

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Výpočet a měření parametrů vedení 110 kV

**vedoucí práce: Doc. Ing. Konstantin Schejbal, CSc.
autor: Bc. Dušan Hrabec**

2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dušan HRABEC**
Osobní číslo: **E13N0023K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Výpočet a měření parametrů vedení 110 kV**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. V úvodu popište síť v dané lokalitě.
2. Proveďte potřebný výpočet parametrů vedení.
3. Proveďte měření parametrů vedení přístrojem Omicron CPC-100 a porovnejte naměřené a vypočtené hodnoty.
4. Proveďte rozbor vlivu parametrů vedení na nastavení ochrany.
5. Vyhodnoťte působení vybrané ochrany.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.


Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Konstantin Schejbal, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


Doc. Ing. Jirí Hammerbauer, Ph.D.
děkan

V Plzni dne 15. října 2015




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na výpočet a měření parametrů vedení VVN. Součástí práce je provedení měření primárním zkušebním zařízením Omicron CPC-100 a porovnání vypočítaných a naměřených hodnot. Dále práce obsahuje rozbor vlivu parametrů vedení na nastavení ochran a s tím související působení vybrané ochrany.

Klíčová slova

Omicron CPC-100, parametry vedení, CP CU1, CP GB1, vedení, rozvodna 110kV, soudek oboustranný, Omicron CMC 353, stožár.

Abstract

The master thesis is focused on calculation and measuring values electric primary line 110kV. Part of work is measurements with testing device Omicron CPC-100 and comparing calculated and measured values. Further work includes analysis influence parameters give upon setting protections and with it related incidence choice wardships.

Key words

Omicron CPC-100, parameters primary line 110 kV, CP CUI1, CP GB1, outlet, distribution frame, Omicron CMC 353, distribution point 110kV.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 10.5.2016

Bc. Dušan Hrabec

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Konstantinovi Schejbalovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále všem pedagogům, kteří mi předávali pro mě nové a cenné znalosti pro mé studium na vysoké škole. Rád bych poděkoval všem kolegům z práce, kteří mi poskytli materiály a konzultace, ze kterých jsem čerpal pro napsání této diplomové práce.

Nejvíce bych chtěl poděkovat své rodině, protože bez jejího pochopení a podpory by bylo studium na vysoké škole nemožné.

Obsah

OBSAH	1
ÚVOD	2
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	3
1 ÚVOD A POPIS SÍTĚ V DANÉ LOKALITĚ	5
1.1 ÚVOD	5
1.2 POPIS SÍTĚ V DANÉ LOKALITĚ	5
1.3 SCHÉMA OKRUŽNÍHO VEDENÍ 110kV	7
2 PROVEDENÍ VÝPOČTU PARAMETRŮ VEDENÍ	9
2.1 VZORCE PRO VÝPOČET KAPACIT PRO JEDNOTLIVÉ FÁZE	9
2.2 VZORCE PRO VÝPOČET INDUKČNOSTÍ PRO JEDNOTLIVÉ FÁZE	11
2.3 VZORCE PRO VÝPOČET REZISTANCE	12
2.4 VÝPOČET.....	14
2.4.1 Výpočet vlastních a vzájemných indukčností	15
2.4.2 Výpočet indukčností a reaktance vedení	17
2.4.3 Výpočet netočivé složky indukčností L_{110} , L_{120} a L_{130} a reaktance X_0	20
2.4.4 Výpočet vlastních a vzájemných kapacit.....	22
2.4.5 Výpočet netočivé složky kapacit C_{110} , C_{120} , C_{130} a kapacitní susceptance B_0	26
2.4.6 Výpočet rezistance	27
3 PROVEDENÍ MĚŘENÍ PARAMETRŮ VEDENÍ PŘÍSTROJEM OMICRON CPC-100 A POROVNEJTE NAMĚŘENÉ A VYPOČÍTANÉ HODNOTY	29
3.1 MĚŘÍCÍ SOUPRAVA	29
3.2 POSTUP MĚŘENÍ A SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	34
3.3 NAMĚŘENÉ A VÝSLEDNÉ HODNOTY.....	38
3.4 POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH A VYPOČÍTANÝCH HODNOT	42
4 PROVEDENÍ ROZBORU VLIVU PARAMETRŮ VEDENÍ NA NASTAVENÍ OCHRAN	43
5 VYHODNOŤTE PŮSOBENÍ VYBRANÉ OCHRANY	44
5.1 POUŽITÝ TYP DIGITÁLNÍCH OCHRAN	44
5.2 SOFTWARE PRO KOMUNIKACI S DIGITÁLNÍMI OCHRANAMI.....	44
5.3 VÝPIS PORUCHOVÉHO ZÁZNAMU.....	44
5.4 ZKOUŠKA PŮSOBENÍ OCHRANY PORUCHOU Z OMICRONU CMC 353	47
ZÁVĚR	52
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	54
PŘÍLOHY	1
PŘÍLOHA A - SOUBOR DAT Z MĚŘENÍ VEDENÍ V1271 PŘÍSTROJEM CPC-100	1
PŘÍLOHA B - SOUBOR DAT Z MĚŘENÍ VEDENÍ V1272 PŘÍSTROJEM CPC-100.....	2
PŘÍLOHA C - SOUBOR DAT Z MĚŘENÍ VEDENÍ V1273 PŘÍSTROJEM CPC-100.....	3
PŘÍLOHA D - SOUBOR DAT Z MĚŘENÍ VEDENÍ V1274 PŘÍSTROJEM CPC-100	4
PŘÍLOHA E - TECHNICKÉ ÚDAJE PŘÍSTROJE CPC-100 A CP CU1	5
PŘÍLOHA F - DIGITÁLNÍ TEPLOMĚR PRO MĚŘENÍ VENKOVNÍ TEPLoty	7
PŘÍLOHA G - OMICRON CMC 353 PRO SEKUNDÁRNÍ TESTOVÁNÍ DIGITÁLNÍCH OCHRAN	8
PŘÍLOHA H - VÝPIS PORUCHOVÉHO HLÁŠENÍ Z PŮSOBENÍ OCHRANY	9

Úvod

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na zpracování výpočtu a měření parametrů vedení 110 kV.

Text je rozdělen do 5 částí. První se zabývá popisem sítě v dané lokalitě. Druhá část uvádí výpočty parametrů vedení na základě hodnot zjištěných z dokumentace a grafického informačního systému GIS. Třetí část popisuje měření parametrů vedení přístrojem OMICRON CPC-100 a porovnání naměřených a vypočítaných hodnot. Čtvrtá obsahuje rozbor vlivu parametrů vedení na nastavení ochran. V poslední páté části je provedeno vyhodnocení působení vybrané ochrany.

Seznam symbolů a zkratek

0,1,2,3	Operátory
a	Rozpětí stožárů [m]
a_n	Výška závitu n-tého vodiče [m]
a,b,c	Operátory
B	Kapacitní susceptance [$\mu\text{S.km}^{-1}$]
c	Parametr řetězovky, závisující na tahu, měrné tíže vodiče a přetížení
C	Provozní kapacita [F]
C_0	Kapacita netočivé složky [nF.km^{-1}]
C_k	Provozní kapacita vodiče k [nF.km^{-1}]
C_{km}	Provozní kapacita vodiče k a m [nF.km^{-1}]
CMC 353	Měřicí zařízení pro testování sekundárních ochran
CP CU1	Měřicí zařízení - vazební jednotka
CP GB1	Zemní jednotka
CPC-100	Měřicí zařízení - řídicí a ovládací jednotka pro určení primárních parametrů vedení
d	Průměr vodiče [mm^2]
dz	Střední výška vodičů od země [mm]
ds	Střední vzájemná vzdálenost vodičů od sebe [mm]
D_g	Hloubka vniku [m]
D_{kk}	Vzdálenost mezi fázovými vodiči [mm]
D_{km}	Vzdálenost mezi vodičem k a m [mm]
D_n	Průměr lana v poloze n-tého vodiče
f	Frekvence [Hz]
g_1	Znamená tíhu vodiče - odpovídá síle $6,22\text{N.m}^{-1}$
G	Svod [S.km^{-1}]
h_k	Výška vodiče k nad zemí [mm]
I_{mer}	Největší změřený proud [A]
k	Parametr vedení, popisující poměr fázové a zemní impedance nezávislý na místě poruchy (činitel k)
k_0	Násobný koeficient respektující změny rezistance vlivem teploty
k_s	Násobný koeficient respektující skin efekt
k_e	Násobný koeficient respektující kroucení vodiče v laně
k_p	Násobný koeficient respektující průhyb zavěšení vodiče
l	Délka vodiče [m]
l_p	Délka prohnutého vodiče [m]
L	Indukčnost [mH.km^{-1}]
L_0	Indukčnost netočivé složky [mH.km^{-1}]
L_p	Provozní indukčnost [mH.km^{-1}]
l_{ved}	Konstanta pro typické venkovní vedení $l_{ved} = 0.4$ [Ω/km]
r_e	Ekvivalentní poloměr zahrnující vnitřní indukčnost závislou na permeabilitě materiálu vodiče [mm]
R	Rezistance [$\Omega.\text{km}^{-1}$]
R_0	Rezistance netočivé složky [$\Omega.\text{km}^{-1}$]

R_{zem}	Rezistance země na jednotku délky [$\Omega \cdot m^{-1}$]
R_g	Respektování vlivu země [$\Omega \cdot m^{-1}$]
R_{ss}	Rezistance ve stejnosměrných obvodech [Ω]
S	Průřez vodiče [mm^2]
U	Elektrické napětí [V]
U_{odhad}	Odhadnuté napětí na konci vedení [V]
X	Reaktance [$\Omega \cdot km^{-1}$]
z_1	Námraza
Z	Impedance [Ω]
α	Teplotní činitel odporu K^{-1} , matematický operátor
β	Teplotní činitel odporu K^{-1} , matematický operátor
γ	Matematický operátor
ϵ	Dielektrická konstanta – Permittivita $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$
ϵ_0	Dielektrická konstanta vakua = $8,853 \cdot 10^{-12}$ [$F \cdot m^{-1}$]
ϵ_r	Dielektrická konstanta vodiče, izolace a prostředí. (pro neizolovaný vodič a vzduch je rovna jedné) [$F \cdot m^{-1}$]
ρ	Měrný odpor [Ωm]
ρ_{20}	Měrný odpor při teplotě $20^\circ C$ [$\mu\Omega m$]
ξ	Korekční součinitel 1 lana svazku
σ_H	Horizontální namáhání vodičů-odpovídá hodnotě 92MPa
μ_{rv}	Permeabilita
υ	Uvažovaná teplota $^\circ C$
ω	Úhlová rychlost
π	Ludolfovo číslo $\pi = 3.141592654$

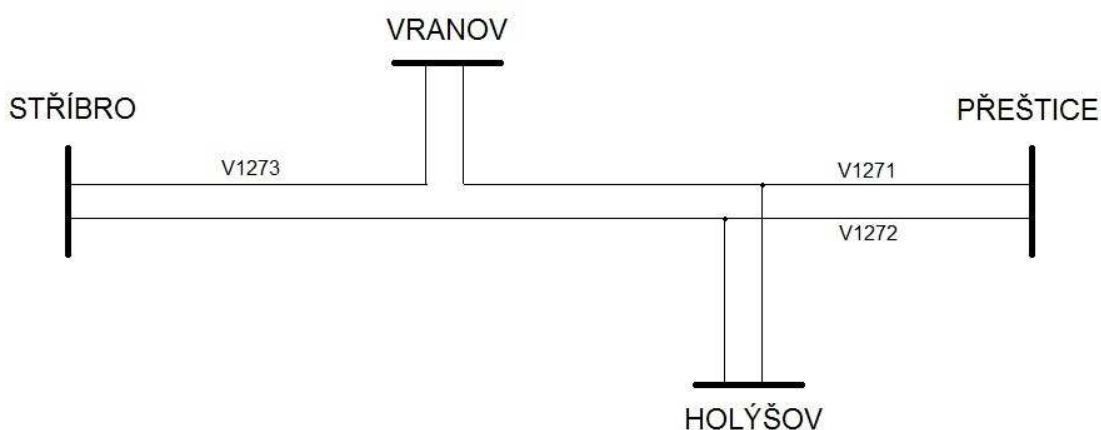
1 Úvod a popis sítě v dané lokalitě

1.1 Úvod

Z důvodu stále se zvyšující poptávky na připojení a zajištění rozvodu a dodávky elektrické energie byla nutná nová výstavba rozvodny Holýšov pro hladinu napětí vvn/vn jihozápadně od města Plzeň. Rozvodna Holýšov je nutnou součástí doplnění do stávajícího kruhu Přeštice - Stříbro - Vranov. Byla postavena z důvodu výkonového posílení této oblasti přivedením navýšeného výkonu. Rozvodna je navržena s ohledem na bezpečnost, spolehlivost, ekonomiku a význam samotné rozvodny. Je postavena na základě nejnovějších poznatků na výstavbu, rozvod a provoz elektrické energie v souladu s dodržáním všech bezpečnostních opatření ohledně zdraví a ochrany životního prostředí. Rozvodna je rozdělena na rozvodnu 110kV a 22kV. Rozvodna 110kV je provedena jako venkovní s jedním systémem přípojnic, podélně dělenými dvěma odpojovací ve tvaru H, aby se mohl v případě potřeby provoz obou transformátorů rozdělit separátně.

1.2 Popis sítě v dané lokalitě

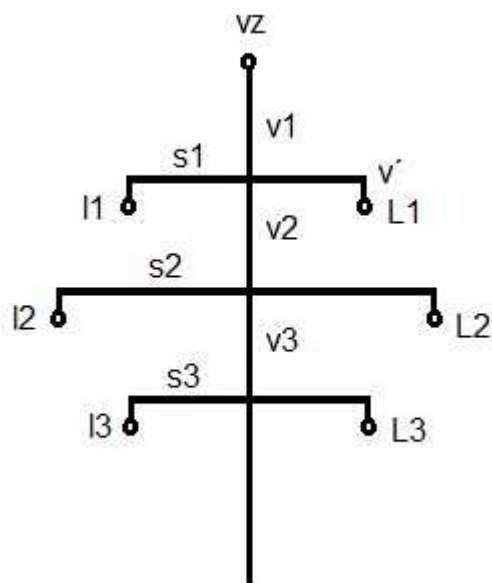
Před výstavbou nové transformovny Holýšov byla původní transformovna Holýšov připojena do stávajícího okružního vedení systémem připojení T, tzn. jedno vedení pro napájení SVA Holýšov bylo připojeno z vedení V1271 a záloha napájení byla napojena z vedení V1272, zobrazeno na obrázku 1. Veškeré obrázky, fotky a tabulky jsou vytvořeny autorem textu.



Obrázek 1. Principiální schéma původního připojení transformovny Holýšov

Toto připojení původní transformovny Holýšov SVA do vedení vvn však nebylo ideální, a to z provozních důvodů a chránění vedení. Při výstavbě nové transformovny Holýšov se již počítalo s úpravou okružního vedení. Paralelní propoje na starý Holýšov SVA se zrušily, vedení z Přeštic V1272 se přerušilo. Tím vznikla dvě nová vedení zaústěná do nové transformovny Holýšov, z něhož jedno vedení V1274 je zaústěno na tr Stříbro. Tím vzniklo plně okružní vedení 110kV, které splňuje podmínky pro ideální chránění celého okružního vedení. Z transformovny Přeštica vede vedení V1271 na tr Vranov, kde jsou osazeny 2 drážní transformátory pro napájení železnice pro úsek Plzeň - Cheb. Z transformovny Vranov pokračuje vedení V1273 do transformovny Stříbro, kde jsou rovněž dle standardu ČEZ osazeny dva transformátory. Okružní vedení dále pokračuje z tr Stříbro vedením V1274 na tr Holýšov-Nový, kde je osazen stejný počet transformátorů, dle standardu ČEZ. Kruh s transformovnou Přeštica z tr Holýšov-Nový, uzavírá vedení V1272.

Nosné stožáry jsou na celém kruhu vvn typu ocelový příhradový. Tvar stožárů je konstrukce Soudek a uspořádání vodičů je Soudek oboustranný viz. obrázek 2.



Obrázek 2. Nosný stožár typu Soudek oboustranný

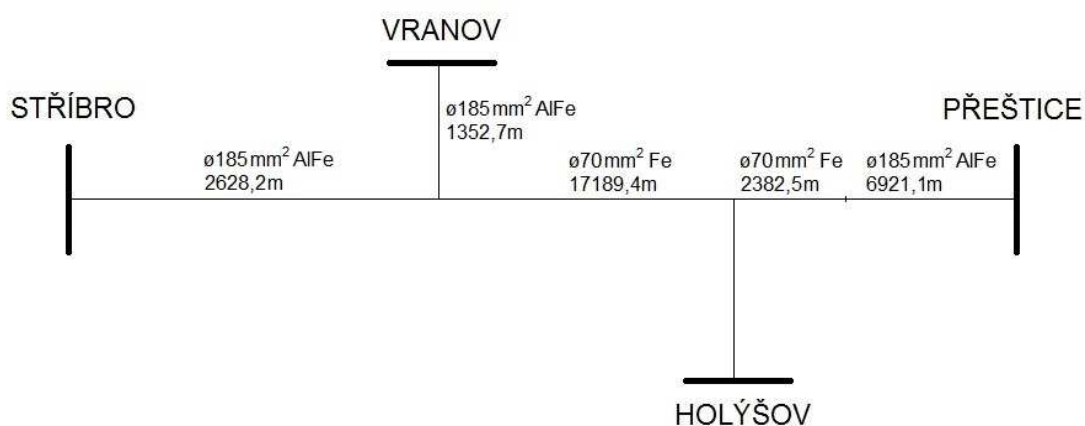
Označení Soudek oboustranný znamená, že jsou využita obě ramena stožárů po celém okružním vedení, což je ideální z provozního hlediska ohledně vzájemné indukčnosti a rovnoměrnému nosnému zatížení stožárů po konstrukční části.

Technická data okružního vedení, tzn. délky vedení, materiál vodičů, počty a průřezy fázových vodičů jsou obsaženy v tabulce 1.

Tabulka 1. Technická data fázových vodičů okružního vedení

Vedení:	Délka: [m]	Materiál:	Počet vodičů na fázi: [ks]	Průřez vodiče: [mm ²]
V1271	33854,6	AlFe	1x	185
V1272	19788,4	AlFe	1x	185
V1273	2628,2	AlFe	1x	185
V1274	24460,0	AlFe	1x	185

Na obrázku 3. je principiální schéma propojení transformoven se znázorněním technických dat zemních lan jednotlivých částí a úseků okružního vedení..



