je vytvořena jako dvoustupňová funkcí Uo> (ROVPTOV, nadpěťová zemní ochrana)
- c) nadpěťová ochrana je vytvořena funkcí 3U> (PHPTOV, 3-f nadpěťová ochrana) s uvolněním funkce pouze v režimu provozu z MVE, podle situace může být až třístupňová

#### **4.1.2. Přívod rozvodny 6 kV**

Ovládací obvody přívodu rozvoden se skládají z obvodů ovládání a monitoringu vypínače, systému měření, logiky vypínání, blokad a signalizace. V terminálu nejsou využity žádné ochranné funkce.

- a) napěťové funkce budou použity pro podpěťovou automatiku (APV) vytvořenou funkcí 3U< (PHPTUV, 3-f podpěťová ochrana) blokovanou funkcí U2> (NSPTOV, nadpěťová ochrana na zpětnou složku) při poruše primárních pojistek MTN
- b) automatika selhání vypínače může být realizována blokem CBCM (CCBRBRF)

#### **4.1.3. Vývod pro spojku rozvoden 6 kV**

Ovládací obvody vývodu na spojku rozvoden se skládají z obvodů ovládání a monitoringu vypínače, systému měření, systému ochran vývodu, logiky popudů, vypínání, blokad a signalizace. Ochrany vývodů pro spojku obsahují toto:

- a) normální nadproudové ochrany tvořené funkcí 3I>> (PHHPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá), v konfiguraci je uvedena, ale nepoužita pro signalizaci proudového přetížení 3I> (PHLPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá)
- b) funkce Io>> (EFHPTOC, zemní nesměrová nadproudová ochrana) a Io> → (DEFLPDEF, zemní směrová nadproudová ochrana) jsou jako bloky obsaženy, ale v této aplikaci je nepoužíváme
- c) napěťové funkce budou použity pro podpěťovou automatiku (APV) vytvořenou funkcí 3U< (PHPTUV, 3-f podpěťová ochrana) blokovanou funkcí U2> (NSPTOV, nadpěťová ochrana na zpětnou složku) při poruše primárních pojistek MTN
- d) automatika selhání vypínače může být realizována blokem CBCM (CCBRBRF)

#### **4.1.4. Vývod pro R6 kV MVE Hněvkovice**

Ovládací obvody vývodu se skládají z obvodů ovládání a monitoringu vypínače, systému měření, systému ochran vývodu, logiky popudů, vypínání, blokad a signalizace. Ochrany transformátorových vývodů obsahují toto:

- a) normální nadproudové ochrany tvořené funkcí 3I>>> (PHIPTOC, nadproudová zkratová mžiková nezávislá) a 3I>> (PHHPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá), v konfiguraci je uvedena, ale nepoužita pro signalizaci proudového přetížení 3I> (PHLPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá)

- b) funkce  $I_{o>>>}$  (EFHPTOC, zemní nesměrová nadproudová ochrana) a  $I_{o> \rightarrow}$  (DEFLPDEF, zemní směrová nadproudová ochrana) jsou jako bloky obsaženy, ale v této aplikaci je nepoužíváme
- c) napěťové funkce budou použity pro podpěťovou automatiku (APV) vytvořenou funkcí  $3U<$  (PHPTUV, 3-f podpěťová ochrana) blokovanou funkcí  $U2>$  (NSPTOV, nadpěťová ochrana na zpětnou složku) při poruše primárních pojistek MTN
- d) automatika selhání vypínače může být realizována blokem CBCM (CCBRBRF)

#### **4.1.5. Vývod pro transformátor vlastní spotřeby 6 / 0,4 kV**

Ovládací obvody transformátorového vývodu se skládají z obvodů ovládání a monitoringu vypínače, systému měření, systému ochran vývodu, logiky popudů, vypínání, blokad a signalizace. Ochrany transformátorových vývodů obsahují toto:

- a) normální nadproudové ochrany tvořené funkcí  $3I>>>>$  (PHIPTOC, nadproudová zkratová mžiková nezávislá) a  $3I>>>$  (PHHPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá), v konfiguraci je uvedena, ale nepoužita pro signalizaci proudového přetížení  $3I>$  (PHLPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá) tato funkce se ale překrývá s funkcí  $3I_{th}>M$  (MPTTR, proudové přetížení – tepelný model).
- b) funkce  $I_{o>>>}$  (EFHPTOC, zemní nesměrová nadproudová ochrana) a  $I_{o> \rightarrow}$  (DEFLPDEF, zemní směrová nadproudová ochrana) jsou jako bloky obsaženy, ale v této aplikaci je nepoužíváme
- c) napěťová funkce  $3U<$  (PHPTUV, 3-f podpěťová ochrana) bude použita pro podpěťové uvolnění funkce  $3I>>>$
- d) automatika selhání vypínače vývodu je tvořena funkcí CBCM (CCBRBRF) s možností proudové a stavové kontroly a výstupem RETRIP na vlastní vypínač a záložní TRIP přes průběžnou přípojnicí na systémové přívody (přívod z trf 110/6 kV, spojka, vývod pro MVE)

#### 4.1.6. Vývod pro motor 6kV

Ovládací obvody motorového vývodu se skládají z obvodů ovládání a monitoringu vypínače, systému měření, systému ochran vývodu, logiky popudů, vypínání, blokad a signalizace. Ochrany motorových vývodů obsahují toto:

- a) normální nadproudové ochrany tvořené funkcí 3I>>> (PHIPTOC, nadproudová zkratová mžiková nezávislá) a 3I>> (PHHPTOC, nadproudová rozběhová zpožděná nezávislá), v konfiguraci je uvedena, ale nepoužita pro signalizaci proudového přetížení 3I> (PHLPTOC, nadproudová zpožděná nezávislá) tato funkce se ale překrývá s funkcí 3Ith>M (MPTTR, proudové přetížení – tepelný model).
- b) nadproudové ochrany na zpětnou složku vytvořené z I2>> (PREVPTOC, ochrana při zpětném sledu fází) a z kombinace funkcí I2>M (MNSPTOC, nadproudová ochrana na zpětnou složku proudu) z nichž jedna může pracovat v režimu vyššího nastavení a nezávislé charakteristiky (DT) a druhá s nízkým nastavením a závislou charakteristikou (IDMT)
- c) základem motorových ochran je 3Ith>M (MPTTR, tepelný model) počítající oteplení motoru z druhé mocniny maximálního fázového proudu motoru a případně i z druhé mocniny zpětné složky proudu, zvláštním doplňkem jsou funkce Is2t n< (STTPMSU), Ist> (JAMPTOC), 3I< (LOFLPTUC) a ESTART (ESMGAPC), funkce STTPMSU monitoruje rozběhové proudy a současně sleduje počet rozběhů, její další funkce nevyužíváme vzhledem k nemožnosti indikace otáček, u ostatních funkcí (JAMPTOC, LOFLPTUC a ESGAPC) využití zatím nepředpokládáme
- d) funkce Io>> (EFHPTOC, zemní nesměrová nadproudová ochrana) a Io> → (DEFLPDEF, zemní směrová nadproudová ochrana) jsou jako bloky obsaženy, ale v této aplikaci je nepoužíváme
- e) napět'ové funkce jsou použity pro podpět'ovou automatiku (APV) tvořenou funkcí 3U< (PHPTUV, 3-f podpět'ová ochrana) blokovanou funkcí U2> (NSPTOV, nadpět'ová ochrana na zpětnou složku) při poruše primárních pojistek MTN
- f) automatika selhání vypínače vývodu je tvořena funkcí CBCM (CCBRBRF) s možností proudové a stavové kontroly a výstupem RETRIP na vlastní vypínač a záložní TRIP přes průběžnou přípojnicí na systémové přívody (přívod z trf 110 / 6 kV, spojka, vývod na MVE)

## 4.2. Havarijní záblesková ochrana

Základní přístroj REA 101 bude umístěn v poli měření a bude vybaven samostatnou smyčkou kryjící kompletně prostory přípojníc a vypínačů všech polí.

V polích přívodu, spojky a vývodu MVE budou doplněny samostatné jednotky REA 105, které vytvoří v těchto polích samostatné smyčky přes příslušný prostor vypínače a prostor kabelové koncovky pole a umožní vytvořit samostatnou logiku vypínání pro tyto části.

Výsledná logika je následující

- a) kabelová koncovka přívodu – je aktivována jednotka REA 105 přívodu a jsou aktivována koncová relé jednotky, která vypínají vlastní přívod a nadřazený vypínač R110 kV
- b) prostor vypínače přívodu – je aktivována jednotka REA 105 přívodu včetně jejich koncových relé a centrální jednotka REA 101, přes kterou jsou aktivována koncová relé jednotek REA 105 spojky a vývodu pro MVE, která vypínají své a nadřazené vypínače
- c) kabelová koncovka spojky – je aktivována jednotka REA 105 spojky a jsou aktivována koncová relé jednotky, která vypínají vlastní spojku i protější stranu spojky
- d) prostor vypínače spojky – je aktivována jednotka REA 105 spojky včetně jejich koncových relé a centrální jednotka REA 101, přes kterou jsou aktivována koncová relé jednotek REA 105 přívodu a vývodu pro MVE, která vypínají své a nadřazené vypínače
- e) kabelová koncovka vývodu pro MVE – je aktivována jednotka REA 105 vývodu a jsou aktivována koncová relé jednotky, která vypínají vlastní vývod a nadřazený vypínač rozvodny MVE
- f) prostor vypínače vývodu pro MVE – je aktivována jednotka REA 105 vývodu včetně jejich koncových relé a centrální jednotka REA 101, přes kterou jsou aktivována koncová relé jednotek REA 105 spojky a přívodu, která vypínají své a nadřazené vypínače
- g) ostatní prostory – je aktivována centrální jednotka REA 101, přes kterou jsou aktivována koncová relé jednotek REA 105 přívodu, spojky a vývodu pro MVE, která vypínají své a nadřazené vypínače

### 4.3. Program funkčních zkoušek

Zkoušky se provádějí vždy na základě povolení provozním personálem. Práce probíhají podle platné dokumentace, pracovního postupu a vždy se vyplňuje zkušební protokol.

Program funkčních zkoušek je zpracován jednotlivě pro každý typ ochranné funkce daného terminálu ochrany ve vývodu R6 kV. Jediné HZO obsahuje celou rozvodnu 6 kV včetně návazností na vypínače před přívodem do rozvodny 6 kV. Veškeré zkoušky se v ideálním případě provádějí při revizi rozvodny (1x za 6let), nebo při kontrole rozvodny (1x za 3 roky). Při zkouškách se využívá zkušební svorkovnice XJ1 pro analogové vstupy do terminálu a vybrané binární vstupy/výstupy. Ostatní signály se ověřují buď na svorkovnicích X1, X2 a X3, nebo přímo vyčtením z poruchového zapisovače terminálu. Za provozu je možné zkoušky taktéž provést, ale bez možnosti kompletního vyzkoušení celistvosti vypínacích a signalizačních obvodů z důvodu ohrožení provozu rozvodny.

#### 4.3.1 Zkoušky při revizi rozvodny 1x za 6let

##### **PHHPTOC1 – $I > t$ – Nadproudová zpožděná ochrana (rozběhová)**

Ověření nastavení se provádí v každé fázi jednotlivě v sousledném směru fází. Přes zkušební svorkovnice XJ1 se připojí zdroj proudu a jeho postupným zvyšování, až do náběhu ochrany se ověří správná hodnota nastavení startovacího článku. Následně se tato změřená hodnota pevně zvýší o 20%, a zapnutím zdroje se ověří čas náběhu/odpadu startovacího a časového článku. Každý z měřených článků má jiné zkušební svorky.

##### **PHIPTCO1 - $I >>$ - Mžiková nadproudová ochrana**

Pro její správné odzkoušení musíme nejprve provést zablokování rozběhové ochrany pomocí funkce „Test“ aktivováním příslušného binárního vstupu. Z důvodu vyššího proudového nastavení by jinak mohlo dojít k chybnému měření.

Postup zkoušek je pak stejný jako u předešlé ochrany.

##### **MPTTR1 – $\Theta$ – Ochrana před tepelným namáháním (tepelný model)**

Při kontrole této ochranné funkce je vhodné ponechat zablokovanou rozběhovou ochranu.

