



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## TELEMETRIE A DISPEČERSKÉ ŘÍZENÍ MŘÍŽOVÉ SÍTĚ NÍZKÉHO NAPĚTÍ

TELEMETRY AND DISPATCH CONTROL OF LOW VOLTAGE GRID

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Gála

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

BRNO 2019

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

**Student:** Bc. Michal Gála

**ID:** 154722

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2018/19

## NÁZEV TÉMATU:

**Telemetrie a dispečerské řízení mřížové sítě nízkého napětí**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Mřížové sítě - základní teorie, rozdělení, způsob provozu a popis výpočtu
2. Stávající vybavení rozváděčů NN mřížové sítě
3. Dispečerské řízení sítí nn - aktuální stav a plánovaný rozvoj
4. Analýza poruchových stavů zadané oblasti NN mřížové sítě
5. Návrh doplnění rozváděčů NN mřížové sítě pro podporu dispečerského řízení sítě nn

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 4.2.2019

**Termín odevzdání:** 22.5.2019

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

**Konzultant:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
*předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

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

Bibliografická citace práce:

GÁLA, Michal. *Telemetrie a dispečerské řízení mřížové sítě nízkého napětí* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/119183>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Petr Toman.

Ďakujem môjmu vedúcemu práce doc. Ing. Petrovi Tomanovi, Ph.D. za odborné rady, ochotu a usmernenie pri spracovávaní diplomovej práce.

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Telemetrie a dispečerské řízení mřížové sítě nízkého napětí jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 22.05.2019

.....

podpis autora

## ABSTRAKT

Obsah diplomovej práce je úvod do problematiky mrežových sietí, spôsob dispečerského riadenia týchto sietí a popis technológie využitej v napájacích uzloch mrežových sietí mesta Brna. Ďalej sú v práci popísané nízkonapäťové rozvádzače použité v týchto mrežových sieťach. V práci je uvedený vývoj dispečerského riadenia spoločnosti *ECD*. Vývoj zachytáva spôsob dispečerského riadenia sietí pred nasadením systému *OMS* a zmeny, ktoré nastali po jeho nasadení. Taktiež sú v práci uvedené vylepšenia procesov nového systému, ktoré sú tiež výsledkom diplomovej práce. Vylepšenia sú zapracované do systému *OMS* a slúžia k efektívnejšiemu dispečerskému riadeniu sietí *NN*. Detailnejšie je v práci prevedený rozbor mrežovej siete Brno – Bohunice, ktorá je predmetom analýzy v praktickej časti práce.

V rámci praktickej časti sú prevedené analýzy nameraných hodnôt ustáleného stavu a analýzy nameraných hodnôt poruchových stavov mrežovej siete. Analýzy posudzujú výkonové zaťaženie napájacích transformátorov, minimálny a maximálny fázový prúd a maximálne výkonové zaťaženie v pozorovanom čase. Analýza nameraných dát je taktiež doplnená o zhodnotenie rozdielu fázových hodnôt prúdu, rozdielu fázových a združených hodnôt napätia. Na základe výsledkov analýzy a spôsobe získania dát sa v práci nachádza návrh doplnenia funkcie rozvádzačov pre podporu dispečerského riadenia mrežovej siete Brno – Bohunice. V závere práce sa nachádza porovnanie výsledkov reálnej a teoretickej analýzy. V rámci teoretickej analýzy bol na základe vstupných parametrov siete vytvorený experimentálny model mrežovej siete Brno – Bohunice v programe PS CAD.

**KEÚČOVÉ SLOVÁ:** Mrežová sieť, Rozvádzač NN, Poruchový stav mrežovej siete, Plánovaná odstávka, Systém riadenia incidentov, Dispečerské riadenie, Distribučné územie.

## ABSTRACT

The contents of this thesis are the introduction to mesh grids, the method of dispatch control of these grids and the description of technology used in mesh grids distribution nodes in the city of Brno. This thesis also describes low voltage switchgears used in these types of grids. The development of dispatch control in *ECD* company is also mentioned. The development describes the grid dispatch control methods prior to implementing the *OMS* system and the changes which followed after the implementation. The process improvements of the new system resulting from this thesis can be found in this thesis as well. The improvements are incorporated in the *OMS* system and are used for more efficient dispatch control of the low voltage mesh grids. There is a more detailed analysis of the mesh grid Brno – Bohunice in the practical part of this thesis.

The practical part contains analyses of mesh grids stabilized conditions measurements and analyses of mesh grids fault conditions measurements. The analyses assess the power load in transformers, minimal and maximal phase current and maximal power load at the time they were observed. The analysis of the measured data is accompanied by the assessment of differences in current phase measurements and differences in voltage phase and combined measurements. The result, based on the analysis and collection of the data, is a proposition of adding switchgears for the support of the dispatch control of the mesh grid Brno – Bohunice. In the summary of the thesis there is a comparison of the result of the factual and theoretical analysis. An experimental model of the mesh grid Brno – Bohunice was created in PS CAD software as a part of the theoretical analysis.

**KEY WORDS:**

Mesh grid, Low Voltage Switchgear, Fault Condition of a Mesh Grid, Planned Shutdown, Outage Management System, Dispatch Control, Distribution Area.

# OBSAH

|                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ABSTRAKT .....</b>                                                                                                      | <b>4</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                                                      | <b>5</b>  |
| <b>OBSAH.....</b>                                                                                                          | <b>6</b>  |
| <b>ZOZNAM OBRÁZKOV.....</b>                                                                                                | <b>8</b>  |
| <b>ZOZNAM TABULIEK.....</b>                                                                                                | <b>11</b> |
| <b>ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>                                                                                     | <b>13</b> |
| <b>1 ÚVOD.....</b>                                                                                                         | <b>16</b> |
| <b>2 CIELE PRÁCE.....</b>                                                                                                  | <b>17</b> |
| <b>3 MREŽOVÉ SIETE – ZÁKLADNÁ TEÓRIA, ROZDELENIE, SPÔSOB PREVÁDZKY A VÝPOČET .....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>3.1 KLASICKÉ MREŽOVÉ SIETE .....</b>                                                                                    | <b>18</b> |
| 3.1.1 JEDNOSYSTÉMOVÁ MREŽOVÁ SIET' .....                                                                                   | 19        |
| 3.1.2 VIACSYSTÉMOVÁ MREŽOVÁ SIET' .....                                                                                    | 20        |
| <b>3.2 ZJEDNODUŠENÁ MREŽOVÁ SIET'.....</b>                                                                                 | <b>21</b> |
| <b>3.3 VŠEOBECNÝ SPÔSOB PREVÁDZKY MREŽOVEJ SIETE .....</b>                                                                 | <b>23</b> |
| <b>3.4 SPÔSOB PREVÁDZKY MREŽOVEJ SIETE BRNO - STŘED .....</b>                                                              | <b>24</b> |
| 3.4.1 POUŽITÉ TECHNOLOGIE V MREŽOVEJ SIETI BRNO - STŘED .....                                                              | 25        |
| 3.4.2 KOMUNIKAČNÉ TECHNOLOGIE PRE PRENOS INFORMÁCIÍ .....                                                                  | 26        |
| 3.4.3 PREVÁDZKOVÉ SKÚSENOSTI, VÝHODY A NEVÝHODY MREŽOVEJ SIETE BRNO – STŘED .....                                          | 27        |
| <b>3.5 MREŽOVÁ SIET' BRNO - BOHUNICE .....</b>                                                                             | <b>27</b> |
| 3.5.1 POUŽITÉ TECHNOLOGIE V MREŽOVEJ SIETI BRNO - BOHUNICE .....                                                           | 28        |
| <b>3.6 POPIS VÝPOČTU MREŽOVEJ SIETE .....</b>                                                                              | <b>29</b> |
| 3.6.1 RIADIACI INFORMAČNÝ SYSTÉM POUŽÍVANÝ V E.ON DISTRIBUCE A.S. ....                                                     | 31        |
| <b>4 SÚČASNÉ VYBAVENIE ROZVÁDZAČOV NN V MREŽOVÝCH SIETÁCH MESTA BRNA..</b>                                                 | <b>32</b> |
| <b>4.1 KONŠTRUKCIE ROZVÁDZAČOV TYPU RST .....</b>                                                                          | <b>32</b> |
| <b>4.2 ROZVÁDZAČ RST 1099/4835.....</b>                                                                                    | <b>33</b> |
| 4.2.1 ROZVÁDZAČE RST 1099/4835 –P, -L .....                                                                                | 33        |
| 4.2.2 ROZVÁDZAČE RST 1099/4835 -H.....                                                                                     | 34        |
| <b>4.3 ROZVÁDZAČ RST 1099/41235.....</b>                                                                                   | <b>35</b> |
| <b>4.4 SPOLOČNÁ VÝBAVA ROZVÁDZAČOV RST 1099/4835 A RST 1099/41235 V MREŽOVEJ SIETI BRNO – STŘED A BRNO - BOHUNICE.....</b> | <b>35</b> |
| <b>4.5 STOJANY ROZVÁDZAČOV NN V MREŽOVEJ SIETI BRNO-STŘED A BRNO-BOHUNICE .....</b>                                        | <b>41</b> |
| <b>5 DISPEČERSKÉ RIADENIE SIETÍ NN .....</b>                                                                               | <b>42</b> |
| <b>5.1 STAV DISPEČERSKÉHO RIADENIA SIETÍ NN DO 31.12.2018.....</b>                                                         | <b>42</b> |
| 5.1.1 PORUCHOVÉ STAVY V SIETI NN .....                                                                                     | 43        |
| 5.1.2 PLÁNOVANÉ ODSTÁVKY NN.....                                                                                           | 43        |
| <b>5.2 AKTUÁLNY STAV DISPEČERSKÉHO RIADENIA SIETÍ NN .....</b>                                                             | <b>44</b> |

---

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.1 GRAFICKÁ PREZENTÁCIA SIETE NN V DISPEČERSKOM SYSTÉME RIS .....                        | 46 |
| 5.3 EVIDENCIA PRÍKAZOV B PPN NA HLADINE NN .....                                            | 50 |
| 5.4 VYLEPŠENIA PROCESOV V OMS .....                                                         | 51 |
| 6 ANALÝZA PREVÁDZKOVÉHO STAVU REÁLNYCH DÁT MREŽOVEJ SIETE BRNO –<br>BOHUNICE .....          | 53 |
| 6.1 ZÍSKANIE DÁT .....                                                                      | 54 |
| 6.1.1 TECHNOLÓGIA T3 .....                                                                  | 55 |
| 6.1.2 DÁTA Z TECHNOLÓGIE T3.....                                                            | 55 |
| 6.2 ZPRACOVANIE A VYHODNOTENIE REÁLNYCH DÁT MREŽOVEJ SIETE .....                            | 55 |
| 7 ANALÝZA PORUCHOVÝCH STAVOV MREŽOVEJ SIETE BRNO - BOHUNICE .....                           | 64 |
| 7.1 ANALÝZA REÁLNEJ PORUCHY .....                                                           | 64 |
| 7.2 ANALÝZA REÁLNE SIMULOVANÝCH ABNORMÁLNYCH STAVOV .....                                   | 70 |
| 7.2.1 NAMERANÉ HODNOTY POMOCOU TECHNOLÓGIÍ T1 A T2 .....                                    | 70 |
| 7.2.2 NAMERANÉ HODNOTY POMOCOU DOČASNE INŠTALOVANEJ TECHNOLÓGIE T3.....                     | 74 |
| 7.3 POROVNANIE HODNÔT VYTVORENÉHO MODELU A REÁLNEHO MERANIA PRI PORUCHOVÝCH<br>STAVOCH..... | 77 |
| 8 NÁVRH DOPLNENIA ROZVÁDZAČOV PRE PODPORU DISPEČERSKÉHO RIADENIA ....                       | 81 |
| 8.1 TECHNOLÓGIA T1 .....                                                                    | 81 |
| 8.2 TECHNOLÓGIA T2 .....                                                                    | 81 |
| 8.3 TECHNOLÓGIA T3 .....                                                                    | 82 |
| 8.4 TELEMETRICKÉ FUNKCIE TECHNOLÓGIÍ V MREŽOVEJ SIETI BRNO - BOHUNICE .....                 | 82 |
| 8.5 DOPAD ANALÝZ NA NÁVRH DOPLNENIA TECHNOLÓGIÍ.....                                        | 84 |
| 9 ZÁVER.....                                                                                | 85 |
| POUŽITÁ LITERATÚRA .....                                                                    | 88 |
| PRÍLOHA A .....                                                                             | 90 |
| PRÍLOHA B.....                                                                              | 93 |
| PRÍLOHA C .....                                                                             | 98 |

## ZOZNAM OBRÁZKOV

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Obr. 1: Napájanie jednosystémovej mrežovej siete[3]</i> .....                                                | 20 |
| <i>Obr. 2: Napájanie jednosystémovej mrežovej siete s prestriedanými napájacími vedeniami VN[3]</i><br>.....    | 20 |
| <i>Obr. 3: Napájanie dvojsystémovej mrežovej siete[3]</i> .....                                                 | 21 |
| <i>Obr. 4: Zjednodušená mrežová sieť[3]</i> .....                                                               | 23 |
| <i>Obr. 5: Jednopolová schéma rozvádzača VN ORMAZABAL GA 2K I TS</i> .....                                      | 25 |
| <i>Obr. 6: Jednopolová schéma rozvádzača VN Siemens 8DH10[24]</i> .....                                         | 29 |
| <i>Obr. 7: Jednopolová schéma rozvádzačov RST 1099/4835 -P, -L spojených poistkovým<br/>odpájačom[12]</i> ..... | 34 |
| <i>Obr. 8: Jednopolová schéma rozvádzača RST 1099/4835 -H[12]</i> .....                                         | 35 |
| <i>Obr. 9: Jednopolová schéma rozvádzača RST 1099/41235[12]</i> .....                                           | 35 |
| <i>Obr. 10: Univerzálny monitor U2[14]</i> .....                                                                | 38 |
| <i>Obr. 11: Smerová ochrana S2[14]</i> .....                                                                    | 38 |
| <i>Obr. 12: Digitálny multimeter DM1[14]</i> .....                                                              | 40 |
| <i>Obr. 13: Jednotka monitoru NN vývodov SM2[14]</i> .....                                                      | 40 |
| <i>Obr. 14: Nahlásená porucha na odberné miesto po zásahu dispečera NN[18][21]</i> .....                        | 45 |
| <i>Obr. 15: Karta prípravy NN požiadavkov pre technika RS[18][21]</i> .....                                     | 46 |
| <i>Obr. 16: Uvoľnený úsek DS s prebiehajúcou plánovanou prácou[18][21]</i> .....                                | 46 |
| <i>Obr. 17: DTS v systéme OMS[18][21]</i> .....                                                                 | 47 |
| <i>Obr. 18: Spínacie prvky v PS NN[18][21]</i> .....                                                            | 47 |
| <i>Obr. 19: Pripojenie zdroja v PS NN bez zapnutého mapového podkladu[18][21]</i> .....                         | 48 |
| <i>Obr. 20: Odberné miesto v PS NN[18][21]</i> .....                                                            | 48 |
| <i>Obr. 21: PS NN vybranej obce so zapnutým geografickým podkladom[18][21]</i> .....                            | 48 |
| <i>Obr. 22: PS NN časti mrežovej siete Brno-Střed so zapnutým geografickým podkladom[18][21]</i><br>.....       | 49 |
| <i>Obr. 23: Distribučné územie E.ON Východ</i> .....                                                            | 50 |
| <i>Obr. 24: Grafická podoba príkazu B PPN</i> .....                                                             | 51 |
| <i>Obr. 25: Označenie DTS Spodní 8 v schéme VN v systéme RIS OMS</i> .....                                      | 51 |
| <i>Obr. 26: Telemetrické funkcie DTS Spodní 8</i> .....                                                         | 52 |
| <i>Obr. 27: Časť mrežovej siete Brno-Bohunice v RIS OMS</i> .....                                               | 53 |
| <i>Obr. 28: Celkový prehľad mrežovej siete Brno-Bohunice v GIS</i> .....                                        | 54 |
| <i>Obr. 29: Maximálny fázový prúd prívodu do NN rozvádzača podľa skutočných hodnôt</i> .....                    | 56 |
| <i>Obr. 30: Minimálny fázový prúd prívodu do NN rozvádzača podľa skutočných hodnôt</i> .....                    | 57 |



|                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Obr. 31: Zaťaženie TR v DTS Spodní 8 v období od 10.3.2019 do 19.3.2019.....</i>                                           | <i>59</i> |
| <i>Obr. 32: Porovnanie zaťaženia TR v DTS Spodní 8 počas pracovného a víkendového dňa .....</i>                               | <i>60</i> |
| <i>Obr. 33: Hodnoty maximálneho zaťaženia TR podľa skutočných hodnôt .....</i>                                                | <i>60</i> |
| <i>Obr. 34: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Rolnická 9.....</i>                                                     | <i>63</i> |
| <i>Obr. 35: Bezporuchový stav na VN zobrazený v DŘS RIS.....</i>                                                              | <i>64</i> |
| <i>Obr. 36: Poruchový stav analyzovanej časti DS zobrazený v DŘS RIS.....</i>                                                 | <i>65</i> |
| <i>Obr. 37: Stav po zapnutí VN vedenia 213 zobrazený v DŘS RIS.....</i>                                                       | <i>65</i> |
| <i>Obr. 38: Zapnuté VN vedenie V212 a vypnutý vypínač v DTS T55 Rolnická 9 v DŘS RIS .....</i>                                | <i>67</i> |
| <i>Obr. 39: Lokalizovaná porucha v DŘS RIS .....</i>                                                                          | <i>68</i> |
| <i>Obr. 40: Vývoj zdanlivého výkonu TR v jednotlivých DTS mrežovej siete počas VN poruchy .....</i>                           | <i>69</i> |
| <i>Obr. 41: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 2 meraného pomocou T1, T2.....</i>        | <i>71</i> |
| <i>Obr. 42: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 18 meraného pomocou T1, T2.....</i>       | <i>72</i> |
| <i>Obr. 43: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 meraného pomocou T1, T2.....</i>      | <i>73</i> |
| <i>Obr. 44: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v prevádzkovom stave mrežovej siete .....</i>      | <i>74</i> |
| <i>Obr. 45: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v stave pri vypnutom TR v DTS Spodní 2 .....</i>   | <i>75</i> |
| <i>Obr. 46: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v stave pri vypnutom TR v DTS Spodní 18 .....</i>  | <i>76</i> |
| <i>Obr. 47: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v stave pri vypnutom TR v DTS Rolnická 5 .....</i> | <i>76</i> |
| <i>Obr. 48: Časť experimentálneho modelu mrežovej siete Brno - Bohunice v programe PS CAD ..</i>                              | <i>77</i> |
| <i>Obr. 49: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre prevádzkový stav.....</i>                                 | <i>78</i> |
| <i>Obr. 50: Návrh získavania informácií zo SMART metrov v odberných miestach.....</i>                                         | <i>80</i> |
|                                                                                                                               |           |
| <i>Obr. A. 1: Trvalé a záložné VN napájače mrežovej siete Brno - Střed .....</i>                                              | <i>90</i> |
| <i>Obr. A. 2: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Vyhlídalova .....</i>                                                 | <i>91</i> |
| <i>Obr. A. 3: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Rolnická 5 .....</i>                                                  | <i>91</i> |
| <i>Obr. A. 4: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Spodní 2 .....</i>                                                    | <i>92</i> |
| <i>Obr. A. 5: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Spodní 8 .....</i>                                                    | <i>92</i> |
| <i>Obr. A. 6: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Spodní 18 .....</i>                                                   | <i>92</i> |

|                                                                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Obr. B. 1: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 2 meraný pomocou T3 .....</i>   | <i>95</i>  |
| <i>Obr. B. 2: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 18 meraný pomocou T3 .....</i>  | <i>96</i>  |
| <i>Obr. B. 3: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 meraný pomocou T3 .....</i> | <i>96</i>  |
|                                                                                                                       |            |
| <i>Obr. C.1: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre stav pri vypnutom TR v DTS Spodní 2 .....</i>    | <i>98</i>  |
| <i>Obr. C. 2: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre stav pri vypnutom TR v DTS Spodní 18 .....</i>  | <i>98</i>  |
| <i>Obr. C. 3: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre stav pri vypnutom TR v DTS Rolnická 5 .....</i> | <i>98</i>  |
| <i>Obr. C. 4: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu v prevádzkovom stave .....</i>                             | <i>99</i>  |
| <i>Obr. C. 5: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu pri vypnutom TR v DTS Spodní 2 ...</i>                     | <i>99</i>  |
| <i>Obr. C. 6: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu pri vypnutom TR v DTS Spodní 18 .....</i>                  | <i>100</i> |
| <i>Obr. C. 7: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu pri vypnutom TR v DTS Rolnická 5 .....</i>                 | <i>100</i> |