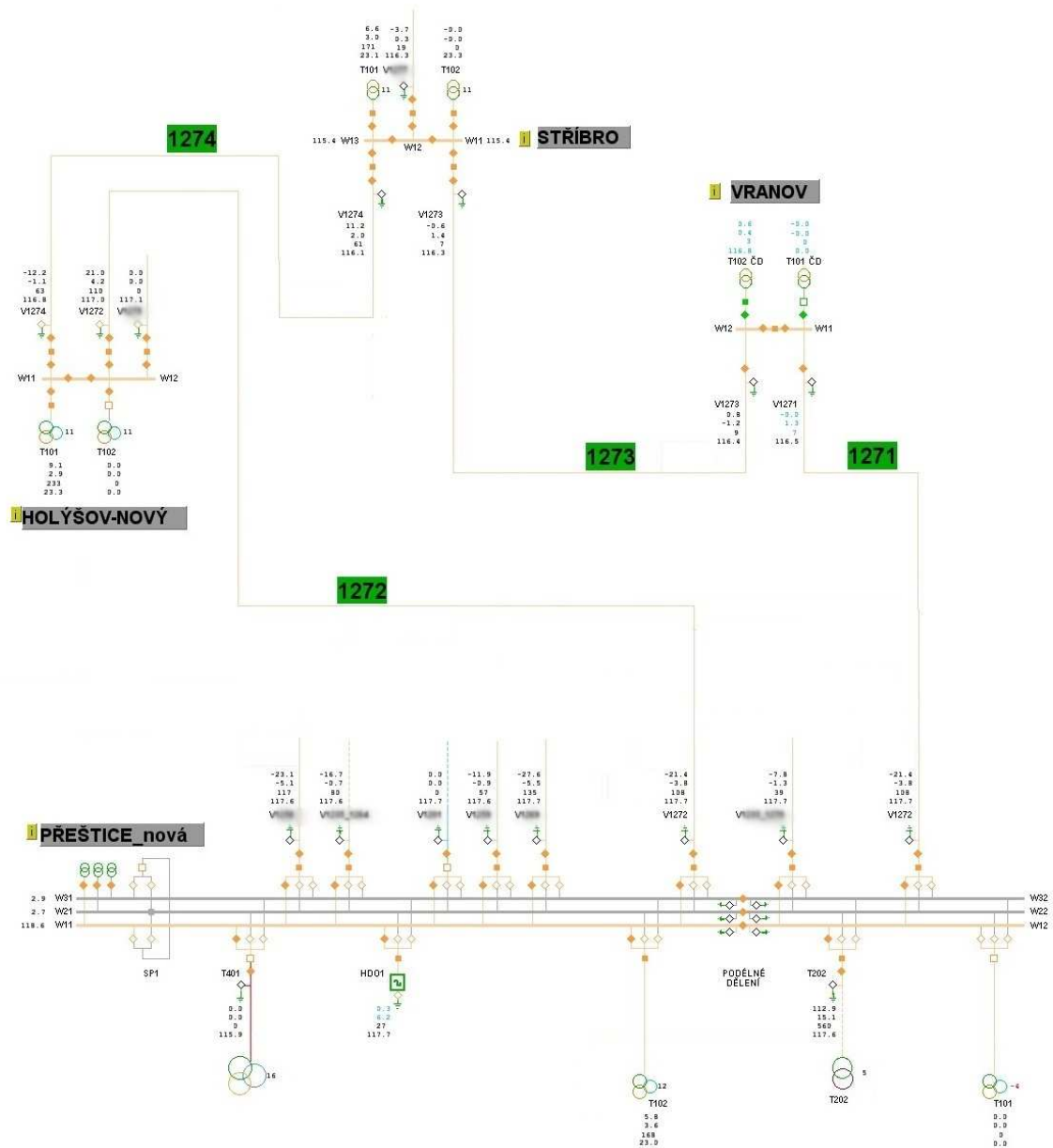
Obrázek 3. Technická data o zemních lanech okružního vedení

Podklady jsem převzal z grafického informačního systému GIS, který je vždy aktualizovaný po každé rekonstrukci, změně zařízení, opravě zařízení na základě vstupních dat z dokumentace. Systém GIS je provázaný s dispečerským systémem, pro zobrazení a ovládání veškerých prvků na všech transformovnách, rozvodnách, spínacích stanicích a DTS. Paralelně je GIS svázan se systémem SAP, ve kterém se udržuje a spravuje veškeré zařízení a vybavení, ohledně řádu preventivní údržby a dále pak jako účetní systém. Jediným vlastníkem všech rozvodů elektrické energie v západočeském kraji je ČEZ. Dále je to pak kraj severočeský, střeďočeský, východočeský a severomoravský, kde je rovněž majitel elektrických rozvodů skupina ČEZ.

1.3 Schéma okružního vedení 110kV

Schéma obsahuje ve spodní části transformovnu Přeštice, na které právě probíhá kompletní rekonstrukce rozvodny 110kV. Rekonstrukce se provádí za provozu, vždy při vypnutí několika polí. Nová transformovna Holýšov je napájena venkovním vedením V1272

z rozvodny Přeštice. Může být také napájena z transformovny Stříbro vedením V1274. Z této transformovny vede venkovní vedení na drážní transformovnu Vranov s označením V1273. Okružní vedení se uzavírá na transformovně Přeštice vedením V1271. Obrázek 4. jsem graficky upravil a převzal z dispečerského systému, je však zjednodušen, také z důvodu bezpečnosti a ochrany strategických cílů.



Obrázek 4. Schéma okružního vedení 110kV

2 Provedení výpočtu parametrů vedení

U dvojitých vedení se transpozice nepředpokládá. Parametry budou spočteny pro pole s nosnými stožáry.

2.1 Vzorce pro výpočet kapacit pro jednotlivé fáze

Pro výpočet parametrů vedení je nutné stanovení co nejpřesnějších velikostí kapacit, které je závislé na uspořádání vodičů a s tím související vliv na velikosti kapacitních proudů [2]. Při uvažování obecné nesymetrie proudů, napětí a uložení vodičů platí:

$$D_{kk} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \cdot \ln \frac{2h_k}{r_k} = \frac{1}{0,0242 \cdot \epsilon_r} \cdot \log \frac{2h_k}{r_k} \quad (2.1.1)$$

$$D_{km} = \frac{1}{0,0242 \cdot \epsilon_r} \cdot \log \frac{\sqrt{(4h_k \cdot h_m + d_{km}^2)}}{d_{km}} \quad (2.1.2)$$

Vycházíme ze základních maticových rovnic

$$[\bar{U}] = [D][\bar{Q}] \quad (2.1.3)$$

kdy po inverzi dostaneme

$$[\bar{Q}] = [c][\bar{U}], \text{ kde } [c] = [D]^{-1} \quad (2.1.4)$$

Matice $[D]$ má tvar pro dvojitě vedení s jedním zemním lanem:

$$[D] = \begin{bmatrix} D_{aa} & D_{ab} & D_{ac} & D_{aA} & D_{aB} & D_{aC} & D_{az1} \\ D_{ba} & D_{bb} & D_{bc} & D_{bA} & D_{bB} & D_{bC} & D_{bz1} \\ D_{ca} & D_{cb} & D_{cc} & D_{cA} & D_{cB} & D_{cC} & D_{cz1} \\ D_{Aa} & D_{Ab} & D_{Ac} & D_{AA} & D_{AB} & D_{AC} & D_{Az1} \\ D_{Ba} & D_{Bb} & D_{Bc} & D_{BA} & D_{BB} & D_{BC} & D_{Bz1} \\ D_{Ca} & D_{Cb} & D_{Cc} & D_{CA} & D_{CB} & D_{CC} & D_{Cz1} \\ D_{z1a} & D_{z1b} & D_{z1c} & D_{z1A} & D_{z1B} & D_{z1C} & D_{z1z1} \end{bmatrix} \quad (2.1.5)$$

Provozní kapacity pro jednotlivé vodiče dvojitého vedení s jedním zemnicím lanem je:

$$C_a = [c_{aa} + c_{ab} \cdot \bar{b} + c_{ac} \cdot \bar{c} + c_{aA} \cdot \bar{A} + c_{aB} \cdot \bar{B} + c_{aC} \cdot \bar{C}] \quad (2.1.6)$$

$$C_b = [c_{bb} + c_{ab} \cdot \bar{b}^{-1} + c_{bc} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{c} + c_{bA} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{A} + c_{bB} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{B} + c_{bC} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{C}] \quad (2.1.7)$$

$$C_c = [c_{cc} + c_{ca} \cdot \bar{c}^{-1} + c_{bc} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}^{-1} + c_{cA} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{A} + c_{cB} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{B} + c_{cC} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{C}] \quad (2.1.8)$$

$$C_A = [C_{AA} + C_{Aa} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{b} + C_{Ab} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{c} + C_{aA} \cdot \bar{A}^{-1} + C_{AB} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{B} + C_{AC} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{C}] \quad (2.1.8)$$

$$C_B = [C_{BB} + C_{Bb} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{b} + C_{Bc} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{c} + C_{BA} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{A} + C_{aB} \cdot \bar{B}^{-1} + C_{BC} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{C}] \quad (2.1.9)$$

$$C_C = [C_{CC} + C_{Cb} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{b} + C_{Cc} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{c} + C_{CA} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{A} + C_{CB} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{B} + C_{aC} \cdot \bar{C}^{-1}] \quad (2.1.10)$$

Pro souměrné trojfázové proudy nebo napětí (pro souslednou a zpětnou složku) platí:

$$b \cdot \cos \beta + c \cdot \cos \gamma + 1 = 0 \quad (2.1.11)$$

$$b \cdot \sin \beta + c \cdot \sin \gamma = 0 \quad (2.1.12)$$

$$\cos \beta = \cos \gamma = -\frac{1}{2} \quad (2.1.13)$$

$$\sin \beta = -\sin \gamma = -j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2.1.14)$$

Pro dvojitě vedení při stejném souměrném napětí obou vedení platí :

$$\bar{A} = 1, \bar{B} = \bar{b}, \bar{C} = \bar{c} \quad (2.1.15)$$

Pro netočivou složku platí:

$$b = c = 1, \beta = \gamma = 0 \quad (2.1.16)$$

Platí také pro druhé vedení při dvojitěm uspořádání. Pro souměrné proudy platí:

$$b = c = 1, \cos \beta = -\frac{1}{2}, \cos \gamma = -\frac{1}{2}, \sin \beta = -\frac{\sqrt{3}}{2}, \sin \gamma = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2.1.17)$$

$$\gamma - \beta = \beta \quad (2.1.18)$$

$$\bar{b} = b \cdot e^{j \cdot \beta} = b \cdot \cos \beta + j b \cdot \sin \beta \quad (2.1.19)$$

$$\bar{c} = c \cdot e^{j \cdot \gamma} = c \cdot \cos \gamma + j c \cdot \sin \gamma \quad (2.1.20)$$

$$B_0 = \varnothing \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \quad (2.1.21)$$

2.2 Vzorce pro výpočet indukčností pro jednotlivé fáze

Pro výpočet indukčností jednoduchých, nebo vícenásobných vedení se zemnicími lany je jako základ určení základní matice [L]. Prvky této matice jsou dány vlastními a vzájemnými indukčnostmi [4] jednotlivých vodičů, které se vypočtou ze vztahů:

$$L_{kk} = 0,46 \log \frac{D_g}{r_e} \quad (2.2.1)$$

$$r_e = r \cdot \xi \quad (2.2.2)$$

$$\xi = 10^{-0,05 \cdot \mu_{rv} \cdot \alpha \cdot (0,46)^{-1}} \quad (2.2.3)$$

$$L_{km} = 0,46 \log \frac{D_g}{d_{km}} \quad (2.2.4)$$

Ekvivalentní poloměr r_e obsahuje vnitřní indukčnost závislou na permeabilitě materiálu vodiče. Pro nemagnetické materiály $\mu_{rv} = 1$. Při rovnoměrném rozložení proudu po průřezu je $\alpha = 1$ a tedy $\xi = 0,7786$. Pro lana AlFe je ξ závislé na počtu drátů a počtu poloh v lanu. D_g označuje hloubku vniku [m] a je závislá na měrném odporu země, a proto tedy je činitelem závislým na místě postaveného vedení. Měrný odpor země ρ [Ωm], f je frekvence sítě.

$$D_g = 0,178 \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot 10^7}{f}} \quad (2.2.5)$$

Sestavená matice [L] pro dvojitě vedení s jedním zemnicím lanem bude vypadat takto:

$$[L] = \begin{bmatrix} L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} & L_{aA} & L_{aB} & L_{aC} & L_{az1} \\ L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} & L_{bA} & L_{bB} & L_{bC} & L_{bz1} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} & L_{cA} & L_{cB} & L_{cC} & L_{cz1} \\ L_{Aa} & L_{Ab} & L_{Ac} & L_{AA} & L_{AB} & L_{AC} & L_{Az1} \\ L_{Ba} & L_{Bb} & L_{Bc} & L_{BA} & L_{BB} & L_{BC} & L_{Bz1} \\ L_{Ca} & L_{Cb} & L_{Cc} & L_{CA} & L_{CB} & L_{CC} & L_{Cz1} \\ L_{z1a} & L_{z1b} & L_{z1c} & L_{z1A} & L_{z1B} & L_{z1C} & L_{z1z1} \end{bmatrix} \quad (2.2.6)$$

Provozní indukčnosti jednotlivých fází se vypočtou z podobných rovnic jako pro kapacity:

$$L_a = [L_{aa} + L_{ab} \cdot \bar{b} + L_{ac} \cdot \bar{c} + L_{aA} \cdot \bar{A} + L_{aB} \cdot \bar{B} + L_{aC} \cdot \bar{C}] \quad (2.2.7)$$

$$L_b = \left[L_{bb} + L_{ab} \cdot \bar{b}^{-1} + L_{bc} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{ba} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{a} + L_{bB} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{bC} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{C} \right] \quad (2.2.8)$$

$$L_c = \left[L_{cc} + L_{ca} \cdot \bar{c}^{-1} + L_{bc} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}^{-1} + L_{cA} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{cB} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{cC} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{C} \right] \quad (2.2.9)$$

$$L_A = \left[L_{AA} + L_{Ab} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{b} + L_{Ac} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{aA} \cdot \bar{A}^{-1} + L_{AB} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{AC} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{C} \right] \quad (2.2.10)$$

$$L_B = \left[L_{BB} + L_{Bb} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{b} + L_{Bc} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{BA} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{aB} \cdot \bar{B}^{-1} + L_{BC} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{C} \right] \quad (2.2.11)$$

$$L_C = \left[L_{CC} + L_{Cb} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{b} + L_{Cc} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{CA} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{CB} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{aC} \cdot \bar{C}^{-1} \right] \quad (2.2.12)$$

2.3 Vzorce pro výpočet rezistance

Rezistance ve stejnosměrných obvodech je dle vztahu, kde ρ značí měrný odpor vodiče, který se obvykle udává při teplotě 20°C [$\mu\Omega\text{m}$]. Nejvíce však velikost rezistance [5] ovlivňuje teplota vodiče. Uvádím měrný odpor pro hliníkový vodič a vodič z mědi.

ρ_{20} pro Al: 0,02941 $\mu\Omega\text{m}$

ρ_{20} pro Cu: 0,01786 $\mu\Omega\text{m}$

ρ_{20} pro Fe: 0,130 $\mu\Omega\text{m}$

$$R_{ss} = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (2.3.1)$$

Dostatečně přesný i pro obvody střídavé je uvedený vztah při většině provedených výpočtů.

Pro lana AlFe se rezistance vypočte podle vztahu:

$$R = \left(\frac{1}{R_{Al}} + \frac{1}{R_{Fe}} \right)^{-1} \quad (2.3.2)$$

$$R_{AlFe} = \frac{\rho_{Al} \cdot S_{Al} + \rho_{Fe} \cdot S_{Fe}}{S_{Al} + S_{Fe}} \quad (2.3.3)$$

Pro přesné určení rezistance je nutné ještě uvažovat přídatné vlivy, které jsou vyjádřeny násobnými koeficienty.

$$R = R_{ss} \cdot k_u \cdot k_s \cdot k_e \cdot k_p \quad (2.3.4)$$

Násobný koeficient k_θ respektuje změnu rezistance vlivem teploty.

$$K_v = 1 + \alpha(v - v_{20}) + \beta(v - v_{20})^2 \quad (2.3.5)$$

$$\alpha \dots \text{ pro Al, AlFe: } 4,03 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Cu: } 4,17 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Fe: } 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\beta \dots \text{ pro Al, AlFe: } 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Cu: } 0,45 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Fe: } 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Násobný koeficient k_s respektuje skin efekt, což je jev v obvodech se střídavým proudem, kdy dochází k nerovnoměrnému rozložení proudu po průřezu vodiče.

$$m = \sqrt{\frac{\mu \cdot f \cdot 10^3}{2 \cdot R}} \quad (2.3.6)$$

$$k_s = 1 + \frac{m^4}{12} + \frac{m^8}{180} + \frac{m^{12}}{2442} \quad (2.3.7)$$

Skin efekt je tím větší, čím je větší frekvence, průřez vodiče, vodivost materiálu a relativní permeabilita materiálu vodiče.

Násobný koeficient k_e respektuje kroucení vodičů v laně. Hodnota koeficientu je přibližně 1,02. Pro přesné určení vlivu je nutno znát konkrétní lano.

$$k_e = \frac{\sqrt{a_n^2 + (D_n - d)^2 \cdot \pi^2}}{a_n} \quad (2.3.8)$$

Násobný koeficient k_p respektuje průhyb zavěšeného vodiče. Při vzdálenosti rozpětí stožárů 100 metrů je přibližně koeficient $k_p=1,0004$, při rozpětí stožárů 200 metrů je přibližně $k_p=1,0016$.

$$k_p = \frac{l_p}{a} \quad (2.3.9)$$

$$l_p = 2c \cdot \sinh \frac{a}{2c} \quad (2.3.10)$$

$$c = \frac{\sigma_H}{y \cdot z} \quad (2.3.11)$$

$$y = \frac{g_1}{S} \quad (2.3.12)$$

$$R_0 = R + 3.R_{zem} \quad (2.3.13)$$

$$R_{zem} = \pi^2 \cdot f \cdot 10^{-7} \quad (2.3.14)$$

2.4 Výpočet

Pro výpočet R, X a B pro dvojité vedení 110kV, stožáru typu soudek nejprve vypočítám vzájemné vzdálenosti vodičů, výpočet vlastních a vzájemných indukčností, vlastních a vzájemných kapacit, rezistance, impedance a kapacitní susceptance. Fázové vodiče jsou AlFe 6 jmenovitého průřezu 185mm² a zemnicí ocelové lano o průřezu 70mm².

Vedení je symetrizované. Vycházím z technických parametrů konstrukce stožáru pro zavěšení vodičů. Délka izolátoru v' na obrázku 2. pro zavěšení s fázovým vodičem pod konzolí je vždy stejná.