Zapojení proudové zdroje je shodné s předešlými typy ochrany, ale zkoušku provádíme současně ve všech třech fázích. Při této zkoušce zadáváme předem spočítané hodnoty proudu v různých bodech pro ověření časově závislé charakteristiky oteplení a ochlazení tepelného modelu.

### **CCBRBRF – ASV – Automatika selhání vypínače**

Při této zkoušce není blokována žádná jiná ochrana. Zapojení proudového zdroje je shodné s předešlými typy ochran. Hodnota nastavení je shodná s nastavením rozběhové ochrany. Samotná ochranná funkce se začíná uplatňovat, až po zpožděném působení rozběhové ochrany a indikaci stálého proudového namáhání vývodu. Skutečný čas ASV zjistíme tak, že od času působení odečteme čas správného působení rozběhovou ochranou.

### **PREVPTOC1 – I<sub>2</sub>/t – Ochrana při opačném sledu fází**

Ověření provádíme současně ve všech třech fázích najednou. Zdroj proudu zapojíme v opačném sledu fází a následně jeho postupným zvyšováním ověříme náběhovou hodnotu startovacího článku. Následně se tato změřená hodnota pevně zvýší o 20% a po zapnutí zdroje se ověří čas náběhu/odpadu startovacího a časového článku. Každý z měřených článků má jiné zkušební svorky.

### **PHPTUV1 - U< - Ochrana proti podpětí**

Ověření nastavení se provede v každé fázi jednotlivě v sousledném směru fází. Přes zkušební svorkovnice XJ1 se připojí zdroj napětí s přednastavenou hodnotou  $U_n$  rozvodny a jejím postupným snižováním, až do náběhu ochrany se ověří správná hodnota nastavení startovacího článku. Vypnutím zdroje nastaveného na  $U_n$  sek se ověří čas náběhu/odpadu startovacího a časového článku. Pokud je ochrana blokována při 5%  $U_n$ , pak se ověření provádí přístrojem v režimu skokového přechodu mezi dvěma stavy. První stav je  $U_n$ , druhý stav je náběhová hodnota snižená o 20%, ale současně nesmí být nižší než 5%  $U_n$ . Každý z měřených článků má jiné zkušební svorky.

### **PHPTOV1 – U> - Ochrana proti nadpětí**

Ověření nastavení se provede v každé fázi jednotlivě v sousledném směru fází. Přes zkušební svorkovnice XJ1 se připojí zdroj napětí s přednastavenou hodnotou  $U_n$  rozvodny a jejím postupným zvyšováním, až do náběhu ochrany se ověří správná hodnota nastavení startovacího článku. Následně se tato změřená hodnota pevně zvýší o 20% a zapnutím zdroje se ověří čas náběhu/odpadu startovacího a časového článku. Každý z měřených článků má jiné zkušební svorky.

## **NSPTOV1 – U2> - Napět'ová ochrana při opačném sledu fází**

Ověření se provede současně ve všech třech fázích najednou. Zdroj napětí zapojíme v opačném sledu fází a následně jeho postupným zvyšováním ověříme náběhovou hodnotu startovacího článku. Následně se tato změřená hodnota zvýší o 20% a zapnutím zdroje se ověří se čas náběhu/odpadu startovacího a časového článku. Každý z měřených článků má jiné zkušební svorky.

Tyto všechny naměřené hodnoty se zapíší do protokolu a případné neshody se konzultují se správcem daného zařízení.

### **4.3.2 Zkoušky při kontrole rozvodny 1x za 3roky**

Provádí se porovnání nastavení ochran v terminálu s projektem uloženým v PC. Dále se kontroluje uzavřenost proudových a napět'ových analogových obvodů.

Součástí těchto zkoušek není proudové, nebo napět'ové ověření nastavení jednotlivých ochran, ale pouze ověření přesnosti měření analogových kanálů terminálů pomocí zdroje proudu, nebo napětí. Veškeré výstupní signály z terminálu se zkoušejí v režimu „Test“ navoleném přímo na jednotce a ověření působení na zkušební svorky se považuje za dostatečné.

Binární vstupy se ověřují pouze vyčtením z poruchového zapisovače, nebo místní signalizací.

Současně se provádí kontrola ostatních ovládacích a signalizačních obvodů působící nezávisle na terminálu ochran.

### **4.3.3 Zkoušky prováděné na ETE**

Na ETE musí být veškerá údržbová práce prováděna podle předem schváleného pracovního postupu (dále jen PPO). Jako ukázkou těchto postupů jsem v příloze uvedeny PPO číslo M57EL2F8088 pro zkoušku Motorového vývodu a M57EL2F8089 pro odzkoušení havarijní zábleskové ochrany.

Další PPO nepřikládám z důvodu velké podobnosti s výše uvedenými příklady.



## **5. Zpracování nové výkresové dokumentace**

Samotná výkresová dokumentace včetně jmenného seznamu je součástí přílohy. Dokumentace obsahuje ukázkou původních a nových výkresů havarijní zábleskové ochrany, motorového vývodu R6kV s terminálem REM615 a pole měření R6kV s terminálem REF615. Nové výkresy motorového vývodu a pole měření mají doplněný výkres logiky ochran a ovládání, včetně provedení pomocí programu PCM600.

Ostatní výkresová dokumentace pro vývody na malou vodní elektrárnu, pole transformátoru vlastní spotřeby, pracovního přívodu a pole spojky je zpracována pouze pomocí programu PCM600. Na výše zmíněné vývody výkresová dokumentace bude dodána vybranou firmou, která vyhraje připravovanou soutěž na dodávku nových ochran pro rozvodny 6 kV ČS Hněvkovice.

## 6. Selektivita a nastavení ochran

Selektivita vychází z těchto základních podkladů:

### 6.1. Podklady pro zkratové výpočty

V rámci záměny ochran transformátorů T101 a T102 byly provedeny aktualizované zkratové výpočty ze kterých, kromě jiného, vyplynulo následující.

**Tabulka 3 Data pro zkratové výpočty**

Místo zkratu	$I_k''_{max}$ [kA]	$I_p$ [kA]	$I_k''_{min}$ [kA]	Poznámka
Zkrat R6 kV BCG (BCH)	20,55	51,83	15,27	příspěvek od soustavy

kde

$I_k''_{max}$  maximální počáteční souměrný rázový zkratový proud

$I_k''_{min}$  minimální počáteční souměrný rázový zkratový proud

$I_p$  nárazový (dynamický) zkratový proud

### 6.2. Základní parametry rozvoden, kabelů a zařízení

Jako podklad je využita Technická zpráva původního projektu DPS 0.10T, kde jsou uvedeny tyto parametry rozvoden R6 kV a 0,4 kV

**Tabulka 4 Základní technická data rozvoden a rozvaděčů**

		BCG, BCH	BHL	BHM
$P_i$ [kW]	Skutečný instalovaný výkon	9950	500	430
$P_p$ [kW]	Výpočtový soudobý výkon	6965	215	185
$I_{km}$ [kA]	Dynamický nárazový zkratový proud	53,8	44	44
$I_{vyp}$ [kA]		23,8	20	20

**Tabulka 5 Základní technická data spotřebičů**

Spotřebič	Druh	Specifikace
0GAF1(2,3,4,5,6)AP1-M1	Motor 4V252-08V	P <sub>n</sub> = 3 150 kW U <sub>n</sub> = 6 kV I <sub>n</sub> = 364 A
BHW1 a BHW2	Transformátor VS	S <sub>n</sub> = 630 kVA U <sub>n</sub> = 6±5% / 0,4 kV Dyn1
T101 (BCT5) a T102 (BCT6)	Transformátor hlavní	S <sub>n</sub> = 25 MVA U <sub>n</sub> = 121±8x2% / 6,3 kV YNd1

**Tabulka 6 Seznam kabelů**

Spotřebič	kabel	Specifikace	Délka
0GAF1AP1-M1	WH 0001AB	2x (6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup> )	88 m
0GAF2AP1-M1	WH 0002AB	2x (6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup> )	82 m
0GAF3AP1-M1	WH 0003AB	2x (6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup> )	92 m
0GAF4AP1-M1	WH 0006AB	2x (6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup> )	125 m
0GAF5AP1-M1	WH 0007AB	2x (6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup> )	116 m
0GAF6AP1-M1	WH 0008AB	2x (6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup> )	123 m
BHW1	WH 0004	6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup>	14 m
BHW2	WH 0005	6-AYKCY 3x240 mm <sup>2</sup>	15 m
BCG.09-BCH.01 (spojka)	WH 0009 A1,B1,C1,D1, A2,B2,C2,D2, A3,B3,C3,D3	4x (3x 6-AYKCY 1x150 mm <sup>2</sup> )	22 m
Přívod		4x (3x 6-AYKCY 1x150 mm <sup>2</sup> )	
MVE		2x (3x 6-AYKCY 1x150 mm <sup>2</sup> )	

### 6.3. Technická data motoru

K motoru patří navíc tyto podmínky provozu, které jsou převzaty z Technického návodu pro asynchronní motor typu 4V 252-08V, kde je uvedeno toto

Tabulka 7 Příklad výrobního štítku motoru

Jmenovitý trvalý výkon	3 150 kW
Jmenovité napětí	6 000 V
Jmenovité otáčky	742 / min
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
účinník při jmenovitém zatížení	0,87
účinnost při jmenovitém zatížení	95,70%
Jmenovitý moment $M_n$	40,5 kNm
záběrný moment $M_z$	0,6 $M_n$
záběrný proud $I_z$	5,7 $I_n$
hmotný moment setrvačnosti $J$	600 kg*m <sup>2</sup>
zpětný chod $n_{zp}$	1,2 n jm po dobu 5 min

Asynchronní motor je navržen pro trvalý chod při jmenovitém zatížení 3 150 kW při napětí  $0,9 \div 1,05 U_n$  a kmitočtu  $49 \div 50,5$  Hz. Je navržen v izolační třídě „F“.

Při ztrátě napětí na přípojovací svorkovnici může být asynchronní motor opět připojen k síti v rozmezí  $3 \div 6$  sec při počátečním napětí na svorkách motoru  $U = 0,65 U_n$  za předpokladu, že do 5 ti sec po připojení k síti se napětí zotaví alespoň na hodnotu  $0,85 U_n$ . Předpokládáme, že samo najíždění se uskutečňuje do otevřeného výtlaku čerpadla 600-HVBW-1045-86/II.

#### 6.3.1. Podmínky spouštění

Spouštění rotoru se provádí přímým připnutím motoru na napájecí síť.

Pro moment setrvačnosti čerpadla  $J_{čerp} = 140 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  a průběh protimomentové charakteristiky dle VD 54471 s uzavřeným šoupátkem povolujeme 3 rozběhy za sebou ze studeného stavu motoru nebo 2 rozběhy za sebou z teplého stavu motoru. Další spouštění může následovat až po 30 ti minutách. Napětí na svorkách motoru během spouštění předpokládáme min.  $0,8 U_n$ .

Upozorňujeme, že asynchronní motor je navržen pro trvalý provoz a častým spouštěním klesá jeho životnost.

## 6.4. Podklady pro nastavení napěťových ochran

V poli měření a ve vývodových polích je definována řada nových napěťových funkcí. Pro jejich správné nastavení je nutné vyřešit několik problémů (viz. literatura [8] a [9]).

### 6.4.1. Měřicí transformátor napětí (MTN)

Pro měření napětí ve vn soustavách se používá měřicí transformátor napětí (MTN). Běžně je MTN tvořen třemi fázovými trojvinutovými jednotkami v zapojení YN/yn/d, které mají převodový poměr:

$$(U_N / \sqrt{3})V / (100 / \sqrt{3})V / (100/3)V \quad \text{konkrétně} \quad (6\,000 / \sqrt{3})V / (100 / \sqrt{3})V / (100/3)V$$

Každá jednotka MTN měří fázové napětí soustavy a sdružená napětí se získávají jako jejich rozdíl. Terciární vinutí všech tří jednotek jsou zapojena do otevřeného trojúhelníku (do série), a toto zapojení má na svém výstupu součet tří fázových napětí, který je podle definice roven trojnásobku nulové složky napětí.