## ZOZNAM TABULIEK

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Tab. 1: Význam značenia prvých dvoch znakov pred lomítkom[13]</i> .....                                                 | 32 |
| <i>Tab. 2: Význam značenia druhých dvoch znakov pred lomítkom[13]</i> .....                                                | 33 |
| <i>Tab. 3: Význam značenia prvého znaku za lomítkom[13]</i> .....                                                          | 33 |
| <i>Tab. 4: Význam značenia tretieho znaku za lomítkom[13]</i> .....                                                        | 33 |
| <i>Tab. 5: Technické parametre ističa Modeion BL1000SE305[15]</i> .....                                                    | 36 |
| <i>Tab. 6: Vybrané parametre univerzálneho monitora U2[14]</i> .....                                                       | 37 |
| <i>Tab. 7: Vybrané parametre digitálneho multimetra DM1[14]</i> .....                                                      | 39 |
| <i>Tab. 8: Maximálne a minimálne hodnoty fázových napätí jednotlivých DTS</i> .....                                        | 56 |
| <i>Tab. 9: Časy výskytu najvyšších prúdov a zaťaženia pre Spodní 8</i> .....                                               | 58 |
| <i>Tab. 10: Maximálne odchýlky prúdového zaťaženia jednotlivých fáz privodu do NN rozvádzača</i> 61                        |    |
| <i>Tab. 11: Maximálne odchýlky fázového napätia na privode do NN rozvádzaču v DTS Spodní 8 po dobu pozorovania</i> .....   | 61 |
| <i>Tab. 12: Maximálne odchýlky združeného napätia na privode do NN rozvádzaču v DTS Spodní 8 po dobu pozorovania</i> ..... | 61 |
| <i>Tab. 13: Maximálne hodnoty fázových prúdov vývodov z DTS Spodní 8 merané technológiou T3</i> .....                      | 62 |
| <i>Tab. 14: Hodnoty zmerané na privode do NN rozvádzača v DTS Rolnická 5 v čase obnovy dodávky</i> .....                   | 66 |
| <i>Tab. 15: Hodnoty zmerané na NN vývodoch z DTS Rolnická 5 v čase obnovy dodávky</i> .....                                | 66 |
| <i>Tab. 16: Hodnoty zmerané na privode do NN rozvádzača v DTS Spodní 18 v čase obnovy dodávky</i> .....                    | 66 |
| <i>Tab. 17: Hodnoty zmerané na NN vývodoch y DTS Spodní 18 v čase obnovy dodávky</i> .....                                 | 66 |
| <i>Tab. 18: Hodnoty zmerané na NN vývodoch z DTS Rolnická 5 v 74. minúte</i> .....                                         | 67 |
| <i>Tab. 19: Priemerné hodnoty nameraných dát pre prevádzkový stav mrežovej siete</i> .....                                 | 70 |
| <i>Tab. 20: Priemerné hodnoty nameraných dát po vypnutí TR v DTS Spodní 2</i> .....                                        | 71 |
| <i>Tab. 21: Priemerné hodnoty nameraných dát po vypnutí TR v DTS Spodní 18</i> .....                                       | 72 |
| <i>Tab. 22: Priemerné hodnoty nameraných dát po vypnutí TR v DTS Rolnická 5</i> .....                                      | 73 |
| <i>Tab. 23: Výskyt najvyššej výkonovej záťaže DTS v rozmanipulovanej mrežovej sieti</i> .....                              | 74 |
| <i>Tab. 24: Výsledné hodnoty získané z modelu mrežovej siete pre prevádzkový stav</i> .....                                | 78 |
| <br><i>Tab. B. 1: Maximálne rozdiely združeného U pre prevádzkový stav merané technológiou T3</i> .....                    | 93 |
| <i>Tab. B. 2: Maximálne rozdiely združeného U pre stav vypnutého TR v DTS Spodní 2 merané technológiou T3</i> .....        | 93 |

---

|                                                                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tab. B. 3: Maximálne rozdiely združeného U pre stav vypnutého TR v DTS Spodní 18 merané technológiou T3 .....</i>                                      | <i>93</i> |
| <i>Tab. B. 4: Maximálne rozdiely združeného U pre stav vypnutého TR v DTS Rolnická 5 merané technológiou T3 .....</i>                                     | <i>94</i> |
| <i>Tab. B. 5: Priemerné namerané hodnoty nameraných dát technológiou T3 pre prevádzkový stav mrežovej siete .....</i>                                     | <i>94</i> |
| <i>Tab. B. 6: Priemerné hodnoty nameraných dát technológiou T3 po vypnutí TR v DTS Spodní 2.</i>                                                          | <i>94</i> |
| <i>Tab. B. 7: Priemerné hodnoty nameraných dát technológiou T3 po vypnutí TR v DTS Spodní 18 .....</i>                                                    | <i>95</i> |
| <i>Tab. B. 8: Priemerné hodnoty nameraných dát technológiou T3 po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 .....</i>                                                   | <i>96</i> |
| <i>Tab. B. 9: Rozdiel priemerných nameraných hodnôt technológiou T3 prevádzkového stavu a stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 2.....</i>                     | <i>97</i> |
| <i>Tab. B. 10: Rozdiel priemerných nameraných hodnôt technológiou T3 stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 2 a stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 18 .....</i>   | <i>97</i> |
| <i>Tab. B. 11: Rozdiel priemerných nameraných hodnôt technológiou T3 stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 18 a stavu po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 .....</i> | <i>97</i> |

**ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK**

| Skratka | Popis                                                                |
|---------|----------------------------------------------------------------------|
| DS      | Distribučná sústava                                                  |
| ECD     | E.ON Distribuce, a.s                                                 |
| VVN     | Veľmi vysoké napätie                                                 |
| VN      | Vysoké napätie                                                       |
| NN      | Nízke napätie                                                        |
| DTS     | Distribučná transformačná stanica                                    |
| TR      | Transformátor                                                        |
| P1      | Káblové pole 1                                                       |
| P2      | Káblové pole 2                                                       |
| R       | Rozvodňa                                                             |
| US      | Úsekový spínač                                                       |
| VR      | Vstupná rozvodňa                                                     |
| SR      | Rozpojovacia skriňa                                                  |
| SS      | Prípojková skriňa pre priebežné pripojenie káblovej siete            |
| SP      | Prípojková skriňa                                                    |
| OPDs    | Obvodný prevádzkovateľ distribučnej sústavy                          |
| RIS     | Riadiaci informačný systém                                           |
| Al      | Hliník                                                               |
| Cu      | Meď                                                                  |
| TOMS    | Prevádzkovo technický informačný software                            |
| GIS     | Geografický informačný systém                                        |
| ERÚ     | Energetický regulačný úrad                                           |
| RS      | Regionálna správa                                                    |
| OMS     | Systém riadenia incidentov                                           |
| HDO     | Hromadné diaľkové ovládanie                                          |
| PS      | Prevádzková schéma                                                   |
| PPP     | Prevádzkovo pracovný program                                         |
| CC      | Call centrum                                                         |
| PC      | Počítač                                                              |
| SW      | Počítačový program                                                   |
| PE      | Polyetylén                                                           |
| MTP     | Merací technický prostriedok                                         |
| PVC     | Polyvinylchlorid                                                     |
| Výpadok | Vypnutie zariadenia DS pri vzniku poruchového stavu                  |
| DŘS     | Dispečerský riadiaci systém                                          |
| RD      | Rajónny dispečing                                                    |
| SAIDI   | Priemerná systémová doba prerušenia dodávky elektrickej energie      |
| SAIFI   | Priemerná systémová početnosť prerušenia dodávky elektrickej energie |
| PPN     | Práca pod napätím                                                    |
| GPRS    | Technológia mobilnej dátovej siete                                   |

|        |                                                      |
|--------|------------------------------------------------------|
| LTE    | Technológia vysokorýchlostného internetu             |
| UMTS   | Univerzálny mobilný telekomunikačný systém           |
| TCP/IP | Primárny prenosový protokol/protokol sieťovej vrstvy |
| PI     | Prevádzková inštrukcia                               |

| Veličina     | Popis                              | jednotka |
|--------------|------------------------------------|----------|
| $I_{KD}$     | Čiastkový skratový prúd            | A        |
| $I_K$        | Skratový prúd                      | A        |
| $f$          | Frekvencia                         | Hz       |
| $f_n$        | Nominálna frekvencia               | Hz       |
| $U_n$        | Nominálna hodnota napätia          | V        |
| $I_n$        | Nominálna hodnota prúdu            | A        |
| $U_{rms}$    | Efektívna hodnota napätia          | V        |
| $U_f$        | Fázové napätie                     | V        |
| $\Delta U_f$ | Napäťový rozdiel dvoch fáz         | V        |
| $U_{fmax}$   | Maximálna hodnota fázového napätia | V        |
| $U_{fmin}$   | Minimálna hodnota fázového napätia | V        |
| $\Delta U$   | Úbytok napätia                     | V        |
| $U_i$        | Izolačné napätie                   | V        |
| $U_{imp}$    | Impulzné výdržné napätie           | V        |
| $I_{CS}$     | Skratový prúd                      | A        |
| $\Delta I$   | Prúdový rozdiel dvoch fáz          | A        |
| $P$          | Činný výkon                        | W        |
| $P_{L1}$     | Činný výkon fáze L1                | W        |
| $P_{L2}$     | Činný výkon fáze L2                | W        |
| $P_{L3}$     | Činný výkon fáze L3                | W        |
| $P_{3f}$     | Trojfázový činný výkon             | W        |
| $Q$          | Jalový výkon                       | VAr      |
| $Q_{L1}$     | Jalový výkon fáze L1               | VAr      |
| $Q_{L2}$     | Jalový výkon fáze L2               | VAr      |
| $Q_{L3}$     | Jalový výkon fáze L3               | VAr      |
| $Q_{3f}$     | Trojfázový jalový výkon            | VAr      |
| $S$          | Zdanlivý výkon                     | VA       |
| $S_{3f}$     | Trojfázový zdanlivý výkon          | VA       |
| $U$          | Napätie                            | V        |
| $I$          | Efektívna hodnota prúdu            | A        |
| $I_{L1}$     | Hodnota prúdu fáze L1              | A        |
| $I_{L2}$     | Hodnota prúdu fáze L2              | A        |
| $I_{L3}$     | Hodnota prúdu fáze L3              | A        |
| $U_{L1 max}$ | Maximálna hodnota napätia fáze L1  | V        |
| $U_{L2 max}$ | Maximálna hodnota napätia fáze L2  | V        |
| $U_{L3 max}$ | Maximálna hodnota napätia fáze L3  | V        |

|                      |                                                  |     |
|----------------------|--------------------------------------------------|-----|
| $U_{L1} \min$        | Minimálna hodnota napätia fáze L1                | V   |
| $U_{L2} \min$        | Minimálna hodnota napätia fáze L2                | V   |
| $U_{L3} \min$        | Minimálna hodnota napätia fáze L3                | V   |
| $I_{L1} \max$        | Maximálna hodnota prúdu fáze L1                  | A   |
| $I_{L2} \max$        | Maximálna hodnota prúdu fáze L2                  | A   |
| $I_{L3} \max$        | Maximálna hodnota prúdu fáze L3                  | A   |
| $I_{L1} \min$        | Minimálna hodnota prúdu fáze L1                  | A   |
| $I_{L2} \min$        | Minimálna hodnota prúdu fáze L2                  | A   |
| $I_{L3} \min$        | Minimálna hodnota prúdu fáze L3                  | A   |
| $\eta$               | Zaťaženie                                        | %   |
| $\eta \text{ avg}$   | Priemerné zaťaženie                              | %   |
| $\Delta \eta$        | Rozdiel zaťaženia                                | %   |
| $\eta \text{ max}$   | Maximálne zaťaženie                              | %   |
| $U_{L1} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota napätia fáze L1                | V   |
| $U_{L2} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota napätia fáze L2                | V   |
| $U_{L3} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota napätia fáze L3                | V   |
| $I_{L1} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota prúdu fáze L1                  | A   |
| $I_{L2} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota prúdu fáze L2                  | A   |
| $I_{L3} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota prúdu fáze L3                  | A   |
| $P_{3f} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota trojfázového činného výkonu    | W   |
| $Q_{3f} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota trojfázového jalového výkonu   | VAr |
| $S_{3f} \text{ avg}$ | Priemerná hodnota trojfázového zdanlivého výkonu | VA  |
| $S_{3f} \text{ max}$ | Maximálna hodnota trojfázového zdanlivého výkonu | VA  |

# 1 ÚVOD

Mrežová sieť je typ siete *NN*, predstavujúci maximálnu istotu napájania jednotlivých odberov. Jedná sa o topologicky najzložitejší a prevádzkovo nákladný typ siete. Tento typ siete má však svoje výhody, vďaka ktorým sa radí medzi špičku prevádzkovaných sietí *NN*. Medzi výhody patrí už spomenutá miera istoty napájania, lepšie využitie výkonu napájacích *TR* či zníženie  $\Delta U$ . Pri zvýšení spotreby elektrickej energie v oblasti mrežovej siete nie je potrebná celková rekonštrukcia siete. Naopak stačí pridať napájacie *TR* do vhodne zvolených uzlov siete.

Mrežovú sieť je vhodné budovať a prevádzkovať v centrách väčších miest, na sídliskách, alebo v miestach s hustou zástavbou. Brno – Střed je mestská časť Brna, kde je udržiavaná nepretržitá dodávka elektrickej energie. Nachádzajú sa tu mnohé pamiatkové a štátne inštitúcie. Práve z tohto hľadiska bola v oblasti stredu Brna vybudovaná mrežová sieť. Rok vybudovania siete je 1951 a mrežová sieť v oblasti je prevádzkovaná dodnes. Napájanie siete je realizované pomocou šiestich káblových vedení *VN* z *R* Brno - Příkop[8].

Mrežová sieť v meste Brno je prevádzkovaná aj v mestskej časti Brno – Bohunice. Sieť napája sídlisko, tým pádom iný typ objektu ako mrežová sieť Brno – Střed. Mrežová sieť v tejto oblasti bola vybudovaná v roku 2017. Dôvodom na jej vybudovanie bolo predovšetkým zlepšenie kvality dodávky elektrickej energie a bezvýpadkové testovanie nových technológií pre *DS*. V 21. storočí prechádza *DS* prevádzkovaná spoločnosťou *ECD* mnohými rekonštrukciami. Tieto zásahy sa dejú za účelom efektívnejšej obsluhy, prevádzky či bezporuchovosti sietí.



## 2 CIELE PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce je popis problematiky mrežových sietí, spôsob prevádzky a popis ich výpočtu. Ďalším cieľom je zoznámenie sa so súčasným vybavením rozvádzačov *NN*, ktoré sa nachádzajú v mrežových sieťach Brno – Střed, Brno – Bohunice a popis vývoja dispečerského riadenia sietí *NN* v spoločnosti *ECD*. Kľúčovým cieľom práce je prevedenie analýzy poruchových stavov zadanej mrežovej siete Brno – Bohunice. Posledným cieľom práce, ktorý nadväzuje na analýzu je návrh doplnenia, alebo posúdenie súčasného vybavenia rozvádzačov *NN* pre podporu dispečerského riadenia mrežovej siete Brno – Bohunice.

### 3 MREŽOVÉ SIETE – ZÁKLADNÁ TEÓRIA, ROZDELENIE, SPÔSOB PREVÁDZKY A VÝPOČET

*DS NN* slúži k rozvodu elektrickej energie od *DTS* až k odberateľovi. Siete *NN* sú preto najrozšírenejšie typy sietí. Na území Českej republiky sú v prevádzke tisíce kilometrov sietí na tejto napäťovej hladine. Spoločnosť *ECD* prevádzkuje na svojom distribučnom území celkovo viac ako 39 tisíc kilometrov sietí *NN*[4].

Siete *NN* sú navrhované predovšetkým podľa charakteru napájanej oblasti či napájaného objektu. Podľa druhu napájanej oblasti sú siete *NN* buď typu vzdušného vedenia či káblového vedenia. Napájané oblasti sa líšia stupňom zabezpečenia dodávky a požadovaným výkonom. Tieto kritéria ďalej rozhodujú o konfigurácii siete, spôsobe pripojenia jednotlivých odberov a dimenzovaní siete. Siete *NN* z hľadiska možného napájania delíme na:

- Siete paprskové;
- Siete s paralelne prevádzkovanými vývodmi;
- Zjednodušené mrežové siete;
- Klasické mrežové siete[2].

Práca sa v nasledujúcich kapitolách venuje zjednodušeným a klasickým mrežovým sieťam, medzi ktoré patria aj siete *NN* prevádzkované v oblastiach Brno – Střed, Brno – Bohunice.

Mrežová sieť je typ siete *NN*, ktorý je pospájaný v uzloch a napájaný pomocou *TR VN/NN*. Mrežová sieť sa prevádzkuje prevažne ako káblové vedenie, avšak v určitom prípade sa môže prevádzkovať aj ako vzdušné vedenie. Uzly siete predstavujú poistkové skrine umiestnené prevažne na samostatných pilieroch. Vhodné lokality na budovanie mrežových sietí majú hustotu zaťaženia aspoň  $1 \text{ MW/km}^2$ . V súčasnosti poznáme klasické mrežové siete a zjednodušené mrežové siete[1][3].

#### 3.1 Klasické mrežové siete

Tento typ mrežových sietí splňa svoj účel, keď je vybudovaný v oblastiach s mernou hustotou záťaže, ktorá je vyššia ako  $1 \text{ MW/km}^2$ . V takýchto sieťach je viac *TR VN/NN*, ktoré slúžia ako napájacie prvky pre mrežovú sieť. *TR* sú napájané dvoma či viac napájacími vedeniami *VN*. Vedenie *NN* je budované ako káblové vedenie[1][2].

Klasická mrežová sieť je zostrojená tak, že káblové vedenie *NN* tejto siete je spojené do uzlov na križovatkách jednotlivých ulíc, alebo iných strategických miestach. Všetky poistky v uzloch mrežovej siete majú rovnakú menovitú hodnotu a pomalú vypínavú charakteristiku. Do vybraných uzlov siete sú priamo pripojené *TR VN/NN*. *TR VN/NN* spolu s vývodmi *NN* tvoria *DTS*[1][2].

*VN* strana *DTS* je tvorená jednotlivými odpínačmi. Na prívoде k *TR* je koncový odpínač s vysokonapäťovými poistkami. *NN* strana *TR* je tvorená vývodom, ktorý je osadený koncovým spínačom so spätným relé. Vývody *NN* z *DTS* sú vyzbrojené poistkami[1].

Ak nastane v mrežovej sieti porucha, tečie poistkami medzi dvoma poistkovými skriňami umiestnenými najbližšie k miestu poruchy vyšší prúd. Tento prúd má vyššiu hodnotu ako prúd tečúci ostatnými oblasťami siete. Vysoká hodnota prúdu spôsobí roztavenie poistiek v najbližších poistkových skrinách za kratší čas ako roztavenie ostatných poistiek mrežovej siete. Porucha sa tak sama vymedzí a odpojí len zasiahnutý úsek siete. Ostatné časti klasickej mrežovej siete zostávajú bez poškodenia v prevádzkovom stave[2].