Základní rozměry:

$$h_{11,L1} = 21400 \text{ mm}$$

$$h_{12,L2} = 18000 \text{ mm}$$

$$h_{13,L3} = 14600 \text{ mm}$$

$$h_{vz} = 24700 \text{ mm}$$

Stožár nosný:

$$v_1 = 3300 \text{ mm}$$

$$v_2 = 3400 \text{ mm}$$

$$v_3 = 3400 \text{ mm}$$

$$s_1 = 2500 \text{ mm}$$

$$s_2 = 3400 \text{ mm}$$

$$s_3 = 2600 \text{ mm}$$

$$v' = 1360 \text{ mm}$$

Stožár kotevní:

$$v_1 = 4400 \text{ mm}$$

$$v_2 = 3400 \text{ mm}$$

$$v_3 = 3400 \text{ mm}$$

$$s_1 = 2500 \text{ mm}$$

$$s_2 = 3400 \text{ mm}$$

$$s_3 = 2600 \text{ mm}$$

$$v' = 1650 \text{ mm}$$

Výpočet vzdáleností jednotlivých vodičů:

Dolní koeficienty $i_1=a$, $i_2=b$, $i_3=c$, $L_1=A$, $L_2=B$, $L_3=C$ pro následné dosazení do vzorců.

$$d_{i1i2} = d_{L1L2} = \sqrt{\left((v_2^2 + (s_1 - s_2)^2) + (s_1 - s_2)^2\right)} = \sqrt{(3400^2 + (2500 - 3400)^2)} = 3517 \text{ mm}$$

$$d_{i1i3} = d_{L1L3} = \sqrt{\left((v_2 + v_3)^2 + (s_1 - s_3)^2\right)} = \sqrt{\left((3400 + 3400)^2 + (2500 - 2600)^2\right)} = 6801 \text{ mm}$$

$$d_{i1i1} = d_{L1i1} = 2 \cdot s_1 = 2 \cdot 2500 = 5000 \text{ mm}$$

$$d_{i1i2} = d_{i2L1} = \sqrt{\left(v_2^2 + (s_1 + s_2)^2\right)} = \sqrt{(3400^2 + (2500 + 3400)^2)} = 6809 \text{ mm}$$

$$d_{i1i3} = d_{i3L1} = \sqrt{\left((v_2 + v_3)^2 + (s_1 + s_3)^2\right)} = \sqrt{\left((3400 + 3400)^2 + (2500 + 2600)^2\right)} = 8500 \text{ mm}$$

$$d_{i2i3} = d_{L2L3} = \sqrt{\left(v_3^2 + (s_2 - s_3)^2\right)} = \sqrt{(3400^2 + (3400 - 2600)^2)} = 3493 \text{ mm}$$

$$d_{i2i2} = d_{L2i2} = 2 \cdot s_2 = 2 \cdot 3400 = 6800 \text{ mm}$$

$$d_{i2i3} = d_{i3L2} = \sqrt{\left(v_3^2 + (s_2 + s_3)^2\right)} = \sqrt{(3400^2 + (3400 + 2600)^2)} = 6896 \text{ mm}$$

$$d_{i3i3} = d_{L3i3} = 2 \cdot s_3 = 2 \cdot 2600 = 5200 \text{ mm}$$

$$d_{i1vz} = d_{L1vz} = \sqrt{\left((v_1 + v')^2 + s_1^2\right)} = \sqrt{\left((3300 + 1360)^2 + 2500^2\right)} = 5288 \text{ mm}$$

$$d_{i2vz} = d_{L2vz} = \sqrt{\left((v_1 + v_2 + v')^2 + s_2^2\right)} = \sqrt{\left((3300 + 3400 + 1360)^2 + 3400^2\right)} = 8748 \text{ mm}$$

$$d_{i3vz} = d_{L3vz} = \sqrt{\left((v_1 + v_2 + v_3 + v')^2 + s_3^2\right)} = \sqrt{\left((3300 + 3400 + 3400 + 1360)^2 + 2600^2\right)} = 11751 \text{ mm}$$

2.4.1 Výpočet vlastních a vzájemných indukčností

Počítám vlastní (2.2.1) a vzájemné indukčnosti jednotlivých fázových vodičů jednoho vedení a vzájemné indukčnosti druhého vedení podle vzájemné indukčnosti jednoho vedení vůči druhému vedení a výpočet indukčností všech fázových vodičů vůči zemnímu lanu až do (2.2.5). Hodnota pro měrný odpor země ρ se uvádí $100 \Omega \text{m}$ [6]. Pro AlFe 6 o průřezu 185 mm^2 $\xi=0,809$. Pro jednotlivé vodiče svázané v laně je průměr $19,08 \text{ mm}$ a jeho matematické znění $19,2 \text{ mm}$. $L_{kk}=L_{aa}=L_{bb}=L_{cc}=L_{AA}=L_{BB}=L_{CC} = L_{1111}=L_{2222}=L_{3333}=L_{L1L1}=L_{L2L2}=L_{L3L3}$

$$D_g = 0,178 \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot 10^7}{f}} = 0,178 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot 10^7}{50}} = 796,04 \text{ m}$$

$$r_e = r \cdot \xi = \frac{19,2}{2} \cdot 0,809 = 7,766 \text{ mm} = 0,007766 \text{ m}$$

$$L_{l1l1} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{7,766 \cdot 10^{-3}} = 2,305 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{vzvz} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{3,82 \cdot 10^{-3}} = 2,44 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1vz} = L_{L1vz} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{d_{l1vz}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{5,288} = 1,0017 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l2vz} = L_{L2vz} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{d_{l2vz}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{8,748} = 0,9101 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l3vz} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{d_{l3vz}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{11751} = 0,8421 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1l2} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{d_{l1l2}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{3,517} = 1,083 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1l3} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l1l3}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{6,801} = 0,951 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1L1} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l1L1}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{5,0} = 1,013 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1L2} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l1L2}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{6,809} = 0,951 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1L3} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l1L3}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{8,5} = 0,907 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l2l3} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l2l3}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{3,493} = 1,084 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l2L1} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l2L1}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{6,809} = 0,951 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l2L2} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l2L2}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{6,800} = 0,951 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l2L3} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{l2L3}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{6,896} = 0,948 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l3L3} = 0,46 \cdot \log \frac{D_g}{l_{3L3}} = 0,46 \cdot \log \frac{796}{5,200} = 1,005 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

2.4.2 Výpočet indukčností a reaktance vedení

Pro výpočet indukčnosti použiji a dosadím do vzorců (2.2.7) až (2.2.12) a dále pak pro reaktanci (2.4.2.1) a (2.4.2.2) a vše vypočítám.

$$L_{l1} = [L_{l1l1} + L_{l1l2} \cdot \bar{b} + L_{l1l3} \cdot \bar{c} + L_{l1l1} \cdot \bar{A} + L_{l1l2} \cdot \bar{B} + L_{l1l3} \cdot \bar{C}]$$

$$L_{l1} = \left[\begin{aligned} &L_{l1l1} + L_{l1l1} + L_{l1l2} \cdot b \cdot \cos \beta + jL_{l1l2} \cdot b \cdot \sin \beta + L_{l1l3} \cdot c \cdot \cos \gamma + jL_{l1l3} \cdot c \cdot \sin \gamma + \\ &+ L_{l1l2} \cdot b \cdot \cos \beta + jL_{l1l2} \cdot b \cdot \sin \beta + L_{l1l3} \cdot c \cdot \cos \gamma + jL_{l1l3} \cdot c \cdot \sin \gamma \end{aligned} \right]$$

$$L_{l1} = [L_{l1l1} + L_{l1l1} + L_{l1l2} \cdot b \cdot \cos \beta + L_{l1l3} \cdot c \cdot \cos \gamma + L_{l1l2} \cdot b \cdot \cos \beta + L_{l1l3} \cdot c \cdot \cos \gamma] + \\ + j[L_{l1l2} \cdot b \cdot \sin \beta + L_{l1l3} \cdot c \cdot \sin \gamma + L_{l1l2} \cdot b \cdot \sin \beta + L_{l1l3} \cdot c \cdot \sin \gamma]$$

$$L_{l1} = \left[L_{l1l1} + L_{l1l1} + L_{l1l2} \cdot 1 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + L_{l1l3} \cdot 1 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + L_{l1l2} \cdot 1 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + L_{l1l2} \cdot 1 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) - L_{l1vz} \right] + \\ + j \left[L_{l1l2} \cdot 1 \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + L_{l1l3} \cdot 1 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + L_{l1l2} \cdot 1 \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + L_{l1l3} \cdot 1 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \right]$$

$$L_{l1} = \left[L_{l1l1} + L_{l1l1} - \frac{L_{l1l2}}{2} - \frac{L_{l1l3}}{2} - \frac{L_{l1l2}}{2} - \frac{L_{l1l3}}{2} \right] + \\ + j \left[-\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l1l2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l1l3} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l1l2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l1l3} \right]$$

$$L_{l1} = \left[2,305 + 1,013 - \frac{1,083}{2} - \frac{0,951}{2} - \frac{0,951}{2} - \frac{0,907}{2} \right] + \\ + j \left[-\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,083 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,951 - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,951 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,907 \right]$$

$$L_{l1} = [1,372 - j0,153]$$

$$L_{11} = \left[\sqrt{1,372^2 - 0,153^2} \right]$$

$$L_{11} = 1,372 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{12} = \left[L_{1212} + L_{1112} \cdot \bar{b}^{-1} + L_{1213} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{12L1} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{12L2} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{12L3} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{C} \right]$$

$$L_{12} = \left[\begin{aligned} &L_{1212} + L_{1112} \cdot (b \cdot \cos \beta)^{-1} + jL_{1112} \cdot (b \cdot \sin \beta)^{-1} + L_{1213} \cdot (b \cdot \cos \beta)^{-1} + \\ &+ jL_{1213} \cdot (b \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) + L_{12L1} \cdot (b \cdot \cos \beta)^{-1} + jL_{12L1} \cdot (b \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot 1 + \\ &+ L_{12L2} \cdot (b \cdot \cos \beta)^{-1} + jL_{12L2} \cdot (b \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot (b \cdot \cos \beta + j \cdot b \cdot \sin \beta)^{-1} + L_{12L3} \cdot (b \cdot \cos \beta)^{-1} + \\ &jL_{12L3} \cdot (b \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jL_{11L3} \cdot c \cdot \sin \gamma) \end{aligned} \right]$$

$$L_{12} = \left[\begin{aligned} &L_{1212} + L_{1112} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \cos \beta + L_{1213} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot c \cdot \cos(\gamma - \beta) + \\ &+ j \cdot \left(-L_{1112} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \sin \beta + L_{1213} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot c \cdot \sin(\gamma - \beta) \right) \end{aligned} \right]$$

$$L_{12} = \left[L_{1212} + L_{12L2} - \frac{L_{1112}}{2} - \frac{L_{1213}}{2} - \frac{L_{12L1}}{2} - \frac{L_{12L3}}{2} \right] +$$

$$+ j \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{1112} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{1213} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{12L1} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{12L3} \right]$$

$$L_{12} = \left[2,305 + 0,951 - \frac{1,013}{2} - \frac{1,084}{2} - \frac{0,951}{2} - \frac{0,948}{2} \right] +$$

$$+ j \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,013 - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,048 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,951 - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,948 \right]$$

$$L_{12} = 1,258 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{13} = \left[\begin{aligned} &L_{1313} + L_{1311} \cdot \bar{c}^{-1} + L_{1213} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}^{-1} + L_{13L1} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{13L2} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{B} + \\ &+ L_{13L3} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{C} \end{aligned} \right]$$

$$L_{l3} = \left[\begin{array}{l} L_{l3l3} + L_{l3l1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} + L_{l2l3} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} + \\ + L_{l3l1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot 1 + L_{l3l2} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + \\ + L_{l3l3} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) \end{array} \right]$$

$$L_{l3} = \left[\begin{array}{l} L_{l3l3} + L_{l3l1} \cdot c^{-1} \cdot \cos \gamma + L_{l2l3} \cdot \bar{b} \cdot c^{-1} \cdot \cos(\gamma - \beta) + \\ + j \cdot \left(-L_{l3l1} \cdot c^{-1} \cdot \sin \gamma - L_{l2l3} \cdot \bar{b} \cdot c^{-1} \cdot \sin(\gamma - \beta) \right) \end{array} \right]$$

$$L_{l3} = \left[\begin{array}{l} L_{l3l3} + L_{l3l3} - \frac{L_{l3l1}}{2} - \frac{L_{l2l3}}{2} - \frac{L_{l3l1}}{2} - \frac{L_{l3l2}}{2} \end{array} \right] + \\ + j \left[\begin{array}{l} -\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l3l1} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l2l3} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l3l1} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot L_{l3l2} \end{array} \right]$$

$$L_{l3} = \left[\begin{array}{l} 2,305 + 1,005 - \frac{0,951}{2} - \frac{1,084}{2} - \frac{0,907}{2} - \frac{0,948}{2} \end{array} \right] + \\ + j \left[\begin{array}{l} -\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,951 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,084 - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,907 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,948 \end{array} \right]$$

$$L_{l3} = 1,37 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L = \left[\frac{L_a + L_b + L_c}{3} \right] = \left[\frac{1,372 + 1,258 + 1,37}{3} \right] = 1,333 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1} \quad (2.4.2.1)$$

$$X = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,1415926535 \cdot 50 \cdot 0,001333 = 0,4187 \Omega \cdot \text{km}^{-1} \quad (2.4.2.2)$$

Z důvodu náročnosti opakujících se obdobných výpočtů hodnot pro L_{L1} , L_{L2} , L_{L3} dále uvádím pro názornost jen základní úpravu vzorců a dále již vypočítané výsledné hodnoty.

$$L_{L1} = \left[L_{L1L1} + L_{Ab} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{b} + L_{L1L3} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{l1L1} \cdot \bar{A}^{-1} + L_{L1L2} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{L1L3} \cdot \bar{A}^{-1} \cdot \bar{C} \right]$$

$$L_{L1} = \left[\begin{array}{l} L_{L1L1} + L_{L1L2} \cdot 1^{-1} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + L_{L1L3} \cdot 1^{-1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) + L_{l1L1} \cdot 1^{-1} + \\ + L_{L1L2} \cdot 1^{-1} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + L_{L1L3} \cdot 1^{-1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) \end{array} \right]$$

$$L_{L1} = 1,372 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{L2} = \left[L_{L2L2} + L_{L2L2} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{b} + L_{L2L3} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{L2L1} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{L1L2} \cdot \bar{B}^{-1} + L_{L2L3} \cdot \bar{B}^{-1} \cdot \bar{C} \right]$$

$$L_{L2} = \left[\begin{array}{l} L_{L2L2} + L_{L2L2} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + L_{L2L3} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot \\ \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) + L_{L2L1} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot 1 + L_{L1L2} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta)^{-1} + \\ + L_{L2L3} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta)^{-1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) \end{array} \right]$$

$$L_{L2} = 1,258 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{L3} = \left[L_{L3L3} + L_{L3L2} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{b} + L_{L3L1} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{c} + L_{L3L1} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{A} + L_{L3L2} \cdot \bar{C}^{-1} \cdot \bar{B} + L_{L1L3} \cdot \bar{C}^{-1} \right]$$

$$L_{L3} = \left[\begin{array}{l} L_{L3L3} + L_{L3L2} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + L_{L3L1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot \\ \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) + L_{L3L1} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot 1 + L_{L3L2} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \cdot \\ \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + L_{L1L3} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma)^{-1} \end{array} \right]$$

$$L_{L3} = 1,37 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

Jednotlivými výpočty vlastních indukčností jsem dokázal a potvrdil, že $L_{11}=L_{L1}$, $L_{12}=L_{L2}$, $L_{13}=L_{L3}$.

2.4.3 Výpočet netočivé složky indukčnosti L_{110} L_{120} a L_{130} a reaktance X_0

Pro výpočet netočivé složky indukčnosti jsem použil zdroj [11] a po základní úpravě dosadím do vzorců (2.4.3.1) až (2.4.3.11).

$$L_{110} = \left[L_{1111} - \left(L_{11vz} \cdot L_{vzvz}^{-1} \cdot L_{11vz} \right) + L_{11L1} - \left(L_{11vz} \cdot L_{vzvz}^{-1} \cdot L_{11L1} \right) \right] \quad (2.4.3.1)$$

$$L_{110} = \left[(2,305 - (1,0017 \cdot 0,41 \cdot 1,0017)) + (1,013 - (1,0017 \cdot 0,41 \cdot 1,0017)) \right]$$

$$L_{110} = [2,4952 + 0,722]$$

$$L_{110} = 3,217 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{120} = \left[L_{1212} - \left(L_{12vz} \cdot L_{vzvz}^{-1} \cdot L_{12vz} \right) + L_{12L2} - \left(L_{12vz} \cdot L_{vzvz}^{-1} \cdot L_{12L2} \right) \right] \quad (2.4.3.2)$$

$$L_{120} = [2,305 - (0,9101 \cdot 0,41 \cdot 0,9101) + 0,951 - (0,9101 \cdot 0,41 \cdot 0,9101)]$$

$$L_{120} = [2,577 + 0,757]$$

$$L_{l20} = 3,334 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l30} = \left[L_{l3l3} - (L_{l3vz} \cdot L_{vzvz}^{-1} \cdot L_{l3vz}) + L_{l3L3} - (L_{l3vz} \cdot L_{vzvz}^{-1} \cdot L_{l3L3}) \right] \quad (2.4.3.3)$$

$$L_{l30} = [2,305 - 0,842 \cdot 0,41 \cdot 0,842 + 1,005 - 0,842 + 0,842 \cdot 0,41]$$

$$L_{l30} = [2,728 + 0,801]$$

$$L_{l30} = 3,53 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1l1-vz} = \left[L_{l1l1} - \frac{(L_{l1vz} \cdot L_{l1vz}) + L_{vzvz} - L_{l1vz} - L_{l1vz}}{L_{vzvz}} \right] \quad (2.4.3.4)$$

$$L_{l1l1-vz} = \left[2,305 - \frac{(1,0017 \cdot 1,0017) + 2,44 - 1,0017 - 1,0017}{2,44} \right]$$

$$L_{l1l1-vz} = 1,714834 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l2l2-vz} = \left[L_{l2l2} - \frac{(L_{l2vz} \cdot L_{l2vz}) + L_{vzvz} - L_{l2vz} - L_{l2vz}}{L_{vzvz}} \right] \quad (2.4.3.5)$$

$$L_{l2l2-vz} = \left[2,305 - \frac{(0,9101 \cdot 0,9101) + 2,44 - 0,9101 - 0,9101}{2,44} \right]$$

$$L_{l2l2-vz} = 1,711524 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l3l3-vz} = \left[L_{l3l3} - \frac{(L_{l3vz} \cdot L_{l3vz}) + L_{vzvz} - L_{l3vz} - L_{l3vz}}{L_{vzvz}} \right] \quad (2.4.3.6)$$

$$L_{l3l3-vz} = \left[2,305 - \frac{(0,8421 \cdot 0,8421) + 2,44 - 0,8421 - 0,8421}{2,44} \right]$$

$$L_{l3l3-vz} = 1,704618 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1l2-vz} = \left[L_{l1l2} - \frac{(L_{l1l2} \cdot L_{l1l2}) + L_{vzvz} - L_{l1l2} - L_{l1l2}}{L_{vzvz}} \right] \quad (2.4.3.7)$$

$$L_{l1l2-vz} = \left[1,083 - \frac{(1,083 \cdot 1,083) + 2,44 - 1,083 - 1,083}{2,44} \right]$$

$$L_{l1l2-vz} = 0,490012 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l113-vz} = \left[L_{l113} - \frac{(L_{l113} \cdot L_{l113}) + L_{vzvz} - L_{l113} - L_{l113}}{L_{vzvz}} \right] \quad (2.4.3.8)$$

$$L_{l113-vz} = \left[0,951 - \frac{(0,951 \cdot 0,951) + 2,44 - 0,951 - 0,951}{2,44} \right]$$

$$L_{l113-vz} = 0,359852 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_{l1213-vz} = \left[L_{l1213} - \frac{(L_{l1213} \cdot L_{l1213}) + L_{vzvz} - L_{l1213} - L_{l1213}}{L_{vzvz}} \right] \quad (2.4.3.9)$$

$$L_{l1213-vz} = \left[1,084 - \frac{(1,084 \cdot 1,084) + 2,44 - 1,084 - 1,084}{2,44} \right]$$

$$L_{l1213-vz} = 0,490944 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$L_0 = \frac{1}{3} [(L_{l111-vz} + L_{l1212-vz} + L_{l1313-vz}) + 2 \cdot (L_{l112-vz} + L_{l113-vz} + L_{l1213-vz})]$$

$$(2.4.3.10)$$

$$L_0 = \frac{1}{3} [(1,714834 + 1,711524 + 1,704618) + 2 \cdot (0,490012 + 0,359852 + 0,490944)]$$

$$L_0 = 2,604197 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}$$

$$X_0 = \omega \cdot L_0 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_0 = [2,3,141592654 \cdot 50 \cdot 0,002604197] \quad (2.4.3.11)$$

$$X_0 = 0,818 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

2.4.4 Výpočet vlastních a vzájemných kapacit

Pro výpočet dílčích součinitelů kapacit použijí kombinace vzorců pro jednotlivé fáze a zemní lano (2.1.1) a (2.1.2), $D_{kk}=D_{1111}=D_{1212}=D_{1313}$ a D_{km} se rovná všem vzájemným kombinacím fázových vodičů, ale navíc i jednotlivých fázových vodičů vůči zemnímu lanu [12].

$$D_{1111} = \left[\frac{1}{0,0242 \cdot 1} \cdot \log \frac{2,21,4}{9,6 \cdot 10^{-3}} \right] = 41,322 \cdot 3,649 = 150,783 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l2l2} = \left[\frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{2.18,0}{9,6 \cdot 10^{-3}} \right] = 41,322.3,574 = 147,684 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l3l3} = \left[\frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{2.14,6}{9,6 \cdot 10^{-3}} \right] = 41,322.3,483 = 143,924 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{\text{vzvz}} = \left[\frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{2.24,7}{9,6 \cdot 10^{-3}} \right] = 41,322.3,711 = 153,364 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{ll2} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.21,4.18,0 + 3,517^2)}}{3,517} = 41,322.1,0494 = 43,363 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{ll3} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.21,4.14,6 + 6,801^2)}}{6,801} = 41,322.0,723 = 29,875 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l2l3} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.18,0.14,6 + 3,493^2)}}{3,493} = 41,322.0,970 = 40,082 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{ll1} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.21,4.21,4 + 5,0^2)}}{5,0} = 41,322.0,935 = 38,636 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{ll2} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.21,4.18,0 + 6,809^2)}}{6,809} = 41,322.0,767 = 31,693 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{ll3} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.21,4.14,6 + 8,500^2)}}{8,500} = 41,322.0,631 = 26,074 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l2l2} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.18,0.18,0 + 6,800^2)}}{6,800} = 41,322.0,731 = 30,206 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l2l3} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.18,0.14,6 + 6,896^2)}}{6,896} = 41,322.0,681 = 28,140 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l3l3} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.14,6.14,6 + 5,200^2)}}{5,200} = 41,322.0,756 = 31,239 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{ll\text{vz}} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.21,4.24,7 + 5,288^2)}}{5,288} = 41,322.0,911 = 37,644 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l2\text{vz}} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.18,0.24,7 + 8,748^2)}}{8,748} = 41,322.0,692 = 28,594 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

$$D_{l3\text{vz}} = \frac{1}{0,0242.1} \cdot \log \frac{\sqrt{(4.14,6.24,7 + 11,751^2)}}{11,751} = 41,322.0,529 = 21,859 \text{ km} \cdot \mu\text{F}^{-1}$$