Tyto MTN jsou umístěny v poli měření, slouží pro všechna pole v sekci a je s nimi spojeno několik úkolů a problémů:

- a) musí zajistit normální měření napětí místně, dálkově, pro potřeby regulace a některých ochran
- b) musí zajistit spolehlivou identifikaci zemního spojení
- c) musí identifikovat a signalizovat přerušení primární pojistky MTN nebo jeho poruchu (přerušení)
- d) vyvolávají možnost vzniku ferorezonance

### 6.4.2. Souměrné složky napětí a proudů

#### Definiční vztahy mezi fázory trojfázové soustavy a fázory jejích souměrných složek

Jakoukoliv trojfázovou soustavu lze popsat pomocí tří souměrných složek, sousledné, zpětné a nulové (netočivé). Sousledná složka představuje ideální souměrnou trojfázovou pravotočivou soustavu. Zpětná složka představuje ideální souměrnou trojfázovou levotočivou soustavu. Nulová složka popisuje polohu či pohyb těchto soustav vůči pevnému potenciálu, nejčastěji země. Tento potenciál se znázorňuje jako střed souřadnic v komplexní rovině, v níž znázorňujeme průběhy napětí (proudů) pomocí jejich fázorů.

### Definiční vztahy

Hodnoty pro nulové ( $\vec{U}_0$ ), sousledné ( $\vec{U}_1$ ) a zpětné ( $\vec{U}_2$ ) složky napětí se vypočtou z fázových vektorů soustavy:

$$\vec{U}_0 = \frac{1}{3}(\vec{U}_{L1} + \vec{U}_{L2} + \vec{U}_{L3})$$

$$\vec{U}_1 = \frac{1}{3}(\vec{U}_{L1} + a\vec{U}_{L2} + a^2\vec{U}_{L3})$$

$$\vec{U}_2 = \frac{1}{3}(\vec{U}_{L1} + a^2\vec{U}_{L2} + a\vec{U}_{L3})$$

Ve vztazích je použitý operátor „a“ pro otočení vektorů v komplexní rovině:

$$a = e^{j120^\circ} = (\cos 120^\circ + j \sin 120^\circ) = \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$a^2 = e^{j240^\circ} = (\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ) = \left(-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$a^3 = e^{j0^\circ} = (\cos 0^\circ + j \sin 0^\circ) = 1$$

$$a^1 + a^2 = -1$$

Zpětný přepočít ze složkových na fázové vektory:

$$\vec{U}_{L1} = \vec{U}_0 + \vec{U}_1 + \vec{U}_2$$

$$\vec{U}_{L2} = \vec{U}_0 + a^2\vec{U}_1 + a\vec{U}_2$$

$$\vec{U}_{L3} = \vec{U}_0 + a\vec{U}_1 + a^2\vec{U}_2$$

## Nulová složka

Nulová složka vysunuje koncové body všech fázorů fázových napětí souměrné pravotočivé (levotočivé) soustavy o stejnou hodnotu ze středu souřadnic.

Pravotočivá soustava

$$\vec{U}_{L1} = \vec{U}_0 + \vec{U}_1$$

$$\vec{U}_{L2} = \vec{U}_0 + a^2 \vec{U}_1$$

$$\vec{U}_{L3} = \vec{U}_0 + a \vec{U}_1$$

Levotočivá soustava

$$\vec{U}_{L1} = \vec{U}_0 + \vec{U}_2$$

$$\vec{U}_{L2} = \vec{U}_0 + a \vec{U}_2$$

$$\vec{U}_{L3} = \vec{U}_0 + a^2 \vec{U}_2$$

Nulová složka představuje proto vysunutí celého napěťového trojúhelníku sdružených napětí mimo střed souřadnic. Protože jsou všechny vrcholy trojúhelníku vysunuty o stejnou hodnotu, jejich vzájemná poloha se nemění a hodnotu lze znázornit jako fázor ze středu souřadnic do středu napěťového trojúhelníku. Z toho vyplývá, že sdružená napětí definovaná jako rozdíl napětí fázových (vzdálenost vrcholů trojúhelníku) nikdy neobsahují nulovou složku. Měření sdružených napětí pro rozbor poruchových stavů je proto nevhodné.

Nulová složka se nazývá někdy také netočivá. To neznamená, že by v komplexní rovině její fázor stál. Tento představuje napětí „cizího zdroje“, které je vloženo mezi střed soustavy a střed napěťového trojúhelníku. Frekvence tohoto napětí je závislá na jeho původu a může být proto rozdílná od frekvence soustavy. Amplituda a frekvence nulové složky popisují pohyb napěťového trojúhelníku kolem středu soustavy.

V soustavách s tvrdě uzemněným středem je střed trojúhelníku pevně svázán s potenciálem země, pak prakticky nemůže vzniknout mezi těmito body nulová složka napětí.

V soustavách s neúčinně uzemněným středem je poloha potenciálu země dána svodovými impedancemi jednotlivých fází soustavy, případně vloženým napětím mezi potenciál země a střed soustavy. V těchto soustavách se nulová složka napětí s nízkou úrovní vyskytuje téměř stále. Vyšší hodnoty napětí nulové složky ukazují na nevyváženost izolačních

soustav jednotlivých fází nebo přítomnost cizího napětí. Její měření se proto využívá k indikaci zemního spojení nebo ferorezonančního děje. V soustavách, v nichž se pro kontrolu izolace používá injektované napětí, obsahuje nulová složka i toto injektované napětí.

#### **Vztah mezi napěťovou a proudovou nesymetrií soustavy**

Definiční vztahy pro souměrné složky proudů trojfázové soustavy jsou totožné se vztahy pro souměrné napěťové složky. Pro praktický provoz soustavy ale mají různé kvantitativní významy. Pokud jsou v soustavě rotační stroje ať synchronní či asynchronní, mají jejich parametry výrazný vliv na symetrii soustavy. Většina strojů je zapojena do trojúhelníku nebo do hvězdy s nevyvedeným středem. Takovým strojem nemůže protékat nulová složka proudu, a proto tato složka není stroji ovlivňována. Pokud rotační stroj stojí, je jeho impedance pro zpětnou i souslednou složku prakticky stejná. Pokud je ale na otáčkách, je situace zásadně odlišná. Pro souslednou složku má impedanci odpovídající jeho pracovnímu bodu, ale pro zpětnou složku má tento stroj impedanci nižší než je impedance stojícího stroje. Proto i malá napěťová nesymetrie vyvolává velké nesymetrie proudové. Např. napěťová zpětná složka 2% vyvolá u běžného asynchronního stroje proudovou nesymetrii 10%  $I_n$ . Protože sousledná složka proudu je závislá na zatížení stroje, je zpětná složka vyjádřená v % sousledné složky u málo zatíženého stroje ještě vyšší, z praktických důvod však toto vyjádření není vhodné. Zpětná složka proudu působí úbytky napětí na vnitřní impedanci zdroje, čímž snižuje nevyváženost soustavy. Je to však za cenu neúměrného proudového zatížení motorů.

Z této úvahy vyplývá, že i malá napěťová nesymetrie vyvolává velkou nesymetrii proudů a pokud je v soustavě, dá se identifikovat nejlépe právě v proudech rotačních strojů.



### **6.4.3. Rozlišení zkratu a poruchy MTN**

Hodnoty zpětné a nulové složky napětí jsou u poruch MTN a blízkých zkratů v soustavě přibližně stejné, proto tyto děje nelze rozlišit jen jejich měřením.

#### **Časové kritérium rozlišení**

Jedn pólové a dvou pólové zkraty jsou vždy zdroji značné nesymetrie soustavy. Zkrat v soustavě je vždy krátký přechodový děj. Pokud není zkrat eliminován v čase základních ochran, je eliminován v čase záložních ochran. V současnosti lze považovat za maximální základní čas pro eliminaci zkratu hodnotu 0,2 s. Vypnutí v záložním čase pak nastává nejpozději v čase cca 0,7 s od vzniku zkratu. Pokud předpokládáme, že nesymetrie může trvat i krátkou dobu po odpojení zkratu, může být v soustavě nesymetrie 1÷2 sekundy. Tato nesymetrie se projeví v soustavě napěťových i proudových vektorů.

Porucha MTN má vždy trvalý charakter. Nesymetrie sekundárního případně terciárního obrazu soustavy tak trvá do odstranění poruchy.

Na základě časového kritéria lze zkrat a poruchu MTN rozlišit až za čas delší než je čas odpojení zkratu v čase záložních ochran, čili v okamžiku, kdy je zkrat odpojen. Působí-li zpětná složka i po tomto čase, jde o poruch MTN a všechny akce, které tato porucha může vyvolat, je vhodné zablokovat.

#### **Proudové kritérium**

Nesymetrický zkrat vyvolá vždy zpětnou složku proudů, kterou je možné identifikovat jak na straně zdroje, tak na straně zátěže, hlavně pokud ji tvoří rotační stroje. Potíž může nastat v určení vhodné komparační úrovně. V přívodu rozvodny bude velikost zpětné složky proudu při zkratu vždy závislá na velikosti a skladbě zátěží na rozvodnu připojených.

Porucha MTN se projeví zpětnou a nulovou složkou jen v soustavě napěťových vektorů.

Rozlišení mezi zkratem a poruchou MTN lze na základě tohoto kritéria provést ihned po vzniku poruchy.

Vzhledem ke složitosti řešení toto kritérium nepoužíváme.

#### **Výběrové kritérium**

Tohoto kritéria lze využít tam, kde se měří napětí více MTN. Mohou to být MTN na téže přípojnicí nebo MTN v používaném přívodu rozvodny a na její přípojnicí.

Zkrat vyvolá nesouměrnou složku v sekundárních obrazech napětí všech MTN.

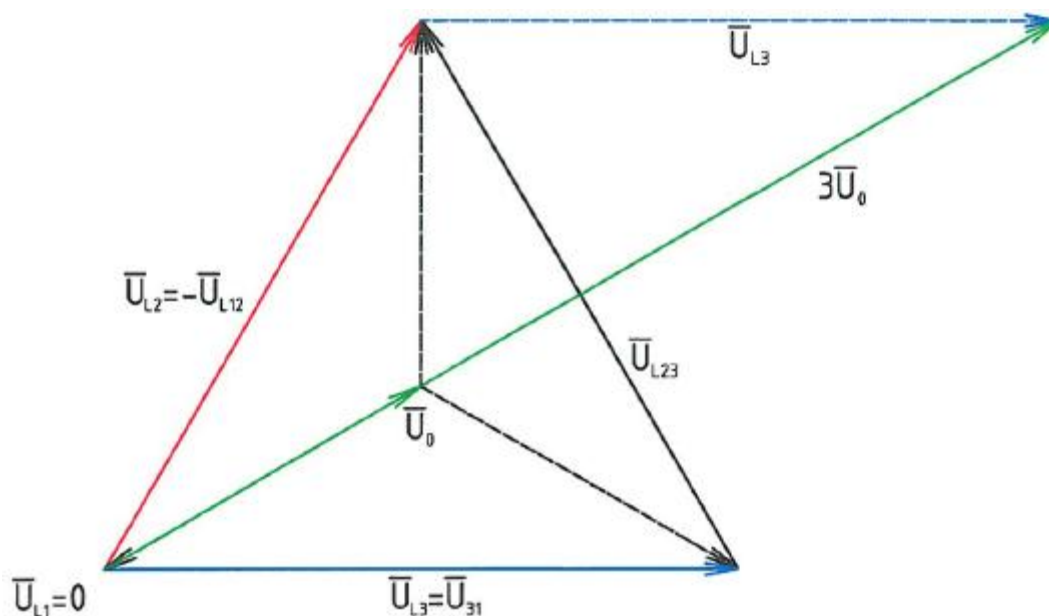
Porucha MTN vyvolá nesouměrnou složku jen za MTN, na kterém k poruše došlo.

Při použití více měřicích kanálů (včetně MTN) lze použitím blokad od zpětné složky nahradit i výběrem z výstupů jednotlivých kanálů, např. výběrem 2/2 nebo 2/3.