Pri pravidelných kontrolách klasickej mrežovej siete montérmi i technikmi distribučnej spoločnosti nesmie prísť k náhrade menovitých hodnôt poistiek v *SR*, *SS* a *DTS*. Ak je nájdená pretavená poistka, tak musí byť nahradená poistkou rovnakej nominálnej hodnoty. V opačnom prípade by náhrada viedla k neselektívnemu odpojeniu poruchy na vedení *NN*. Taktiež domové skrine musia byť dimenzované na väčšie skratové prúdy, aby zbytočne nespôsobovali poruchové stavy[1].

Prevádzka siete je pri výskyte poruchy *NN* nepoškodená. Ak nastane porucha *VN*, tak do miesta jej výskytu tečie prúd z *NN* strany siete. V tomto prípade smerová ochrana *DTS* vyhodnotí smer toku prúdu a vyšle pokyn k vypnutiu istiaceho prvku. V prípade poruchy *VN* taktiež nastáva okamžité pôsobenie ochrany na vývode z *R* a napájač *VN* automaticky prechádza do stavu vypnutý.

Prevádzka klasickej mrežovej siete nie je ani v prípade poruchy *VN* napájača obmedzená. Závažnosť prevezmú ďalšie sieťové *VN* napájače. Z tohto dôvodu musia byť všetky vedenia tvoriace klasickú mrežovú sieť dimenzované s vysokou prenosovou rezervou.

Sieť je náročná na vyhľadávanie poruchových miest a taktiež bežnú obsluhu. Napriek tomu je v súčasnosti využívaná pre svoj prínos v kvalite elektrickej energie a veľkej spoľahlivosti chodu. Podľa počtu systémov *R VVN/VN*, z ktorých sú vyvedené vývody *VN* napájajúce klasickú mrežovú sieť, poznáme jednosystémovú mrežovú sieť a viacsystémovú mrežovú sieť[3].

### 3.1.1 Jednosystémová mrežová sieť

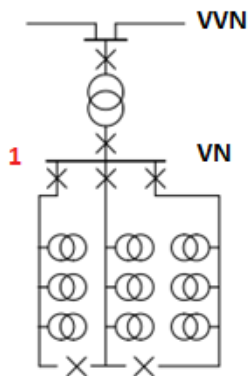
Jednosystémová mrežová sieť využíva na svoje napájanie napätie, ktoré je privedené z jednej prípojnice *R VVN/VN*. Ďalej je toto napätie transformované v napájacích *DTS* mrežovej siete[3].

Výskyt jednosystémových mrežových sietí je možný aj v oblastiach, kde jedna prípojnica napája kábllovú sieť *VN* a druhá napája ostatné vzdušné vedenia *VN*.

V prípade poruchy jedného napájacieho *TR VN/NN* musí byť zachovaná podstata siete, celková záťaž sa musí rozdeliť na ostatné napájacie *TR VN/NN*.

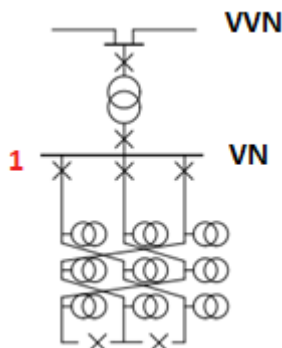
Medzi napájacími *TR* vedie posilňujúce vedenie *NN*. Toto vedenie je v bežnom prevádzkovom stave nevyužívané. Podstata posilňujúceho vedenia nastáva v poruchovom stave, pri výpadku napájacieho *TR VN/NN*. Posilňujúce kábllové vedenie v tej chvíli napája poškodenú oblasť a nahrádza *TR*, ktoré je v poruchovom stave. Danú informáciu by mal dostať dispečer *VN*, aby v danej chvíli vedel, že napájaná oblasť je aj napriek výpadku *TR* pod napätím.

Ak nastane porucha na napájacom transformátore *VVN/VN*, tak dodávka elektrickej energie pre jednosystémovú mrežovú sieť je zastavená v celom rozsahu siete. Napájanie jednosystémovej mrežovej siete vid', Obr. 1. Červeným číslo 1 je označený systém, z ktorého sú napojené *DTS*.



Obr. 1: Napájanie jednosystémovej mrežovej siete[3]

Jednosystémová mrežová sieť môže obsahovať topológiu s prestriedanými napájacími vedeniami VN vid', Obr. 2.



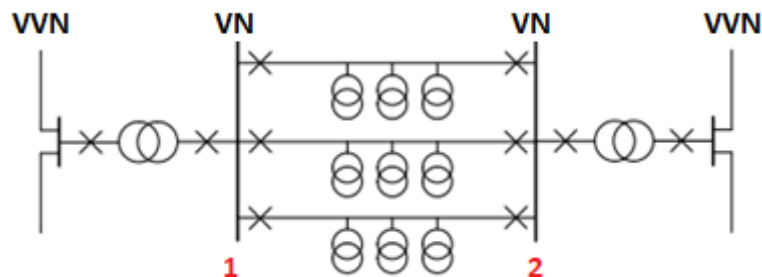
Obr. 2: Napájanie jednosystémovej mrežovej siete s prestriedanými napájacími vedeniami VN[3]

Prestriedanie napájacích vedení VN predstavuje výhodu pri poruche sieťového napájača. Výhoda spočíva v tom, že výsledné zaťaženie mrežovej siete je rozložené rovnomernejšie pomedzi ostatné napájače. Nenastáva tak preťažovanie ani jedného TR, čo predstavuje výhody topológie s prestriedanými napájacími vedeniami. Prestriedaním napájacích vedení VN minimalizujeme možnosť trvalého preťažovania TR, čo by viedlo k celkovému rozpadu mrežovej siete. Na druhej strane zvyšujeme investičné náklady dlhšími káblami VN[3].

### 3.1.2 Viacsystémová mrežová sieť

Viacsystémová mrežová sieť je z pravidla tvorená z dvoch, alebo troch prípojnic R VVN/VN. V podstate pri tomto type mrežovej siete platia rovnaké pravidlá pre dimenzovanie vodičov, posilňujúcich káblov ako u jednosystémovej mrežovej sieti[3].

Spôľahlivosť dodávky u viacsystémových mrežových sietí je vyššia ako u jednosystémových, avšak za cenu vyšších investičných nákladov. Dvosystémovú mrežovú sieť vid', Obr. 3. Červenými číslami 1 a 2 sú označené systémy, z ktorých sú napojené DTS.



Obr. 3: Napájanie dvojsystémovej mrežovej siete[3]

### 3.2 Zjednodušená mrežová sieť

Tento typ siete je napájaný z jedného vedenia VN. Zjednodušenú mrežovú sieť môžeme vytvoriť zo stávajúcej siete NN. V tomto prípade sa môže jednať o káblovú sieť NN, alebo sieť NN pozostávajúcu zo vzdušného vedenia. To je odlišnosť oproti klasickej mrežovej sieti, ktorá pozostáva iba z káblového vedenia na strane NN. Strana VN je tvorená jedným napájačom riešeným ako okružné vedenie[1].

Napájač VN napája DTS, alebo VR. Z týchto uzlov je napájaná zjednodušená mrežová sieť. Realizácia zjednodušených mrežových sietí je možná všade tam, kde je sieť NN napájaná dvoma a viac TR VN/NN. Dôležitosť spočíva v správnom dimenzovaní napájača VN. VN napájač je jeden a preto musí byť dimenzovaný tak, aby dokázal prenášať zaťaženie celej napájanej oblasti. Zjednodušené mrežové siete sú vo veľkej miere budované v satelitných obciach či mestách, predovšetkým pri rekonštrukciách či rozširovaní stávajúcich sietí[2].

Princíp zjednodušených mrežových sietí spočíva v paralelnej spolupráci TR. Medzi TR je vytvorené magistrálne prepojenie. Magistrálne prepojenie je budované na NN strane TR. Magistrálne vedenie je silnejšieho prierezu ako ostatné vedenia mrežovej siete.

U sietí NN, ktoré sú v prevádzke a neuvažujeme s ich rekonštrukciou, je možné vytvorenie zjednodušenej mrežovej siete využitím vedenia s rovnakým prierezom. Výsledkom spojenia vedení NN je magistrálne vedenie. Ak náhodou nie je možnosť vytvorenia magistrálneho vedenia z rovnakých prierezov vedení NN, tak je možnosť tvrdého spojenia vedení, ktoré sa líšia o jeden stupeň prierezu. Podľa spôsobu prepojenia radíme zjednodušenú mrežovú sieť k sieťam zauzleným[1].

V novo vybudovaných sieťach je situácia taká, že ako magistrálne vedenie je využívaný čo najväčší prierez vedení NN. Využitím veľkého prierezu sa distribútor vyhýba nutnosti použitia poistiek istiacich zmenu prierezu vodiča. Istenie odbočných vedení z magistrálnych vedení NN sa realizuje poistkou, ktorej nominálna veľkosť je zvolená podľa prierezu odbočky[1][2].

Dimenzovanie a umiestnenie poistiek musí byť vyriešené tak, aby k pretaveniu poistky prichádzalo skutočne v okamžiku vzniku poruchy. V bezporuchovom stave nesmie prísť k roztaveniu z dôvodu preťaženia, pretože zjednodušená mrežová sieť by strácala svoje opodstatnenie. Pomer menovitých hodnôt na začiatkoch magistrálneho vedenia oproti menovitej hodnote poistky umiestnenej v trase vedenia musí byť 2,7:1[2].

V napájaciach DTS sú magistrálne vedenia istené výkonovými poistkami. Ďalšie osadenie poistiek je v mieste, kde magistrálnym vedením preteká prúd, ktorý je čo do veľkosti oproti

nominálnej hodnote poistky zanedbateľný. Toto miesto býva približne v strede dĺžky magistralného vedenia a nazýva sa miesto slabej väzby. Okrem spomenutých poistiek je neprípustné umiestňovať na magistralné vedenia iné poistky. Prípadným osadením by mohla byť ohrozená selektivita vypínania pri poruchových stavoch[2].

Dĺžka magistralných vedení je obmedzená, aby impedancia slučky tvorená fázovým a nulovým vodičom nepresiahla hodnotu jedného ohmu[2].

V prípade poruchy napájача VN je celá oblasť až po koncového zákazníka bez dodávky elektrickej energie. Pri poruche na strane NN zjednodušenej mrežovej sieti bude postihnutý úsek iba polovica magistralného vedenia. Najprv príde k prepáleniu poistky v trase magistralného vedenia a potom na vývodovej poistke DTS. Ak je splnený spomenutý pomer vývodových poistiek a poistiek umiestnených v mieste slabej väzby, tak nemôže dôjsť k roztaveniu poistky v druhej bezporuchovej polovici magistralného vedenia. Ostatná sieť ostáva v prevádzke a porucha sa sama vymedzí na polovicu magistralného vedenia. Táto porucha sa dá pomerne ľahko lokalizovať a následne odstrániť[3].

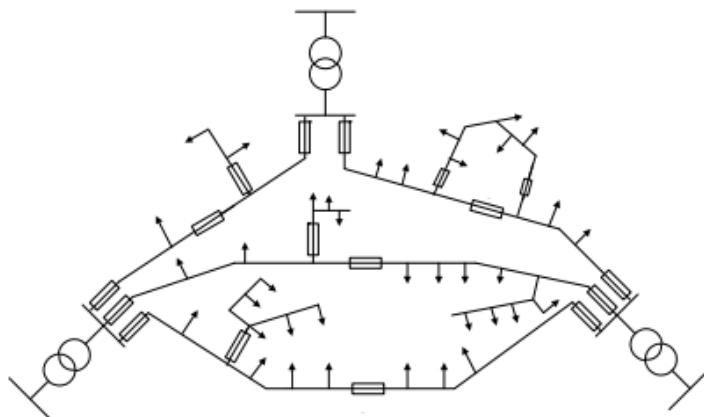
Ak nastane porucha na napájacej linke VN, znamená to, že zjednodušená mrežová sieť je bez napätia. Vstupné R VN/NN napájajúce zjednodušené mrežové siete sú v praxi napájané jednou linkou VN, to je dôvod poruchového stavu. Typ napájacej linky VN je vo väčšine prípadov vzdušné vedenie, čím je umocnený vplyv poveternostných podmienok na výskyt poruchy.

Zjednodušené mrežové siete musí distribútor pravidelne kontrolovať. Predchádza tým vplyvu prvých menších porúch, ktoré by následne viedli k úplnému rozpadu mrežovej sieti. Zjednodušená mrežová sieť by sa po rozpade stala sieťou paprskovou a samotné vybudovanie a vynaložené financie do zasieťovania oblasti by stratili význam[2].

Zjednodušená mrežová sieť má oproti paprskovej sieti NN hlavnú výhodu pri poruche na strane NN. V paprskovej sieti bude výpadkom postihnutá celá oblasť napájaná DTS. Ďalšie výhody sú jednoduchá prevádzková údržba a obsluha či zlepšenie napäťových pomerov. Vstupné náklady na obstaranie zjednodušenej mrežovej sieti sú nižšie ako pri klasickej mrežovej sieti. Zjednodušenou mrežovou sieťou sa darí zlepšovať kvalitu dodávky elektrickej energie až o polovicu pôvodných hodnôt dosiahnutých pri paprskovej sieti. To je faktor, ktorý zaujíma najmä distribútora elektrickej energie. Zlepšením dosiahne aj odsunutie úplnej rekonštrukcie sieti a ušetrené finančné náklady môže použiť v naliehavších prípadoch[2].

Nevýhodou oproti klasickej mrežovej sieti je nižšia spoľahlivosť dodávky pri poruchovom stave na vedení NN.

Pri pokračujúcej výstavbe a vyšších nárokoch na kvalitu elektrickej energie, budú distribútori čoraz viac uplatňovať výstavbu zjednodušených mrežových sietí z paprskových sietí. Zjednodušenú mrežovú sieť vid', Obr. 4.



Obr. 4: Zjednodušená mrežová sieť[3]

### 3.3 Všeobecný spôsob prevádzky mrežovej siete

Sieť VN, ktorá napája rozsiahlu mrežovú sieť, musí pozostávať z minimálne troch napájačov. V súčasnosti sa v Brne stretávame s mrežovou sieťou Brno - Střed, ktorú napája až 6 napájačov VN a mrežovou sieťou Brno – Bohunice, ktorá je napájaná 4 napájačmi VN. Počet napájačov VN sa pritom odvíja z rozsiahlosti samotnej mrežovej siete.

V praxi je výhodné, aby sa *TR VN/NN* pri poruchovom stave jedného napájača VN dal prepnúť, najlepšie pomocou diaľkového ovládania, na susedný napájač VN. Vybavenie napájacích *DTS* diaľkovým ovládaním je v súčasnej dobe veľká výhoda najmä pri rastúcich nárokoch na kvalitu a rýchlosť obnovy dodávky elektrickej energie zo strany odberateľov.

Počet a výsledný výkon napájacích *DTS* je určený tak, aby pri výpadku VN napájača a následnom odpojení *TR* zo siete bolo možné výkonové zaťaženie oblasti prevziať pomocou ostatných *TR* bez prerušenia dodávky. Z tohto dôvodu je prínosom, ak mrežovú sieť napája väčší počet napájačov VN.

Mrežová sieť aj pri poruche jedného napájača VN zostane v bezporuchovej prevádzke. Vzhľadom k možnému výskytu poruchy na napájači VN sa na strane NN každého *TR* nachádzajú ističe ovládané spätným relé, ktoré zamedzujú prúdovému príspevku do poruchy zo strany NN. Je to z dôvodu, že skrat na napájači VN by mohol byť napájaný nielen z hlavnej *R* cez napájač VN, ale aj spätným prúdom tečúcim z mrežovej siete NN[2].

Ďalší možný poruchový stav je porucha na *TR VN/NN*. Tá je lokalizovaná odpojením *TR* poistkami na strane VN. NN strana musí byť taktiež odpojená ističom, ktorý je ovládaný spätným relé[1][3].

Iná situácia nastáva pri poruche káblového vedenia NN priamo v mrežovej sieti. Pri tomto stave sa preruší dodávka v poruchovom úseku a roztavia sa poistky, ktoré sú topologicky najbližšie k poruchovému miestu. K tomu, aby sa roztavili práve tieto poistky musí byť dodržaná selektivita poistiek popísaná v časti 3.2.

Pre dodržanie selektivity poistiek sa doporučuje do uzlu mrežovej siete napojiť 4 a viacej vývodov NN. Tento počet je daný k možnému rozptylu v tolerancii vo výrobnom procese poistiek. Rozptyl v tolerancii negujeme tým, že v každom uzle musí byť pomer  $I_{KD} \leq 0,7 I_K$ [2].

Na určovanie menovitej hodnoty poistiek je potreba dodržať nasledovné zásady:

- Menovitý prúd všetkých poistiek je volený tak, aby bol odpojený poruchový úsek vedenia NN. Úsek vedenia NN nesmie byť odpojený pri skratoch v domových inštaláciách;
- Všetky poistky mrežovej siete majú rovnaký menovitý prúd a pomalú vypínaciu charakteristiku;
- Do uzlov mrežovej siete je pripojených 4 a viac vývodov NN[2].

### 3.4 Spôsob prevádzky mrežovej siete Brno - Střed

Mrežová sieť Brno – Střed je v základnom zapojení napájaná 6 VN napájačmi z jedného TR 110/22kV rozvodne Brno – Příkop. Trvalé napájače sú V1205, V1206, V1207, V1208, V1209, V1210.

- V1205 je pripojené do DTS Jezuitská 5;
- V1206 je pripojené do DTS Masarykova 31;
- V1207 je pripojené do DTS Kino Kapitol;
- V1208 vedie cez DTS Janáčkova Opera až do DTS Benešova, ktorá napája mrežovú sieť;
- V1209 vedie cez DTS Malinovského náměstí do DTS Mahenovo divadlo, ktorá ďalej napája mrežovú sieť;
- V1210 je pripojené do DTS Sukova Spořitelna.

Vývody trvalých napájačov z R Brno - Příkop sú vybavené multifunkčnými ochranami SIPROTEC 7SJ62. Multifunkčná ochrana SIPROTEC 7SJ62 obsahuje ochrany a ochranné funkcie, ktoré prispievajú ku kontrole stavu spínacích prvkov a chránia vývody v prípade poruchových stavov. Ochranné funkcie, ktorými disponuje SIPROTEC 7SJ62, sú smerová a nesmerová detekcia zemných porúch, nadprúdová ochrana, smerová nadprúdová ochrana, ochrana proti preťaženiu, prepäťová ochrana, podpäťová ochrana a frekvenčná ochrana. Všetky ochranné funkcie sú telemetricky prenášané na dispečing VN. Všetky vývody z R Brno – Příkop sú ďalej vybavené diaľkovým ovládaním, ktoré slúži na rýchlejšie vymanipulovanie prípadného poruchového stavu.

Záložný napájač V1243 vedie z R Brno – Teplárna do DTS Nádražní 2a OC Podchod. Druhý záložný napájač V1211 vedie z DTS Joštova do DTS Internacional a je napájaný z druhého TR 110/22kV v R Brno – Příkop. Oba záložné napájače sú vybavené diaľkovým ovládaním a v bežnom prevádzkovom režime sú bez záťaže. Ich kondícia musí byť pravidelne kontrolovaná, aby boli v prípade poruchového stavu k dispozícii dispečerovi VN.

Všetky napájače mrežovej siete Brno – Střed sú káblové VN vedenia a sú zobrazené v prílohe v časti A. Trvalé napájače sú na obrázku pre prehľad vyznačené červenou a záložné napájače modrou farbou. Využitie káblvej formy vedení so sebou nesie väčšiu odolnosť pri poveternostných vplyvoch, avšak za cenu vyšších obstarávacích nákladov. Najčastejšia porucha na káblovom vedení sa vyskytuje pri výkopových či zemných prácach prebiehajúcich v okolí jeho uloženia.