Pro výpočet jednotlivých kapacit použiji sestrojenou matici $[D]$ pro dvojité vedení s jedním zemním lanem (2.1.5), do které vložím vypočítané jednotlivé součinitele.

$$[D] = \begin{bmatrix} 150,783 & 43,363 & 29,785 & 38,636 & 31,693 & 26,074 & 87,644 \\ 43,363 & 147,684 & 40,082 & 31,693 & 30,206 & 28,140 & 28,594 \\ 29,785 & 40,082 & 143,924 & 26,074 & 28,140 & 31,239 & 21,859 \\ 38,636 & 31,693 & 26,074 & 150,783 & 43,363 & 29,875 & 87,644 \\ 31,693 & 30,206 & 28,140 & 43,363 & 147,684 & 40,082 & 28,594 \\ 26,074 & 28,140 & 31,239 & 29,875 & 40,082 & 143,924 & 21,859 \\ 87,644 & 28,594 & 21,859 & 87,644 & 28,594 & 21,859 & 153,364 \end{bmatrix}$$

Provedu sestrojení inverzní $[c]$ matice z matice $[D]$, tedy $c=[D]^{-1}$ a posléze uvádím pro kontrolu výsledek jednotkové matice $[E]=[D].[c]$.

$$[c] = \begin{bmatrix} 0,0110 & -0,0018 & -0,0008 & 0,002 & -0,001 & -0,0006 & -0,0067 \\ -0,0018 & 0,0081 & -0,0015 & -0,001 & -0,0006 & -0,0006 & 0,0005 \\ -0,0008 & -0,0015 & 0,008 & -0,0006 & -0,0006 & -0,001 & 0,0002 \\ 0,0020 & -0,001 & -0,0006 & 0,011 & -0,0018 & -0,0008 & -0,0067 \\ -0,0009 & -0,0006 & -0,0006 & -0,0018 & 0,0081 & -0,0015 & 0,0005 \\ -0,0006 & -0,0006 & -0,001 & -0,0008 & -0,0015 & 0,008 & 0,0002 \\ -0,007 & 0,001 & 0,000 & -0,007 & 0,001 & 0,000 & 0,014 \end{bmatrix}$$

Z důvodu velikosti nulových nezaokrouhlených hodnot z původních hodnot na 17 desetinných míst v matici, uvádím jednotkovou matici zaokrouhlenou na 1 desetinné místo.

$$[E] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pro výpočet jednotlivých kapacit jsem provedl redukci matice $[D]$ 7x7 se zemním lanem na matici redukovanou $[D]_{\text{red}}$ tzn. bez zemního lana 6x6. Následně jsem sestrojil matici inverzní $[c]_{\text{red}}$.

$$[D]_{red} = \begin{bmatrix} 150,783 & 43,363 & 29,785 & 38,636 & 31,693 & 26,074 \\ 43,363 & 147,684 & 40,082 & 31,693 & 30,206 & 28,140 \\ 29,785 & 40,082 & 143,924 & 26,074 & 28,140 & 31,239 \\ 38,636 & 31,693 & 26,074 & 150,783 & 43,363 & 29,875 \\ 31,693 & 30,206 & 28,140 & 43,363 & 147,684 & 40,082 \\ 26,074 & 28,140 & 31,239 & 29,875 & 40,082 & 143,924 \end{bmatrix}$$

$$[c]_{red} = \begin{bmatrix} 0,00778 & -0,00159 & -0,0007 & -0,00124 & -0,00072 & -0,00049 \\ -0,00159 & 0,00806 & -0,00152 & -0,00071 & -0,00063 & -0,00063 \\ -0,00070 & -0,00152 & 0,00795 & -0,00049 & -0,00063 & -0,00102 \\ -0,00124 & -0,00071 & -0,00049 & 0,00778 & -0,00159 & -0,0007 \\ -0,00072 & -0,00063 & -0,00063 & -0,00159 & 0,008055 & -0,00152 \\ -0,00049 & -0,00063 & -0,00102 & -0,0007 & -0,00152 & 0,00795 \end{bmatrix}$$

Do vzorců (2.1.6) až (2.1.21) pro výpočty jednotlivých kapacit a po numerických úpravách jsem vložil jednotlivé hodnoty z matice $[c]_{red}$ a vypočítal. Provedu úpravu parametrů $C_a=C_{11}$, $C_b=C_{12}$, $C_c=C_{13}$, $c_{aa}=c_{1111}$, $c_{ab}=c_{1112}$, $c_{ac}=c_{1313}$, $c_{aA}=c_{13L1}$, $c_{aB}=c_{11L2}$, $c_{aC}=c_{11L3}$, $c_{bb}=c_{1212}$, $c_{ab}=c_{1112}$, $c_{bc}=c_{1213}$, $c_{bA}=c_{12L1}$, $c_{bB}=c_{12L2}$, $c_{bC}=c_{12L3}$, $c_{ac}=c_{1113}$, $c_{ca}=c_{1311}$, $c_{bc}=c_{1213}$, $c_{cA}=c_{13L1}$, $c_{cB}=c_{13L2}$, $c_{cC}=c_{13L3}$ a dosadím. Za jednotlivými kapacitami jsem spočítal provozní kapacitu (2.4.4.1) a kapacitní susceptanci (2.4.4.2).

$$C_{11} = [c_{1111} + c_{112} \cdot \bar{b} + c_{113} \cdot \bar{c} + c_{11L1} \cdot \bar{A} + c_{11L2} \cdot \bar{B} + c_{11L3} \cdot \bar{C}]$$

$$C_{11} = \left[\begin{array}{l} c_{1111} + c_{112} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + c_{113} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) + c_{11L1} \cdot 1 + \\ + c_{11L2} \cdot (b \cdot \cos \beta + jb \cdot \sin \beta) + c_{11L3} \cdot (c \cdot \cos \gamma + jc \cdot \sin \gamma) \end{array} \right]$$

$$C_{11} = \left[c_{1111} + c_{11L1} - \frac{1}{2} \cdot (c_{112} + c_{113} + c_{11L2} + c_{11L3}) + j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot (-c_{112} + c_{113} - c_{11L2} + c_{11L3}) \right]$$

$$C_{11} = 0,00828997 + j0,000967 = \sqrt{0,00828997^2 + 0,000967^2}$$

$$C_{11} = 0,008346207 \mu F \cdot km^{-1} = 8,346207 nF \cdot km^{-1}$$

$$C_{12} = [c_{1212} + c_{112} \cdot \bar{b}^{-1} + c_{1213} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{c} + c_{12L1} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{A} + c_{12L2} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{B} + c_{12L3} \cdot \bar{b}^{-1} \cdot \bar{C}]$$

$$C_{12} = \left[c_{1212} + c_{12L2} - \frac{1}{2} \cdot (c_{1211} + c_{1213} + c_{12L1} + c_{12L3}) + j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot (c_{1211} - c_{1213} + c_{11L1} - c_{12L3}) \right]$$

$$C_{12} = 0,00965054 \mu F . km^{-1} = 9,65054 nF . km^{-1}$$

$$C_{13} = \left[c_{1313} + c_{1311} \cdot \bar{c}^{-1} + c_{1213} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}^{-1} + c_{13L1} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{A} + c_{13L2} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{B} + c_{13L3} \cdot \bar{c}^{-1} \cdot \bar{C} \right]$$

$$C_{13} = \left[c_{1313} + c_{13L3} - \frac{1}{2} \cdot (c_{1311} + c_{1213} + c_{13L1} + c_{13L2}) + j \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} (-c_{1311} + c_{1213} - c_{13L1} + c_{13L2}) \right]$$

$$C_{13} = 0,00864025 \mu F . km^{-1} = 8,64025 nF . km^{-1}$$

Vlastní kapacity vodičů $C_{11}=C_{L1}$, $C_{12}=C_{L2}$, $C_{13}=C_{L3}$

$$C = \left[\frac{1}{3} \cdot (c_{11} + c_{12} + c_{13}) \right] = \left[\frac{1}{3} \cdot (8,346207 + 9,65054 + 8,64025) \right] = 8,880619 nF . km^{-1} \quad (2.4.4.1)$$

$$B = \varpi \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = 2,3,1415926535 \cdot 50 \cdot 8,880619 \cdot 10^{-9} = 2,791 \mu S . km^{-1} \quad (2.4.4.2)$$

2.4.5 Výpočet netočivé složky kapacit C_{110} , C_{120} , C_{130} a kapacitní susceptance B_0

Pro výpočet netočivé složky kapacit [13] použijí vzorce (2.4.5.1) a (2.4.5.4).

$$C_{110} = [c_{1111} + c_{1112} + c_{1113} + c_{11L1} + c_{11L2} + c_{11L3}] \quad (2.4.5.1)$$

$$C_{110} = [0,007779 - 0,00159 - 0,0007 - 0,00124 - 0,00072 - 0,00049]$$

$$C_{110} = 0,00304999 \mu F . km^{-1} = 3,04999 nF . km^{-1}$$

$$C_{120} = [c_{1212} + c_{1211} + c_{1213} + c_{12L1} + c_{12L2} + c_{12L3}] \quad (2.4.5.2)$$

$$C_{120} = [-0,00159 + 0,008055 - 0,00152 - 0,00071 - 0,00063 - 0,00063]$$

$$C_{120} = 0,0029609 \mu F . km^{-1} = 2,9609 nF . km^{-1}$$

$$C_{130} = [c_{1313} + c_{1311} + c_{1213} + c_{13L1} + c_{13L2} + c_{13L3}] \quad (2.4.5.3)$$

$$C_{130} = [-0,0007 - 0,00152 + 0,007951 - 0,00049 - 0,00063 - 0,00102]$$

$$C_{130} = 0,0035838 \mu F . km^{-1} = 3,5838 nF . km^{-1}$$

$$C_0 = \left[\frac{1}{3} \cdot (c_{l10} + c_{l20} + c_{l30}) \right] = \left[\frac{1}{3} \cdot (0,00304999 + 0,0029609 + 0,00358388) \right] \quad (2.4.5.4)$$

$$C_0 = 0,00319827 \mu F \cdot km^{-1} = 3,19827 nF \cdot km^{-1}$$

$$B_0 = \omega \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_0 = 2 \cdot 3,1415926535 \cdot 50 \cdot 3,19827 \cdot 10^{-9} \quad (2.4.5.5)$$

$$B_0 = 1,0047 \mu S \cdot km^{-1}$$

2.4.6 Výpočet rezistance

Pro výpočet rezistance použijí vzorečky (2.3.1) až (2.3.14). Pro lano AlFe 6 Ø185mm odpovídá [1] pro Al 183,78mm² a pro Fe 31,67mm², l=1000m

$$\rho_{Al} = 0,130 \mu \Omega m = 0,130 \cdot 1000 = 130 \mu \Omega m \cdot km^{-1}$$

$$\rho_{Fe} = 0,02941 \mu \Omega m = 0,02941 \cdot 1000 = 29,41 \mu \Omega m \cdot km^{-1}$$

$$R_{AlFe} = \frac{\rho_{Al} \cdot S_{Al} + \rho_{Fe} \cdot S_{Fe}}{S_{Al} + S_{Fe}} = \frac{29,41 \cdot 183,78 + 130 \cdot 31,67}{183,78 + 31,67} = 44,196 \mu \Omega \cdot km$$

$$R_{SS} = \frac{\rho_{AlFe}}{S} = \frac{44,196}{185} = 0,239 \Omega \cdot km^{-1}$$

Výpočet násobného koeficientu k_s

$$m = \sqrt{\frac{\mu \cdot f \cdot 10^3}{2 \cdot R}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 50}{2 \cdot 0,239 \cdot 10^{-3}}} = 0,362$$

Pokud $m < 1,2$ potom

$$k_s = 1 + \frac{m^4}{12} + \frac{m^8}{180} + \frac{m^{12}}{2442} = \frac{0,362^4}{12} + \frac{0,362^8}{180} + \frac{0,362^{12}}{2442} = 1,00143$$

Výpočet násobného koeficientu k_v

$$\alpha_{Al} = 4,03 \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

$$\beta_{Al} = 1,1 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\alpha_{Fe} = 4,5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

$$\beta_{Fe} = 9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$K_v = 1 + \alpha(v - v_{20}) + \beta(v - v_{20})^2 = 1 + 4,03 \cdot 10^{-3}(15 - 20) + 1,1 \cdot 10^{-6}(15 - 20)^2 = 0,9798$$

Výpočet násobného koeficientu k_e

a_n výška závitu, dosadím 1. D_n odpovídá 8,28mm. d je průměr vodiče, dosadím 1,5mm.

$$k_e = \frac{\sqrt{a_n^2 + (D_n - d)^2 \cdot \pi^2}}{a_n} = \frac{\sqrt{1^2 + (8,28 - 1,5)^2 \cdot 3,141592654^2}}{1} = 1,0213$$

Výpočet násobného koeficientu k_p

Námrazu neuvažuji, u nás nejsou těžké námrazové oblasti. Střední vzdálenost stožárů [3] je 220m.

$$y = \frac{g_1}{S} = \frac{6,22}{215,45} = 0,02887 N \cdot m^{-1} \cdot mm^{-2}$$

$$c = \frac{\sigma_H}{y \cdot z} = \frac{92}{0,02887 \cdot 1} = 3186,72$$

$$l_p = 2c \cdot \sinh \frac{a}{2c} = 2 \cdot 3186,72 \cdot \sinh \frac{220}{2 \cdot 3186,72} = 221,13$$

$$k_p = \frac{l_p}{a} = \frac{221,13}{220} = 1,005$$

$$R_1 = R_{ss} \cdot k_u \cdot k_s \cdot k_e \cdot k_p = 0,239 \cdot 1,00143 \cdot 0,9798 \cdot 1,0213 \cdot 1,005 = 0,2406995 \Omega \cdot km^{-1}$$

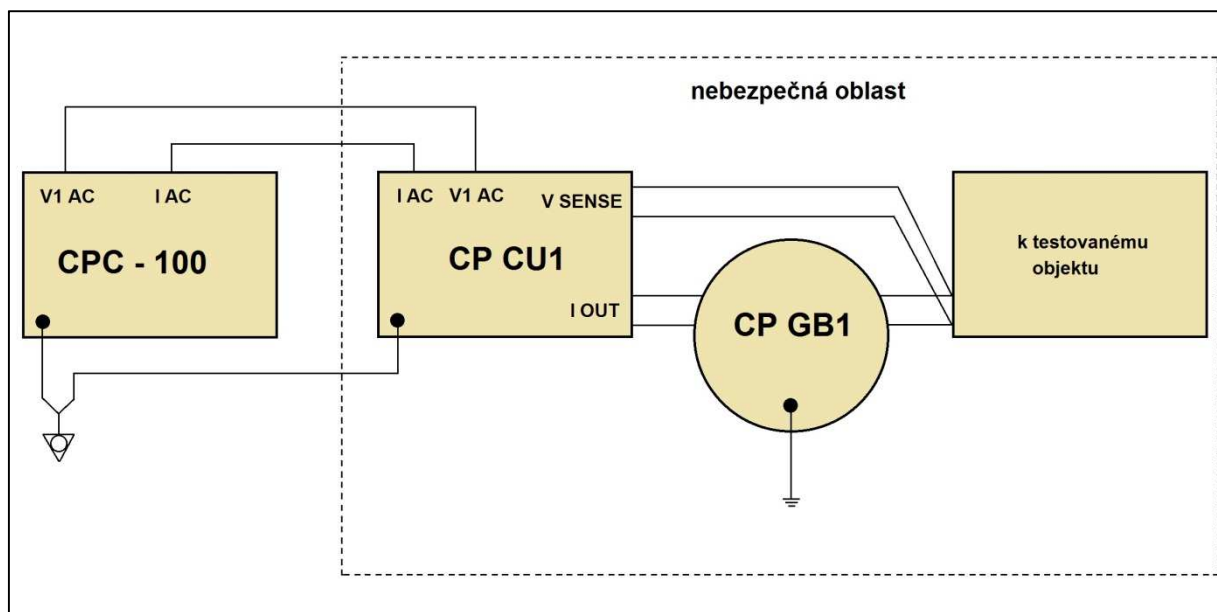
$$R_{zem} = \pi^2 \cdot f \cdot 10^{-7} = 3,141592654^2 \cdot 50 \cdot 10^{-7} = 4,94 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot km^{-1}$$

$$R_0 = R_1 + 3 \cdot R_{zem} = 0,2407 + 3 \cdot 0,0494 = 0,3880 \Omega \cdot km^{-1}$$

3 Provedení měření parametrů vedení přístrojem Omicron CPC-100 a porovnejte naměřené a vypočítané hodnoty

3.1 Měřicí souprava

Měřicí souprava se skládá z testovacího řídicího systému CPC-100, který je hlavním ovládacím blokem celé soupravy [9]. Dále se skládá z vazební jednotky CP CU1 (Booster), která slouží k výkonovému propojení s vedením přes zemnicí jednotku CP GB1, a zároveň při aktivování vazební jednotky ovládací jednotkou vybuzení hodnot napětí a proudů dle zadaných vstupních hodnot. Obrázek 5. je překreslen autorem textu a zobrazuje blokové schéma měřicí soupravy. Všechny následující obrázky včetně fotografií byly pořízeny autorem textu.



Obrázek 5. Měřicí souprava

Proudový výstupní rozsah měřicí soupravy je 10A, 20A, 50A nebo 100A. Napěťový výstupní rozsah je 500V pro volbu proudového rozsahu 10A, 250V pro rozsah 20A, 100V pro 50A a 50V pro proudový rozsah 100A. Maximální výkon přístroje je 5000VA při napájecím napětí 230V AC. Technická specifikace měřicího přístroje je uvedena v příloze D. Přístroj je primárně určen pro měření impedance vedení a kabelů, dále pro měření činitele k, měření vazeb mezi silovými a signálovými vedeními a měření zemní impedance. Zemnicí jednotka má funkci svodiče přepětí a zároveň slouží pro ochranu pracovníka, který měření provádí, a to

před nebezpečným přepětím během měření na venkovních vedeních, nebo v případě neočekávané události na vedení. Na obrázku 6. je ovládací a řídicí zařízení CPC-100, ovládací software - systém je firmy Omicron. Je jednoduchý a intuitivní pro nastavování vstupních parametrů. Horní část obsahuje multifunkční klávesnici pro nastavování vstupních parametrů a otočný volič pro pohyb v ovládacím menu na displeji, a jednotlivých podvolbách. Displej zobrazuje podrobné informace a při měření zobrazuje jak jednotlivé volby s grafickým zapojením pro jednotlivé fáze měření, které jsou důležité a je nutno je dodržet, aby měření bylo úspěšné. Displej dále zobrazuje i naměřené hodnoty po ukončení jednotlivých částí měření. Obsahuje zapínací tlačítko, dále jsou umístěny signalizační kontrolky stavu zap/vyp, jejichž signalizace je důležitá pro bezpečnost obsluhy měření a obsluhy zajišťování vedení vvn. Jsou vyvedeny různé výstupní napěťové a proudové konektory, které se propojují se zařízením CP CU1 (Booster), který slouží jako zesilovač, a které se zapojují dle toho, co chceme měřit. Zařízení má implementován také bezpečnostní STOP vypínač pro případ nutného rychlého vypnutí.