Výběrové kritérium rozliší oba typy okamžitě od vzniku poruchy, vyžaduje však užití více MTN. Z tohoto důvodu toto kritérium není v ČS Hněvkovice použitelné

#### 6.4.4. Souměrné složky a výstup MTN při zemním spojení

##### Nulová složka napětí



Obrázek 3 Fázorový diagram výpočtu nulové složky při zemním spojení v L1

Při zemním spojení převádí sekundární vinutí jednotlivých jednotek MTN fázová napětí soustavy podle převodového poměru těchto vinutí. Při tvrdém zemním spojení má tedy i sekundární obraz soustavy napětí fáze, v níž je zemní spojení nulové a další dvě fázová napětí dosáhnou hodnoty sdružených napětí, jedno ve směru a druhé v protisměru příslušného sdruženého napětí. Sama sdružená napětí se při zemním spojení nemění co do velikosti i směru.

$$\begin{aligned}\vec{U}_0 &= \frac{1}{3}(\vec{U}_{L1} + \vec{U}_{L2} + \vec{U}_{L3}) = \frac{1}{3}(0 - \vec{U}_{L12} + \vec{U}_{L31}) = \frac{1}{3}(0 - (1 - a^2)\vec{U}_{L1} + (a^1 - 1)\vec{U}_{L1}) = \\ &= \frac{1}{3}(-1 + a^2 + a^1 - 1)\vec{U}_{L1} = \frac{1}{3}(-3)\vec{U}_{L1} = -\vec{U}_{L1}\end{aligned}$$

Nulová složka je rovna fázovému napětí zdravé soustavy a její vektor má obrácený směr než původní vektor fázového napětí fáze, v níž k zemnímu spojení došlo.

Převod pro terciární vinutí je volen tak, aby právě při tvrdém zemním spojení bylo napětí na výstupu otevřeného trojúhelníku 100 V. To umožňuje měřit povahu zemního spojení přímo v procentech tvrdého zemního spojení a z toho usuzovat na vážnost poškození izolační soustavy.

Pro přepočty číselné hodnoty nulové složky mezi jednotlivými metodami jejich získání platí:

	Nulová složka napětí při tvrdém zemním spojení:			
Jmenovité napětí soustavy	Napětí na primární straně MTN (v soustavě)	Relativní hodnota v procentech sousledné složky fázového napětí soustavy	Napětí získané výpočtem dle definice z napětí sekundárních vinutí MTN	Napětí na otevřeném trojúhelníku terciárních vinutí MTN
6000 V	3464 V	100 %	57,7 V	100 V

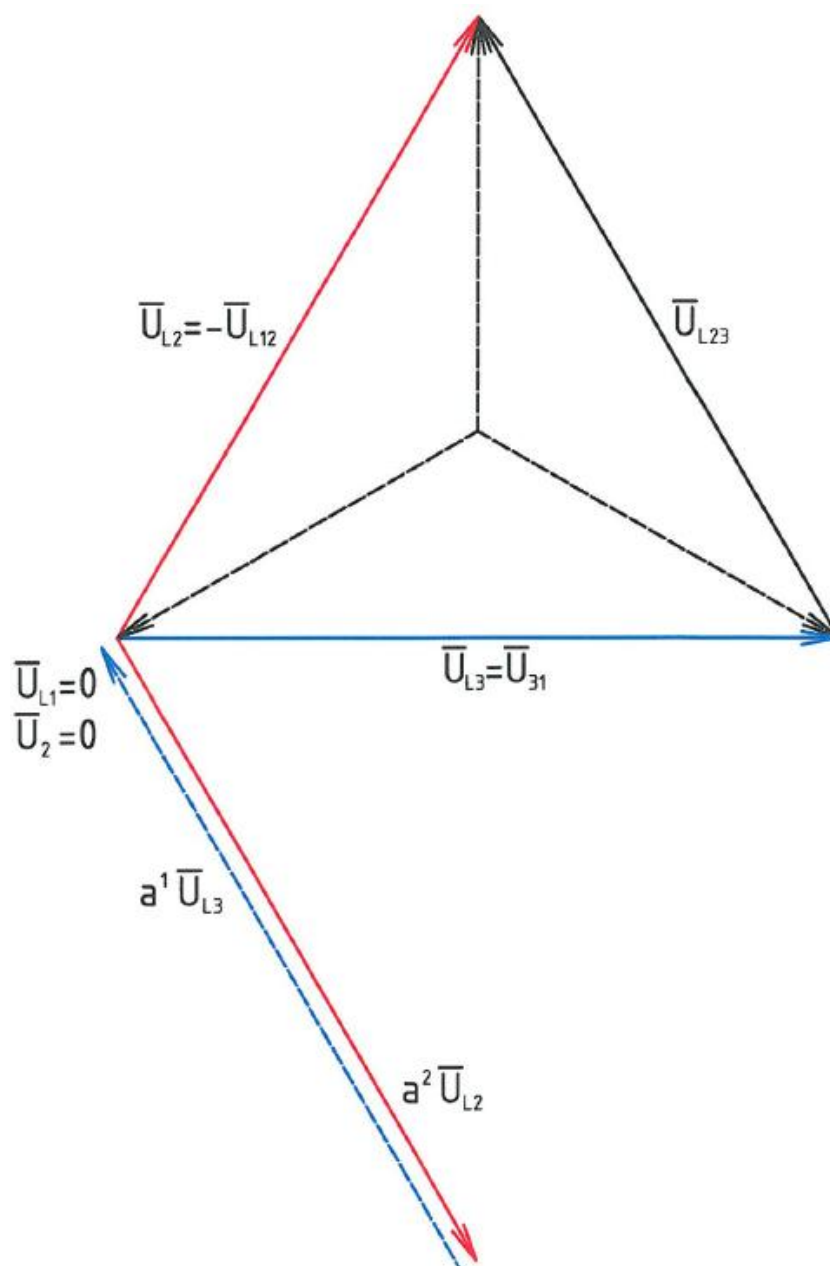
### Sousledná a zpětná složka napětí

Při zemním spojení se napěťový trojúhelník v komplexní rovině nedeformuje, ale posouvá jako celek. Pokud v napěťovém trojúhelníku před zemním spojením zpětná složka nebyla, nebude ani při zemním spojení.

Při tvrdém zemním spojení ve fázi L1 je střed souřadnic ve vrcholu L1 trojúhelníku a platí:

$$\vec{U}_{L1} = \vec{U}_0 + \vec{U}_1 = 0$$

Sousledná složka se při zemním spojení nemění.



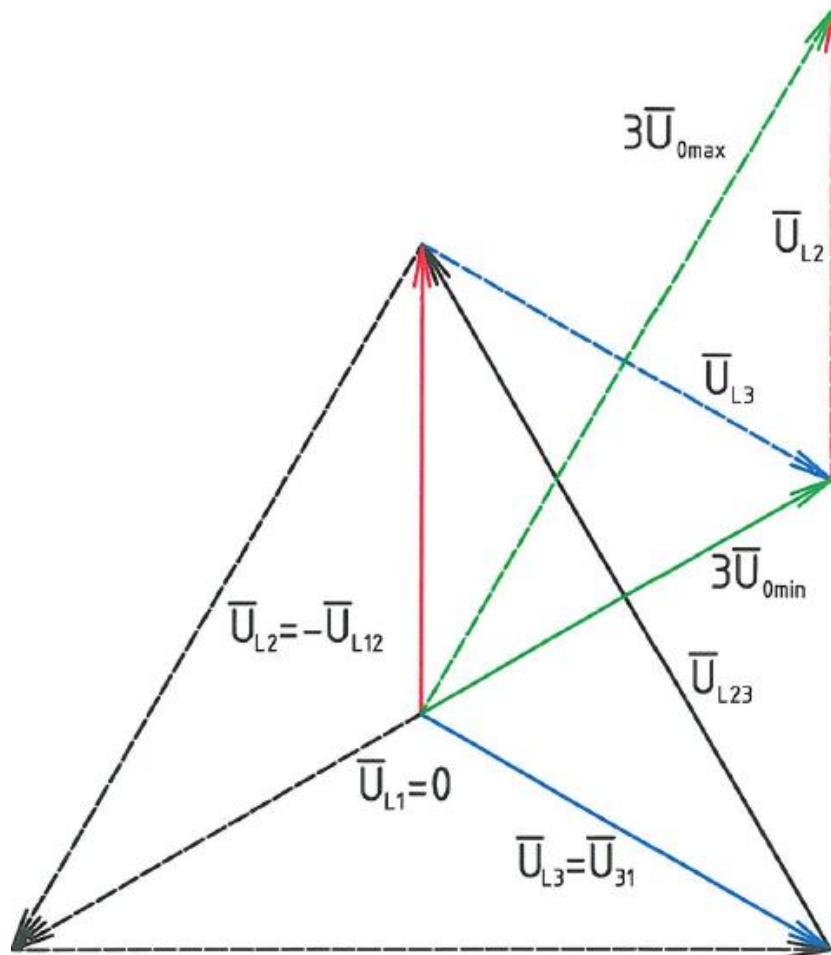
Obrázek 4 Fázorový diagram výpočtu zpětné složky při zemním spojení v L1

#### 6.4.5. Souměrné složky na výstupu MTN při poruše MTN

Nejběžnější poruchou MTN je přerušení pojistky (nebo přímo vinutí) na primární straně jedné jednotky MTN. Výstupem poškozené jednotky je nulové napětí. Na měření napětí na jednotkách ostatních fází nemá tato porucha vliv, takže tyto dávají hodnotu fázového napětí soustavy.

Nulová hodnota fázového napětí se naměří jen na nezatíženém MTN. Pokud má MTN zátěž zapojenou na sdružená napětí (do trojúhelníku či do hvězdy s nevyvedeným středem),

vrací se od zátěže na toto vinutí napětí, které je odvozeno od sdruženého napětí fází poruchou nezasažených. Při symetrii zátěží má hodnotu poloviny fázového napětí, při nesymetrii může dosáhnout maximálně hodnoty některého z fázových napětí. Toto napětí se transformuje i do terciárního vinutí. Zpětně zavlečené napětí pak zvyšuje v sekundárním obraze soustavy hodnotu zpětné a nulové složky a snižuje naopak hodnotu složky sousledné.



Obrázek 5 Fázorový diagram výpočtu nulové složky při poruše MTN v L1

### Nulová složka napětí

Při přepálené pojistce primárního vinutí první fáze má sekundární obraz fázového napětí soustavy hodnotu 0 V. V důsledku toho mají sekundární obrazy dvou sdružených napětí hodnotu fázových napětí. Třetí sdružené napětí tvořené zdravými fázovými napětími si zachovává správnou hodnotu i směr.

$$\vec{U}_0 = \frac{1}{3}(\vec{U}_{L1} + \vec{U}_{L2} + \vec{U}_{L3}) = \frac{1}{3}(0 + a^2\vec{U}_{L1} + a^1\vec{U}_{L1}) = \frac{1}{3}(a^2 + a^1)\vec{U}_{L1} = \frac{1}{3}(-\vec{U}_{L1})$$

$$3\vec{U}_0 = -\vec{U}_{L1}$$

### **Poznámka**

*Stejnou hodnotu nulové složky získáme i při přerušení dvou fází na primární straně MTN. Pak je věrně zobrazeno jen jedno fázové napětí. Zbývající dva obrazy fázových a jednoho sdruženého napětí mají nulovou hodnotu, obrazy dvou sdružených napětí mají fázovou hodnotu.*

### **Terciární vinutí MTN**

V otevřeném trojúhelníku terciárních vinutí jedno z napětí chybí, takže na jeho výstupu je cca 33 V. Pokud se vyhodnocuje napětí nulové složky přes tato vinutí, je vhodné, aby tato hodnota byla s jistotou identifikována a signalizována jako porucha. Rozlišení od zemního spojení lze provést přes chování fázových a sdružených napětí.

Napětí	Přerušení pojistky v L1	Tvrdé zemní spojení v L1
$U_{L1}$	nulová hodnota (při zavlečení od zátěže až fázová)	nulová hodnota
$U_{L2}$	fázová hodnota	sdružená hodnota
$U_{L3}$	fázová hodnota	sdružená hodnota
$U_{\Delta}$	33 V (při zavlečení od zátěže až 57 V)	100V
$U_{L12}$	fázová hodnota (při zavlečení od zátěže 0 V až sdružená hodnota)	sdružená hodnota
$U_{L23}$	sdružená hodnota	sdružená hodnota
$U_{L31}$	fázová hodnota (při zavlečení od zátěže sdružená hodnota až 0 V)	sdružená hodnota

Požadavek na signalizaci poruchy MTN je nutné plnit i při provozu systému na nejnižší přípustné hladině napětí. Pokud je tato hladina např.  $0,8 U_n$ , je nutné nastavení signalizační úrovně na napětí otevřeného trojúhelníku na 26 V.

## Sekundární vinutí MTN

Vzhledem k tomu, že nulová složka napětí v sekundárním obraze soustavy při poruše MTN dosahuje minimálně jedné třetiny fázového napětí, má při jmenovitém napětí soustavy hodnotu cca 19 V a signální úroveň pro identifikaci poruchy při uvažovaném podpětí je 15 V.