Pre zlepšenie záložného napájania mrežovej siete bolo navrhnuté otočenie záložného napájača V1211. Tento zásah by spočíval v zapnutí V1211 v *DTS* Internacional a vypnutí V1211 v *DTS* Joštova. Je to z dôvodu skrátenia doby výpadku, keďže v *DTS* Joštova sú diaľkovo ovládané vypínače. V súčasnom stave by pri nutnosti použitia V1211 vypínač zapínal montér *OPDs* z miesta v *DTS* Internacional a doba výpadku by sa predlžovala.

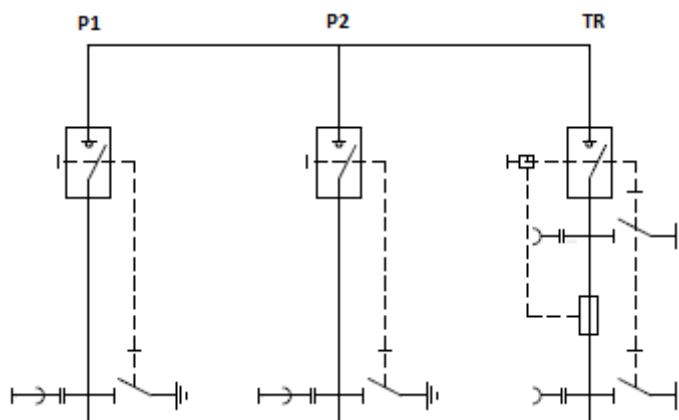
Ďalší návrh spočíva v prepojení *DTS* Biskupská a *DTS* Husova Besední dům. Toto prepojenie by znamenalo záložné napájanie pre V1209 a V1210 v prípade poruchy na týchto vývodoch z *R* Brno – Příkop. Pri návrhu bolo taktiež vychádzané z polohy ulíc Biskupskej a Husovej. Z obrázku uvedeného v prílohe A je možné vidieť, že každý trvalý VN napájač okrem napájačov V1209 a V1210 mrežovej siete je možné prepnúť z dvoch iných vedení VN. V1209 a V1210 sa zálohujú navzájom, čo by pri ich spoločnom výpadku znamenalo pomerne vážny problém pre mrežovú sieť z dôvodu veľkého počtu *DTS* napájaných z týchto dvoch vedení.

Mrežovú sieť Brno – Střed tvorí 54 *DTS* spolu so 77 *TR* VN/NN. Celková prúdová záťaž mrežovej siete je v bezporuchovom stave na hladine VN približne 360 A. Napájaná oblasť je tvorená prevažne pamiatkovo chránenými objektami. V tejto oblasti je nemožné zavedenie plynu pre jeho deštruktívne účinky. Daná oblasť má preto vysoké nároky na energetické napájanie.

### 3.4.1 Použité technológie v mrežovej sieti Brno - Střed

Vedenia VN napájajúce mrežovú sieť Brno – Střed pozostávajú z káblu 22-AXEKVCEY s prierezom 240 mm<sup>2</sup>. Jadro káblu má tvar kruhu a pozostáva z *Al* vodičov. Ďalšiu vrstvu tvorí polovodičová izolácia, nanosená na jadro. Táto izolácia je tvorená zosieteným *PE*. Na izolácii je nanosená vonkajšia polovodičová vrstva. Vonkajšia polovodičová vrstva je tvorená vodoblokujúcou páskou a tienením z *Cu* drátov. Ďalšia vrstva je vodoblokujúca páska. Plášť káblu 22-AXEKVCEY má vnútornú vrstvu tvorenú *PE* a vonkajšiu vrstvu tvorenú z *PVC*[16].

V mrežovej sieti Brno – Střed sú využité kompaktné rozvádzače VN od firmy SIEMENS typ 8DH10 či 8DH81, alebo ORMAZABAL typ GA 2K 1TS či GA 2K 2TS. Rozvádzače VN obsahujú dve káblové odbočky a podľa potreby jednu či dve odbočky pre *TR*. Odbočky pre *TR* sú osadené poistkami. Použité rozvádzače VN sú izolované plynom SF<sub>6</sub>.



Obr. 5: Jednopolová schéma rozvádzača VN ORMAZABAL GA 2K 1 TS

Vedenia *NN* použité v mrežovej sieti Brno - Střed sú zhotovené z káblu typu AYKY a z káblu typu 1-YY. Kábel 1-YY slúži na spojenie *TR VN/NN* s rozvádzačom *NN*. Kábel 1-YY je jednožilový s *Cu* jadrom a izoláciou z *PVC*. Plášť káblu je taktiež z *PVC*[22].

Kábel typu AYKY je v mrežovej sieti Brno – Střed využitý na spojenie rozvádzačov *NN* a *SR*, alebo *SS*. Taktiež spojenie medzi *SR* a *SS* či *SP* je realizované káblom typu AYKY. Vo všeobecnosti sa teda jedná o spojenia od *NN* rozvádzača až k odberateľovi. Kábel AYKY je štvorvodičový a má lanené jadro. Prierez jedného vodiča je 185 mm a vonkajší priemer káblu je 50 mm. Jadro je zhotovené z *Al* materiálu. Izolácia a plášť káblu sú z *PVC*[17].

Rozvádzače *NN* použité v mrežovej sieti Brno – Střed sú podrobne rozpísané v samostatnej kapitole 4.

Skrine typu *SR* sú v mrežovej sieti využité na rozpojenia káblov *NN*. Skrine *SR* sú umiestňované na križovatkách ulíc či v strategických miestach mrežovej siete Brno – Střed.

Skrine typu *SP* sú určené pre pripojenia odberateľských miest do maximálneho prierezu prírodných káblov 50 mm<sup>2</sup> a pre istenie prírodného vedenia.

Skrine typu *SS* sú určené pre priebežné pripojenie siete. Skrine tohto typu sa využívajú taktiež pre pripojenia odberateľských miest pomocou prírodných káblov nad 50 mm<sup>2</sup> a pre istenie prírodného vedenia.

Použité skrine sú z plastu s plastovými či nerezovými dverami. Ich umiestnenie je najčastejšie v stene budovy, alebo na samostatnom pilieri v križovatkách ulíc.

V *DTS* sú *NN* vývody osadené 315 A poistkami. Vo všetkých *SR*, *SS* mrežovej siete Brno – Střed, sú poistky 400 A. Magistrálne vedenia vedú priamo z *DTS* do *DTS*. Všetky *TR* majú výkon 630 kVA a zapojenie DY1.

Prevádzka mrežovej siete je kontrolovaná montérmi *OPDs* jedenkrát za dobu troch mesiacov. Počas procesu sú kontrolované všetky poistky v *SR* či poistky v *DTS*. Ďalej sú vykonávané kontroly *TR VN/NN*, kontroly ochrán na vývodoch *VN* z *R* Brno – Příkop a v *DTS*.

### 3.4.2 Komunikačné technológie pre prenos informácií

Na napájačoch V1209 a V1210 mrežovej siete sú nainštalované BPL couplery. BPL couplery sú prispôbované pre montáž na káblové vedenie *VN*. Táto metóda ponúka vysokorýchlostný digitálny prenos dát po vedení *VN* do riadiacich a informačných systémov, a pritom zaistuje maximálnu úroveň bezpečnosti. Metóda BPL využíva vyššie frekvencie, širšie spektrum frekvenčného rozsahu. Využívané frekvencie sú súčasťou rádiového spektra[9][10].

BPL couplery sú vyrobené z odolného silikónového materiálu, vďaka čomu nevyžadujú takmer žiadnu údržbu. To je výhoda použitia v mrežovej sieti Brno – Střed, keďže kontrola tejto siete prebieha jedenkrát za štvrt' roka[9][10].

BPL couplery sa montujú vo vybraných úsekoch na jeden pól káblovej *VN* linky. V mrežovej sieti Brno – Střed sa nachádzajú v *DTS* na vývodoch *VN*. Bezprostredne po montáži technológie sa nemusí vykonávať fázovanie *VN* káblu. Technológia umožňuje monitorovať a vyhodnocovať napájanie káblových vedení *VN* číslo 1210 a 1209.

Technológia BPL nahradzuje pracné získavanie dát z pamäťových kariet, ktoré sa nachádzajú v každej DTS. BPL couplery sú inštalované len na dvoch VN vedeniach siete. Je to z dôvodu počiatočnej fázy nasadenia a testovacej doby. Po uplynutí doby testovania bude na zväžení spoločnosti ECD nasadenie aj na ostatných VN vedeniach napájajúcich mrežovú sieť.

### 3.4.3 Prevádzkové skúsenosti, výhody a nevýhody mrežovej siete Brno – Střed

Správanie mrežovej siete Brno – Střed v súčasnosti podlieha pravidelnej kontrole montérov OPDs a príslušného technika RS. Kontroly v DTS a sieti sú veľmi dôležité, pretože touto činnosťou spoločnosť ECD predchádza rozpadu mrežovej siete, najmä z dôvodu včasného prevedenia výmeny prerušených poistiek a zistení závad na zariadení. Pravidelné kontroly síce zvyšujú náklady na prevádzku siete, avšak tieto náklady sú zanedbateľné v porovnaní s nákladmi, ktoré by nastali v prípade rozpadu mrežovej siete.

Rozpad siete by mohlo spôsobiť napr. pretavenie poistiek na viacerých miestach siete, výpadok niekoľkých TR, alebo kumulácia porúch v nadradenej sieti VN. Preto je nutná pravidelná kontrola všetkých uzlov a TR v mrežovej sieti.

Pravidelnou kontrolou sú v sieti tiež vytypované problémové miesta, kde častejšie dochádza k výpadku hlavného ističa v DTS, alebo pretaveniu poistiek z dôvodu napr. vznikajúcej novej poruchy káblu NN.

Najčastejšou poruchou v mrežovej sieti je poškodenie káblu NN napr. pri vykonávaní injektáže, či obnovy historických budov centre mesta. Výstavbou a prevádzkou časti sietí NN sekundárnym kolektorom sa početnosť porúch tohto typu znížila.

Z pohľadu dispečingu VN nastáva problém pri výpadku niekoľkých vývodov VN do mrežovej siete súčasne. Mrežová sieť je konštruovaná podľa vzorca  $N - 1$ . Je tak schopná eliminovať výpadok jedného vývodu VN. Výpadok viacerých vývodov súčasne môže spôsobiť rozpad mrežovej siete.

V prípade rozpadu mrežovej siete je nutné celú sieť vypnúť, v bez napäťovom stave urobiť kontrolu celej siete (pretavené poistky, výpadky TR v DTS) a potom celú mrežovú sieť zapnúť jedným prvkom v sieti VN, napr. zapnutím TR 110/22 kV v R Brno - Příkop.

Z uvedených príkladov vyplýva, že prevádzka mrežovej siete je náročnejšia na údržbu, kontrolu a riešenie poruchových stavov.

Naopak je odolná voči bežným poruchovým udalostiam, je stabilnejšia z pohľadu rozloženia záťaže jednotlivých odberov a zvyšuje tak spoľahlivosť dodávky pre odberateľov.

## 3.5 Mrežová sieť Brno - Bohunice

Mrežová sieť Brno – Bohunice je v základnom zapojení napájaná pomocou 4 VN napájačov z jedného TR 110/22kV R Brno – Bohunice. Trvalé napájače mrežovej siete sú 2 x V212 a 2 x V213. Napájače smerujú z VR Ukrajinská, ktorá má diaľkovo ovládané vypínače na všetkých vedeniach VN.

Záložné napájače pre mrežovú sieť sú V215 a V216 vedúce z VR Labská, ktorá je taktiež napájaná z R Brno – Bohunice pomocou dvoch paralelných VN káblov V1230 a V1231.

Všetky vývody z R Brno - Bohunice sú podobne ako trvalé napájače mrežovej siete Brno – Střed vybavené multifunkčnými ochranami SIPROTEC 7SJ62. Aj v tomto prípade platí, že všetky ochranné funkcie sú telemetricky prenášané na dispečing VN. Všetky vývody z R Brno – Bohunice sú taktiež vybavené diaľkovým ovládaním.

Mrežovú sieť Brno – Bohunice tvorí 6 DTS spolu so 6 TR VN/NN. DTS tvoriace mrežovú sieť sú:

- Vyhlídalo - prevádzkové číslo 2857;
- Rolnická 5 - prevádzkové číslo 2856;
- Spodní 18 - prevádzkové číslo 2871;
- Spodní 8 - prevádzkové číslo 2860;
- Rolnická 9 – prevádzkové číslo 2855;
- Spodní 2 - prevádzkové číslo 2876.

Vymenované DTS sú vyznačené na Obr. 35 v kapitole č. 7.1. Na obrázku je zobrazený prevádzkový stav napájania mrežovej siete Brno – Bohunice. DTS tvoriace mrežovú sieť sú vyznačené zeleným orámovaním. Toto orámovanie je z dispečerských dôvodov. Mrežová sieť napája oblasť tvorenú predovšetkým bytovými jednotkami a menšími podnikateľskými objektmi. Mrežová sieť v tejto oblasti minimalizuje výskyt výpadkov napájania a výrazne prispieva k vylepšeniu koeficientov SAIDI a SAIFI. Pri výpadku TR v DTS je k dispozícii automatický zások v podobe zvyšných DTS mrežovej siete.

Vybudovanie mrežovej siete sa datuje do roku 2017. Dôvodom na vybudovanie mrežovej siete Brno – Bohunice je viac. Samozrejme medzi hlavné patrí zlepšenie napájania danej oblasti. Ďalším dôvodom je možnosť bez výpadkového testovania a nasadzovania rôznych pilotných distribučných projektov do siete, z ktorých viaceré dosahujú vo svojom nasadení obrovský progres pre zákazníkov a aj pre distribučnú spoločnosť ECD.

### 3.5.1 Použité technológie v mrežovej sieti Brno - Bohunice

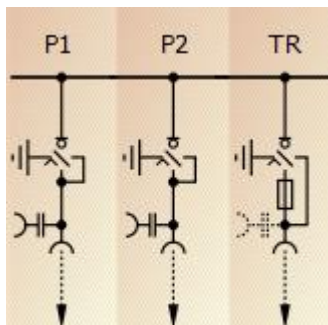
Vedenia VN napájajúce mrežovú sieť Brno – Bohunice pozostávajú z troch možných typov káblov. Prvým typom je kábel 22-AXEKVCEY s prierezom 240 mm<sup>2</sup>, teda rovnaký druh káblu ako je použitý v mrežovej sieti Brno – Střed.

Ďalším možným typom káblového VN vedenia je ANKTOYPV s prierezom 240 mm<sup>2</sup>. Tento starší typ káblu je možné nájsť v miestach, ktoré v nasledujúcich rokoch prejdú rekonštrukciou a výmenou VN vedenia v stávajúcej trase. Kábel ANKTOYPV sa ukladal do výkopov do konca deväťdesiatych rokov. Konce tohto káblu majú olejové koncovky ktoré zaisťujú, aby bol papier neustále napustený olejom. V sieti sa stretávame aj s káblom tohto typu, ktorý má namiesto izolácie napustený papierom zosietený PE.

Tretím možným typom káblového vedenia je NA2XS(F)2Y. Jadro káblu je z Al materiálu. Izolácia jadra je zo zosieteného PE, ku ktorej je privarená vonkajšia polovodičová vrstva. Telo

káblu chráni aj vodoblokujúca páska. Tienenie je zhotovené z *Cu* drôtov. Celý kábel je uložený v plášti z *PE*.

Kompaktné rozvádzače *VN* použité v mrežovej sieti sú typu Siemens 8DH10, ORMAZABAL typ GA 2K 1TS či ABB rady SafeRing. V každej *DTS*, ktorá je súčasťou mrežovej siete Brno – Bohunice, je uložené 1 x *TR* o výkone 400 kVA. Rozvádzače *VN* teda obsahujú dve káblové polia a jedno pole pre *TR*.



Obr. 6: Jednopolová schéma rozvádzača *VN* Siemens 8DH10[24]

Káblové polia *P1*, *P2* rozvádzača sa skladajú z 3 polohového odpoínača a systému napät'ovej detekcie. Pole *TR* obsahuje 3 polohový odpoínač, *VN* poistku a systém napät'ovej detekcie.

Rozvádzače *NN* použité v *DTS* sú typu RST 1099/4835, ktorý je podrobne popísaný v samostatnej kapitole 4.

Vedenia *NN* sú podobne ako v mrežovej sieti Brno – Střed zhotovené z káblu AYKY a 1-YY. Kábel 1-YY je aj v tejto sieti využitý na spojenie *TR VN/NN* s rozvádzačom *NN*.

Skrine *SR*, *SS* a *SP* umiestnené v strategických miestach mrežovej siete spája *NN* kábel typu AYKY o priereze 3x150 + 70 či 3x185 + 95.

V *SR*, *SS* sa nachádzajú poistky, ktoré majú nominálnu hodnotu 350 A či 400 A. V *DTS* sa na *NN* vývodoch nachádzajú poistky o nominálnej prúdovej hodnote 250 A či 224 A.

### 3.6 Popis výpočtu mrežovej siete

Pri výpočte siete sa prihliada k širokému spektru hľadísk. Mnohé z nich môžu byť protichodné, avšak pri tomto úkone ich je nutné brať do úvahy. Výpočet siete musí byť realizovaný pre najhorší možný prípad[1].

U mestských sietí, ktoré sú prevažne káblové sa výpočtom rieši, aby vedenie nebolo preťažené. Dovolenej limitnej hodnoty  $\Delta U$  sa vzhľadom na menší rozsah siete nedosiahne. Výpočtom sa riešia okrem iných parametrov aj skratové výkony, ktoré sú rozhodujúce pre prierez vodičov. Základná úloha pri návrhu prierezu vedenia je, aby nebola prekročená hodnota určitého  $\Delta U$  v ľubovoľnom uzle siete. To je možné iba v prípade, že dokážeme stanoviť prúdy v jednotlivých úsekoch siete. Bez stanovenia prúdov v úsekoch siete je možné navrhovať prierez vedenia len pri zjednodušených predpokladoch, alebo pri jednoduchých sieťach, medzi ktoré mrežové siete nepatria. Výpočtom navrhnutá sieť musí byť čo najefektívnejšia[1][5].

Výpočet siete je rozhodujúca činnosť pri návrhu siete. Návrh jednoduchších či zložitejších sietí musí obsahovať hľadiská ako:

1. Dovoľený, alebo zvolený  $\Delta U$ ;
2. Dovoľené zaťaženie vodičov vzhľadom na ich ohrev;
3. Skratovú odolnosť všetkých prvkov siete;
4. Straty a nároky na výkon siete;
5. Hospodárne zaťaženie vodičov;
6. Posúdenie vedenia z hľadiska pravdepodobných poruchových stavov;
7. Posúdenie možných variant siete podľa najmenších nákladov[1].

Posledné dve hľadiská bývajú často rozhodujúce, pretože aj keď sieť vyhovie hľadáiskám 1 až 5, tak možné varianty siete dosahujú rôzne hodnoty spoľahlivosti a nákladov.

Výpočtom chodu mrežovej siete sa dá získať základný obraz sústavy v ustálenom stave. Ustálený stav je stav, kedy sú parametre siete nemenné. Získaný obraz mrežovej siete môže byť v ďalších krokoch využitý pre analýzu poruchových stavov, alebo citlivostnú analýzu.

Výpočet chodu siete obsahuje smerodajné informácie o napäťových a prúdových pomeroch siete, dodávke a spotrebe  $P$ ,  $Q$  a  $S$  jednotlivých uzlov siete, informácie o výkonových tokoch a stratách. Tieto informácie sú dôležité hlavne pre riadenie prevádzky sietí.