Obrázek 6. CPC-100 Řídící a ovládací panel přístroje

Levá boční strana obsahuje dle obrázku 7. datový kabel, který je připojen s CP CU1, kterým se aktivuje Booster s vybavením patřičných napěťových a proudových hodnot v konkrétním čase. Zároveň se také přenáší naměřené hodnoty do CPC-100, kde se ukládají do souboru

v paměti přístroje. Je přivedeno napájecí napětí pro přístroj, a nechybí hlavní vypínač. Nutností je zemnicí svorka pro připojení uzemnění pro vyrovnání potenciálu, které je nutné pro ochranu samotného přístroje. Výrobní číslo CPC-100 je LC328S.



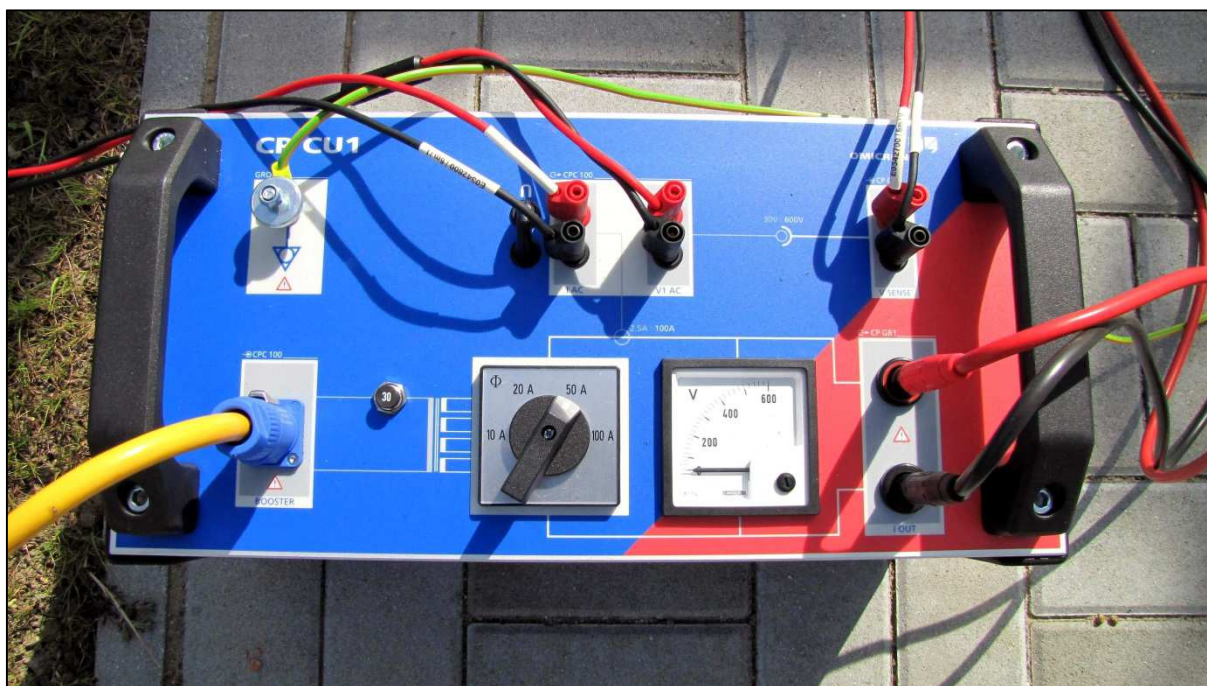
Obrázek 7. CPC-100 Boční levá strana přístroje

Pravá boční strana obsahuje konektory pro přímé propojení s PC sériovým rozhraním, ve kterém se zvyšuje BIOS a softwarová verze. Na obrázku 8. je dále implementován síťový konektor RJ-45, pro přímé nastavování a ovládání z terminálu. Pro uložení naměřených dat a export dat složí konektor USB.



Obrázek 8. CPC-100 boční pravá stran přístroje

Další zařízení měřicí soupravy je zařízení CP CU1 (Booster) sloužící jako výkonový zesilovač napětí a proudu. Booster obsahuje uvnitř převodové transformátory napětí a proudu. Horní strana přístroje má přepínač proudového rozsahu, který se nastavuje dle délky vedení a tím pádem patřičném výkonovém poměru vybavovacího napětí vůči vybavovacímu proudu s patřičnými konektory výstupního napětí a proudu pro měření impedance na vedení vvn. Na obrázku 9. jsou také napěťové a proudové vstupy, které jsou přivedeny z řídicího a ovládacího zařízení CPC-100. Voltmetr zobrazuje aktuální informaci o napětí, které je při měření vybavováno do vedení vvn. Zařízení rovněž implementuje konektor pro datový přenos informací z měření do paměti řídicí jednotky CPC-100. Osazen je také konektor pro uzemnění zařízení na uvedení na stejný potenciál. Výrobní číslo CP CU1 je EL280J.



Obrázek 9. CP CU1 výkonový zesilovač napětí a proudu

Důležitou součástí soupravy je zemnicí jednotka, bez které by nebylo možné měření provést. V první řadě zabezpečuje bezpečnost obsluhy měření při náhodné poruše zařízení, nebo při nenadálých provozních stavech a jevech. Zemnicí jednotka uvnitř má implementovány svodiče přepětí pro každou fázi. Pro správné měření zajišťuje vybavování napětí a proudů pro patřičné kombinace fází (1f a 3f) a z toho plynoucí dle změřených hodnot správný přepočet impedance vedení v reálném stavu.

Na zemnicí jednotku se na svorníky připojují výkonové vodiče, které jsou připojeny na jednotlivé vodiče fází konkrétního vedení. Dále se pak na patřičné svorníky paralelně připojí kombinace konkrétní měřené fáze (L1,L2,L3) vůči zemi. Zemnicí jednotka je zobrazena na obrázku 10. včetně připojení všech vodičů, tzn. uzemňovacího vodiče, výkonových vodičů k jednotlivým fázovým vodičům vedení. Nechybí paralelní připojení patřičné kombinace měření z výstupu výkonového zesilovače CP CU1. Výrobní číslo CP GB1 je FB301V.



Obrázek 10. CP GB1 Propojení vodičů se svorníky zemnicí jednotky

Důležitým doplňkem v příslušenství kromě propojovacích vodičů a datového kabelu mezi zařízeními CPC-100 a CP CU1 je i zkratovací kabel třípolový, který je na obrázku 11.



Obrázek 11. Zkratovací kabel třípolový

Nutností pro správné měření je použití na začátku měření klešťového ampérmetru firmy TENMARS pro střídavý proud z důvodu změření zbytkového indukovaného protékajícího proudu při uzemněném vedení. Sériové číslo klešťového ampérmetru je 100103530, zobrazeného na obrázku 12.



Obrázek 12. Klešťový ampérmetr TENMARS

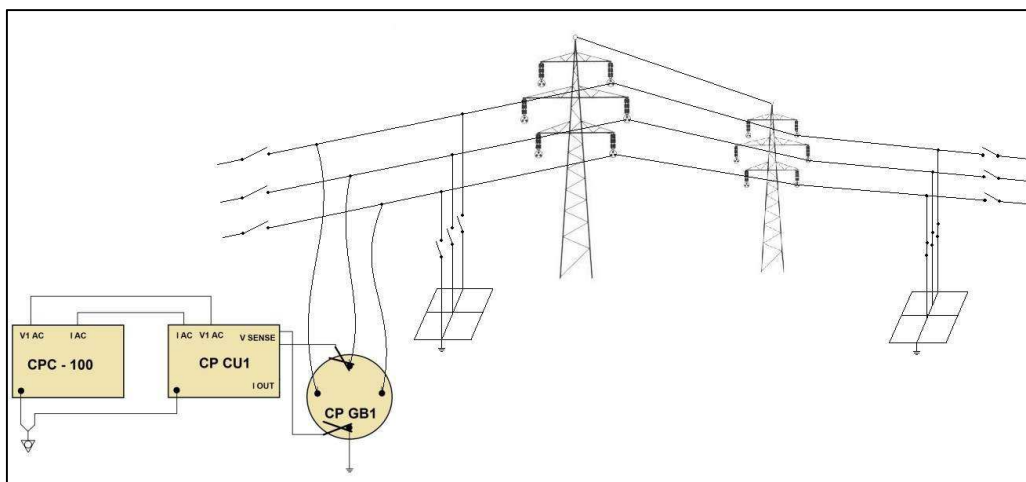
3.2 Postup měření a schéma zapojení

V den prováděného měření, změříme před samotným měřením venkovní teplotu zkalirovaným teploměrem Greisinger GMH 3710, výrobní číslo 22704. Patříčné vedení, na kterém budeme provádět měření impedance vedení, se obustranně odpojí a na obou stranách uzemní. Klešťovým ampérmetrem změříme zbytkové - zemní proudy, které tečou vedením jednotlivých fází. Dle těchto hodnot a zjištěné délce konkrétního vedení z GISu dosadíme do vzorce, pro odhadnuté napětí na otevřeném vedení.

$$U_{odhad} = I_{mer} \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot l_{ved} [V]$$

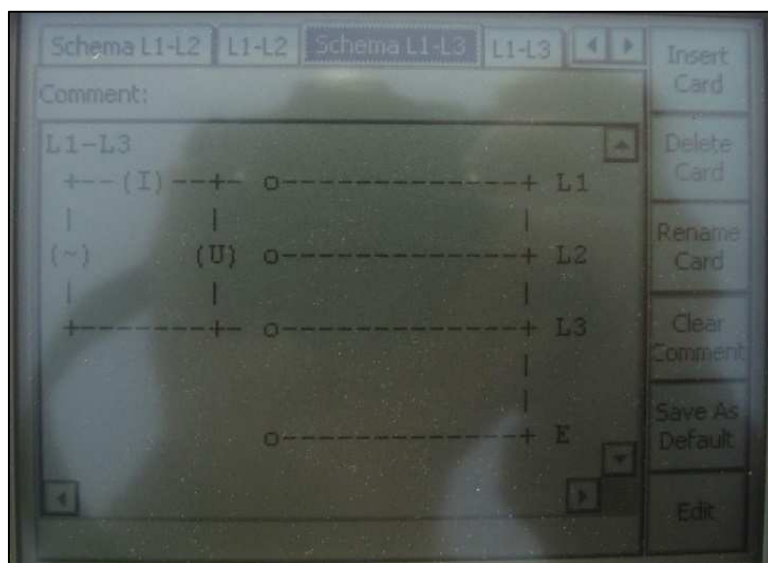
Dle odhadnutého napětí na otevřeném vedení určíme nastavení výstupní proudové hodnoty, kterou nastavíme na zařízení CP CU1 na přepínači proudového rozsahu. Podle zadané volby

proudového rozsahu, vyplníme v nastavení připravené zkoušky v zařízení CPC-100. Principiální schéma zapojení měřící soupravy s projením na vedení a uzemněním vedení na konci je znázorněno na obrázku 13., který je překreslen autorem textu. Na straně měření se bude vedení postupně uzemňovat a odzemňovat, z důvodu postupného přepojování na konkrétní fáze vedení.



Obrázek 13. Schéma propojení měřící soupravy s vedením 110kV

Při spuštění měření se na displeji zobrazuje i průvodce jednotlivými částmi zkoušky, tzn. že nás přístroj informuje, kterou z patřičných kombinací fáze proti zemi, fáze proti fázi, nebo všech fází proti zemi, bude vybavovat. Obrázek 14. ukazuje zobrazení průvodce se schématem zapojení, které je důležité, z důvodu celého měření a byly tak získány reálné informace o parametrech vedení.



Obrázek 14. Znáznornění průvodce - zapojení patřičné kombinace L1-L3.

Pro konkrétní paralelní připojení vodičů z CP CU1 na zemnicí jednotku CP GB1, která je připojena výkonovými vodiči na měřené vedení, jehož konec je na druhé straně uzemněn, se vždy linka musí uzemnit i na místě, kde provádíme měření, z důvodu bezpečnosti obsluhy měření, která propojení provádí, tak i pro ochranu měřicí soupravy a jejich jednotlivých komponentů. Po připojení vodičů k CP GB1 opustí osoba provádějící měření prostor, kde je provedeno uzemnění vývodu a přesune se do bezpečného prostoru, kde je umístěna řídicí a ovládací jednotka CPC-100. Vývod se odzemní jen na straně, kde probíhá měření. Spustíme zkoušku pro první kombinaci L1-E. Obrázek 15. zobrazuje změřené parametry vedení při měření mezifázové kombinace L2-L3.

A	Hz	Trigger	Thresh	s
50.00	90.00	No Trigger	n/a	2.000
40.00	110.00	No Trigger	n/a	2.000
30.00	130.00	No Trigger	n/a	2.000

A	°	V	°	Ω	Ω
6.1688	0.00	173.42	77.13	6.2616	27.406
5.0460	0.00	172.05	79.32	6.3189	33.506
4.2072	0.00	168.50	80.00	6.3189	33.506

Obrázek 15. Naměřené mezifázové hodnoty L2-L3.

Po proběhnutí měření přístroj přestane vybavovat patřičné napětí a proudy a informuje nás o další kombinaci, kterou musíme zapojit. Vedení se uzemní na naší straně, provedeme zapojení dle průvodce na displeji, přesuneme se k řídicímu přístroji, manipulant nám linku odzemní na naší straně, můžeme potvrdit funkci pro vybavení napěťových a proudových hodnot do vedení. Po ukončení provedeme úkony, které jsou zmíněny výše a připravíme pro další kombinaci měření.

Až provedeme měření ve všech kombinacích, tzn. L1-E, L2-E, L3-E, L1-L2, L2-L3, L3-L1 a následném propojení všech fází proti zemi L1L2L3-E je konec měření. Z řídicí jednotky se následně vyexportuje soubor s měřením, kde jsou zaznamenány změřené hodnoty.



Obrázek 16. Venkovní pracoviště pro měření impedance vedení

Obrázek 16. zobrazuje venkovní pracoviště na transformovně s rozložením všech prvků s propojením všech vodičů a připojením výkonových vodičů na vedení. Provedl jsem měření na transformovně Holýšov, na vedení V1272 Přeštice a V1274 Stříbro. Na transformovně Vranov jsem změřil vedení V1273 Stříbro a V1271 Přeštice.

Při měření impedance vedení jsem musel dodržovat bezpečnost práce na elektrickém zařízení a zvýšenou opatrnost z důvodu postupného uzemňování a odzemňování na straně měřeného vedení. Uzemňování a odzemňování vedení prováděla osoba pověřená pro manipulace. Po ukončení měření a odpojení měřicí soupravy včetně příslušenství bylo vedení uvedeno do provozního stavu.

Data ze všech měření jsem uložil v CPC-100 do souboru formátu XLSM. Aby bylo možné následné zpracování dat, je nutné vyexportovat z CPC-100 například na USB disk do formátu XML. Následně pomocí software CPC-100 Excel File Loader jsem soubor naimportoval a převedl do formátu XLS. Soubor ve formátu XLS obsahuje několik záložek ve kterých jsou uložena veškerá naměřená data, se kterými se může následně pracovat v jakémkoliv tabulkovém softwaru.

Software CPC-100 Excel File Loader vyvinula firma Omicron jako nutnou součást pro export dat ze své měřicí soupravy určenou pro měření impedance vedení, nebo kabelů.

3.3 Naměřené a výsledné hodnoty

Všechny vodiče vedení jsou z AlFe nebo Fe materiálu. Tabulka 2. obsahuje délky zemního lana vedení V1272 a tabulka 3. zobrazuje naměřené hodnoty V1272. Teplota v den měření byla 15°C.

Tabulka 2. Délky zemního lana na vedení V1272 v kombinaci AlFe a Fe

	Délka [m]	Průřez [mm ²]	Materiál
Úsek vedení	6920,9	185	AlFe
Úsek vedení	8382,5	70	Fe
Úsek vedení	4523,2	185	AlFe
Úsek vedení	109,3	185	AlFe
Celková délka:	19935,8		

Fázové vodiče vedení jsou AlFe Ø240 mm² a Ø185mm². Celková délka zemního lana je 19935.8 metrů. Proudový rozsah pro měření CPC-100 dle referenční příručky na základě vypočítané celkové délky je 20A. Při uzemněném vedení protéká fází L1=2.81A, L2=5.82A, L3=1.23A.

$$U_{odhad} = I_{mer} \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot I_{ved} = 5,82 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 19,93 = 92,79V \quad (3.3.1)$$

Tabulka 3. Naměřené hodnoty tr Holýšov V1272

Měření	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: ZL1 + ZL2	6,441431948	16,91954036	18,10422303	69,15768887
L2-L3: ZL2 + ZL3	6,402143984	15,21211973	16,50442468	67,17581331
L3-L1: ZL3 + ZL1	6,393208615	15,39692251	16,67148281	67,4504852
L1-E: ZL1 + ZE	4,359982214	11,66576212	12,45389299	69,5071858
L2-E: ZL2 + ZE	4,228260411	11,94222802	12,66866197	70,5030027
L3-E: ZL3 + ZE	4,247323224	11,82559729	12,56521014	70,24356272
L1L2L3-E: ZL1//ZL2//ZL3 + ZE	2,142490141	6,526500513	6,869168286	71,82625959

Výsledné hodnoty	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Sousledná impedance Z1	3,206130758	7,921430432	8,545661737	67,96478305
Nulová impedance Z0	6,427470422	19,57950154	20,60750486	71,82625959

Hodnoty	RE/RL [1]	XE/XL [1]
k-Faktor	0,334914565	0,490570956

Tabulka 4. zobrazuje délku zemního lana vedení V1274. Toto vedení se měřilo ve stejný den, jako vedení V1272, teplota byla stejná.

Tabulka 4. Délky zemního lana na vedení V1274 v kombinace AlFe a Fe

	Délka [m]	Průřez [mm ²]	Materiál
Úsek vedení	109,3	185	AlFe
Úsek vedení	4533,2	185	AlFe
Úsek vedení	17189,4	70	Fe
Úsek vedení	2628,2	185	AlFe
Celková délka:	24460,0		

Fázové vodiče vedení jsou AlFe $\varnothing 240 \text{ mm}^2$ a $\varnothing 185 \text{ mm}^2$. Celková délka zemního lana je 24460 metrů. Proudový rozsah nastaven na 20A. Protékající proud na uzemněném vedení fází je pro L1=2.8A, L2=1.5A, L3=0.47A. Do vzorce pro odhadované napětí (3.3.1) dosazena nejvyšší změřená proudová hodnota. Změřené hodnoty jsou obsaženy v tabulce 5.

$$U_{odhad} = I_{mer} \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot I_{ved} = 2,8 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 24,46 = 54,79 \text{ V}$$

Tabulka 5. Naměřené hodnoty tr Holýšov V1274

Měření	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi ($^\circ$)
L1-L2: ZL1 + ZL2	7,669956746	20,48642111	21,87513855	69,47449067
L2-L3: ZL2 + ZL3	7,693280905	19,25839232	20,73818328	68,22443763
L3-L1: ZL3 + ZL1	7,673255936	18,90984674	20,40738005	67,91362203
L1-E: ZL1 + ZE	5,378929899	14,95181993	15,88992782	70,21376218
L2-E: ZL2 + ZE	5,231624568	15,18762795	16,06343483	70,99290124
L3-E: ZL3 + ZE	5,341334046	15,00702693	15,92924062	70,4082268
L1L2L3-E: ZL1//ZL2//ZL3 + ZE	2,752315705	8,530486665	8,96350626	72,11798299

Výsledné hodnoty	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi ($^\circ$)
Sousledná impedance Z1	3,839415598	9,775776695	10,50271023	68,55768703
Nulová impedance Z0	8,256947114	25,59146	26,89051878	72,11798299

Hodnoty	RE/RL [1]	XE/XL [1]
k-Faktor	0,383524645	0,539281389

V tabulce 6. jsou zobrazeny délky vedení zemního lana vedení V1271. Změřené hodnoty vedení V1271 jsou v tabulce 7. Teplota v den měření byla 12,1°C. Vedení V1273 se měřilo jiný den.