## Zátěž MTN a měření nulové složky

Jak je patrné z diagramu a výše uvedeného textu, může být přesné určení nulové složky napětí při poruše MTN značně ovlivněno existencí zátěže zapojené na sdružená napětí. Ve většině případů tento jev nevadí, protože vede ke zvýšení hodnoty nulové složky. Je-li MTN dostatečně tvrdým zdrojem napětí ve všech třech fázích, tento jev se neuplatní. Tento jev se uplatní i na napětí terciárních vinutí zapojených do otevřeného trojúhelníku.

Pokud je potřebné určovat nulovou složku přesně, neměl by být MTN zatěžován mezifázově, to znamená, že by měla být měřena vždy fázová napětí a napětí sdružená z nich dopočítávána.

## Sousledná a zpětná složka napětí

Při ztrátě jednoho fázového napětí v sekundárním obraze soustavy je zpětná složka rovna podle definice hodnotě jedné třetiny fázového napětí, tj. sekundárně asi 19 V:

$$\vec{U}_2 = \frac{1}{3}(\vec{U}_{L1} + a^2\vec{U}_{L2} + a\vec{U}_{L3}) = \frac{1}{3}(0 + a^1\vec{U}_{L1} + a^2\vec{U}_{L1}) = \frac{1}{3}(-\vec{U}_{L1})$$

$$3\vec{U}_2 = -\vec{U}_{L1}$$

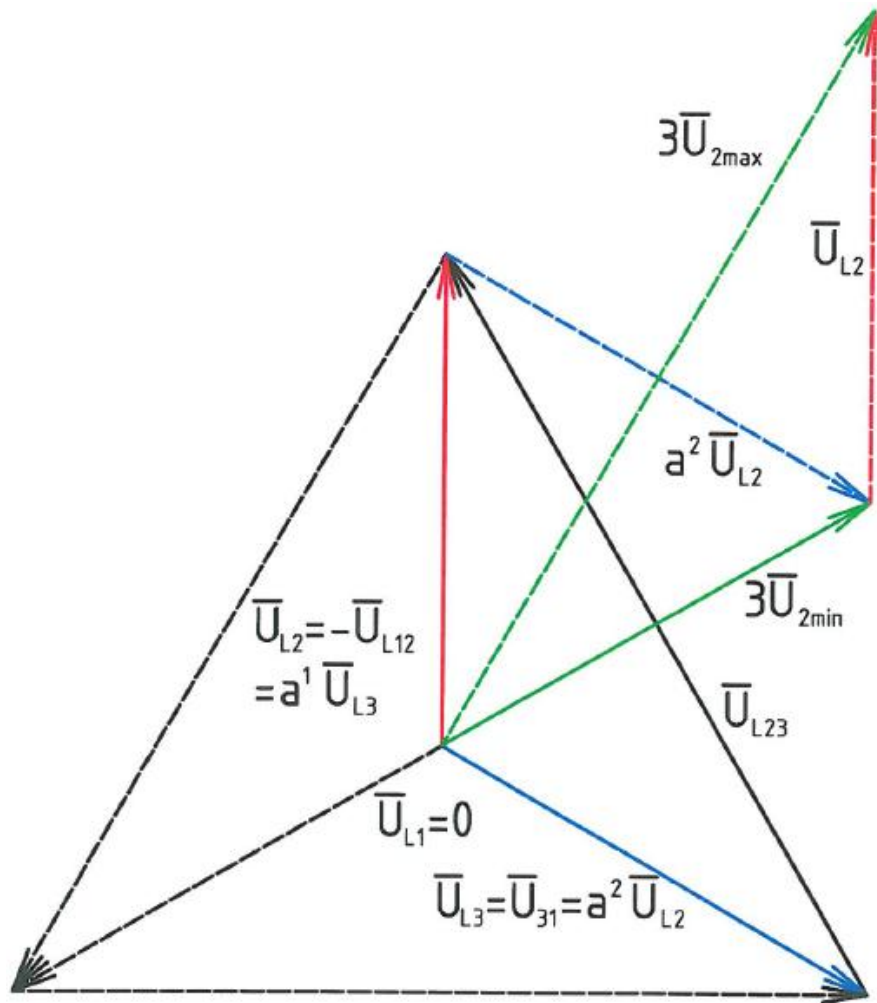
### **Poznámka**

*Stejnou hodnotu zpětné složky získáme i při přerušení dvou fází na primární straně MTN. Pak je věrně zobrazeno jen jedno fázové napětí. Zbývající obrazy fázových a sdružených napětí mají nulovou hodnotu.*

Tento vztah platí pro nezatížený MTN. Pokud má ale MTN na svém sekundárním vinutí zátěže zapojené do trojúhelníku, napěťové poměry na jeho výstupu se změní, protože zpětně od zátěže se vrací část sdruženého napětí zbývajících zdravých fází. V extrémním případě se vrátí některé z fázových napětí. Zpětná složka pak dosáhne hodnoty cca 33 V.

Pokud má být přerušení měření v jedné fázi indikováno měřením zpětné složky napětí, musí být indikační úroveň nastavena na hodnotu spolehlivě nižší než je hodnota 19 V (primárně 1 140 V, 33 %  $U_{L1}$ ).

Požaduje-li se indikace i při provozu systému na nejnižší přípustné hladině napětí např.  $0,8 U_n$ , je nutné nastavení signalizační úrovně přiměřeně snížit, tj. na 15 V.



Obrázek 6 Fázorový diagram výpočtu zpětné složky při poruše MTN v L1

### Zátěž MTN a měření zpětné složky

Jak je patrné z diagramu a výše uvedeného textu, může být přesné určení zpětné složky napětí při poruše MTN značně ovlivněno existencí zátěže zapojené na sdružená napětí. Ve většině případů tento jev nevádí, protože vede ke zvýšení hodnoty zpětné složky. Za normálního stavu, kdy je MTN dostatečně tvrdým zdrojem napětí ve všech třech fázích, se tento jev neuplatní.

Pokud je potřebné určovat zpětnou složku přesně, neměl by být MTN zatěžován mezifázově, to znamená, měla by být měřena vždy fázová napětí a napětí sdružená z nich dopočítávána.



#### **6.4.6. Ferorezonance MTN**

Rezonanční elektrický obvod se obecně skládá z indukčnosti, kapacity a odporu. Odpor má v rezonančním obvodu vždy tlumící účinek. Rezonanční obvod může být sériový nebo paralelní. V sériovém obvodu jsou při rezonanci napětí na jednotlivých prvcích vyšší, než je napětí zdroje, v paralelním obvodu tekou jednotlivými prvky proudy větší než proud zdroje. Pokud jsou prvky obvodu lineární soustředěné, existuje pro obvod jedna rezonanční frekvence. Pokud zdroj pracuje na této frekvenci, rezonance se plně rozvine. Pokud ne, záleží stav obvodu na tlumení a rozdílu obou frekvencí.

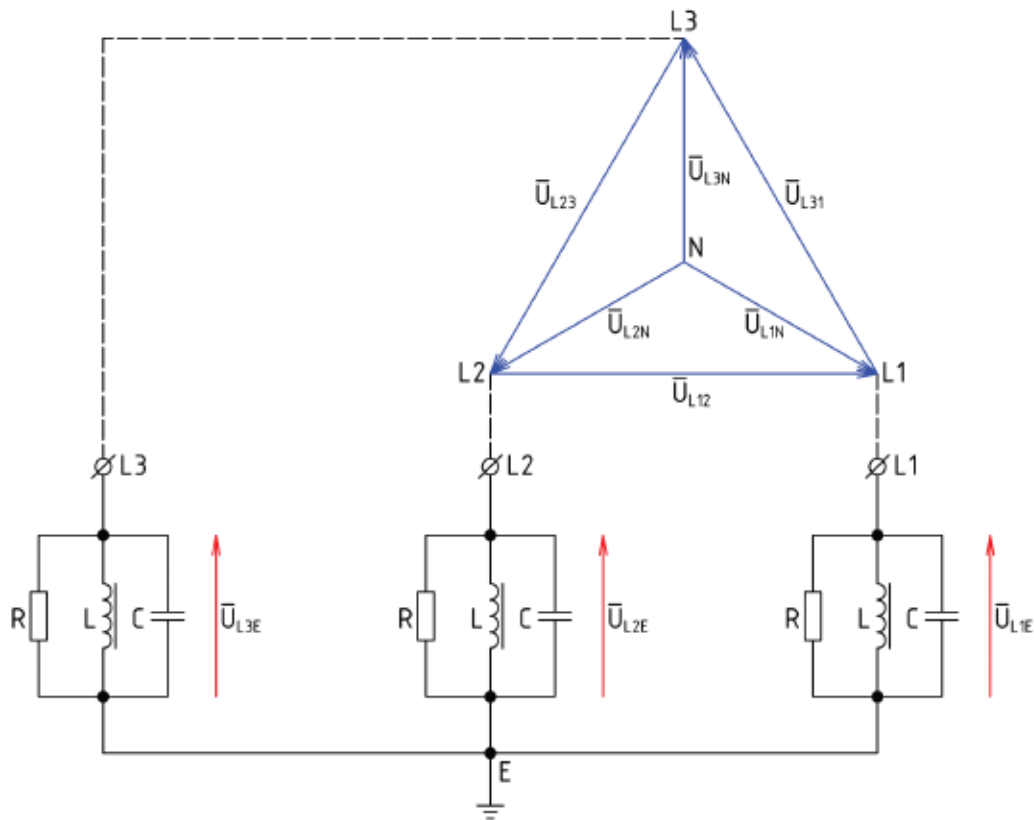
V silnoproudé praxi se často setkáváme s indukčními prvky, jejichž práce je založena na feromagnetickém jádře. Vlastnosti feromagnetického jádra jsou pak příčinou toho, že indukčnost v obvodu má nelineární charakter. Hodnota dynamické indukčnosti obvodu se tak odvíjí od okamžité hodnoty sycení jádra a tvaru hysterezní křivky feromagnetického materiálu. Rezonanční děj v obvodu obsahujícím indukčnost s feromagnetickým jádrem nazýváme dějem ferorezonančním, zkráceně ferorezonanci.

Problém „ferorezonance“ se vyskytuje hlavně v izolovaných a nepřímo uzemněných sítích. Vzniká v situaci, kdy vazební kapacity a indukčnosti sítě vzhledem k zemi mají rezonanční kmitočet blízký kmitočtu sítě nebo jeho celočíselnému násobku či zlomku. Vzhledem k tomu, že jde o rezonanci vazebních impedancí jednotlivých fází vůči zemi, projevuje se periodickou změnou potenciálu vůči zemi. Protože oproti vazebním impedancím jsou vnitřní impedance zdrojů a spotřebičů v síti malé (menší o několik řádů) kmitá soustava sdružených napětí kolem potenciálu země jako celek. Rezonanční děj se proto projeví v nulové složce napětí. Složka sousledná a zpětná nejsou ovlivněny, proto ferorezonance průběhy sdružených napětí nemění.

Ve vnitřních rozvodech elektráren se ferorezonanční děje vyskytují v sítích 6 kV VS a ve vyvedení výkonu na úrovni generátorového napětí. Nelineární indukčnost v těchto obvodech představují měřicí transformátory napětí (MTN), které jsou zapojeny svými primárními vinutími mezi potenciál příslušné fáze a potenciál země. Měření fázových napětí umožňuje identifikovat zhoršení izolačního stavu fází, v limitním stavu zemní spojení, což je podmínkou provozu těchto soustav. Indukčnost MTN se dostává do rezonance s kapacitou jednotlivých fází soustavy. Tato kapacita je u sítí VS proměnlivá neboť její hlavní složkou je kapacita kabelů vyvedených z rozveden ke spotřebičům. Přirozeným tlumením rezonančního děje je svodový odpor, který je rovněž dán okamžitým rozsahem sítě. Z tohoto důvodu se

rezonanční děj objevuje převážně v sítích s malou zátěží a při připnutí zátěže často zaniká v důsledku přeladění obvodu na jinou rezonanční frekvenci a zvýšení tlumení.

Situace pro třífázový obvod je naznačena na obr. 7.