V praxi majú jednotlivé odbery, či dodávky do siete tvar  $P$  či  $Q$ . Na výpočet chodu siete nemôžeme použiť lineárne rovnice, ale na tento popis je využitá sústava nelineárnych rovníc. Na riešenie sústav nelineárnych rovníc sa využívajú iteračné metódy. V prípadoch, kde nie je potrebná veľká presnosť výsledku, sa využíva linearizácia úlohy. Pri výpočte ustáleného chodu pomocou linearizácie sú prvky sústavy zadané pozdĺžnymi a priečnymi admitanciami. Pozdĺžne admitancie sú medzi uzlami počítanej siete. Priečne admitancie medzi počítaným uzlom siete a uzlom referenčným. Referenčný uzol má potenciál rovný nule. Parametre všetkých prvkov sústavy sú prepočítané na spoločné napätie, aby sa mohli prvky navzájom galvanicky spojiť[7].

Numerické metódy na výpočet chodu sústavy sú napr. Gauss – Seidelova metóda, Newton – Rhapsanova metóda, Fast Decoupled metóda[6].

Pri výpočtoch mrežových sietí sa využíva tiež postupné rozrezanie siete na jednoduchšie prvky či úseky. Delenie siete sa robí prevažne v miestach kritických prierezov vedenia. Husto zastavané oblasti obsahujú jednotný prierez vedenia pre celý rozsah siete.

Konfigurácia siete je daná tvarom a členením aglomerácie. Zaťaženie oblastí sa predvída podľa skúseností z podobných oblastí, alebo je pri výpočte zadané[2].

Mrežové siete počítame dvomi spôsobmi:

1. Zo stanovených dĺžok vedení a zvolených  $\Delta U$  je počítaný prierez vedenia. Výpočet je realizovaný redukčnou metódou či rozdeľovaním. Vypočítaný je prierez kmeňového vedenia. Podľa prierezu kmeňového vedenia sa ďalej vypočíta prierez všetkých vedení v sieti.
2. V druhom prípade sa odhadnú prierezy vedení a výpočtom sa kontroluje  $\Delta U$ . Odhad je realizovaný zo skúseností získaných z návrhov sietí v podobných lokalitách[1].

Metódy slúžiace k presnejšiemu výpočtu siete sú napríklad Kirchhoffove zákony, superpozícia, metóda zachovania odporu tzv. redukčná metóda, metóda uzlových prúdov. V 21. storočí sa vo veľkej miere využívajú na výpočet sietí počítačové technológie a ich softwarové vybavenie[1][2].

### 3.6.1 Riadiaci informačný systém používaný v E.ON Distribuce a.s.

*DŘS RIS*, používaný spoločnosťou *ECD*, má svoju podstatu založenú na výpočtových funkciách ako výpočet chodu siete, výpočet skratov, výpočet napäťových strát a kapacitných prúdov[19][20].

Výpočet chodu siete v ustálenom stave patrí do skupiny vyšších výpočtových energetických funkcií. Tieto funkcie slúžia pre analýzu, optimalizáciu či reguláciu bezpečného prevádzkového stavu. Cieľom výpočtu chodu siete je nájdenie stavu siete, ktorý spĺňa všetky zadané dodávky/odbery  $P/Q$  výkonu v jednotlivých uzloch siete. Metódy výpočtu chodu siete sú Gauss-Seidel metóda, Fast-Decoupled metóda či metóda Newton-Raphson[20].

V praxi môže byť ustálený chod siete počítaný jednou z týchto troch metód, alebo ich kombináciou. Výpočet chodu siete beží v reálnom prostredí s trojnásobkom základnej periódy. Je spúšťaný v minútovom intervale[19][20].

Pri výpočtoch ustáleného stavu sa počítajú aj okamžité straty siete. Straty sú vedľajší produkt a sú počítané na pozadí systému. Výpočet strát a výpočet chodu siete je počítaný s rovnakou periódou. Straty sa počítajú aj v simulačnom prostredí, kde sú taktiež vedľajší produkt pri výpočte chodu siete[19][20].

*DŘS* ponúka v simulačnom režime okrem toho aj výpočet sieťového chodu, kapacitných prúdov či výpočet skratov[19][20].

V simulačnom režime má pracovník dispečingu reálnu kópiu živej schémy. Simulačný režim je vytvorený pre jeden užívateľský terminál. Ak užívateľ zasiahne do simulácie, tak tá sa nepremietne na termináloch iných užívateľov. Reálna schéma sa naopak premieta na všetky terminály súčasne.

Zmysel simulácie spočíva v preverení stavu po určitých zmenách, či zásahoch do sústavy, alebo topológie siete. S reálnym prostredím prichádza do styku operatívne riadenie *DS*, čiže najčastejšie dispečer *VVN*, *VN* alebo *NN*. So simuláciou schémy pracuje najčastejšie príprava prevádzky dispečingu.

## 4 S ČASN  VYBAVENIE ROZVÁDZAČOV NN V MREŽOVÝCH SIEŤACH MESTA BRNA

Súčasťou kaŹdej DTS VN/NN sú dva druhy rozvádzačov. Rozvádzač VN a rozvádzač NN. Rozvádzače tvoria bezpečn  funkčn  celok. Sú to elektrick  rozvodn  zariadenia, ktor  slúžia predovšetkým na riadenie, reguláciu a meranie na stanovenej napäťovej hladine. S časn  konštrukcia rozvádzačov umoŹňuje vysok  stupeň separácie funkčných celkov. To je d leŹit  najmä z hľadiska bezpečnosti obsluŹn ch pracovníkov a väčšej odolnosti proti skratom[2].

Mrežov  sieť Brno - St red je nap jan  z 54 DTS a 77 TR. V napájacích DTS sú moŹn  dva typy rozvádzačov NN:

- RST 1099/4835;
- RST 1099/41235.

Mrežov  sieť Brno - Bohunice je nap jan  z 6 DTS a 6 TR. V napájacích DTS je moŹn  jeden typ rozvádzačov NN. PouŹit  typ má označenie RST 1099/4835.

### 4.1 Konštrukcie rozvádzačov typu RST

Typick  prevedenie rozvádzača typu RST pozostáva z r mu, ktor  je upevnen  v skrini. Rozvádzače typu RST sú vyr ban  v súlade s normou PNE 35 7149. Tento typ rozvádzača je konštruovan  na mont Źnom paneli, alebo mont Źnom r me. Rozvádzač m  maximálnu hĺbku prístrojov na čelnej strane 200 mm. Maximálna hĺbka konštrukcie zo zadnej strany je 300 mm.  $U_n$  rozvádzača NN je 3 x 400/ 231 V, 50 Hz.  $I_n$  je do 400 A, do 630 A a do 1000 A[11][12].

Význam označenia rozvádzača typu RST:

- Prv  dva znaky pred lomítkom označujú nominálny prúd prípojnic.

Tab. 1: Význam značenia prvých dvoch znakov pred lomítkom[13]

| Označenie | Nominálny prúd |
|-----------|----------------|
| 01        | 100 A          |
| 02        | 160 A          |
| 04        | 400 A          |
| 06        | 630 A          |
| 10        | 1000 A         |

- Druh  dva znaky pred lomítkom označujú nominálny prúd hlavného ističa.



Tab. 2: Význam značenia druhých dvoch znakov pred lomítkom[13]

| Označenie | Nominálny prúd |  | Označenie | Nominálny prúd |
|-----------|----------------|--|-----------|----------------|
| 04        | 40 A           |  | 40        | 400 A          |
| 08        | 80 A           |  | 50        | 500 A          |
| 10        | 100 A          |  | 63        | 630 A          |
| 16        | 160 A          |  | 80        | 800 A          |
| 25        | 250 A          |  | 99        | 1000 A         |
| 31        | 315 A          |  |           |                |

- Prvý znak za lomítkom označuje spôsob istenia vývodov.

Tab. 3: Význam značenia prvého znaku za lomítkom[13]

| Označenie | Spôsob istenia    |
|-----------|-------------------|
| 0         | bez istenia       |
| 1         | istič             |
| 2         | poistky           |
| 3         | poistkové lišty   |
| 4         | poistkový odpínač |

- Druhý znak za lomítkom označuje počet vývodov. Počet je vrátane rezervných pozícií.
- Tretí znak za lomítkom označuje spôsob merania elektrickej energie.

Tab. 4: Význam značenia tretieho znaku za lomítkom[13]

| Označenie | Spôsob merania elektrickej energie                                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| 0         | bez merania spotreby                                                |
| 1         | priame meranie spotreby elektriny                                   |
| 2         | MTP ciachované pre nepriame meranie spotreby elektriny (fakturačné) |
| 3         | MTP pre distribučné meranie spotreby elektriny                      |
| 4         | 2 sady MTP(napríklad pre fakturačné alebo distribučné meranie)      |

- Štvrtý znak za lomítkom označuje číslo schémy zapojenia.

## 4.2 Rozvádzač RST 1099/4835

Rozvádzače typu RST 1099/4835 sú v mrežovej sieti Brno – Střed v troch prevedeniach RST 1099/4835 –P, RST 1099/4835 –L a RST 1099/4835 –H[11].

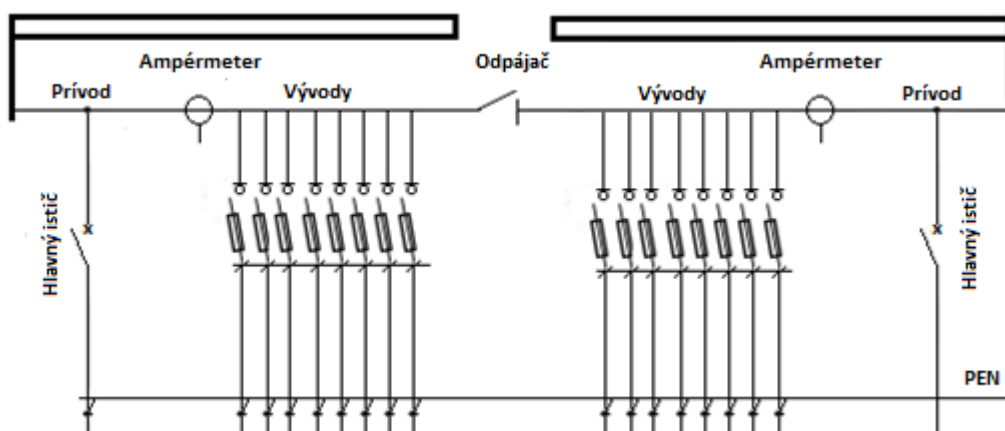
### 4.2.1 Rozvádzače RST 1099/4835 –P, -L

Rozvádzače slúžia na spojenie do jedného celku. Časť –P je určená ako pravá časť pre pozdĺžne delenie a časť –L je určená ako ľavá časť pre pozdĺžne delenie. Rozvádzače RST 1099/4835 –P, -L môžu byť v mrežovej sieti umiestnené len do stojanov ST-VK alebo ST- VN. Rozvádzač spolu so stojanom tvoria zostavu. Táto zostava slúži k napájaniu jednotlivých

vývodov z dvoch strán napájania. Toto riešenie ponúka možnosť oddeľovania, či spojovania napájania vývodov[12].

Samotné oddeľovanie, alebo spojovanie prebieha pomocou pozdĺžneho delenia do jedného spoločného, alebo dvoch samostatných blokov. Pozdĺžne delenie je realizované odpájačom prípojnic umiestneným v zostave. RozvÁdzače RST 1099/4835 –P a RST 1099/4835 –L sú v príslušných stojanoch a sú uchytené na stenu, či podlahu vnútorného priestoru DTS v mrežovej sieti Brno – Střed[11][12].

RozvÁdzače NN ako celok sú osadené 2 x TR 630 kVA. Na každý rozvÁdzač NN pripadne 1 x TR 630 kVA. V mrežovej sieti Brno – Střed sa využíva zostava rozvÁdzačov RST 1099/4835 – P a RST 1099/4835 –L, ktoré sú inštalované do napájacích DTS s dvoma TR. Jednopolovú schému spojených rozvÁdzačov RST 1099/4835–P,-L vid', Obr. 7.

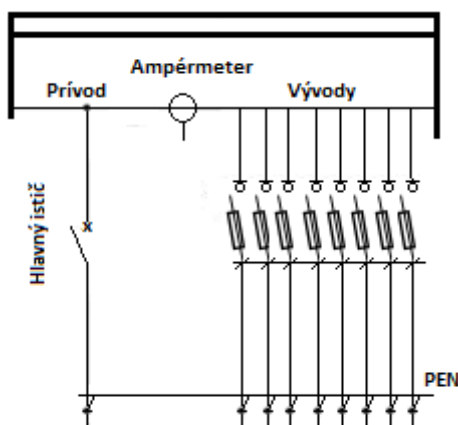


Obr. 7: Jednopolová schéma rozvÁdzačov RST 1099/4835 -P, -L spojených poistkovým odpájačom[12]

#### 4.2.2 RozvÁdzače RST 1099/4835 -H

RozvÁdzače tohto typu slúžia na vybavenie DTS s jedným TR. To je hlavná odlišnosť oproti typom RST 1099/4835 –P a RST 1099/4835 –L. RozvÁdzač RST 1099/4835 –H sa v mrežovej sieti Brno – Střed a Brno – Bohunice ukladá do stojanov ST-VK či ST-VN[12][13].

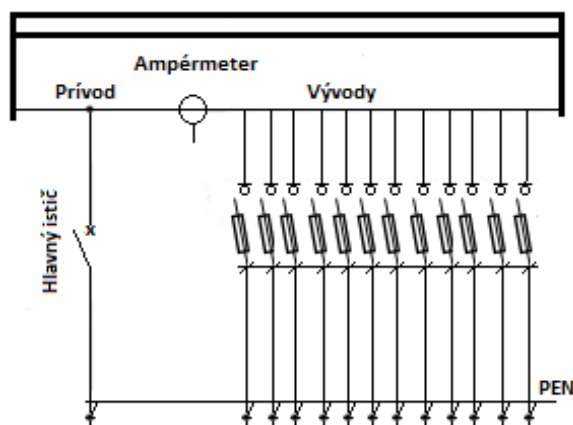
Využitie rozvÁdzača RST 1099/4835 –H je tam, kde sa v DTS nachádza jeden TR s počtom vývodov maximálne 8. Tento typ rozvÁdzača NN je v každej DTS mrežovej sieti Brno – Bohunice. Jednopolovú schému rozvÁdzača RST 1099/4835 – H vid', Obr. 8.



Obr. 8: Jednopolová schéma rozvádzača RST 1099/4835 -H[12]

### 4.3 Rozvádzač RST 1099/41235

Istenie vývodov je pomocou poistkových odpínačov, ich celkový počet vrátane rezervných pozícií, je 12[12][13].



Obr. 9: Jednopolová schéma rozvádzača RST 1099/41235[12]

Rozvádzač je vhodný ako vybavenie DTS s jedným TR o výkone do 630 kVA. Hlavná odlišnosť oproti predošlému typu rozvádzača je počet vývodov. Rozvádzač RST 1099/41235 je vhodný na umiestnenie do DTS, ktorá má 12 vývodov na strane NN. Rozvádzač RST 1099/41235 môže byť umiestnený len do dvoch typov stojanov ST-VK12 a ST-VN12[11].

### 4.4 Spoločná výbava rozvádzačov RST 1099/4835 a RST 1099/41235 v mrežovej sieti Brno – Střed a Brno - Bohunice

Všetky rozvádzače NN mrežovej siete Brno – střed a Brno – Bohunice obsahujú:

- hlavný istič Modeion BL1000SE305 s motorovým pohonom;
- sadu navlečených meracích transformátorov prúdu na fázové prípojnice s predpísaným prevodom pre jednotlivé typy rozvádzačov RST;
- medené prípojnice;
- elektronický ampérmeter typu EAM1-K;

- prepínač na skratovanie ampérmetru;
- zásuvku 230 V s istením valcovou 16 A poistkou;
- univerzálny monitor a smerovú ochranu;
- logický modul LOGO 230RC;
- svorkovnicu pre osvetlenie DTS, istenie pre osvetlenie valcovou 6 A poistkou;
- zvodice prepätia, obmedzovač prepätia NN;
- prepojenie medzi rozv $\acute{a}$ dzačom a uzemňovacou sústavou[12].

Hlavný istič Modeion BL1000SE305 je poháňaný motorovým pohonom. Ten slúži na automatické vypínanie a zapínanie ističa. Funkciu automatickej zmeny stavu je možné vypnúť a prejsť do ručného ovládania. Hlavná funkcia ističa je istenie prívodu od TR do rozv $\acute{a}$ dzača NN.

Súčasťou ističa je aj nadprúdová spúšť. Hlavná funkcia nadprúdovej spúšte je istenie proti skratu či nadprúdu. Súčasťou ističa BL1000SE305 je taktiež napäťová a podpäťová spúšť, ktorá vypína resp. neumožňuje zapnutie pri poruchových stavoch.

Tab. 5: Technické parametre ističa Modeion BL1000SE305[15]

|                                        |                      |
|----------------------------------------|----------------------|
| Nominálna hodnota napätia $U_n$ [V]    | maximálne 690 V a.c. |
| Nominálna hodnota prúdu $I_n$ [A]      | 1000 A               |
| Izolačné napätie $U_i$ [V]             | 690 V                |
| Impulzné výdržné napätie $U_{imp}$ [V] | 8 kV                 |
| Nominálna frekvencia $f_n$ [Hz]        | 50/60 Hz             |
| Skratový prúd $I_{CS}$ [kA]            | 65 kA                |
| Mechanická trvanlivosť                 | 10000 cyklov         |
| Elektrická trvanlivosť                 | 4000 cyklov          |

Prívodné káble sú v rozv $\acute{a}$ dzačoch NN pripojené do pripojovacej sady hlavného ističa. Vývodové káble sú pripojené na svorky poistkových lištových odpínačov.

Rozv $\acute{a}$ dzače NN obsahujú tri fázové prípojnice, ktoré sú z Cu o rozmeroch 50/10 mm. Nulová prípojnica je z materiálu Cu o rozmeroch 40/8 mm.

Ďalší spoločný prvok sú lištové poistkové odpínače do 400 A s fázovou roztečou 185 mm. Šírka odpínača je 100 mm[12].

Meracie transformátory prúdu 1000/500/5 A, 10 VA, triedy presnosti 1 sú pripojené medenými lanenými vodičmi o priereze 1,5 mm<sup>2</sup>. Jednotlivé prevody MTP sú prepojené z prístupnej strany rozv $\acute{a}$ dzača[11][12].

V oboch typoch rozv $\acute{a}$ dzača RST, ktorý je využívaný v mrežovej sieti Brno – Střed a troch DTS mrežovej siete Brno - Bohunice, je využitá technológia T2. Tá pozostáva z univerzálného monitora U2 a smerovej NN ochrany S2.

Univerzálny monitor U2 vykonáva funkcie ako digitálne zobrazenie meraných veličín, záznam časových priebehov meraných veličín, vyhodnotenie minima a maxima meraných veličín,

vyhodnotenie denných diagramov prúdov, vyhodnotenie energie počas určeného obdobia či záznam a vyhodnotenie napäťových odchýlok[14].

Vybrané technické a pracovné parametre univerzálneho monitora U2 sú uvedené v Tab. 6.

Tab. 6: Vybrané parametre univerzálneho monitora U2[14]

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| Napäťový rozsah merania [V]      | 0 V až 290    |
| Prúdový rozsah merania [A]       | 0 A až 6 A    |
| $U_n$ [V]                        | 230 V         |
| $I_n$ [A]                        | 5 A           |
| $f_n$ [Hz]                       | 50 Hz         |
| Vstupná impedancia [ $M\Omega$ ] | 1,8 $M\Omega$ |
| Stupeň krytia                    | IP20          |
| Vlastná spotreba [VA]            | 5 VA          |
| Pracovná teplota [ $^{\circ}C$ ] | -25 až 55     |

U2 meria okamžité hodnoty troch fázových napätí, troch fázových prúdov, troch činných výkonov, maximum fázových prúdov spolu s ich časom výskytu. Tieto hodnoty zobrazuje na svojom displeji. Komunikačné rozhranie univerzálneho monitoru je USB 2.0[14].

Univerzálny monitor U2 ukladá všetky namerané údaje na pamäťovú kartu. Takto uložené údaje sú ľahko dostupné príslušnému technikovi RS. Zariadenie je možné programovať pomocou PC, alebo pomocou klávesnice, ktorá sa nachádza na univerzálnom monitore. Základná doba merania je 10 periód. Efektívne napäťové hodnoty, prúdové hodnoty, činné výkony sú merané nepretržite[14].