Tabulka 6. Délky zemního lana na vedení V1271 v kombinaci AlFe a Fe

	Délka [m]	Průřez [mm ²]	Materiál
Úsek vedení	1352,7	185	AlFe
Úsek vedení	17189,4	70	Fe
Úsek vedení	8382,5	70	Fe
Úsek vedení	6920,9	185	AlFe
Celková délka:	33845,4		

Fázové vodiče vedení jsou $\varnothing 185\text{mm}^2$. Celková délka zemního lana je 33845,4 metrů. Proudový rozsah pro měření přístrojem CPC-100 dle referenční příručky k přístroji na základě vypočítané celkové délky je 20A. Při uzemněném vedení protéká fází L1=0.25A, L2=3A, L3=4.16A. Do vzorce pro odhadované napětí dosazena nejvyšší změřená proudová hodnota.

$$U_{odhad} = I_{mer} \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot l_{ved} = 4,16 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 33,84 = 112,62V$$

Tabulka 7. Naměřené hodnoty tr Vranov V1271

Měření	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: ZL1 + ZL2	10,80292802	26,01927511	28,17278706	67,45229162
L2-L3: ZL2 + ZL3	10,82830657	28,7343077	30,70688297	69,35146169
L3-L1: ZL3 + ZL1	10,79570114	26,10609561	28,25022816	67,53334881
L1-E: ZL1 + ZE	7,049394591	19,8284103	21,04423482	70,42868746
L2-E: ZL2 + ZE	6,970574191	19,88555306	21,07187996	70,68267124
L3-E: ZL3 + ZE	7,174773121	19,4959026	20,77420486	69,79565761
L1L2L3-E: ZL1//ZL2//ZL3 + ZE	3,479837487	10,74035257	11,29001516	72,04785309
Výsledné hodnoty	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Sousledná impedance Z1	5,404489289	13,47661307	14,51990373	68,14786885
Nulová impedance Z0	10,43951246	32,2210577	33,87004547	72,04785309
Hodnoty	RE/RL [1]	XE/XL [1]		
k-Faktor	0,310545727	0,463628968		

Při měření impedance vedení na V1273 byla teplota 10,4°C. Délka vedení mezi tr Vranov a tr Stříbro je 3980,9 metrů, viz. tabulka 8.

Tabulka 8. Délky zemního lana na vedení V1273 v kombinaci AlFe

	Délka [m]	Průřez [mm ²]	Materiál
Úsek vedení	1352,7	185	AlFe
Úsek vedení	2628,2	185	AlFe
Celková délka:	3980,9		

Fázové vodiče vedení jsou AlFe Ø185mm². Celková délka zemního lana je 3898 metrů. Proudový rozsah nastaven na 50A, dle délky vedení. Protékající proud na uzemněném vedení fází je pro L1=1.4A, L2=8A, L3=4.93A. Do vzorce pro odhadované napětí dosazena nejvyšší změřená proudová hodnota. Změřené hodnoty jsou obsaženy v tabulce 9.

$$U_{odhad} = I_{mer} \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot I_{ved} = 8 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 3,9 = 24,9V$$

Tabulka 9. Naměřené hodnoty tr Vranov V1273

Měření	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: ZL1 + ZL2	1,244950839	3,048247445	3,292675975	67,78414513
L2-L3: ZL2 + ZL3	1,249337335	3,361102588	3,585785044	69,60966748
L3-L1: ZL3 + ZL1	1,243010633	3,064731785	3,307212776	67,9232411
L1-E: ZL1 + ZE	1,006207779	2,500388235	2,69525424	68,07912902
L2-E: ZL2 + ZE	1,019108926	2,556677278	2,752304799	68,26743819
L3-E: ZL3 + ZE	1,006846413	2,391644515	2,594937993	67,16963846
L1L2L3-E: ZL1//ZL2//ZL3 + ZE	0,599886857	1,427709608	1,548618405	67,20910657

Výsledné hodnoty	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Sousledná impedance Z1	0,622883135	1,579013636	1,697429664	68,47195085
Nulová impedance Z0	1,799660572	4,283128823	4,645855216	67,20910657

Hodnoty	RE/RL [1]	XE/XL [1]
k-Faktor	0,629747579	0,570844803

3.4 Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot

Pro porovnání naměřených a vypočítaných hodnot je nutné přepočítat naměřené jednotlivé hodnoty na délku 1 km, tzn. ze všech měření na jednotlivých vedeních výsledné hodnoty přepočítám vůči jednotlivým délkám vedení. Uvádím výpočty pro ukázkou na přepočet z naměřených hodnot na vedení V1271 přepočítanou na délku 1 km. Přepočítané naměřené hodnoty uvádím společně v tabulce 10. s hodnotami vypočítanými pro porovnání. Naměřené a vypočítané hodnoty vyšly s nepatrnými odchylkami.

$$R_{př} = R / l = 5,404 / 33,8454 = 0,160[\Omega \cdot km^{-1}]$$

$$X_{př} = X / l = 13,477 / 33,8454 = 0,398[\Omega \cdot km^{-1}]$$

$$R_{0\ př} = R_0 / l = 10,440 / 33,8454 = 0,308[\Omega \cdot km^{-1}]$$

$$X_{0\ př} = X_0 / l = 32,221 / 33,8454 = 0,952[\Omega \cdot km^{-1}]$$

Tabulka 10. Zobrazení naměřených a vypočítaných hodnot jednotlivých parametrů na vedení

Vedení	l	R	X	R ₀	X ₀
V1271					
Naměřené hodnoty vedení V1271 [Ω]		5,404	13,477	10,440	32,221
Přepočítané hodnoty vedení V1271 [Ω.km ⁻¹]		0,160	0,398	0,308	0,952
Vypočítané hodnoty vedení V1271 [Ω.km ⁻¹]		0,240	0,410	0,388	0,818
Délka [km]	33,8454				
V1272					
Naměřené hodnoty vedení V1272 [Ω]		3,206	7,921	6,427	19,580
Přepočítané hodnoty vedení V1272 [Ω.km ⁻¹]		0,161	0,397	0,322	0,982
Vypočítané hodnoty vedení V1272 [Ω.km ⁻¹]		0,240	0,410	0,388	0,818
Délka [km]	19,9358				
V1273					
Naměřené hodnoty vedení V1273 [Ω]		0,623	1,579	1,800	4,283
Přepočítané hodnoty vedení V1273 [Ω.km ⁻¹]		0,164	0,415	0,472	1,124
Vypočítané hodnoty vedení V1273 [Ω.km ⁻¹]		0,240	0,410	0,388	0,818
Délka [km]	3,809				
V1274					
Naměřené hodnoty vedení V1274 [Ω]		3,839	9,776	8,257	25,591
Přepočítané hodnoty vedení V1274 [Ω.km ⁻¹]		0,160	0,407	0,343	1,064
Vypočítané hodnoty vedení V1274 [Ω.km ⁻¹]		0,240	0,410	0,388	0,818
Délka [km]	24,046				

4 Provedení rozboru vlivu parametrů vedení na nastavení ochran

Dle naměřených a vypočítaných hodnot se parametr rezistance R nepatrně liší, protože Omicron CPC-100 přepočítává změřenou hodnotu na teplotu 25°C a výpočet je spočítán pro teplotu 20°C . Parametr reaktance X dle naměřených hodnot odpovídá provedenému výpočtu. Parametr rezistance netočivé složky R_0 souhlasí s vypočítanou a naměřenou hodnotou. U netočivé složky parametru reaktance vedení X_0 se naměřené a vypočítané hodnoty liší zhruba o 11 %. Chyba je způsobena například uvažováním odporu země, který se udává $100\Omega\cdot\text{km}^{-1}$. Reálný odpor země je různý podle zemních podmínek. Na venkovním vedení vvn je většina poruch jednofázových, z tohoto důvodu je právě netočivá složka reaktance o něco více problémová.

Digitální ochrana má v sobě implementováno několik ochran, jako primární ochrannou funkcí je distanční ochrana, která je svým nastavením rozdělena do několika chránících zón (vzdáleností) jak ve směru do vedení, tak ve směru k přípojnici. Ochrany jsou vybaveny funkcí OZ, které v případě 1-fázové nebo 3-fázové poruchy, vypínají konkrétní fázi, na které je porucha, a opět ji zapnou pod zatížením za určitý čas. Záleží také na nastavení provozní volby stavu opětného zapínání. Pro správnou funkci je nutné správné zadání volby přizemnění PTP, které slouží pro správné rozpoznání a vyhodnocení, zda se při vzniku poruchy jedná o poruchu ve směru (vpřed) do vedení vývodu, nebo v protisměru (vzad), což znamená směr do přípojnice. Ochrana má také funkci záložní nadproudě ochrany, která se aktivuje v případě nouze, tzn. při ztrátě vstupních měřených hodnot z PTN, neboť v tomto případě by nebyla funkční ochrana distanční, která má pro správnou funkci nutnost měření fázových hodnot napětí a proudů ze všech fází. Ochrana obsahuje ještě další logické a blokové algoritmy - funkce, které jí napomáhají ke správnému rozpoznávání a správné funkci chránění vedení. Do distanční ochrany se (4.1) a (4.2) zadávají parametry R_E vůči R_L a X_E vůči X_L . X_0 , X_1 , R_0 a R_1 mají vliv na zemní parametry vedení.

$$R_E = \frac{1}{3} \left(\frac{R_0}{R_1} - 1 \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{0,3880}{0,2407} - 1 \right) = 0,2039\Omega\cdot\text{km}^{-1} \quad (4.1)$$

$$X_E = \frac{1}{3} \left(\frac{X_0}{X_1} - 1 \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{1,382}{0,398} - 1 \right) = \frac{1}{3} \cdot (3,42 - 1) = 0,824\Omega\cdot\text{km}^{-1} \quad (4.2)$$

5 Vyhodnot'te působení vybrané ochrany

5.1 Použitý typ digitálních ochran

Dle standardu ČEZ se pro venkovní vedení vvn používají digitální ochrany firmy Siemens a ABB. V regionu Západ jsou nejrozšířenější ochrany firmy Siemens. Na tomto okružním vedení na transformovnách Bělá, Holýšov-Nová, Stříbro, Vranov jsou použity ochrany firmy Siemens řady Siprotec 3 a Siprotec 4 typu 7SA (Distanční ochrana), 7SJ (Nadproudová ochrana z hlediska zálohy chránění vedení). Na transformovně Přeštice jsou použity ochrany Siemens 7SA611 a jako paralelní záloha chránění jsou použity ochrany od firmy ABB řady REL 670.

5.2 Software pro komunikaci s digitálními ochranami

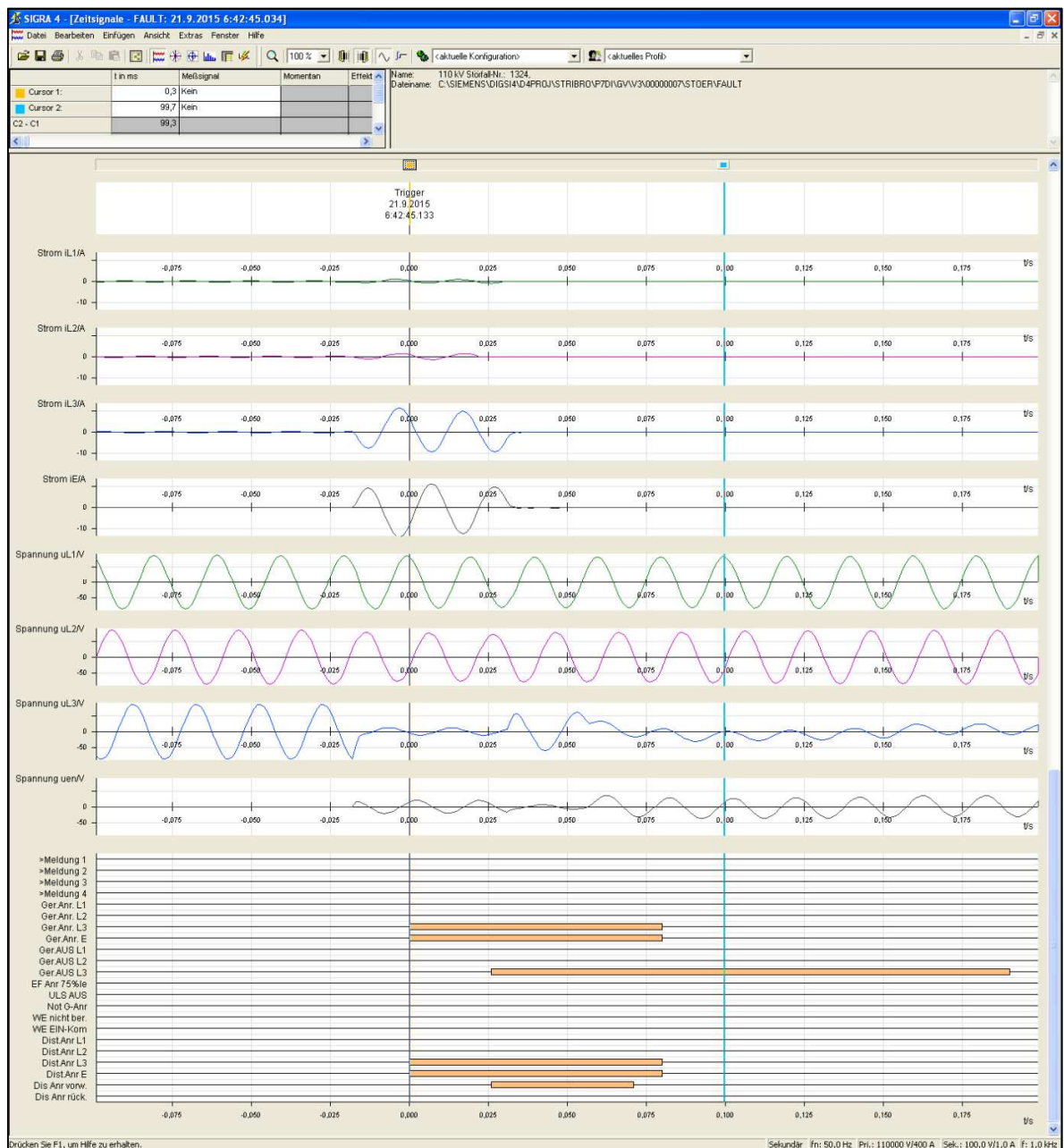
Pro komunikaci s digitálními ochranami Siemens se používá software Digi si v současné době verze 4.90, novinkou letošního roku je verze 5.0. Software Digi si se používá pro nastavení parametrizace ochran a vyčítání poruchových záznamů. Firma ABB používá pro komunikaci s ochranami REL software PCM600 určený pro parametrizaci a rovněž i vyčítání nastavení a poruchových záznamů z ochran.

V parametrizačních softwarech jsou přiloženy rovněž programy, které jsou určeny pro zobrazení poruchový zápisů. Firma Siemens má pro zobrazení průběhu poruch program zvaný Siga. Firma ABB používá jako další nástroj pro zobrazení poruch záznamů software REVAL.

5.3 Výpis poruchového záznamu

Poruchový záznam byl stažen na transformovně Stříbro na vedení V1273 Vranov. Na této transformovně jsou použity ochrany 7SA511, zaznamenané poruchové náběhy s vypnutím bylo dne 21. září 2015. Grafické průběhy jednotlivých [15] fázových napětí a fázových proudů na časové ose můžeme vidět v předporuchovém stavu, při vzniku poruchy a po poruchovém stavu. Pod grafickým znázorněním analogových průběhů napětí a proudů jsou zobrazeny binární hodnoty vybavení jednotlivých logických funkcí ochrany. Pro každý poruchový záznam je nastavena maximální délka 300ms, do poruchového záznamu se zaznamenává 0,1 sekundy před vznikem poruchy, na poruchovou událost je vymezený čas 200ms. Jednotlivé analogové fázové průběhy napětí a proudů mohou být zobrazeny

v primárních nebo sekundárních hodnotách. Na obrázku 17. je zobrazen průběh poruchy vyčtené z poruchového zapisovače v ochraně programem Digsí a zobrazené v programu Sigrá, který slouží pro zobrazení poruchových záznamů. Z analogových efektivních hodnot napětí a proudů a binárních vstupů je patrné, že zkrat byl ve fázi L3 proti zemi, neboť se vznikem nadproudu ve fázi L3 nad maximální provozní hodnotu zároveň došlo k poklesu napětí ve fázi L3 proti zemi, skoro na nulovou hodnotu, ostatní hodnoty fázových napětí a proudů jsou na nominálních – jmenovitých hodnotách, protože síť vvn se provozuje s izolovaným uzlem zdroje.



Obrázek 17. Zobrazení průběhu poruchového záznamu 7SA511

Ostatní fázové hodnoty napětí nevzrostou na hodnoty sdruženého napětí, tak jak je tomu u sítí vn, kde při nadproudu nebo zkratu patříčné fáze se zemí, vzrostou ostatní fáze napětí na sdruženou hodnotu. Ochrana zjistila zkrat proti zemi ve fázi L3 tím, že došlo k aktivaci generálního popudu ve fázi L3 a zemí E, s tím související spuštění distanční ochrany ve fázi L3 proti zemi a spuštění vybavovacího času, po jejímž doběhu ochrana vypíná.

Po uplynutí času 26 ms ochrana vypnula vypínač ve fázi L3, neboť je nastavena pro 1f vypnutí. Ochrana správně vyhodnotila poruchu ve směru. Velikost vypínacího proudu ve fázi L3 odpovídá 6,8x I/In. Dle změřených hodnot rezistance a reaktance, ochrana vyhodnotila vzdálenost 5,2 km, což odpovídá 133% délky vedení linky.

Vedení z transformovny Stříbro na transformovnu Vranov má délku 3,9 km, zkrat byl tedy 1,2 km za transformovnou Vranov směrem na transformovnu Přeštice. Základní zóna je nastavena na 85% délky vedení. OZ zóna je nastavena na 1,35 násobek základní zóny, takže chrání vedení v délce 1,15 násobku linky.

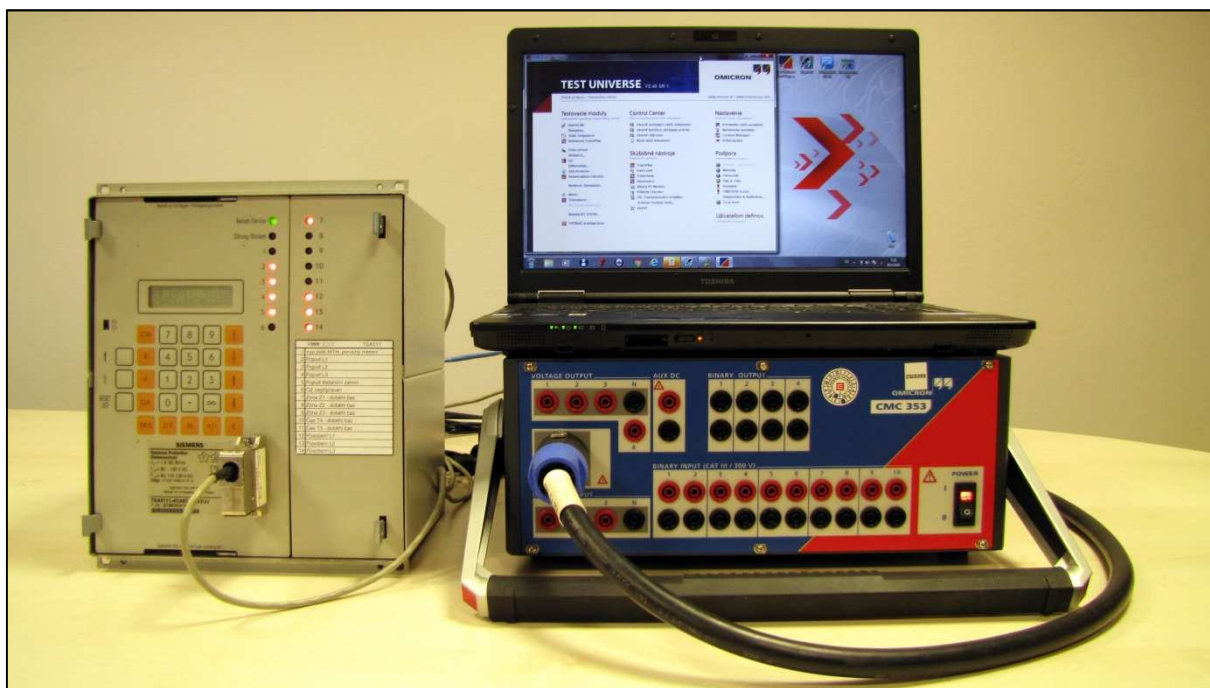
Přikládám poruchový seznam hlášení (Störfallmeldungen), na kterém jsou patrné jednotlivé funkční logické operace vybavení ochrany zobrazené na obrázku 18.