**Obrázek 7** Vektory napětí v izolované soustavě s MTN

Indukčnost  $L$  s feromagnetickým jádrem představuje MTN,  $R$  je svodový odpor a  $C$  je svodová kapacita sítě. Všechny MTN jsou připojeny na potenciál země, který je označen jako bod  $E$ . Na jednotlivých fázových svorkách je pak napětí proti bodu  $E$  označené jako  $U_{LnE}$ , kde „ $n$ “ je číslo fáze. Fázové svorky jsou přitom připojeny na sdružená napětí zdroje, která jsou znázorněna rovnostranným trojúhelníkem fázorů. Střed trojúhelníku sdružených napětí je označen jako bod  $N$ .

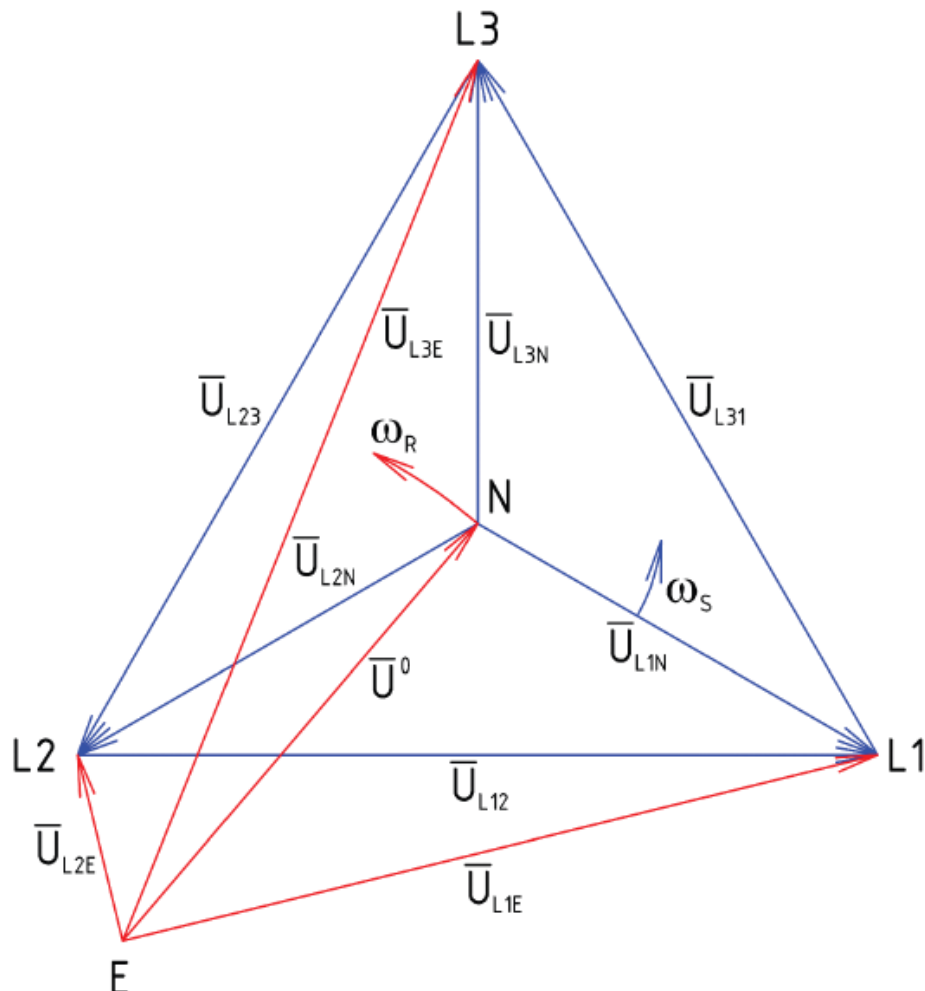
Pokud je vinutí zdroje zapojeno do trojúhelníku (zapojení  $D$ ) nebo do hvězdy s nevyvedeným středem (zapojení  $Y$ ), je bod  $N$  prakticky nedostupný. V praxi se v těchto případech bod  $N$  získává zařazením shodných impedancí do všech fází soustavy v zapojení do hvězdy s vyvedeným středem (zapojení  $YN$ ). Pro správný provoz izolované soustavy je potřebné, aby body  $N$  a  $E$  měly stejný potenciál, tzn., aby mezi nimi nebylo žádné napětí. V tom případě tyto body v komplexní rovině splynou. To platí pro ustálené stavy v soustavě, v níž jsou hodnoty  $R$ ,  $L$ ,  $C$  ve všech fázích stejné, protože pro bod  $E$  platí stejné zákonitosti jako pro bod  $N$ .

### Napětové poměry při zemním spojení

Pokud poklesne izolační stav některé fáze soustavy proti ostatním dvěma, posune se bod E od bodu N ve směru k vrcholu Ln fáze, ve které k poklesu došlo. Pokud izolační stav v této fázi poklesne na nulu, ztotožní se bod E s bodem Ln, nastalo zemní spojení. Pokud uvažujeme potenciál země za pevný, stanovíme bod E středem souřadnic v komplexní rovině. Zemní spojení představuje vysunutí napětového trojúhelníku o fázové napětí mimo střed souřadnic E. Trojúhelník rotuje kolem bodu E úhlovou rychlostí  $\omega_s$  danou frekvencí sítě (zdroje). Pokud přejdeme k vyjádření napětí pomocí sousledné, zpětné a nulové složky, představuje potenciál bodu N (tj. napětí mezi body E a N) napětí nulové složky.

### Napětové poměry při ferorezonanci

Rozložení napětí při třífázové ferorezonanci je naznačeno na obr. 8.



Obrázek 8 Vektory napětí v izolované soustavě při ferorezonanci

Při ferorezonanci nedochází k vysunutí bodu E z bodu N v důsledku poklesu izolačního stavu v některé z fází. Vysunutí je zde důsledkem napěťové rezonance v trojfázovém obvodu s nelineárními indukčnostmi. Ferorezonance vzniká obvykle jako důsledek spínacího pochodu. V prvním okamžiku je obvod sepnutý jen v jedné fázi a přechází na potenciál této fáze. V následujících okamžicích je tento nabitý obvod propojen s ostatními fázemi zdroje. Sdružená napětí zdroje, která jsou fázově posunuta, jsou připojena vždy k izolační impedanci dvou fází. Pokud přebíjení obvodů probíhá frekvencí, která je celočíselným násobkem či podílem frekvence zdroje, může být tento děj podpořen z energie zdroje a rozvine se rezonanční děj. Protože tvar trojúhelníku sdružených napětí je pevně držen zdrojem, projevuje se rezonance pohybem celého trojúhelníku kolem bodu E. Potenciál mezi středem trojúhelníku N a potenciálem země je opět nulovou složkou napětí. Tato nulová složka rotuje kolem bodu E rychlostí  $\omega$  danou frekvencí rezonančního děje. Pokud se ze zdroje čerpá do rezonančního děje více energie, než kolik se ztrácí tlumením, amplituda napětí nulové složky roste, pokud jsou ztráty vyšší, amplituda klesá.

Amplituda nulové složky je závislá na energetické bilanci děje a může přesáhnout amplitudu fázového napětí „zdravé“ soustavy. Při ferorezonanci může dojít k extrémnímu namáhání izolační soustavy (dimenzované na sdružené napětí) a z toho důvodu je ferorezonance nebezpečná pro provoz soustavy. První zemní spojení sice stabilizuje soustavu, vzniká však nebezpečí přechodu do dvojfázového zkratu po druhém zemním spojení.

Protože vazební impedance sítí k zemi nelze efektivně ovlivňovat, nelze rezonančním jevům zabránit, lze jen potlačovat jejich projevy účinným tlumením, nebo přeladit obvod na jinou frekvenci, než na které rezonuje. Přeladění lze vyvolat sepnutím vývodu rozvodny pro některou zátěž, čímž se zvýší hlavně hodnota vazební kapacity a sníží izolační odpor celé soustavy. V praxi tento postup nelze uplatňovat, protože v podmínkách provozu JE je velmi zdoluhavý a nelze podmiňovat provoz technologických spotřebičů potřebami potlačení rezonančního děje v napájecí soustavě.

Jak již bylo naznačeno, pokud odvádíme z rezonančního děje větší výkon, než je výkon budícího zdroje, musí rezonance zaniknout. Vhodné je uspořádání tlumení takovým způsobem, aby energie byla odebírána jen pomocí nulové složky napětí. Toho lze dosáhnout vložením odporu do otevřeného trojúhelníku terciárních vinutí MTN nebo účinněji přímo mezi uměle vytvořený uzel soustavy N a zem E.

### **MTN s tlumícím odporem v otevřeném trojúhelníku**

Pro provoz vlastní spotřeby je voleno tlumení ferorezonance pomocí terciárních vinutí MTN zapojených do série (do tzv. otevřeného trojúhelníku).

Stávající použitá soustava tlumících odporů zapojených v otevřeném trojúhelníku terciárních vinutí MTN má odpor  $40 \Omega$  ( $3 \times 120 \Omega$  paralelně). Při tvrdém zemním spojení, je na tomto odporu napětí  $100 \div 110 \text{ V}$ , což vede k vývinu tepla o výkonu cca  $300 \text{ W}$ . Dlouhodobý tepelný výkon  $300 \text{ W}$  odporů umístěných v přístrojových nástavbách polí je však vzhledem k jejich okolí nevhodný. Odporů jsou proto odpojovány pomocí relé indikace zemního spojení typu GV 12, které je připojeno rovněž na vinutí otevřeného trojúhelníku MTN a spíná, pokud napětí dosáhne hodnoty cca  $25 \text{ V}$ . Vzhledem k tomu, že nulová složka napětí je i průvodním jevem rezonančního děje, může dojít k odpojení tlumících odporů i při rezonančním ději, při němž je této hodnoty krátkodobě dosaženo. Po odpojení odporů ale rezonanční děj již není tlumen a může se rozvinout do nebezpečných hodnot. Je proto nutné zpozdit odpojení odporů tak, aby se plně využilo tepelné kapacity odporů a tím umožnilo tlumení rezonančního děje po několik sekund, což je obvykle dostatečná doba k zániku rezonance v důsledku aktivního tlumení odporů, či v důsledku změny parametrů sítě (změnou jejího rozsahu a zatížení). Pokud nulová složka napětí nedosáhne  $25 \text{ V}$ , zůstávají odporníky v obvodu trvale, ale tento stav není z hlediska ohrožení izolačního stavu soustavy považován za nebezpečný. Celkový tepelný výkon na odporu  $40 \Omega$  je maximálně  $16 \text{ W}$ , takže s vysokou pravděpodobností nebude překročena limitní hodnota povrchové teploty  $80^\circ\text{C}$  pro náhodný dotyk.

Pro potlačení ferorezonance je v současnosti doporučeno zatížit otevřený trojúhelník trvale poměrně malým odporem cca  $40 \Omega$ , event. nabízí firma ABB přístroj VT Guard - principem funkce obou řešení je zatížení terciárního vinutí a odčerpání energie ferorezančního jevu a tím i jeho potlačení, proto je nutné ponechat obvod zatížený co nejdéle.

#### 6.4.7. Použití napěťových funkcí

V systému ochran je proto vhodné provést určité změny vycházející ze závěrů technické pomoci – Posouzení nastavení ochran U0 a U2 (REC670 a REF615).

**Pro potlačení ferorezonance** použijeme odpor  $40 \Omega$  (při tvrdém zemním spojení 110 V je na výstupu 2,75 A a výkon 303 W). Současně je možné pomocí dvou napěťových hladin otevřeného trojúhelníka rozlišit poruchu MTN a zemní spojení takto:

- a) porucha MTN způsobí v otevřeném trojúhelníku výpadek napětí jedné fáze beze změny ostatních fází, což znamená napětí cca 33 V. Pro zajištění spolehlivé indikace i při napětí sníženém na cca 80 %  $U_n$  je vhodné nastavení první měřící hladiny na 26 V
- b) zemní spojení vyvolá v otevřeném trojúhelníku napětí  $100 \div 110$  V, pro odlišení zemního spojení a poruchy MTN použijeme úroveň 60 V (porucha MTN může způsobit při zavlečení napětí přes zátěž až napětí 57 V)

Funkce systému pak bude následující:

- při nárůstu napětí nad 26 V dojde k signalizaci poruchy MTN
- při růstu napětí nad 60 V může být blokována signalizace poruchy MTN a bude signalizováno zemní spojení
- podle použitého jističe pro zatěžovací odpor dojde při tvrdém zemním spojení (proud  $2,5 \div 2,75$  A) buď ke zpožděnému vypnutí (jistič 2 A u typu MINIA charka B,C zpožděné vypnutí 100 s a více) nebo zůstane trvale zapnut (4 A).