Zdanlivé výkony sú počítané z efektívnych hodnôt napätia a prúdu a z činných hodnôt výkonov uložených na pamäťovej karte. Veľkosť pamäťovej karty je 16 GB. Záznamy časových priebehov je možné voliť v rozmedzí jednej sekundy až hodiny. Minimálna doba merania pri použití 16 GB pamäťovej karty je 573,6 dňa. Z celkových nameraných hodnôt je možno urobiť 5 minútové či 10 minútové intervaly, ktoré sú smerodajné pri vyhodnocovaní kvality napätia. Ďalší interval, ktorý možno z nameraných údajov vytvoriť je 15 minútový. Tento interval slúži k celkovému vyhodnocovaniu energií[14].

Napäťová udalosť nastáva v momente, ak sa  $U_f$  dostane mimo zvolené hranice. Hranice sú 90 % až 110 %  $U_n$ . Napäťová udalosť končí, ak sa napäťové hodnoty dostanú do tolerančného pásma, ktoré je zúžené z každej strany o hysteréziu (2% z  $U_n$ )[14].

Taktiež je zaznamenávaný výskyt a doba trvania udalosti. Výpadok napájacieho napätia je tiež braný ako napäťová udalosť. Pri výpadku napájacieho napätia dochádza k výpadku merania. U2 sa dokáže vysporiadať s výpadkom napájacieho napätia, ktorý trvá do 1 s. Pri výpadkoch, ktoré sú dlhšie ako tento časový úsek, sa doba trvania meria pomocou interných hodín s rozlíšením 1 s. Pri opätovnom obnovení napájacieho napätia nastupuje hardwarová kontrola univerzálneho monitoru. Trvanie kontroly je sekunda. Po kontrole je obnovené meranie a doba dlhšieho prerušenia je vplyvom kontroly dlhšia o jednu sekundu. Univerzálny monitor U2 vid', Obr. 10[14].



Obr. 10: Univerzálny monitor U2[14]

Druhá časť jednotky smerovej ochrany mrežovej siete Brno – Střed je smerová NN ochrana S2. Úlohou S2 je sledovanie smeru toku prúdu. Ak prúd tečie nesprávnym smerom z NN strany do VN strany, jednotka zareaguje pomocou zreteľnej optickej signalizácie. Poruchový stav je taktiež signalizovaný pomocou kontaktov relé, na ktoré smerová ochrana S2 vyšle signál. Smerová NN ochrana S2 obsahuje ovládacie tlačidlá, ktorými je možné nastaviť jej správnu funkciu[14].

Toto zariadenie umožňuje vyhodnocovanie každej fázy zvlášť. Vlastná spotreba smerovej ochrany je 16 VA[14].

Ak nastane pokles napätia mrežovej siete pod 80 % z  $U_n$ , ochrana vybaví v čase 50 ms. Pri vybavení ochrany je vyslaný popud napäťovej spúšťa hlavného ističa TR. Čas vybavenia 50 ms je rýchly, avšak pri tomto poruchovom stave sa jedná o napájanie poruchy na sieti VN. Smerovú ochranu S2 viď, Obr. 11.



Obr. 11: Smerová ochrana S2[14]

Každý NN rozvádzač mrežovej siete Brno – Střed obsahuje logický modul LOGO 230RC. Toto zariadenie je určené na automatické zapínanie hlavného ističa pre TR v DTS v prípade, ak bol z jednotky smerovej ochrany vyslaný popud na jeho vypnutie. Logický modul obsahuje automatiku, ktorá má za úlohu vyhodnotiť stav, pri ktorom sa hodnota napätia vyskytuje v dobe 5 minút od vypnutia hlavného ističa v určených medziach. Ak je vyhodnotenie negatívne a v perióde 5 minút po vypnutí nedochádza k výraznej zmene napätia, istič automaticky zapne. V opačnom prípade sa tak nestane a vypnutý stav trvá naďalej[14][8].

Všetky rozvádzače NN mrežovej siete sú vybavené obmedzovačom prepätia NN s možnosťou pripojenia na fázové prípojnice skrutkou. Obmedzovač je umiestnený za hlavným ističom pred vývodmi a meracím transformátorom prúdu. Umiestnenie je stanovené s týmito predpismi, pretože obsahuje signalizačný prvok určený pre pracovníka obsluhy[12][13].

Zostava rozvádzača má samostatnú zemniacu skrutku. Vodivé časti rozvádzača sú navzájom vodivo spojené a pripojené na skrutku[12].

Výbavou každého rozvádzača NN mrežovej siete Brno – Bohunice je taktiež jednotka smerovej ochrany. V DTS Vyhlídalova, Spodní 18 a Rolnická 9 sa nachádza jednotka smerovej ochrany tvorená univerzálnym monitorom U2 a smerovou ochranou S2, či súpravou monitorovania vývodov SM2.

V ďalších troch DTS tj. Spodní 8, Spodní 2 a Rolnická 5, je v NN rozvádzačoch inštalovaná technológia T1. Konkrétne sa jedná o digitálny multimeter DM1.

Digitálny multimeter DM1 sa vyznačuje vysokou presnosťou meraných údajov a umožňuje monitorovanie kvality distribučnej siete. Vďaka 4 kanálom zaznamenáva fázové aj združené hodnoty napätí vývodov NN. Merací rozsah fázového napätia je 10 – 480 V AC. Združené napätie má merací rozsah 20–830 V AC[14].

Digitálny multimeter DM1 je schopný zaznamenávať prúdy tečúce všetkými fázami daného NN vývodu a taktiež prúd tečúci nulovým vodičom. V rozvádzačoch NN oblasti Brno – Bohunice sa využíva aj ako smerová ochrana, kedy zaznamenáva smer toku harmonických zložiek. Zaznamenávané veličiny sú aj  $P$ ,  $Q$  a  $f$  siete[14].

Digitálny multimeter DM1 má energeticky nezávislú pamäť, ktorá slúži na uchovanie nameraných údajov aj v čase výpadku[14].

Digitálny multimeter DM1 je alternatíva jednotky smerovej ochrany S2, ktorá je od iného výrobcu. Multimeter navyše využíva komunikačný protokol Modbus–RTU, vďaka ktorému je možný prenos údajov rovno do DŘS a vzdialený dohľad pomocou programu Synergy, ktorý využíva RS. Ďalšie parametre sú uvedené v Tab. 7.

Tab. 7: Vybrané parametre digitálneho multimetra DM1[14]

|                                      |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Menovitá hodnota vstupného prúdu [A] | 1 A alebo 5 A               |
| Merací rozsah prúdu [A]              | 0,01–10 A alebo 0,002–1,2 A |
| Merací rozsah frekvencie [Hz]        | 45–65 Hz / 360–440 Hz       |
| Napäťová presnosť [%]                | ±0,2 % (50–830 V AC)        |
| Prúdová presnosť [%]                 | ±0,2 % (0,1–1,1 $I_n$ )     |
| Výkonová presnosť [%]                | ±0,5 %                      |
| Presnosť účinníku [%]                | ±0,5 %                      |
| Frekvenčná presnosť [%]              | 0,05 %                      |

Digitálny multimeter DM1 zobrazený na Obr. 12 sa vyrába aj v prevedení s dotykovým displejom. Avšak tento variant konštrukcie bol zamietnutý technikom RS pre zvýšenú náročnosť na ovládanie z pohľadu montéra DS s dielektrickými rukavicami a pre rôzne teplotné podmienky resp. vlhkosť v DTS.



Obr. 12: Digitálny multimeter DM1[14]

Ďalší pilotný projekt, inštalovaný v mrežovej sieti Brno – Bohunice je súprava monitorov vývodov SM2. Súprava meria trojfázové vývody NN zo všetkých DTS s technológiou T2 a RS R100846, ktorá je súčasťou topológie mrežovej siete. Merané veličiny sú fázové  $U$ , fázové  $I$  a  $P_{3\phi}$ . Ďalšia veličina, ktorú je súprava schopná registrovať, sú skratové prúdy a signalizácia stavu poistiek. Všetky zaznamenané veličiny sú následne uložené do pamäte a zobrazené na indikačných prvkoch. Pri spojení so vzdialeným informačným systémom je možnosť ich zobrazenia na výstupnom terminále systému[14].

Súprava monitoru vývodov SM2 využíva pre miestnu a diaľkovú komunikáciu sériové rozhranie RS485 s protokolom MODBUS. Sériové rozhranie RS485 je súčasťou komunikačnej jednotky K2. Pomocou technológie resp. protokolu je možná komunikácia na nadradené informačné systémy. Inštaláciu súpravy monitorovania NN vývodov SM2 je nutné vykonať vždy v bez napäťovom stave distribučného objektu. Súpravu monitorovania NN vývodov SM2 viď, Obr. 13[14].



Obr. 13: Jednotka monitoru NN vývodov SM2[14]

Napájanie súpravy monitorov vývodov SM2 je realizované pomocou jednosmerného zdroja Z2 s výstupným napätím 12 V. Zdroj obsahuje aj externý akumulátor o výkone 30 W. Napájacie napätie zdroja Z2 má menovitú hodnotu 230 V, alebo 100 V striedavých. Jednosmerné napájacie napätie má hodnotu 220 V. Ak príde k prerušeniu napájacieho napätia, je zdroj schopný dodávať jednosmerné napätie počas doby minimálne 3 sekúnd z interného super kapacitoru. Ak je pripojený externý 12 V akumulátor, tak je doba schopnosti dodávania jednosmerného napätia závislá na kapacite pripojeného akumulátora. Menovitý výkon zdroja jednosmerného napätia je 15 W[14].

Na vstupných kontaktoch sa nachádza výmenná poistka. Taktiež v obvodoch akumulátoru sa nachádzajú výmenné poistky. Na výstupných kontaktoch zdroja sa nachádza nadprúdová ochrana[14].

Funkčnosť zdroja sa overuje preventívnou prehliadkou. Tieto prehliadky výrobca udáva vykonávať po 4 rokoch prevádzky. Preventívna prehliadka zdroja Z2 by mala zahŕňať úkony ako kontrolu mechanickej neporušiteľnosti zdroja, očistenie zdroja vlhčenou handrou bez čistiacich prostriedkov, kontrolu veľkosti výstupného napätia, kontrolu funkcie blokovania výstupného jednosmerného napätia spojením vstupných kontaktov. Takáto prehliadka zahŕňa tiež kontrolu kapacity externého oloveného akumulátora[14]



Na diaľkovú komunikáciu súprava monitorov vývodov SM2 používa komunikačnú jednotku K2. Základná funkcia komunikačnej jednotky zaisťuje prostredníctvom siete mobilných operátorov diaľkový prenos stavov súpravy monitorov vývodov SM2. Komunikačná jednotka operuje zo zozbieranými hodnotami a diaľkovo ich prenáša na nadradený informačný systém. Na zber hodnôt využíva dve sériové linky RS485[14].

Diaľkový prenos dát prebieha pomocou protokolu *TCP/IP* prostredníctvom *GPRS*, *UMTS* a *LTE* technológií mobilných operátorov. Primárne je využívaná technológia *GPRS*, avšak v prípade jej nedostupnosti môžu byť využité iné technológie diaľkového prenosu. Diaľková komunikácia môže súčasne prebiehať so štyrmi aplikáciami. Súčasťou komunikačnej jednotky je 1 SIM karta. To, že technológia dokáže komunikovať súčasne s viacerými systémami, by mohlo predstavovať v budúcnosti veľkú výhodu. Príklad budúceho využitia tejto vlastnosti je, že prevádzkové dáta sa budú posielat' na dispečing, dáta ohľadne fakturácie sa budú posielat' na fakturačné oddelenie, merania dlhodobých parametrov a nutnosť servisných zásahov na servisné oddelenie spoločnosti *ECD*[14].

## 4.5 Stojany rozvÁdzačov NN v mrežovej sieti Brno-střed a Brno-Bohunice

Stojan ST-VK sa umiestňuje do *DTS* s vnútornou obsluhou pre *TR* max. 630 kVA, alebo 2 x 630 kVA s krytím IP 20. Všeobecné určenie stojanu je pre rozvÁdzače typu RST do 1000 A. Stojan má celkovú šírku 1600 mm. Výška stojanu je 1760 mm. V mrežových sieťach je vo veľkej miere využívaný pre rozvÁdzače s 8 vývodmi, pre rozvÁdzače typu RST 1099/4835[12][13].

Stojan ST-VK 12 sa umiestňuje do *DTS* s vnútornou obsluhou pre *TR* do 630 kVA s krytím IP 20. Všeobecné určenie stojanu je pre rozvÁdzače typu RST do 1000 A s počtom vývodov 12. Stojan ST-VK 12 je vhodný pre rozvÁdzače typu RST 1099/41235[12][13].

Stojan ST-VN sa umiestňuje do *DTS* s vonkajšou obsluhou pre 1x *TR* do 630 kVA. Stojan má krytie IP00. Jeho určenie je pre rozvÁdzače typu RST 1099/4835. Stojan má šírku 1600 mm. Výška stojanu je 1050 mm[12][13].

Stojan ST-VN 12 sa umiestňuje do betónovej *DTS* s vonkajšou obsluhou. Je určený pre *TR* do 630 kVA. Stojan má krytie IP00 a je určený pre rozvÁdzač typu RST do 1000 A s počtom vývodov 12. Tento stojan je určený primárne pre rozvÁdzače typu RST 1099/41235[12][13].

## 5 DISPEČERSKÉ RIADENIE SIETÍ NN

Distribučné územie spoločnosti *ECD* má plošný rozsah 26499 km<sup>2</sup>. Počet odberných miest, ktoré sú vybudované na distribučnom území spoločnosti je vyše 1522000. Odberné miesta sa neustále budujú, najmä na napäťovej hladine *NN*. Sieť *NN* začína na sekundárnej strane *TR VN/NN* a končí jednotlivými prípojkami pre odberné miesta. Sieť *NN* preto predstavuje neoddeliteľnú časť *DS*[4].

Vedenia *NN* prevádzkované spoločnosťou *ECD* sú:

- vzdušné vedenia;
- káblové vedenia.

Vzdušné vedenia *NN* sa nachádzajú prevažne v malých obciach, menších mestách či mestysoch. Celková trasa vzdušných vedení, ktoré spoločnosť prevádzkovala k roku 2018 činila 15697 kilometrov[4].

K roku 2018 bola celková trasa káblových vedení, ktoré boli v prevádzke, 23392 kilometrov. Káblové vedenia sú najmä v centrách väčších miest, na sídliskách či v oblastiach s hustou zástavbou[4].

Poruchovosť vplyvom poveternostných podmienok dosahuje vyššie hodnoty na vzdušnom vedení. Na druhej strane pri výkopových prácach je pravdepodobnosť poruchy vyššia na káblovom vedení. Napriek tomu je snahou spoločnosti *ECD* kabelizovať obce či menšie mestá pri rekonštrukčných prácach na hladine *NN*.

Rekonštrukčné práce na vedeniach *NN* prebiehajú takmer každý deň v roku. Tieto práce sú dopredu naplánované a prebiehajú za účelom obnovy či lepšej obslužnosti siete. Taktiež prispievajú k väčšej bezporuchovosti sietí *NN*, čo je veľmi dôležité z pohľadu distribučnej spoločnosti *ECD*. Dispečerská činnosť v energetike predstavuje vo všeobecnosti riadenie plánovaných prác či operatívne riešenie porúch na príslušnej napäťovej hladine. Dispečing z veľkej časti určuje činnosti ostatných pracovníkov spoločnosti *ECD*. V nasledujúcich častiach práce bude popísaný stav riadenia pred a po dátume 31.12.2018.

### 5.1 Stav dispečerského riadenia sietí NN do 31.12.2018

Dispečerské riadenie sietí *NN* v programe *TOMS* bolo založené na plnení jednotlivých prác ako celkov a ich hlásenie na dispečing. Každá práca na sieti *NN* bola uložená ako požiadavka. Program *TOMS* bol do konca roku 2018 využívaný v spoločnosti ako databáza plánovaných prác či porúch. V kapitolách 5.1.1 a 5.1.2 je popisovaný stav riadenia sietí *NN* v programe *TOMS*.

Obsahom programu bola celková databáza siete *VVN*, *VN* a *NN*. V programe boli uložené všetky činnosti, či už realizované, alebo naopak nerealizované. Ak nastal dôvod, že plánovaná práca sa nemôže uskutočniť, tak pred samotným uvedením do stavu nerealizovaná bolo potreba uviesť dôvod, pre ktorý sa plánovaná práca neuskutočnila.

V programe *TOMS* nebežalo žiadne grafické zobrazenie, či zobrazenie na základe iného geografického informačného systému. Spoločnosť *ECD* využívala *SW* hlavne ako rozsiahly databázový *SW* pre svoju činnosť.

Na základe údajov z programu *TOMS* boli počítané údaje *SAIDI* a *SAIFI* pre jednotlivé odberné miesta. Dáta z programu boli taktiež poskytované *ERÚ* na vyhodnocovanie štandardov pri odstávkach či poruchách.

### 5.1.1 Poruchové stavy v sieti NN

Program *TOMS* obsahoval databázu všetkých porúch či už na sieti *VVN*, *VN*, či *NN*. Do databázy porúch malo priamy prístup *CC* poruchovej služby, ktoré zachytávalo jednotlivé telefonáty od odberateľov a posúvalo ich ďalej na dispečing *NN*. Dispečer *NN* z hlásenia vytvoril poruchu a priradil k nej montéra, ktorý ju riešil. Montér po vyriešení poruchového stavu hlásil na dispečing *NN* rozsah poruchy.

Ak na vyriešenie poruchového stavu bola nutná výmena prvku, alebo zariadenia *DS*, bolo nutné tento krok uviesť do hlásenia o poruche. Každá porucha mala určitý časový limit na vyriešenie. Tieto limity nastavovalo a taktiež naďalej nastavuje *ERÚ*.

*ERÚ* si v určitých periódach vyžiadala databázu všetkých riešených porúch. Ak sa preukázalo porušenie štandardného času odstránenia, tak spoločnosť *ECD* bola nútená preukázať prečo k tomuto porušeniu prišlo.

Dispečer *NN* v systéme *TOMS* pri preberaní a ukončovaní poruchového stavu odberného miesta nepracoval so žiadnou mapou, alebo systémom *GIS*.

### 5.1.2 Plánované odstávky NN

Dispečer *NN* taktiež pracoval s dennou databázou plánovaných prác *NN*. Každá plánovaná práca bola zaradená pod špecifickým číslom do databázy programu. Dispečer *NN* zahajoval prácu počas telefonátu s určeným montérom. Po zahájení práce montér *OPDs* začínal s činnosťou.

Systémová informácia o začiatku práce bola zobrazená okrem dispečingu aj na *CC* poruchovej službe. V systéme *TOMS* však dispečer *NN* a ani *CC* nepracovalo ani v tomto prípade so žiadnym mapovým či grafickým systémom. Plánované práce boli brané ako celok, neprichádzalo pri nich k pokynom zo strany dispečera *NN* na vypínanie, uvoľňovanie či zaisťovanie *DS*.

Dispečer *NN* evidoval začiatok a koniec plánovanej práce. Samotná evidencia bola však dôležitá a to z dôvodu prepojenia dispečingu a *CC*. Týmto krokom bolo čiastočne zabránené zbytočným výjazdom ďalších montérov *OPDs* na odberné miesta vo vypnutom úseku.

Vkladanie a plánovanie prác *NN* má na starosť technik *RS* pre danú oblasť. Technik *RS* založil prácu *NN*, ručne vyplnil vstupné údaje a prácu dal do stavu k realizácii.

Úlohou dispečera *NN* bolo dať prácu do stavu zahájená. Nový stav nastával po kontakte od montéra *OPDs* s oznámením presného času jej začiatku. Po ukončení práce dispečer *NN* opäť počas hovoru s montérom zapísal do databázy presný čas skončenia práce. Ak nastal prípad, keď

počas práce NN nastala neočakávaná udalosť, ktorá by zamedzovala splneniu vytýčeného času vypnutia odberného miesta, tak táto udalosť bola podrobne zapísaná do programu TOMS.