SINATIC		STRIBRO / 110 kV/ V1273 Vra-7SA511 V03.2/ 7SA511		22.04.2016 16:36:36
STRIBRO 110 kV V1273 Vra-7SA511 V03.2 7SA511****22068 V03.2x				
Störfallmeldungen 21.09.15 06:42:45.133				
Nr.	Meldung	Wert	Datum / Zeit	
2851	WE: Einkommando	kommend	1208 ms	
1114	F0 Errechnete Fehlerresis.Ohm prim.	1.15 Ohm	42 ms	
1115	F0 Errechnete Fehlerreakt.Ohm prim.	2.10 Ohm	42 ms	
1117	F0 Errechnete Fehlerresist.Ohm sek.	0.41 Ohm	42 ms	
1118	F0 Errechnete Fehlerreakt. Ohm sek.	0.76 Ohm	42 ms	
1120	F0 Fehlerdistanz in % Ltgs.länge d=	133.3 %	42 ms	
1119	F0 Errechnete Fehlerdist. in km d=	5.2 km	42 ms	
1116	F0 Fehlerortberechnung Schleife L3-E	kommend	42 ms	
2813	WE: lpolige KU-Pausenzeit läuft	kommend	195 ms	
0511	Schutz(allg.) Generalauslösung	gehend	190 ms	
0502	Schutz(allg.) Anregerückfall	kommend	80 ms	
3703	Dist. ausgewählte Schleife L3E vorwärts	gehend	71 ms	
2801	WE-Automatik angeworfen	kommend	33 ms	
0523	abgeschalteter Strom L3 I/In=	6.8	30 ms	
3703	Dist. ausgewählte Schleife L3E vorwärts	kommend	26 ms	
3804	Auslösung Distanzschutz L3, nur lpolig	kommend	26 ms	
3688	Dist. Anregung Phase L3-E	kommend	0 ms	
0302	Störfall	1324 kommend	21.09.15 06:42:45.133	
0301	Netzstörung	1319 kommend	21.09.15 06:42:45.133	

Obrázek 18. Výpis poruchových hlášení z ochrany 7SA511

5.4 Zkouška působení ochrany poruchou z Omicronu CMC 353

Pro testování a diagnostiku ochran se používá testovací zařízení od firmy Omicron na obrázku 19. CMC 353 se ovládá přes PC (NTB), a slouží jako řídicí a ovládací jednotka pro plně funkční sekundární zkoušky digitálních ochran [10].



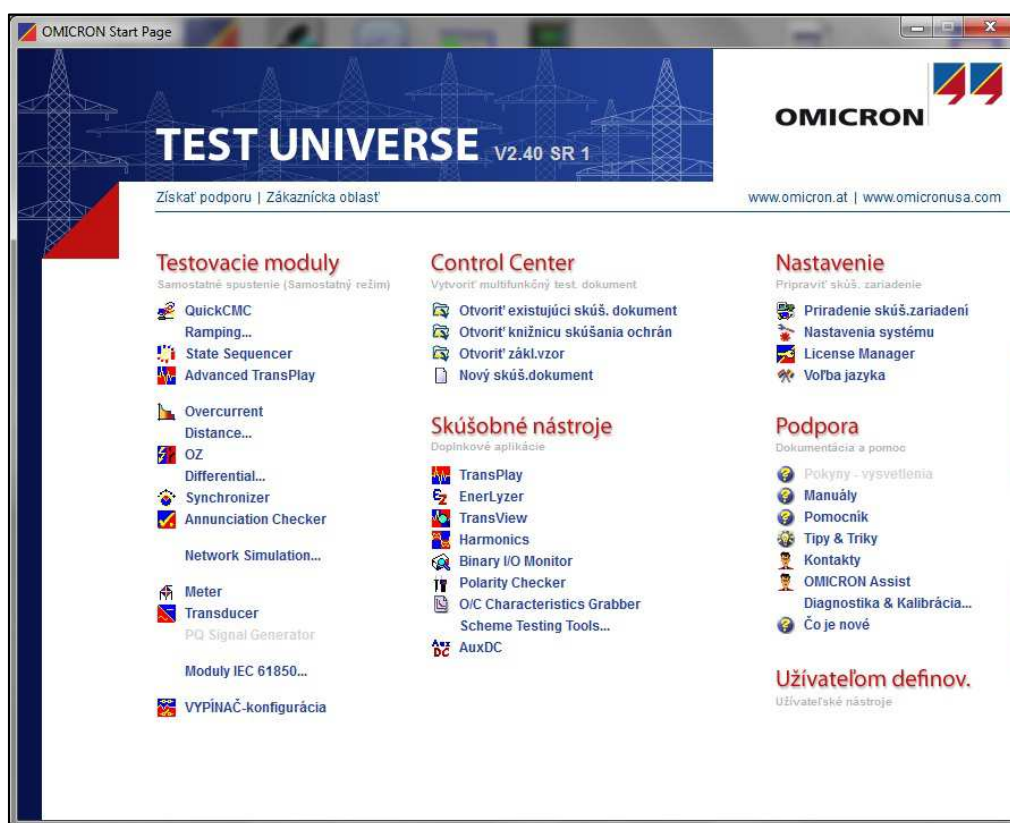
Obrázek 19. Testovací a zkušební zařízení CMC 353 s řídicí jednotkou a ochranou 7SA511

Ovládací software Test Universe V2.40 SR 1 je součástí CMC testovacího zařízení. Pomocí softwaru lze testovat různé druhy a typy sekundárních digitálních ochran.

Základní menu softwaru je uživatelsky příjemné, jako základní jazyk pro ovládání je jazyk německý nebo anglický, lze nainstalovat i jazyk slovenský, čeština je od verze 3.01. V tomto softwaru můžeme ovládat zařízení ručně, nebo si můžeme připravit zkoušku dopředu. Pro vytvoření zkoušky dopředu, je ale nutné znát detailní nastavení ochrany.

Lze také otestovat digitální ochranu již vytvořeným poruchovým záznamem vytvořeným touto ochranou, neboť součástí ovládacího softwaru je utilita pro testování vybavení ochrany právě již vytvořeným poruchovým záznamem. Pro zobrazení poruchového záznamu slouží utilita Transview, ve které si můžeme poruchový záznam prohlédnout a porovnat se softwarem Sigrá od firmy Siemens. Na obrázku 20. je zobrazeno základní menu softwaru Test Universe V2.40 SR 1. Menu se skládá z možnosti jednotlivých testovacích modulů, ve

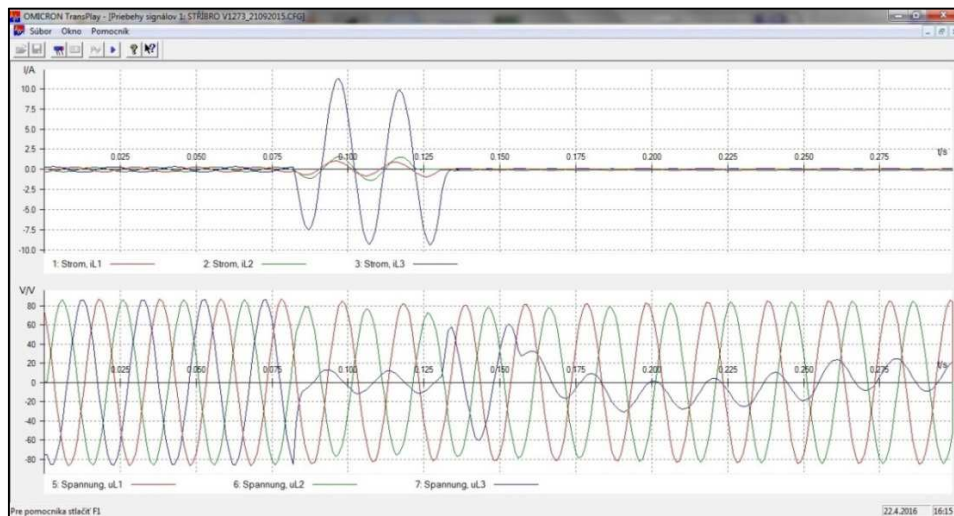
kterých si můžeme vybrat podle jednotlivých druhů a typů ochran a dalších zařízení. Ovládací centrum (Control Center) je připraveno pro již vytvořené existující zkoušky, nebo se v tomto centru tyto zkoušky připravují. Ve zkušebních nástrojích jsou připraveny různé pomocné utility – podpůrné programy, které pomáhají otestovat další funkce ochran a dalších zařízení. V části Nastavení se nastavuje komunikace diagnostického a zkušebního zařízení s řídicí a ovládací jednotkou PC (NTB), zadávání licence a výběr jazyka pro softwarové ovládaní. Ve výběru Podpora jsou manuály pro ovládání a nastavení, on-line pomocník, přednastavené kontakty, asistence od firmy Omicron a diagnostické a kalibrační nástroje pro správnou funkci zařízení a komunikaci s PC. Software umožňuje určité přednastavené uživatelsky definované funkce pro přizpůsobení pro jednotlivé uživatele. Sériové číslo Omicronu CMC 353 je BK168U.



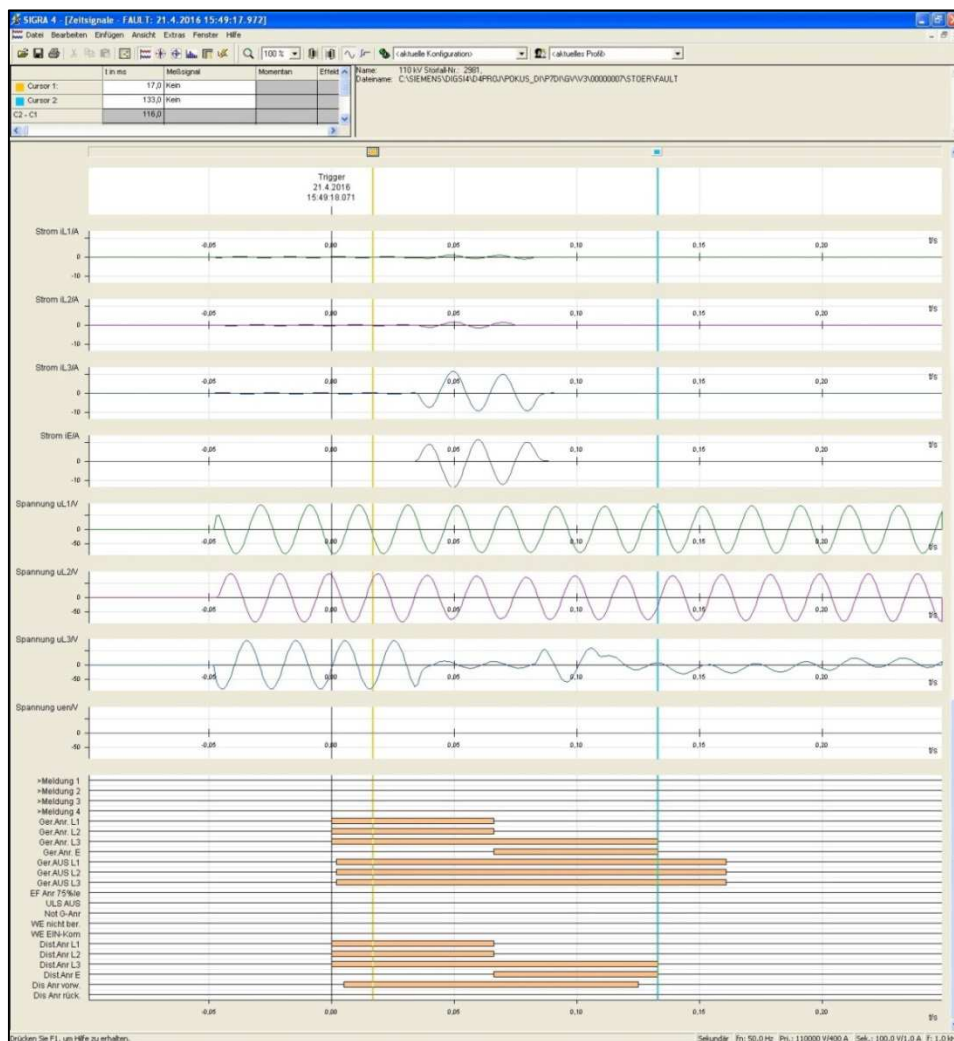
Obrázek 20. Základní uživatelské menu Test Universe V2.40 SR 1

Utilita TransPlay je určena pro import již vytvořených poruchových záznamů a možnosti následného kontrolního otestování ochrany. Obrázek 21. ukazuje ovládací pracovní prostředí, ve kterém je vidět naimportovaný poruchový záznam a v horní části funkční ikonky - tlačítka pro spuštění testování ochrany zaznamenaným poruchovým zápisem. Po spuštění poruchy

v aplikaci TransPlay, CMC 353 vygeneroval poruchový proud v patřičné fázi, tzn. fáze L3 proti zemi E. Napětí ve fázi L3 pokleslo, je vidět z průběhu, ochrana 7SA511 zapůsobila.



Obrázek 21. Ovládací pracovní prostředí TransPlay



Obrázek 22. Zobrazení průběhu poruchového záznamu 7SA511 vygenerovaného přes CMC 353

Na obrázku 22. je vidět poruchový záznam, který je identický s reálnou poruchou. Ochrana zapůsobila stejně, jako při reálné poruše. Liší se jen u binárních výstupů, neboť testovaná ochrana, kterou jsem měl možnost testovat, neměla přivedený stav od vypínače, proto posílala vypnutí na všechny 3 fáze. Přikládám také poruchový záznam událostí působení ochrany, který je na obrázku 23. Ze záznamu je patrné, že vyhodnocená vzdálenost není úplně identická, což je ovšem způsobeno proudovou a napětovou smyčkou na vstupu ochrany. Při testování ochrany na dílně byl CMC 353 připojen samostatně rovnou k ochraně. V reálu na transformovně je zdroj tzn. PTP a PTN umístěn v poli a ochrana je umístěna v domku.

SINATIC		STRIBRO / 110 kV/ V1273 Vra-7SA511 V03.2/ 22.04.2016 16:36:36	
		7SA511	
STRIBRO			
110 kV			
V1273 Vra-7SA511 V03.2			
7SA511*****22063 V03.2x			
Störfallmeldungen 22.04.2016 16:36:36			
Nr.	Meldung	Wert	Datum / Zeit
2851	WE: Einkommando	kommend	464 ms
1114	FO Errechnete Fehlerresis.Ohm prim.	1.22 Ohm	83 ms
1115	FO Errechnete Fehlerreakt.Ohm prim.	1.74 Ohm	83 ms
1117	FO Errechnete Fehlerresist.Ohm sek.	0.44 Ohm	83 ms
1118	FO Errechnete Fehlerreakt. Ohm sek.	0.63 Ohm	83 ms
1120	FO Fehlerdistanz in % Ltgs.länge d=	110.2 %	83 ms
1119	FO Errechnete Fehlerdist. in km d=	4.3 km	83 ms
1116	FO Fehlerortberechnung Schleife L3-E	-0.03 Ohm	83 ms
1114	FO Errechnete Fehlerresis.Ohm prim.	-0.03 Ohm	19 ms
1115	FO Errechnete Fehlerreakt.Ohm prim.	-0.10 Ohm	19 ms
1117	FO Errechnete Fehlerresist.Ohm sek.	-0.01 Ohm	19 ms
1118	FO Errechnete Fehlerreakt. Ohm sek.	-0.03 Ohm	19 ms
1120	FO Fehlerdistanz in % Ltgs.länge d=	-5.1 %	19 ms
1119	FO Errechnete Fehlerdist. in km d=	-0.2 km	19 ms
1116	FO Fehlerortberechnung Schleife L3-L1	kommend	19 ms
2814	WE: 3polige KU-Pausenzeit läuft	kommend	160 ms
0511	Schutz(allg.) Generalauslösung	gehend	156 ms
0502	Schutz(allg.) Anregerückfall	kommend	134 ms
3703	Dist. ausgewählte Schleife L3E vorwärts	gehend	125 ms
3706	Dist. ausgewählte Schleife L31 vorwärts	gehend	67 ms
3703	Dist. ausgewählte Schleife L3E vorwärts	kommend	67 ms
3688	Dist. Anregung Phase L3-E	kommend	66 ms
2801	WE-Automatik angeworfen	kommend	18 ms
0523	abgeschalteter Strom L3 I/In=	0.2	9 ms
0522	abgeschalteter Strom L2 I/In=	0.2	9 ms
0521	abgeschalteter Strom L1 I/In=	0.2	9 ms
3706	Dist. ausgewählte Schleife L31 vorwärts	kommend	5 ms
3805	Auslösung Distanzschutz 3polig	kommend	1 ms
3693	Dist. Anregung Phasen L1-L2-L3	kommend	0 ms
0302	Störfall	2983 kommend	22.04.16 16:16:33.822
0301	Netzstörung	2973 kommend	22.04.16 16:16:33.822

Obrázek 23. Výpis poruchových hlášení z ochrany 7SA511 vygenerovaného přes CMC 353

Při kontrolním testování ochrany jsem potvrdil správnou funkčnost ochrany 7SA511 tak, že jsem ochranu vybudil stejnými proudovými a napěťovými hodnotami, které byly při reálné poruše. Pro následné otestování ochrany jsem ještě upravil nastavení dle naměřených parametrů z CPC-100. Provedl jsem ještě další měření reálnou poruchou pomocí CMC 353,

kteřé je vidět na obrázku 24. Identická porucha se chová stejně, působila první zóna fáze L3

STRIBRO / 110 kV/ V1273 Vra-7SA511 7SA511				09.05.2016 10:08:45
STRIBRO				
110 kV				
V1273 Vra-7SA511				
7SA511*				
Störfallmeldungen 09.05.16 09:42:35.138				
Nr.	Meldung	Wert	Datum / Zeit	
1114	FO Errechnete Fehlerresis.Ohm prim.	0.90 Ohm	83 ms	
1115	FO Errechnete Fehlerreakt.Ohm prim.	1.69 Ohm	83 ms	
1117	FO Errechnete Fehlerresist.Ohm sek.	0.33 Ohm	83 ms	
1118	FO Errechnete Fehlerreakt. Ohm sek.	0.61 Ohm	83 ms	
1120	FO Fehlerdistanz in % Ltgs.länge d=	105.1 %	83 ms	
1119	FO Errechnete Fehlerdist. in km d=	4.1 km	83 ms	
1116	FO Fehlerortberechnung Schleife L3-E	-0.06 Ohm	83 ms	
1114	FO Errechnete Fehlerresis.Ohm prim.	-0.06 Ohm	19 ms	
1115	FO Errechnete Fehlerreakt.Ohm prim.	0.29 Ohm	19 ms	
1117	FO Errechnete Fehlerresist.Ohm sek.	-0.02 Ohm	19 ms	
1118	FO Errechnete Fehlerreakt. Ohm sek.	0.10 Ohm	19 ms	
1120	FO Fehlerdistanz in % Ltgs.länge d=	17.9 %	19 ms	
1119	FO Errechnete Fehlerdist. in km d=	0.7 km	19 ms	
1116	FO Fehlerortberechnung Schleife L3-L1	gehend	19 ms	
0511	Schutz(allg.) Generalauslösung	gehend	163 ms	
0502	Schutz(allg.) Anregerückfall	kommend	133 ms	
3703	Dist. ausgewählte Schleife L3E vorwärts	gehend	124 ms	
3706	Dist. ausgewählte Schleife L3l vorwärts	gehend	65 ms	
3703	Dist. ausgewählte Schleife L3E vorwärts	kommend	65 ms	
3688	Dist. Anregung Phase L3-E	kommend	65 ms	
2785	WE-Automatik dynamisch blockiert intern	kommend	9 ms	
0523	abgeschalteter Strom L3 I/In=	0.2	8 ms	
0522	abgeschalteter Strom L2 I/In=	0.2	8 ms	
0521	abgeschalteter Strom L1 I/In=	0.2	8 ms	
3706	Dist. ausgewählte Schleife L3l vorwärts	kommend	1 ms	
3805	Auslösung Distanzschutz 3polig	kommend	1 ms	
3693	Dist. Anregung Phasen L1-L2-L3	kommend	0 ms	
0302	Störfall	2994 kommend	09.05.16 09:42:35.138	
0301	Netzstörung	2983 kommend	09.05.16 09:42:35.138	

Obrázek 24. Výpis poruchových hlášení z ochrany 7SA511 po úpravě parametrů

proti zemi. Hodnota přenášené vzdálenosti se nepatrně liší, což odpovídá změně nastavení zemních poměrů v ochraně. Ochrana vyhodnotila reálnou a naimportovanou poruchu stejně, potvrdil jsem správnou funkci ochrany, která je potvrzena i z poruchových záznamů událostí.