**Pro podpěťové měření** je nutné použít následující omezení:

- a) měření blokovat při vypnutém jističi FA21 v poli měření
- b) měření blokovat v případě identifikované poruchy přerušené pojistky MTN na základě měření  $U_{2>}$  (NSPTOV). Porucha MTN vyvolá v sekundárních vinutích hodnotu zpětné složky 19 V (33 %  $U$  fázového, 1140 V primárního napětí). Pro zajištění spolehlivé indikace i při napětí sníženém na cca 80 %  $U_n$  je vhodné nastavení měřící hladiny na 15 V.

Tento režim lze použít i u vývodů a přívodů s výjimkou blokády od vypnutého stavu jističe FA21. Tato blokáda bude nahrazena interní blokádou při podpětí pod 5 %  $U_n$ .

Nadpěťová ochrana je naplánována pro vypnutí vývodu pro MVE v případě samostatného chodu z MVE a selhání regulace napětí generátoru MVE. Nastavení může být třístupeňové nezávislé nebo závislé s jedním stupněm, případně jeden nižší závislý stupeň a jeden vyšší nezávislý stupeň.

## 6.5. Stávající a nové nastavení ochran

Pro nastavení ochran jsou většinou použity původní hodnoty nastavení včetně proudu a zpoždění. Pouze u změněných hodnot nebo nových funkcí je zdůvodněno nové nastavení.

### 6.5.1. Pole měření napětí R6kV

Tabulka 8 Data pro nastavení a funkce ochran v poli měření rozvodny 6 kV

Typ	Funkce	Usdr/Uf prim [V]	Usdr/Uf sek [V]	t [sec]	Poznámka
----- PHPTOV	3U>			-	ve funkci jen v režimu MVE
3x V15 PHPTUV	3U<	3 000 / 1 732	50 / 29	-	jen signalizace
----- NSPTOV	U2>	1 559 / 900	26 / 15	0,5	blokáda PHPTUV při poruše MTN
Převod MTN $6000/\sqrt{3} // 100/\sqrt{3} \text{ V}$					
Typ	Funkce	U prim [V]	U sek [V]	t [sec]	
GV 12	Uo>	3 637	35	-	sig. zemního spojení
ROVPTOV1	Uo>(1)	2 701	26	t<1	sig. poruchy MTN
ROVPTOV2	Uo>>(2)	6 235	60	t>10	sig. zemního spojení
Převod MTN $6000/\sqrt{3} // 100/3 \text{ V}$					

V systému měření napětí mohou nastat následující problémy – výskyt ferorezonance, přepálení primární pojistky MTN a vznik skutečného zemního spojení v soustavě.

### 6.5.2. Přívod rozvodny 6 kV

Tabulka 9 Funkce ochran v poli přívodu rozvodny 6kV

Typ	Funkce	I <sub>prim</sub> [A]	I <sub>sek</sub> [A]	t [sec]	Poznámka
<b>Převod PTP</b>		<b>2 000 / 5 A</b>			
		<b>Usdr/Uf prim [V]</b>	<b>Usdr/Uf sek [V]</b>	<b>t [sec]</b>	
----- <b>PHPTUV</b>	<b>3U&lt;</b>	<b>3 000 / 1 732</b>	<b>50 / 29</b>	<b>1</b>	<b>vypínací impuls v délce 2 sec</b>
----- <b>NSPTOV</b>	<b>U2&gt;</b>	<b>1 559 / 900</b>	<b>26 / 15</b>	<b>0,5</b>	<b>blokáda PHPTUV při poruše MTN</b>
<b>Převod MTN</b>		<b>6000/√3 // 100/√3 V</b>			

Pro podpěťové měření je nutné použít následující omezení:

- měření blokovat v případě identifikované poruchy přerušené pojistky MTN na základě měření U<sub>2></sub> (NSPTOV).
- měření blokovat v případě provozního režimu chodu pro SBO, tato blokáda vyžaduje volný binární vstup, který není v současném stavu k dispozici, v případě nutnosti by muselo dojít k přehodnocení využití stávajících vstupů.

Časové nastavení (časová selektivita) je ponecháno původní. Současně se záměnou přístrojových částí by měla proběhnout i výměna vypínačů 6 kV a časová selektivita musí zohlednit jejich vypínací časy.



### 6.5.3. Vývod pro spojku rozveden 6 kV

Tabulka 10 Funkce ochran v poli spojky rozvodny 6kV

Typ	Funkce	I <sub>prim</sub> [A]	I <sub>sek</sub> [A]	t [sec]	Poznámka
AT31X PHHPTOC	3I>>	4 000	10	1,0	
Převod PTP		2 000 / 5 A			
		Usdr/Uf prim [V]	Usdr/Uf sek [V]	t [sec]	
----- PHPTUV	3U<	3 000 / 1 732	50 / 29		
----- NSPTOV	U2>	1 559 / 900	26 / 15	0,5	blokáda PHPTUV při poruše MTN
Převod MTN		6000/√3 // 100/√3 V			

Systém proudových ochran je možné teoreticky vylepšit použitím logické ochrany kabelu (LOK). Tato ochrana může identifikovat zkrat na kabelu a vypnout jej v čase cca 0,1-0,2 sec. Základní podmínkou je přenos popudu nadproudové ochrany z druhé strany spojky. Tento popud zablokuje zkrácené působení vlastní ochrany, a pokud popud nepřijde, ochrana působí v uvedeném čase 0,1-0,2 sec.

Pro podpěťové měření (pokud bude aplikováno) je nutné použít následující omezení:

- a) měření blokovat při podpětí pod 5 % Un.
- b) měření blokovat v případě identifikované poruchy přerušené pojistky MTN na základě měření U2> (NSPTOV).

Časové nastavení (časová selektivita) je ponecháno původní. Současně se záměnou přístrojových částí by měla proběhnout i výměna vypínačů 6 kV a časová selektivita musí zohlednit jejich vypínací časy.

#### 6.5.4. Vývod pro R6 kV MVE Hněvkovice

Tabulka 11 Funkce ochran v poli vývodu na R6kV pro MVE

Typ	Funkce	I <sub>prim</sub> [A]	I <sub>sek</sub> [A]	t [sec]	Poznámka
3x A15 PHIPTOC	3I>>>	10 000	50		
AT31X PHHPTOC	3I>>	1 460	7,3	0,2	
<b>Převod PTP</b>		<b>1 000 / 5 A</b>			
		Usdr/Uf prim [V]	Usdr/Uf sek [V]	t [sec]	
----- PHPTUV	3U<	3 000 / 1 732	50 / 29		
----- NSPTOV	U2>	1 559 / 900	26 / 15	0,5	<b>blokáda PHPTUV při poruše MTN</b>
<b>Převod MTN</b>		<b>6000/√3 // 100/√3 V</b>			

Pro podpěťové měření (pokud bude aplikováno) je nutné použít následující omezení:

- a) měření blokovat při podpětí pod 5 % Un.
- b) měření blokovat v případě identifikované poruchy přerušené pojistky MTN na základě měření U2> (NSPTOV).

Časové nastavení (časová selektivita) je ponecháno původní. Současně se záměnou přístrojových částí by měla proběhnout i výměna vypínačů 6 kV a časová selektivita musí zohlednit jejich vypínací časy.

### 6.5.5. Vývod pro transformátor vlastní spotřeby 6 / 0,4 kV

Tabulka 12 Funkce ochran v poli vývodu na transformátor VS 6/0,4kV

Typ	Funkce	I <sub>prim</sub> [A]	I <sub>sek</sub> [A]	t [sec]	Poznámka
3x A15 PHIPTOC	3I>>>	1 000	50		
AT31X PHHPTOC	3I>>	95	4,75	0,6	uvolněno podpětím PHPTUV
----- CCBRBRF	CBCM	95	4,75	0,15	nová funkce ASV-V
		U <sub>f prim</sub> [V]		t [sec]	
3x V15 PHPTUV	3U<	110		-	pro uvolnění PHHPTOC
----- NSPTOV	U2>	55		1,0	signalizace poruchy pojistik
<b>Převod MTN</b>	<b>přímě měření bez MTN</b>				

Pro podpět'ové měření není nutné použít omezení vyplývající z poruchy obvodů měření napětí, protože v případě poruchy obvodu měření napětí dojde automaticky k odblokování funkce PHHPTOC.

V případě identifikované poruchy přerušené pojistky měření napětí na základě měření U2> (NSPTOV) bude porucha pouze signalizována. Porucha vyvolá hodnotu zpětné složky 73 V (33 % U fázového). Pro zajištění spolehlivé indikace i při napětí sníženém pod cca 80 % U<sub>n</sub> je vhodné nastavení měřicí hladiny na 55 V.

Časové nastavení (časová selektivita) je ponecháno původní. Současně se záměnou přístrojových částí by měla proběhnout i výměna vypínačů 6 kV a časová selektivita musí zohlednit jejich vypínací časy.

### 6.5.6. Vývod pro motor 6kV

Tabulka 13 Funkce ochran v poli vývodu pro motor 6kV

Typ	Funkce	Iprim [A]	Isek [A]	t [sec]	Poznámka
ALOX M205 PHIPTOC	3I>>>	2 800	35	0,06	
ALOX M205 PHHPTOC	3I>>	470	5,88	6,0	
ALOX M205 PREVPTOC	I2>>	42	0,525	4	15 % Ie pro ALOX, 11 % In
ALOX M205 MPTR	3Ith>M				
STTPMSU	Is2t n<	2 075	25,9	8,0	
----- CCBRBRF	CBCM	470	5,88	0,15	nová funkce ASV-V
<b>Převod PTP</b>		<b>400 / 5 A</b>			
		Usdr/Uf prim [V]	Usdr/Uf sek [V]	t [sec]	
3x V15 PHPTUV	3U<	3 000 / 1 732	50 / 29	5	trvalý vypínací impuls
----- NSPTOV	U2>	1 559 / 900	26 / 15	0,5	porucha MTN pro blokádou PHPTUV
<b>Převod MTN</b>		<b>6000/√3 // 100/√3 V</b>			

Ochrana na zpětnou složku proudu PREVPTOC slouží pro tři základní poruchové stavy - obrácený sled fází (I2 = 100 % In), silový výpadek jedné fáze (I2 = 58 % In) a přerušení jedné fáze sekundárního obvodu PTP (I2 = 33 % In). Pro nastavení proto s výhodou použijeme původní nastavení z ALOX M205 I2 = 11 % In s t=4 sec.

Pro podpěťové měření (pokud bude aplikováno) je nutné použít následující omezení:

a) měření blokovat při podpěti pod 5 % Un.

b) měření blokovat v případě identifikované poruchy přerušené pojistky MTN na základě měření  $U_2$  (NSPTOV).

Časové nastavení (časová selektivita) je ponecháno původní. Současně se záměnou přístrojových částí by měla proběhnout i výměna vypínačů 6 kV a časová selektivita musí zohlednit jejich vypínací časy.

### Tepelný model MPTTR

Tepelný model dle manuálu [15] používá pro výpočet oteplení následující vzorce

$$\Theta_B = \left[ \left( \frac{I}{k \times I_r} \right)^2 + K_2 \times \left( \frac{I_2}{k \times I_r} \right)^2 \right] \times \left( 1 - e^{-t/\tau} \right) \times p\%$$

$$\Theta_A = \left[ \left( \frac{I}{k \times I_r} \right)^2 + K_2 \times \left( \frac{I_2}{k \times I_r} \right)^2 \right] \times \left( 1 - e^{-t/\tau} \right) \times 100\%$$

$$\Theta = \Theta_{02} \times e^{-t/\tau}$$

Vzorce jsou použity takto

- rovnice pro  $\Theta_B$  je použita při proudech nižších než  $k \times I_r$
- rovnice pro  $\Theta_A$  je použita při proudech vyšších než  $k \times I_r$ . V případě poklesu proudu pod uvedenou hodnotu přechází oteplení lineárně tempem 1,66 % /sec z hodnoty dle rovnice  $\Theta_A$  na hodnotu dle rovnice  $\Theta_B$
- rovnice pro  $\Theta$  je použita pro ochlazování stojícího motoru (proud nižší než  $0,12 \times I_r$ )

Pro tepelný model použijeme hodnoty původního tepelného modelu

referenční proud	$I_r = 364 \text{ A (In mot)}$
faktor přetížení	$k = 1,05$
faktor zpětné složky	$K_2 = 5,4$ (viz manuál)
váhový faktor	$p = 50 \%$
výstražná hodnota oteplení	$\Theta_s = 90 \%$
restartovací hodnota oteplení	$\Theta_p = 50 \%$

časová konstanta normál	$\tau$ normál = 900 sec (15 min)
časová konstanta start	$\tau$ start = 1 200 sec (20 min)
časová konstanta stop	$\tau$ stop = 4 800 sec (80 min)
výchozí úroveň oteplení při chlazení	$\Theta_{02}$

Tato metodika výpočtu byla použita již u původních ochran SPAM 150 a nově je doplněna o vliv oteplení zpětnou složkou proudu.