## 5.2 Aktuálny stav dispečerského riadenia sietí NN

K rozvoju dispečerského riadenia sietí NN prispel od 1.1.2019 nový systém OMS, ktorý bol integrovaný do DŘS RIS. Systém monitoruje a priamo vyhodnocuje výpadky napájania v distribučnej sieti VVN, VN a NN. Systém OMS naplno nahrádza program TOMS a je priamou súčasťou DŘS.

Výhodou systému je práca priamo nad schémami siete NN, ktoré sú udržiavané v systéme GIS. Systém obsahuje aj podkladovú geografickú mapu distribučného územia ECD, ktorú si dispečer môže zapnúť. Podkladová mapa slúži pre lepšiu orientáciu na distribučnom území. Systém OMS obsahuje moduly pre viac účelov každodenného používania.

Jedným z nich je prístup CC pre zadávanie porúch priamo do systému OMS. Tým pádom došlo k úplnému vypusteniu programu TOMS z pohľadu CC poruchovej služby. Modul určený pre CC slúži predovšetkým na evidenciu volaní a ich vkladanie do systémových domén.

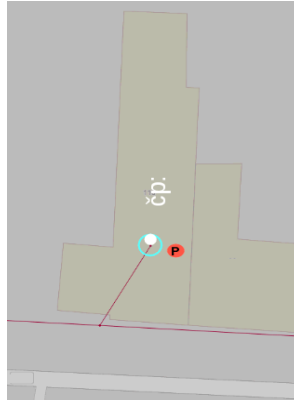
Tento programový modul umožňuje vyhľadať odberné miesto zákazníka. Taktiež je možné jeho zobrazenie na PS NN. Modul obsahuje všetky informácie ohľadne tarifu, režime HDO či plánovaných odstávkach na odbernom mieste. Informácie sú uložené na jednom mieste, čo je veľká výhoda pre operátora CC a ďalej aj pre dispečera NN. Po zaevidovaní hlásenia sa dispečerovi NN zobrazí toto hlásenie na prioritne označenej zobrazovacej jednotke[18][21].

Dispečerovi NN sa po otvorení hlásenia a po vytvorení poruchy zobrazí mapa so zreteľným označením miesta poruchy. Na základe lokalizovania odberného miesta sú automaticky doplnené informácie o DTS, DTR a vývodu NN.

Ak sa stane prípad, že CC na základe hovoru zaeviduje ďalšiu poruchu z tej istej oblasti či už rovnakého vývodu NN, DTS alebo TR, je miesto poruchy aktualizované.

Aktualizácia miesta poruchy je daná logikou systému OMS a jeho rozpoznávaním, že sa nejedná len o prípojku k jednému odbernému miestu. Porucha je v tomto prípade na spoločnom úseku DS NN. Aktualizácia miesta poruchy je dôležitá pre dispečera NN či montéra OPDs. Poruchy sa k sebe navzájom pridružujú, aktualizujú možné miesto poruchy.

Dispečer NN potom vie, že montéra OPDs môže poslať rovno k aktualizovanému miestu poruchy. Tým zrýchli prípadný čas jej odstránenia. To je veľká výhoda oproti programu TOMS, v ktorom sa poruchy automaticky nepridružovali. Dané aktualizácie predstavujú potenciál napr. v prípade kalamít, kedy prichádzajú nové hlásenia častejšie ako obvykle. Odberné miesto po nahlásení poruchy na CC a vytvorení poruchového stavu dispečerom NN vid', Obr. 14.



Obr. 14: Nahlásená porucha na odberné miesto po zásahu dispečera NN[18][21]

K poruche je po zásahu dispečerom NN vytvorená tzv. magnetka. Po jej otvorení sa z PS NN dispečer NN dostáva späť do zobrazenia detailov poruchového stavu.

Druhým modulom je prístup pre technikov RS. Modul požiadaviek pre plánované odstávky. Technici RS majú rovnakú úlohu ako v minulom programe TOMS, teda zadávanie požiadaviek plánovaných prác do databáze systému.

Po zadaní práce do databáze požiadaviek pribudne dispečerovi NN práca v dennej databáze prác. Veľký rozdiel medzi programom a systémom nastáva vo chvíli, keď už dispečer NN neeviduje iba začiatok a koniec práce. Montér OPDs sa ohlásí dispečerovi NN celkom 4 krát, a to pri zahájení manipulácií, pri začiatku plánovanej odstávky, pri ukončení práce a pri ukončení celej odstávky, tj. po uvedení zariadenia do prevádzky.

Keďže systém OMS pracuje s podkladovými mapami a schémami, tak dispečer NN vidí všetky prvky na hladine NN. Vidí aj ich umiestnenie a aktuálny topologický stav. Technik RS má za úlohu pripraviť PPP, podľa ktorého prebieha uvoľnenie dotknutého úseku DS.

Databáza, s ktorou v novom systéme OMS pracuje technik RS či dispečer NN, sa skladá z archívnych a aktívnych dát. Archívne dáta sú dáta, ktoré dispečer NN nepotrebuje k svojej štandardnej dennej činnosti. Musia však byť súčasťou tejto databázy, pretože obsahujú dôležité záznamy pre ERÚ a pre technikov RS.

Aktívne dáta sú tie, ktoré sa editujú, alebo obsahujú informácie, ktoré musia byť dispečerovi NN ihneď dostupné. Sú to dáta o plánovanom začiatku práce, o rozsahu práce, dáta o zabezpečení dodávky počas práce a iné potrebné údaje[18][21].

Aktívne dáta sa stávajú dátami archívnymi po splnení predpísaných podmienok. Dispečer NN a technik RS môžu využiť filter, ktorý im navolí buď aktívne požiadavky, plánované práce, alebo archívne dáta uskutočnených plánovaných prác[18][21].

Každá požiadavka plánovanej odstávky môže obsahovať len jeden manipulačný rozpis. Manipulačný rozpis je zviazaný s požiadavkou rovnakým identifikačným číslom. Pri tvorbe požiadaviek a manipulačného rozpisu má technik možnosť kliknúť na tlačidlo referenčné zariadenie. To je výhoda oproti programu TOMS, pretože po kliknutí na tlačidlo a časť DS sa automaticky vyplnia údaje o DTS, TR, vývode NN. V programe TOMS musel technik RS údaje pri tvorbe požiadaviek vyplniť ručne. Po vytvorení manipulačného rozpisu dáva technik požiadavku do stavu odoslaná. V tomto stave sa jej ujíma dispečer NN, ktorý ju edituje do stavu zahájená.

V novom systéme OMS má vytvorený manipulačný rozpis prepojenie do DŘS RIS. Jednotlivé manipulačné kroky sú navigované do PS. Ich aktuálny topologický stav vidí dispečer NN na zobrazovacej jednotke. V grafickom zobrazení je okrem elektrickej topológie danej oblasti aj mapa odberných miest, spolu s jednotlivými ulicami v okolí. Programový modul určený pre technika RS vid', Obr. 15.

Obr. 15: Karta přípravy NN požiadavkov pre technika RS[18][21]

Na Obr. 16 je zobrazená prebiehajúca plánovaná odstávka. Plánovaná odstávka má špecifickú magnetku, ktorá sa automaticky pridá na nastavené referenčné zariadenie odstávky. Vytvorenie tzv. magnetky nastáva v momente, keď dispečer NN dá plánovanú prácu do stavu Zahájená.



Obr. 16: Uvoľnený úsek DS s prebiehajúcou plánovanou prácou[18][21]

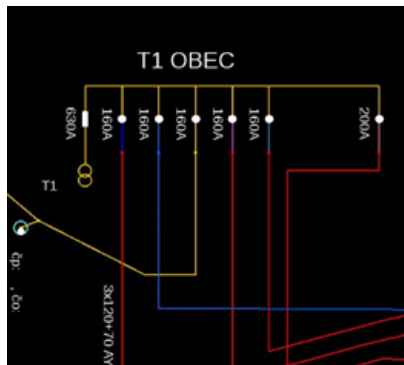
## 5.2.1 Grafická prezentácia siete NN v dispečerskom systéme RIS

PS NN je implementovaná v systéme GIS. Zo systému GIS sa schémy importujú do systému OMS v pomere 1:1. V PS NN sú odberné miesta a DTS situované podľa geografického umiestnenia. Nedochádza k zbytočnému rozťahovaniu vzdialeností, alebo zahusťovaniu odberných miest. Je to z dôvodu možnosti zapnutia mapového podkladu do PS NN. Toto zobrazenie je popísané v ďalších častiach práce.

### 5.2.1.1 Prezentácia DTS

Ak DTS obsahuje presnú pozíciu TR, tak je pozícia v PS NN zakreslená. V systéme GIS nemusí byť pozícia TR v DTS zakreslená. To by ale znamenalo, že dispečer NN by nevidel TR v PS. Dané tvrdenie by znamenalo nemalé komplikácie pre riadenie sietí NN. Tieto nezrovnalosti boli

vyriešené ručným dopĺňaním pozície *TR* povereným pracovníkom. Značenie *DTS* v systéme *OMS* vid', Obr. 17.



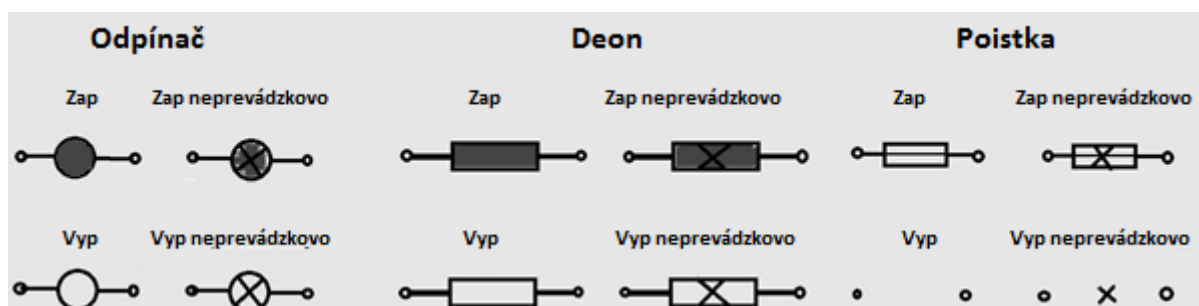
Obr. 17: *DTS* v systéme *OMS*[18][21]

### 5.2.1.2 Prezentácia vedení

V *PS NN* sú 3 typy vedení. Primárne sú všetky typy vedení značené neprerušovanou čiarou. Vedenia v *DS* sú vzdušné, káblové a cudzie. Systém *OMS* umožňuje prepínanie primárneho zobrazenia. Prepínanie je realizované v užívateľských nastaveniach. Vedenia, ktoré sú káblové je možnosť prepnutia do čiarkovanej čiary. Vedenia, ktoré sú cudzie je možnosť systémovo prepnúť do bodkočiarkovanej čiary. Vzdušné vedenia majú aj po prepnutí tvar neprerušovanej čiary. Systémové nastavenie môže dispečer *NN* uložiť do svojho profilu. Po znovu otvorení *PS NN* bude nastavenie zachované[18][21].

### 5.2.1.3 Prezentácia spínacích prvkov

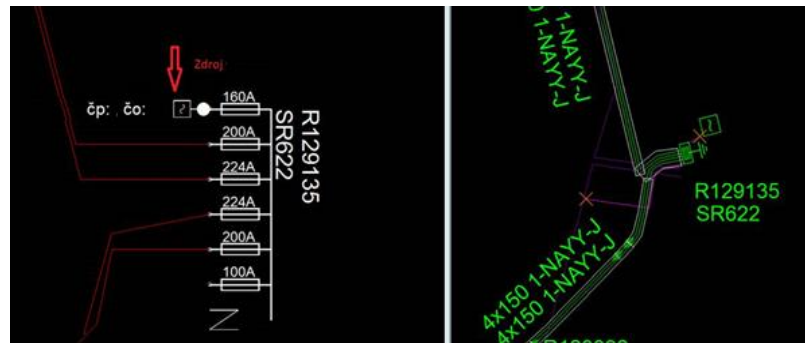
Spínacie prvky sú neoddeliteľnou súčasťou *PS NN*. Reprezentujú ich dva stavy, zapnutý / vypnutý. Spínacie prvky použité v *PS NN* sú odpínač, deon a poistka. Grafickú prezentáciu prvkov v *DS* vid', Obr. 18.



Obr. 18: Spínacie prvky v *PS NN*[18][21]

### 5.2.1.4 Prezentácia zdrojov v NN sieti

Zdroje pripojené k rozvádzačom musia byť jasne a zreteľne viditeľné v *PS NN*. Označenie zdroja v *PS NN* vid', Obr. 19.



Obr. 19: Pripojenie zdroja v PS NN bez zapnutého mapového podkladu[18][21]

### 5.2.1.5 Prezentácia odberného miesta

Každý odber je v PS NN prezentovaný tvarom, ktorý vid', Obr. 20. Odber má vo vnútri označený spínací prvok. Grafickú veľkosť odberu si môže užívateľ navoliť sám.



Obr. 20: Odberné miesto v PS NN[18][21]

Spínací prvok u odberného miesta reprezentuje jeden z dvoch stavov. Reprezentované stavy sú zapnutý/vypnutý. Pri importe bude spínací prvok vo svojom aktuálnom stave. V databáze bude mať však aj svoj prevádzkový stav. Stav vypnutý má spínací prvok, ak v danom mieste nie je pripojení žiaden odberateľ. Stav zapnutý má vtedy, ak je pripojený aspoň jeden odberateľ. Normálové stavy sa nemôžu prenášať zo systému GIS, ale musia byť doplnené pri importe jednotlivých odberov do PS NN. Odber môže byť topologicky odpájaný, alebo pripájaný so spínacím prvkom.

Na Obr. 21, vid' časť PS NN menšej obce s niekoľkými odbernými miestami. Keďže sa jedná o menej zastavanú oblasť so vzdušným vedením NN, tak sa tu iba v menšom počte vyskytujú SR. Situácia preto presne odpovedá situácii v teréne. Dispečer NN disponuje po otvorení jednotlivých odberov informáciami o pripojených zákazníkoch, hodnote hlavného ističa, či prítomnosti HDO.



Obr. 21: PS NN vybranej obce so zapnutým geografickým podkladom[18][21]

Na Obr. 22 je zobrazená PS NN časti mrežovej siete Brno – Střed. Na grafickom zobrazení už na prvý pohľad vidno, že sa jedná o hustejšie zastavanú oblasť. SR, ktoré tvoria uzly siete, musia byť graficky prehľadné. Preto musia byť rozmerovo väčšie oproti situácii v reálnom rozložení.



Po otvorení informácií o SR je vidno ulicu, na ktorej je umiestnená. Toto zobrazenie pomáha dispečerovi NN a montérovi OPDs v lepšej orientácii v PS NN respektíve v teréne. Okrem informácií o ulici je k dispozícii aj číslo skrine a napäťová hladina.



Obr. 22: PS NN časti mrežovej siete Brno-Střed so zapnutým geografickým podkladom[18][21]

#### 5.2.1.6 Prezentácia distribučného územia

Distribučné územie ECD pozostáva z dvoch oblastí. E.ON Západ a E.ON Východ. Práca sa v ďalšej časti zameriava na E.ON Východ. Je to z toho dôvodu, že mesto Brno a všetky jeho časti ležia v tejto oblasti.

Siete 22kV a NN v distribučnej oblasti E.ON Východ riadi Dispečing 22kV Brno, ktorý je rozdelený na 6 pracovísk na tzv. RD s rozdelením:

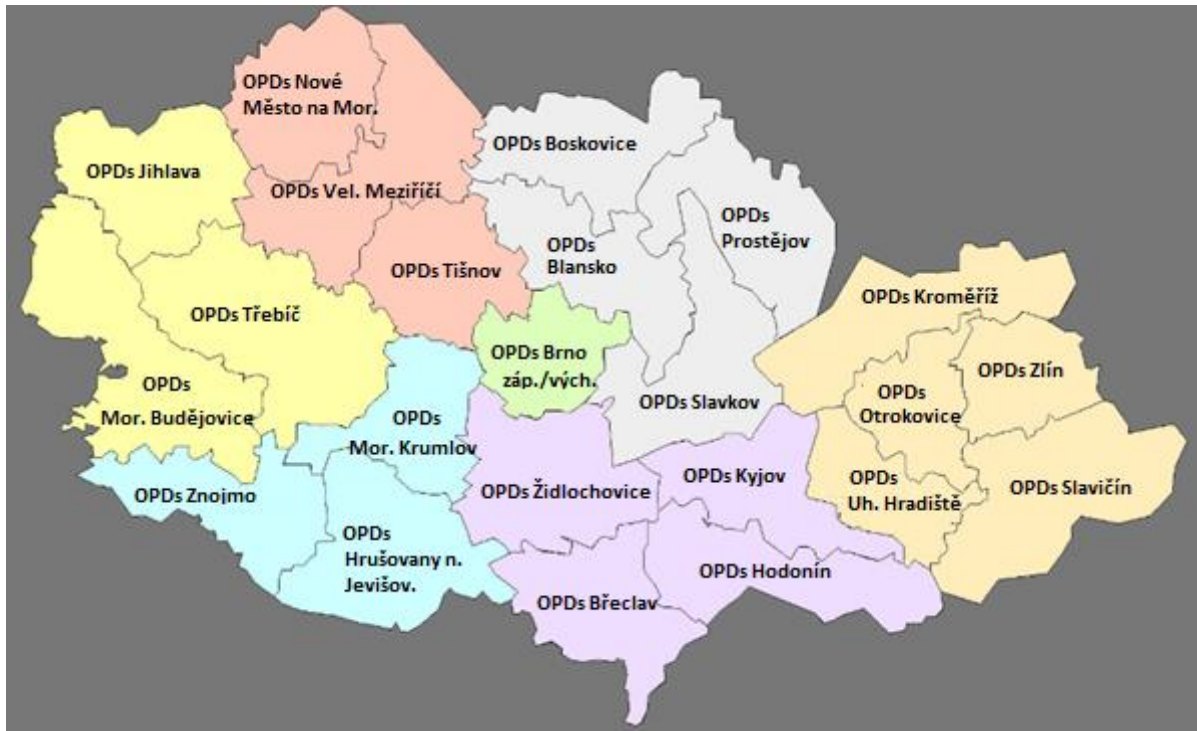
- RD Čebín - oblasť okresov Žďár nad Sázavou, Brno Venkov;
- RD Třebíč - oblasť okresov Třebíč, Jihlava, Znojmo;
- RD Brno - oblasť mesta Brna;
- RD Břeclav – oblasť okresov Břeclav, Hodonín;
- RD Otrokovice - oblasť okresov Zlín, Uherské Hradiště, Kroměříž;
- RD Prostějov – oblasť okresov Prostějov, Blansko, Vyškov.

Každý rajón pozostáva z niekoľkých OPDs. Počet OPDs úzko súvisí s rozlohou daného územia. Každá OPDs je zložená z obcí, mestysov či miest, v ktorých sa nachádzajú siete NN.

Rozdelenie distribučného územia na OPDs:

- RD Třebíč: OPDs Jihlava, OPDs Třebíč, OPDs Moravské Budějovice, OPDs Znojmo, OPDs Moravský Krumlov, OPDs Hrušovany nad Jevišovkou;
- RD Čebín: OPDs Tišnov, OPDs Velké Meziříčí, OPDs Nové Město na Moravě;
- RD Břeclav: OPDs Židlochovice, OPDs Kyjov, OPDs Břeclav, OPDs Hodonín;
- RD Brno: OPDs Brno Východ, OPDs Brno Západ;
- RD Prostějov: OPDs Boskovice, OPDs Blansko, OPDs Slavkov, OPDs Prostějov;
- RD Otrokovice: OPDs Kroměříž, OPDs Otrokovice, OPDs Zlín, OPDs Uherské Hradiště, OPDs Slavičín.