Závěr

V úvodní části jsem popsal část sítě, které se ve své diplomové práci věnuji. Ve své práci jsem se zmínil o jejím zapojení do soustavy 110kV, stručně jsem podotknul historii zapojení sítě a uvedl jsem důvody současného vzniku a způsobu zapojení vedení. Rovněž jsem uvedl technické parametry vedení.

Druhá část mé práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Nejprve v teoretické části jsem se zaměřil na rozbor a odvození vzorečků potřebných pro následný výpočet v praktické části. Popisuji zde postup odvození a uvádím popisy jednotlivých částí výpočtů. Samotným výsledkem této teoretické části jsou vzorečky pro výpočet rezistance R a reaktance X . V praktické části používám odvozené vzorečky k výpočtu parametrů vedení, s konkrétními parametry vedení zkoumané sítě.

Třetí část mé práce je praktická práce v terénu na mnou popsaných transformovných jednotlivých vedení. Nejprve jsem popsal jednotlivé části celé soupravy zkušebního zařízení CPC-100. Uvedl jsem také postup měření, který je důležitý pro získání naměřených výsledných hodnot parametrů vedení. Pomocí zkušebního zařízení Omicron CPC-100 a jeho přídatných součástí jsem změřil parametry všech jednotlivých vedení zkoumané sítě, které ve své práci uvádím. Výsledné hodnoty mého měření jsem zpracoval do přehledných tabulek, vždy pro každé vedení samostatně. Z přehledných tabulek je patrné, že CPC-100 měří pouze rezistanci R a reaktanci X v sousledné a nulové složkové soustavě. Dalším výsledkem měření v tabulkách jsou parametry RE/RL a XE/XL používané při nastavení distančních ochran. V poslední části této kapitoly v tabulce 10. porovnávám výsledné vypočítané a naměřené hodnoty.

Ve čtvrté a páté části jsem využil získaných výsledků ze třetí části k ověření vlivu rozdílů parametrů vedení na nastavení distanční ochrany a vlivu na změnu působení ochrany při reálné poruše vzniklé v síti vedení vvn. U mnou porovnávané distanční ochrany se ukázalo, že rozdíly mezi parametry vypočítanými a naměřenými jsou u sousledné složky přibližně 18% a u nulové složky přibližně 12%. V laboratorních podmínkách jsem použil reálnou poruchu nejdříve pro vypočítané nastavení a posléze podle reálného nastavení parametrů. Po změně

nastavení parametrů jsem ochranu opětovně otestoval. Výsledkem bylo působení ve stejné zóně a ve stejném čase. Rozdíl byl u naměřené vzdálenosti poruchy, ve velikosti 4 %. Já osobně předpokládám, že naměřené hodnoty parametrů vedení přístrojem CPC-100, jsou přesnější, než vypočítané hodnoty. Naměřené hodnoty jsem změřil přímo na konkrétních vedeních, při konkrétních podmínkách specifických pro dané vedení. Naopak při výpočtu například uvažuji stejné zemní poměry v celé délce vedení. Dalším možným příkladem rozdílu hodnot může být rozdílná vzdálenost vodičů od sebe, při použití jiného typu izolátorů, než které uvažuji ve výpočtu. Samozřejmě je také nutno předpokládat, že se liší i vzdálenost vodičů od země v závislosti na členitosti terénu.

Závěrem bych chtěl podotknout, že rozdíly mezi těmito dvěma metodami v mnou ověřovaném případě jsou malé. Ovšem ve skutečnosti, mohou i tyto malé rozdíly parametrů způsobit „nesprávné působení“ distanční ochrany při poruchách na pomezí, nebo-li v těsné blízkosti dvou zón. V krajním případě by mohlo dojít ke zpoždění vypnutí ochrany, a s tím související daleko horší následky způsobených poruchou. Musím také připomenout ještě další hledisko. Naměřená vzdálenost do poruchy v dnešní době slouží k vyslání poruchové čety na přesně vymezený úsek vedení. Například 10% chyba v měření vzdálenosti při průměrné délce vedení 20km znamená nárůst kontrolovaného vedení oboustranně o 2km.

Nesmím opomenout také na navazující obvody k ochranám, které společně s ochranou zajišťují bezpečnost a spolehlivost chránění vedení. S výrobou nových technologií a nových izolačních materiálů použitých v PTP a PTN je dosaženo nejpřesnějších hodnot na vstupu do ochrany z PT, které zvyšují správnou a přesnou funkci ochrany vedení. Společně s použitím s novými výkonovými vypínači, ve kterých jsou rovněž využity nové technologie a izolační materiály, zaručují digitální ochrany tu nejspolehlivější funkci pro maximální bezpečnost a spolehlivost chránění na vedeních vvn.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] SCHEJBAL Konstantin, Jiřina Mertlová. Elektroenergetika II. 1.část, ZČU Plzeň, 1998, 124s
- [2] SCHEJBAL Konstantin, Jiřina Mertlová. Elektroenergetika II. 2.část, ZČU Plzeň, 1998, 223s
- [3] MERTLOVÁ Jiřina, Lucie Noháčová. Elektrické stanice a vedení, Západočeská univerzita v Plzni, 2008,168s
- [4] MÜHLBACHER Jan, Karel Noháč. Přechodové jevy v elektrizačních soustavách, ZČU Plzeň, 1995, 71s
- [5] MERTLOVÁ Jiřina, Pavla Hejtmánková. Teorie přenosu a rozvodu elektrické energie, Západočeská univerzita v Plzni, 2004, 189s
- [6] BERAN Miloš, Mertlová Jiřina, Mühlbacher Jan, Noháč Karel. VÝPOČET PARAMETRŮ VENKOVNÍHO VEDENÍ VVN, Západočeská univerzita v Plzni, OHČ - 22 – 9009
- [7] HODINKA Miloslav, Štefan Fecko, František Němeček. Přenos a rozvod elektrické energie. SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989, 322s
- [8] Heřman Josef a kolektiv. Příručka silnoproudé elektrotechniky. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1986, 1028 s.
- [9] OMICRON electronics GmgH. CP CU1 Referenční příručka
- [10] OMICRON electronics GmgH. Dostupné z <https://www.omicron.at/>
- [11] Starkstrom-freileitungen, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie – Leipzig, 1965
- [12] REIS Ladislav, Karel Malý, Zdeněk Pavlíček, František Němeček. Teoretická Elektroenergetika I. Vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatury n.p. Bratislava, 1977, 420 s.
- [13] REIS Ladislav, Karel Malý, Zdeněk Pavlíček, František Němeček. Teoretická Elektroenergetika II. Vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatury n.p. Bratislava, 1971, 440 s.
- [14] LIST Vladimír. Souměrné složky. EVČ - Elektrotechnický Svaz českomoravský, 1944
- [15] Ochrany pro energetiku, Siemens Česká republika.
http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sector_energy/automatizace_pro_energetiku/ochrany_pro_energetiku/Pages/Ochranyprouenergetiku.aspx

Přílohy

Příloha A - Soubor dat z měření vedení V1271 přístrojem CPC-100

Měření jsem provedl 5.5 2014.



Temperaturkorrektur:

Material	Al
Messtemperatur	12°C
Referenztemperatur	25°C
Korrekturfaktor für Temperatur	1,054

Messungen:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: $Z_{L1} + Z_{L2}$	10,803	26,019	28,173	67,45°
L2-L3: $Z_{L2} + Z_{L3}$	10,828	28,734	30,707	69,35°
L3-L1: $Z_{L3} + Z_{L1}$	10,796	26,106	28,250	67,53°
L1-E: $Z_{L1} + Z_E$	7,049	19,828	21,044	70,43°
L2-E: $Z_{L2} + Z_E$	6,971	19,886	21,072	70,68°
L3-E: $Z_{L3} + Z_E$	7,175	19,496	20,774	69,80°
L1L2L3-E: $Z_{L1}/Z_{L2}/Z_{L3} + Z_E$	3,480	10,740	11,290	72,05°

Zwischenergebnisse

Impedanz-Ergebnisse:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Mitimpedanz Z_1	5,404	13,477	14,520	68,15°
Nullimpedanz Z_0	10,440	32,221	33,870	72,05°

$$k_L = Z_E / Z_L$$

R_E / R_L und X_E / X_L

k-Faktor

R_E/R_L [1]	X_E/X_L [1]
0,311	0,464

Individuelle Faktoren für die versch. Phasen:

Berechnete Werte:

$$k_0 = Z_0 / Z_1$$

Příloha B – Soubor dat z měření vedení V1272 přístrojem CPC-100

Měření jsem provedl 6.5 2014.



Temperaturkorrektur:

Material	Al
Messtemperatur	25°C
Referenztemperatur	25°C
Korrekturfaktor für Temperatur	1,000

Messungen:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: $Z_{L1} + Z_{L2}$	6,184	16,920	18,014	69,92°
L2-L3: $Z_{L2} + Z_{L3}$	6,146	15,212	16,407	68,00°
L3-L1: $Z_{L3} + Z_{L1}$	6,137	15,397	16,575	68,27°
L1-E: $Z_{L1} + Z_E$	4,186	11,666	12,394	70,26°
L2-E: $Z_{L2} + Z_E$	4,059	11,942	12,613	71,23°
L3-E: $Z_{L3} + Z_E$	4,077	11,826	12,509	70,98°
L1L2L3-E: $Z_{L1}/Z_{L2}/Z_{L3} + Z_E$	2,057	6,527	6,843	72,51°

Zwischenergebnisse

Impedanz-Ergebnisse:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Mitimpedanz Z_1	3,078	7,921	8,498	68,77°
Nullimpedanz Z_0	6,170	19,580	20,529	72,51°

$$k_L = Z_E / Z_L$$

R_E / R_L und X_E / X_L

k-Faktor

R_E/R_L [1]	X_E/X_L [1]
0,335	0,491

Individuelle Faktoren für die versch. Phasen:

Berechnete Werte:

$$k_0 = Z_0 / Z_1$$

Příloha C – Soubor dat z měření vedení V1273 přístrojem CPC-100

Měření jsem provedl 12.11 2014



Temperaturkorrektur:

Material	Al
Messtemperatur	10°C
Referenztemperatur	25°C
Korrekturfaktor für Temperatur	1,062

Messungen:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: $Z_{L1} + Z_{L2}$	1,245	3,048	3,293	67,78°
L2-L3: $Z_{L2} + Z_{L3}$	1,249	3,361	3,586	69,61°
L3-L1: $Z_{L3} + Z_{L1}$	1,243	3,065	3,307	67,92°
L1-E: $Z_{L1} + Z_E$	1,006	2,500	2,695	68,08°
L2-E: $Z_{L2} + Z_E$	1,019	2,557	2,752	68,27°
L3-E: $Z_{L3} + Z_E$	1,007	2,392	2,595	67,17°
L1L2L3-E: $Z_{L1} // Z_{L2} // Z_{L3} + Z_E$	0,600	1,428	1,549	67,21°

Zwischenergebnisse

Impedanz-Ergebnisse:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Mitimpedanz Z_1	0,623	1,579	1,697	68,47°
Nullimpedanz Z_0	1,800	4,283	4,646	67,21°

$$k_L = Z_E / Z_L$$

R_E / R_L und X_E / X_L

k-Faktor

R_E/R_L [1]	X_E/X_L [1]
0,630	0,571

Individuelle Faktoren für die versch. Phasen:

Berechnete Werte:

$$k_0 = Z_0 / Z_1$$

Příloha D – Soubor dat z měření vedení V1274 přístrojem CPC-100

Měření jsem provedl 6.5 2014



Temperaturkorrektur:

Material	Al
Messtemperatur	22°C
Referenztemperatur	22°C
Korrekturfaktor für Temperatur	0,998

Messungen:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
L1-L2: $Z_{L1} + Z_{L2}$	7,670	20,486	21,875	69,47°
L2-L3: $Z_{L2} + Z_{L3}$	7,693	19,258	20,738	68,22°
L3-L1: $Z_{L3} + Z_{L1}$	7,673	18,910	20,407	67,91°
L1-E: $Z_{L1} + Z_E$	5,379	14,952	15,890	70,21°
L2-E: $Z_{L2} + Z_E$	5,232	15,188	16,063	70,99°
L3-E: $Z_{L3} + Z_E$	5,341	15,007	15,929	70,41°
L1L2L3-E: $Z_{L1} // Z_{L2} // Z_{L3} + Z_E$	2,752	8,530	8,964	72,12°

Zwischenergebnisse

Impedanz-Ergebnisse:

	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	Phi (°)
Mitimpedanz Z_1	3,839	9,776	10,503	68,56°
Nullimpedanz Z_0	8,257	25,591	26,891	72,12°

$$k_L = Z_E / Z_L$$

R_E / R_L und X_E / X_L

k-Faktor

R_E/R_L [1]	X_E/X_L [1]
0,384	0,539

Individuelle Faktoren für die versch. Phasen:

Berechnete Werte:

$$k_0 = Z_0 / Z_1$$

Příloha E – Technické údaje přístroje CPC-100 a CP CU1

Pro doplnění potřebných informací přepsány autorem textu technické údaje, které jsou převzaty z referenční příručky pro testovací a měřicí zařízení Omicron pro měření parametrů vedení 110kV. Tabulka 11. znázorňuje výstupní rozsahy Boosteru, které je schopen vybudit pro testovaný prvek. Další tabulka obsahuje informace o měřících transformátorech, jejich převod a třídu přesnosti, které jsou obsaženy v tabulce 12. Následující tabulka 13. ukazuje výstupní výkon zařízení. Přesnosti přístroje jsou zobrazeny v tabulce 14. Použití přístroje a pro jaké podmínky jsou popsány v tabulce 15.

Tabulka 11. Výstupní rozsahy CP CU1

Rozsah	Proud	Napětí zdroje pro > 45Hz
10A	0...10A ef	500V ef
20A	0...20A ef	250V ef
50A	0...50A ef	100V ef
100A	0...100A ef	50V ef

Tabulka 12. Měřící transformátory CP CU1

Transformátor	Převod	Přesnost pro 50/60Hz
Napěťový transformátor	600V : 30V	třída 0,1
Proudový transformátor	100A : 2,5A	třída 0,1

Tabulka 13. Výstupní výkon CPC-100 a CP CU1

Veličina	Jmenovité údaje
Maximální výkon	5000VA (45...70Hz), $\cos\varphi < 1,0$ pro 8s při napájecím napětí 230V AC
	5000VA (45...70Hz), $\cos\varphi < 1,0$ pro 8s při napájecím napětí 115V AC
Trvalý výkon	0...1600VA
Frekvence	15...400Hz (15...45Hz při redukovaném napětí)

Tabulka 14. Přesnost CPC-100 a CP CU1

Rozsah Impedance	Typ. přesnost abs. hodnoty (Z)	Typ. přesnost fázového úhlu	Napětí V SENSE	Proud I OUT	Proudový rozsah
0,05...2Ω	1,0...0,5%	1,5...0,8°	5...20V	100A	100A
0,2...2Ω	0,5...0,3%	0,8...0,5°	20...50V	100...25A	100A
2...5Ω	0,30%	0,5°	100V	50...20A	50A
2...25Ω	0,30%	0,5°	100...250V	20...10A	20A
25...300Ω	0,3...1%	0,5...1,5°	250...500V	10...1,5A	10A

Tabulka 15. Podmínky prostředí pro CP CU1 a CP GB1

Veličina	Jmenovité údaje
Provozní teplota	-10...+55°C
Teplota pro přepravu a skladování	-20...+70°C
Relativní vlhkost	5...95%, bez kondenzace
Bezpečnost	EN 61010-1
Příprava pro	IEEE 510, EN 50191 (VDE 0104) EN 50110-1 (VDE 0105 část 100) LAPG 1710.6 NASA "Electrical Safety"
Krytí	IP20

Příloha F – Digitální teploměr pro měření venkovní teploty

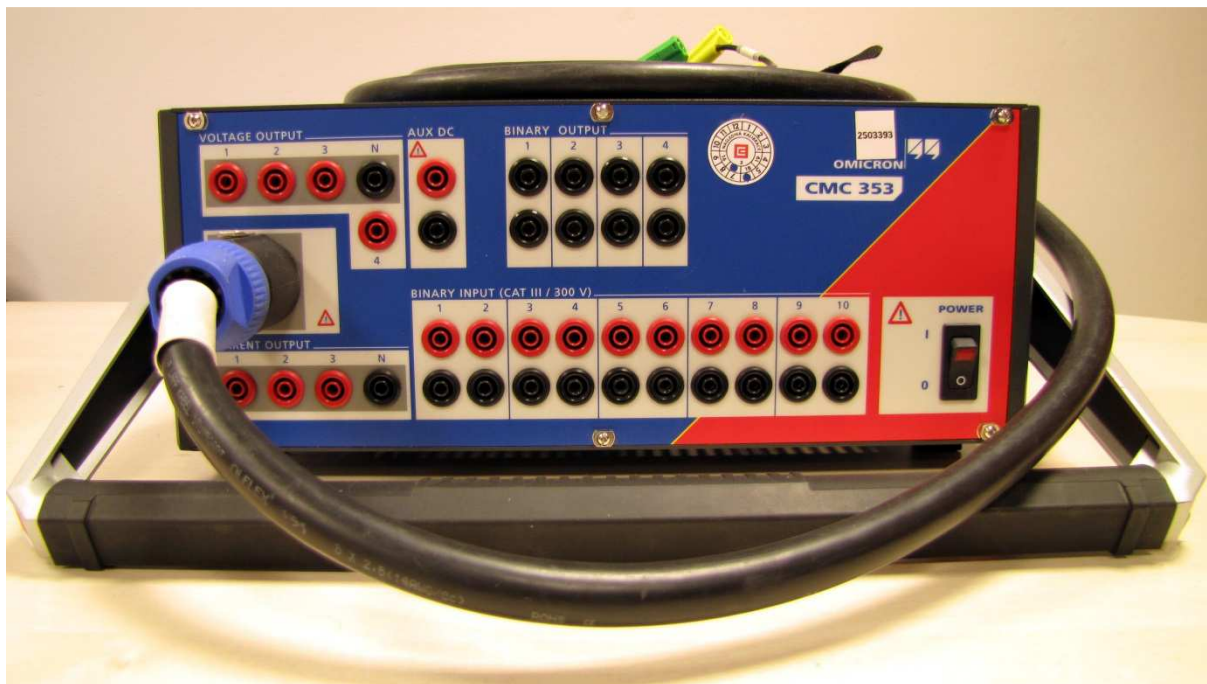
Digitální teploměr na obrázku 25. je vyroben firmou FREISINGER electronic, typu GMH 3710. Výrobní číslo je 22704.



Obrázek 25. Digitální teploměr firmy GREISINGER

Příloha G – Omicron CMC 353 pro sekundární testování digitálních ochran

Zobrazení sekundárního testovacího zařízení CMC 353 od firmy Omicron na obrázku 26. pro sekundární zkoušení a testování ochran a možné generování již vytvořené reálné poruchy získané z digitální ochrany z poruchového záznamu.



Obrázek 26. Sekundární testovací zařízení CMC 353 od firmy Omicron

Na obrázku 27. jsou zobrazeny základní technické údaje o testovacím a diagnostickém zařízení CMC 353.



Obrázek 27. Základní technické údaje o CMC 353

Příloha H – Výpis poruchového hlášení z působení ochrany

Přikládám v elektronické podobě poruchový výpis událostí ze dne 21.9.2015 z ochrany 7SA 511. Soubory je možné si prohlédnout v programu Sigrá od firmy Siemens.



STŘÍBRO V1273.CFG



STŘÍBRO V1273.DAT