### Kontrola rozběhů

Kontrola rozběhů dle manuálu [15] používá pro kontrolu rozběhů následující vzorec pro výpočet tepla během rozběhu

$$W = R_s \int_0^t i_s^2(t) dt$$

kde

společný odpor rotoru a statoru	$R_s$
rozběhový proud motoru (Motor start-up A)	$i_s = 5,7 \times I_n \text{ mot}$
čas rozběhu motoru (Motor start-up time)	$t = 8 \text{ sec}$
hodnoty proudu a času převzaty z PTD motoru (dotazník pro ochrany)	

### Kontrola rozběhů a počítadlo startů

Počítadlo startů dle manuálu [15] používá pro nastavení následující parametry

celkový čas rozběhu (Cumulative time limit)	$\sum t_{si} = (n - 1) \times t + rezerva$
---	--

kde

maximum povolených startů motoru	$n = 3$
čas rozběhu motoru	$t = 8 \text{ sec}$
bezpečnostní rezerva	rezerva (10-20%)

odpočítávání blokády (Counter Red rate)	$\Delta \sum t_s = \frac{t}{t_{reset}}$
---	---

kde

čas rozběhu motoru	$t = 8 \text{ sec}$
čas k povolení dalšího rozběhu	$t_{reset} = 0,5 \text{ hod (30 min)}$

### 6.5.7. Automatika selhání vypínače

Tabulka 14 Funkce ochrany a data pro nastavení působení automatiky selhání vypínače

Typ	Funkce	Iprim [A]	Isek [A]	t [sec]	Poznámka
----- CCBRBRF	CBCM			0,15	

Automatika selhání vypínače (ASV) je nová pomocná ochranná funkce, která bude realizovaná na rozvodnách BCG, BCH. Na ostatních rozvodnách vnějších objektů nebo hlavního výrobního bloku je funkce již realizována, a tyto rozvodny jsou jediné, kde ještě není k dispozici.

Funkce ASV vyhodnocuje, zda po povelu na vypnutí vývodu (zpravidla od ochran) dojde v daném časovém intervalu skutečně k jeho vypnutí. Pro kontrolu je možné použít stavové nebo proudové kritérium. Pokud je vypnutí vyhodnoceno jako neúspěšné, může ochrana provést dvě různé výstupní funkce

- a) retrip – opětné působení na vlastní vypínač buď na stejnou, nebo na záložní vypínací cívku (vzhledem k chybějícím záložním cívkám nevyužíváme),
- b) záložní trip – působení na nadřazené přívodní vypínače.

#### ASV-V

V případě ČS Hněvkovice vytváříme na každé rozvodně automatiku ASV-V (automatika selhání vypínače - vývodového), která vyhodnocuje vypnutí vypínačů ve vývodech pro pohony a ve vývodu na transformátor vlastní spotřeby. Výstupem je působení na vypínač přívodu, spojky a vývodu pro MVE.

Ochrana používá proudové kontrolní kritérium. Proudové nastavení je uvedeno individuálně v každém vývodu, kde je funkce použita. Časové zpoždění je shodné pro všechny vývody na 0,15 sec.

## **ASV-P**

Současně je možné vytvořit na každé rozvodně automatiku ASV-P (automatika selhání vypínače - přívodního) ve variantě pro pracovní přívod, spojku a vývod MVE. Konstrukce této automatiky je volitelná a individuální pro každý přívod, ale její realizace je limitována počtem možných výstupních kontaktů.

ASV-P přívodního vypínače vyhodnocuje požadavek na vypnutí přívodního vypínače a jejím výstupem je působení na vypínač 110 kV, spojky a vývodu pro MVE. Problémem automatiky je chybějící proudová informace pro proudové kritérium (lze realizovat pouze na bázi stavového kritéria) a chybějící výstupní kontakt na vypínač 110 kV.

ASV-P vypínače spojky vyhodnocuje požadavek na vypnutí vypínače spojky a jejím výstupem je působení na vypínač protěžší spojky, přívodu a vývodu pro MVE. Problémem automatiky je chybějící výstupní kontakt na vypnutí vypínače protěžší spojky.

ASV-P vypínače vývodu pro MVE vyhodnocuje požadavek na vypnutí vypínače pro MVE a jejím výstupem je působení na vypínač přívodu, spojky a přívodu v MVE. Problémem automatiky je chybějící výstupní kontakt na vypnutí vypínače přívodu v MVE.



## 7. Závěr, vyhodnocení

Tato práce je studií technických možností terminálů RELION 615 při víceúčelovém nasazení unifikovaného provedení v rozvodně 6 kV.

### 7.1. Technický přínos

Tato práce prokazuje, že ekvivalentní nahrazení stávajících přístrojů ochran terminály REM 615 a REF 615 je možné. Dokonce je možné doplnění některých nových funkcí (například doplnění o ASV-V - automatika selhání vypínače). Řešení REM 615 a REF 615 umožňuje získání podrobných informací o provozních a poruchových stavech. U záznamů poruch je navíc záznam doplněn o určitý časový úsek před poruchou

Dále je možné sledovat a zaznamenávat zapínání a vypínání a následně po libovolně daném časovém období takto získaná data vyhodnotit s možností získání potřebného přehledu opotřebením dané technologie a vhodně stanovit program stárnutí zařízení.

Díky konstrukčnímu provedení terminálu ochran je možné rychle provést výměnu vadného přístroje a tím minimalizovat neprovozuschopnost daného vývodu. Nasazení nových přístrojů umožňuje přenést logiku ovládání z reléového provedení přímo do konfigurace terminálu a zjednodušit tak vlastní fyzického zapojení jednotlivých vývodů.

HZO řešené pomocí REA 101 a REA 105 umožňuje plně automatické sledování bezpečného provozu celé rozvodny 6 kV a díky rychlosti svého působení výrazně sníží náklady na případné opravy po možném poruchovém stavu.

Současně ale pro rozsáhlejší doplnění a rozšíření ochranných a monitorovacích funkcí narážíme na meze fyzického počtu binárních vstupů a kontaktních výstupů.

Situace je řešitelná v případě, že dojde k náhradě vypínačů 6 kV, které budou vybaveny samostatným rozhraním IEC 61850 – příslušné binární vstupy a kontaktní výstupy použité pro snímání stavů a pro ovládání mohou být nahrazeny datovým přenosem mezi přístroji na bázi GOOSE informací, a uvolněny pro jiné funkce. Tento předpoklad vyžaduje rozsáhlé naprogramování komunikací, posílení komunikační struktury a zvýšení její spolehlivosti (zdvojená hvězda, zapojení do kruhu, atp.).

Druhou možností je použití výkonnějších terminálů řady RELION 630. Jejich rozšíření na ETE je zatím omezené, ale vzhledem k jejich možnostem o nich můžeme uvažovat jako o nosném přístroji pro rekonstrukci rozvodu 6 kV na druhém HVB.

## **7.2. Přínos pro provozní personál**

Provozní personál bude mít díky navrhovanému řešení jednoduchý a rychlý přehled o stavu vývodů a to nejen pomocí LED signalizace na přístroji, ale i listováním na displeji přístroje.

Na displeji je možné zobrazit potřebné provozní údaje nebo zaznamenané změny a poruchové události, a je možné přenášet tato data online do řídicího systému dozorny ČS Hněvkovice. Veškeré poruchové stavy jak vnější, tak vnitřní jsou přesně signalizovány, a obsluha tak může přesněji specifikovat název poruchy a provést rychlejší zhodnocení možností a následné rozhodnutí o způsobu pokračování v provozu.

## **7.3. Přínosy z hlediska zadavatele**

V současné době existuje několik možností jak provést zamýšlenou rekonstrukci ochran. Jednak je možné použít dodávky jiných výrobců terminálů ochrany, jako jsou např. Siemens, Areva, SEL atd., nebo lze využít již získaných zkušeností s provozováním terminálů ABB a.s. řady RELION 615, 630, 670 a zábleskové ochrany řady REA 101, 103, 105.

Použitím přístrojů REM 615, REF 615 a REA 101, 105 využívám již získaných zkušeností provozního personálu s danou výrobní řadou a omezujeme tak možnost chybné reakce personálu.

Dále navrhované řešení je technicky a ekonomicky nejméně nákladné. Jiné řešení sice může přinést větší komfort pro uživatele, ale cena výsledného řešení bude vždy vyšší s ohledem na nutnost zvýšení skladových zásob a rozšíření údržbových smluv se stávajícími dodavateli, případně s novými dodavateli.

V každém případě omezení celkového počtu a typů přístrojů a nahrazením většiny šroubových spojů se výrazně snižuje možnost vzniku nežádoucí provozní situace (porucha, falešné působení, atd.). Zároveň nasazením nových terminálů vzniká možnost přejít z ročních revizí a čtvrtletních kontrol na šestiletý a tříletý cyklus revizí a kontrol. Tím dochází k výrazné úspoře nákladů na údržbu. Zároveň získávám technickou podporu garantovanou výrobcem pro dané přístroje na cca 20 let.

## Literatura

- [1] ČSN 33 3051 (1992) – Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení
- [2] OEG 38 4065 (1975) – Provoz, navrhování a zkoušení reléových ochran a automatik
  
- [3] DPS 0.10T – dokumentace skutečného stavu a průvodně technická dokumentace
- [4] DPS 0.10V – dokumentace skutečného stavu a průvodně technická dokumentace
- [5] DPS 0.42 – dokumentace skutečného stavu a průvodně technická dokumentace
- [6] Technický návod pro asynchronní motor typu 4V 252-08V
- [7] B125 – ČS Hněvkovice záměna ochran transformátorů, Posouzení technického řešení z hlediska selektivity a nastavení ochran // Jc 53377 ZP
- [8] Technická pomoc – posouzení / návrh nastavení ochran U0 a U2 (REC670 a REF615) TES-Z-12-060
- [9] Technická pomoc – Odstranění jednorázového problému ferorezonance TES-Z-11-169
  
- [10] CHRÁNĚNÍ II – R. Grym, P. Hochman, J. Machoň, J. Bermann, B. Cichoň
- [11] Ochrany pro průmysl a energetiku – P. Dohnálek 1991
- [12] Provoz a údržba ochran v energetice – P. Dohnálek 1989
- [13] ALOX M205 – Soubor ochran motorů – katalogový list
- [14] ALOX M201, M205 – Návod na projektování, zkoušení a montáž
  
- [15] 615 series Technical Manual – RE\_615\_tech\_756887\_ENm.pdf
- [16] Software PCM600 v. 2.6
- [17] SPAM 150 C Application examples – technical information 1MRS 751841-MTI EN 2003-04-01

## **PŘÍLOHA** seznam dokumentace

M57EL2F8088	DPS 0.10T Motorové vývody R6kV
M57EL2F8089	DPS 0.10T Havarijní záblesková ochrana
D1	Přehledové schéma napájení ČS Hněvkovice
D14 – starý	Obvodové schéma vývody na motor
D14 – nový	Obvodové schéma vývodu 6kV motor
D14A – nový	Terminál ovládání a ochran vývodu 6kV
PCM600	CSH_POHON-F1 (newREM615) REM615
D17 – starý	Schéma měření
D17 – nový	Obvodové schéma měření R6kV BCG.3, BCH.7
D17A – nový	Terminál ovládání a ochran vývodu R6kV Měření
PCM600	CSH_MEAS-F1 (newREF615) REF615
D36.3 – starý	Působení HZO v rozvaděči BCG (BCH) schéma pomocných obvodů
D36.5 – starý	Rozvodny BCG a BCH schéma působení HZO
D36 – nový	Schéma působení a pomocných obvodů HZO (BCG, BCH)
<b>Pouze na CD</b>	
ČVÚT_ČSH.pcmp	Projekt obsahu návrhy logik terminálů pro daný typ vývod R6kV