Grafické rozdelenie distribučného územia E.ON Východ vid', Obr. 23. Toto interaktívne grafické zobrazenie je nutnosťou pre dispečing z dôvodu riadenia sietí NN v jednotlivých oblastiach.



Obr. 23: Distribučné územie E.ON Východ

V tomto stave systému OMS má dispečer NN k dispozícii cestu od napájacej DTS VN/NN až po elektromer koncového zákazníka. Mapové rozloženie predstavuje výhody pre dispečera NN, ale aj pre dispečera VN. Navigácia do PS NN je nastavená na jednotlivé DTS v mestách či obciach. Vo väčšine obcí je miesto navigácie do PS NN nastavené na DTS s názvom Obec. V mestách bol braný ohľad najmä na lokalitu a počet vývodov DTS. Týmto je docielené urýchlenie lokalizácie a synchronizácie s montérom počas práce.

### 5.3 Evidencia príkazov B PPN na hladine NN

Príkaz B je písomný dokument, ktorý obsahuje technicko – organizačné opatrenia pre zaistenie ochrany a bezpečnosti pri práci. Na zariadenia NN sa v spoločnosti ECD evidujú príkazy B od 18.2.2019. Je to plánovaný zásah do práce dispečera NN. Samotné evidovanie príkazov B však neprebíha podľa normy a zvyklostí ako na hladine VN. Evidencia prebieha hlavne za účelom bezpečnosti práce a lepšieho vykazovania denných činností montéra DS. Táto evidencia sa týka všetkých prác pod napätím na zariadeniach NN.

Príkaz B PPN sa vystavuje pre každé pracovisko zvlášť. Platnosť B príkazu je na rozdiel od B príkazu na VN hladine obmedzená na 1 deň.

Montér príslušného OPDs bezprostredne pred zahájením prác kontaktuje dispečera NN. Dispečer NN podľa informácií od montéra OPDs zaeviduje príkaz B na PPN. Montér OPDs po nahlásení B príkazu začína svoju prácu podľa nahláseného pracovného postupu. Ak nie je možné aplikovať nahlásený pracovný postup, je možné postupovať podľa miestneho plánu PPN NN. Tento

postup zostaví vedúci práce PPN pre pracovisko a následne sa takto zostavený postup stáva bezpodmienečnou súčasťou príkazu B na prácu PPN. Príkaz B PPN sa ukončuje nahlásením na dispečing NN po prevedení predpísanej práce.

Povinné informácie, ktoré potrebuje NN dispečer k zaevidovaniu príkazu B PPN:

- Prevádzkové číslo zariadenia NN, na ktorom bude vykonávaná práca. Ak sa práca má vykonávať na línii napr. izolácia vedenia či prípojky, je nutné uviesť číslo najbližšieho predradeného istiaceho prvku. V prípade práce priamo na istiacom zariadení montér OPDs uvedie prevádzkové číslo zariadenia.

Dispečer NN podľa prevádzkového čísla identifikuje zariadenie v schéme RIS OMS a zaeviduje príkaz B vytvorením záznamu. Do záznamu eviduje informácie:

- poradové číslo B príkazu a evidenčné číslo knihy;
- priezvisko vedúceho práce PPN;
- kód pracovného postupu.

Ak je pre danú prácu vystavený miestny plán práce pod napätím, tak je jeho číslo nahlásené namiesto kódu pracovného postupu. Grafickú interpretáciu príkazu B PPN vid', Obr. 24.



Obr. 24: Grafická podoba príkazu B PPN

## 5.4 Vylepšenia procesov v OMS

Diplomová práca so sebou priniesla aj ďalšie zmeny, ktoré dispečerom NN prinášajú zefektívnenie pracovnej činnosti a procesov.

Prvé vylepšenie sa týka prístupu do schémy NN z DTS VN/NN tvoriacich mrežovú sieť Brno – Bohunice.

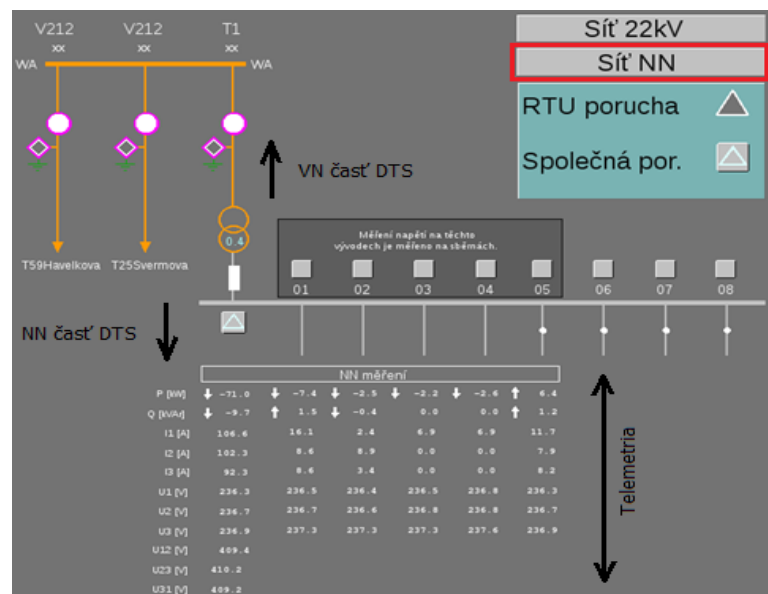


Obr. 25: Označenie DTS Spodní 8 v schéme VN v systéme RIS OMS

*DTS Spodní 8* je jednou z troch staníc v mrežovej sieti s telemetricky prenášanými údajmi o prívode do rozvádzača *NN* a vývodoch *NN* na dispečing. O telemetrickej funkcii tejto *DTS* informuje dispečera žlté tlačidlo *NN* umiestnené pod názvom *DTS vo VN schéme*.

Tlačidlo o prítomnosti informácií z telemetrie by sa však malo nachádzať nielen v topológii *VN* siete, ako je zobrazené na *Obr. 25*, ale aj priamo v *PS NN*. Prípadné doplnenie tlačidla do *PS NN* by so sebou prinieslo ďalšie zefektívnenie práce dispečera *NN*. Daným doplnením do *PS NN* by bola vytvorená jednoduchá navigácia medzi *VN* sieťou, telemetriou *DTS* a sieťou *NN* v danej oblasti.

Po kliknutí na žlté tlačidlo *NN* z *Obr. 25* sa otvoria telemetrické funkcie *NN DTS Spodní 8*, ktoré sú spolu s popisom na *Obr. 26*.



*Obr. 26: Telemetrické funkcie DTS Spodní 8*

Doplnené tlačidlo *Síť NN* na *Obr. 26* má za úlohu navigáciu do siete *NN* v oblasti rozvádzača *NN* umiestneného v *DTS Spodní 8*. Navigácia do siete *NN* aj z úrovne telemetrie bola potrebná pre zefektívnenie práce dispečera *NN*, ktorý má počas hovoru s montérom *OPDs* úlohy, ktoré musia byť dostupné len z karty telemetrických funkcií. Ďalšie úlohy sú dostupné z *PS NN*. Daná editácia systému vyplýva z každodenného využívania systému dispečermi *NN*.

Ďalšia zmena procesu spočívala v úprave prevádzkovej inštrukcie *PI-597\_001*, ktorá pojednáva o zahájení prechodu na centrálné riadenie sietí *NN* v *DS E.ON*. Táto smernica uvádza, že ak sa robí rozsiahla rekonštrukcia siete *NN*, tak úloha technika *RS* v systéme *OMS* je dať danú oblasť do tzv. polygónu, čím ju odoberá z riadenia dispečera *NN*. Riadenie oblasti v polygóne preberá technik *RS*.

Po skončení obnovy siete *NN* sa v prevádzkovej inštrukcii uvádza, že technik *GIS* po prekreslení novej *NN* topológie v systéme *GIS* prevedie odstránenie polygónu v systéme *OMS*. Návrh na úpravu *PI* je taký, že na vyzvanie technika *GIS* odstráni polygón technik *RS*. Návrh akceptuje právomoci spoločnosti *ECD*.







Obr. 28: Celkový prehľad mriežovej siete Brno-Bohunice v GIS

Pre zlepšenie prehľadu je na Obr. 28 polygónom vyznačená oblasť Brno – Bohunice. Sieť NN je na obrázku vyznačená zelenou farbou. Červenou farbou je vyznačené napájanie VN mriežovej siete Brno – Bohunice.

## 6.1 Získanie dát

Po dohode so zadávateľom diplomovej práce bolo rozhodnuté, že z hľadiska bežnej prevádzky bude pozorovaných a následne analyzovaných 10 dní v termíne od 10.3.2019 do 19.3.2019. Tento termín bol zvolený preto, že v daných dňoch sa v každej DTS v mriežovej sieti Brno – Bohunice nachádzajú okrem pevných meracích zariadení aj meracie zariadenia prenosné, technológie T3, ktoré sú v DTS nasadené z dôvodu získavania dát pre tvorbu modelu mriežovej siete Brno – Bohunice. Zadávateľ práce uvítal možnosť zahrnúť do analýzy aj prístroje tejto technológie, ktorých podrobný popis sa nachádza v kapitole 6.1.1

Z troch DTS Spodní 8, Spodní 2 a Rolnická 5 boli dáta v určenom intervale získané pomocou DŘS. Z ďalších troch DTS Vyhlídalova, Spodní 18 a Rolnická 9 bolo potrebné dáta získať pomocou poverenia spoločnosti ECD z programu od výrobcu technológie T2.

Získané dáta mali minútovú agregáciu. Dáta bolo potrebné roztriediť podľa dní a upraviť ich formát. Takto roztriedené dáta boli následne pripravené k analýze.

V každej DTS mriežovej siete, v ktorej sa nachádza technológia T1 je meraný prívod z TR do rozvádzača NN a prvých päť vývodov do NN siete. Hlavnými veličinami, ktoré boli sledované, je  $U_f$  prívodu z TR,  $I$  prívodu,  $P$  a  $Q$  prívodu, fázový  $I$  vývodov, trojfázový  $P$  a  $Q$  vývodov. Naopak v DTS, v ktorých je inštalovaná technológia T2 je meraný prívod z TR a štyri vývody do NN siete.

### 6.1.1 Technológia T3

Technológia je určená pre efektívne a presné monitorovanie elektrických veličín. V prípade mrežovej siete Brno – Bohunice predstavuje technológiu, ktorá monitoruje všetky osadené vývody *NN* z rozvádzačov typu RST 1099/4835 –H, ktoré sú súčasťou *DTS* mrežovej siete. Technológia taktiež monitoruje prívod do *NN* rozvádzača. Okrem získavania dát pre model bola využitá aj pre analytický účel tejto práce. Analýza hodnôt všetkých vývodov *NN* mrežovej siete je uvedená v časti kapitoly 6.2. Hodnoty technologického doplnku, ktorým boli dočasne vybavené prívody do *NN* rozvádzača, boli analyzované taktiež na základe reálne simulovaných poruchových stavov. Analýza hodnôt pre technológiu T3 z poruchových stavov je náplňou kapitoly 7.2.2.

Technologické doplnky vývodov *NN* sa skladajú z výkonového analyzátoru A3 a prúdových meracích modulov M3. Táto zostava je napájaná sieťovým zdrojom Z3, ktorý je vhodný na inštaláciu priamo do *DTS* kvôli veľkému rozsahu napájacieho napätia a vysokej odolnosti voči prepätiu. Sieťový zdroj Z3 je napájaný trojfázovým napätím pričom dve fázy slúžia ako záloha. Sieťový zdroj je možné spájať pre zvýšenie napätia, prúdu či zvýšenie celkovej spoľahlivosti v prevádzke[14].

Technológia meria fázové a združené  $U$ , fázové  $I$ , fázové  $P$  a  $Q$ , spotrebu elektrickej energie, skreslenie signálu. Namerané dáta sú pomocou protokolu Modbus posielané na vzdialenú jednotku.

### 6.1.2 Dáta z technológie T3

Namerané dáta boli poskytnuté v sekundových intervaloch. Takto získaným dátam bolo potrebné upraviť agregáciu do minútového intervalu, pretože základná sekundová agregácia bola neprehľadná. Minútová agregácia bola nastavená v programe, ktorý poskytol priamo výrobca technológie T3.

## 6.2 Zpracovanie a vyhodnotenie reálnych dát mrežovej siete

Na spracovanie a následné vyhodnocovanie bol využitý program Microsoft Excel, ktorý je bežne využívaný spoločnosťou *ECD* pre prácu s veľkým množstvom dát. Vyhodnocované boli maximálne a minimálne  $U$  prívodu do rozvádzača *NN*, maximálne zaťaženie *TR* v mrežovej sieti, maximálne fázové  $I$  prívodu do rozvádzača *NN*, maximálne odchýlky  $I$  jednotlivých fáz *TR* a čas ich výskytu. Pre analytickú činnosť bolo taktiež využité doplnenie technológiou T3 výstupov *NN*.

Všeobecne sa  $U_f$  v *DS*, ktorá má napäťovú hladinu 0,4 kV musí pohybovať v rozmedzí  $\pm 10 \%$ , teda  $U_{fmin} = 216 \text{ V}$  a  $U_{fmax} = 264 \text{ V}$ [23].

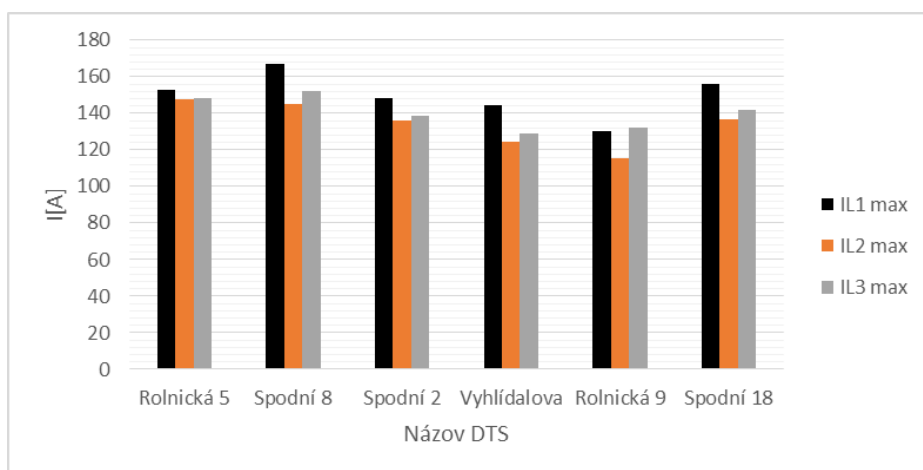
Maximálne a minimálne hodnoty fázových  $U$  prívodov do rozvádzača *NN* v *DTS* sú zobrazené v Tab. 8.

Tab. 8: Maximálne a minimálne hodnoty fázových napätí jednotlivých DTS

| DTS         | $U_{L1 \max}$ [V] | $U_{L1 \min}$ [V] | $U_{L2 \max}$ [V] | $U_{L2 \min}$ [V] | $U_{L3 \max}$ [V] | $U_{L3 \min}$ [V] |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Rolnická 5  | 242,54            | 234,45            | 243,02            | 235,07            | 243,09            | 234,88            |
| Spodní 8    | 242,39            | 232,92            | 242,76            | 234,83            | 243,11            | 234,72            |
| Spodní 2    | 242,9             | 234,4             | 243,18            | 234,92            | 243,59            | 234,96            |
| Vyhlídalova | 241,12            | 234,74            | 241,78            | 235,08            | 241,3             | 234,78            |
| Rolnická 9  | 241,12            | 234,66            | 241,36            | 234,84            | 241,32            | 234,56            |
| Spodní 18   | 241,06            | 234,3             | 241,52            | 234,82            | 241,22            | 234,42            |

V Tab. 8 je maximálna hodnota fázového napätia počas sledovaného obdobia  $U_{fmax} = 243,59$  V, minimálna hodnota fázového napätia  $U_{fmin} = 232,92$  V. Z uvedenej tabuľky plynie, že fázové  $U$  neprekračujú povolené medze a je splnené napäťové prevádzkové kritérium.

Nasledujúcou sledovanou veličinou je  $I$  prívodu z TR do NN rozvádzača každej DTS. V jednotlivých DTS má  $I$  prívodu maximálne fázové hodnoty, ktoré vid', Obr. 29. Maximálne a minimálne hodnoty fázových  $I$  sú stanovené z celého pozorovaného obdobia, teda od 10.3.2019 do 19.3.2019.



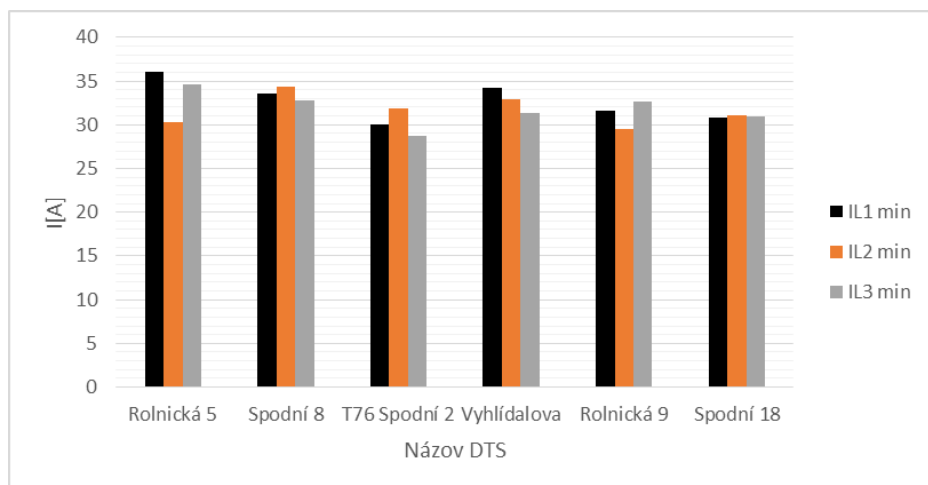
Obr. 29: Maximálny fázový prúd prívodu do NN rozvádzača podľa skutočných hodnôt

Najvyššie hodnoty  $I_{L1 \max} = 167,34$  A a  $I_{L3 \max} = 152,22$  A dosahuje TR v DTS Spodní 8. Najvyššia hodnota  $I_{L2 \max} = 147,82$  A je v DTS Rolnická 5.

Najnižšia hodnota  $I_{L1 \max} = 130,44$  A a  $I_{L2 \max} = 115,13$  A je v DTS Rolnická 9. Najnižšia hodnota  $I_{L3 \max} = 128,783$  A je v DTS Vyhlídalova.

Minimálne fázové hodnoty  $I$  prívodov od jednotlivých TR do rozvádzačov NN vid', Obr. 30.





Obr. 30: Minimálny fázový prúd prívodu do NN rozvádzača podľa skutočných hodnôt

Najnižšie hodnoty  $I_{L1 \min} = 30,04 \text{ A}$  a  $I_{L3 \min} = 28,7 \text{ A}$  boli dosiahnuté v DTS Spodní 2. Najnižšia hodnota  $I_{L2 \min} = 30,32 \text{ A}$  bola dosiahnutá v DTS Rolnická 5.

V Tab. 9 sú vyznačené časy výskytu maximálnych  $I$  jednotlivých fáz na prívode do NN rozvádzača. Okrem času výskytu  $I_{L1 \max}$ ,  $I_{L2 \max}$  a  $I_{L3 \max}$  pre DTS je v Tab. 9 vypočítaná hodnota trojfázového zdanlivého výkonu  $S_{3f}$  a maximálneho zaťaženia  $\eta \max$  v danom časovom intervale.

Technológia T2 meria  $P$  a  $Q$  každej fáze prívodu do NN rozvádzača. Výstupné hodnoty z technológie sú  $P_{L1}$ ,  $P_{L2}$ ,  $P_{L3}$  a  $Q_{L1}$ ,  $Q_{L2}$ ,  $Q_{L3}$ . Trojfázový činný  $P_{3f}$  a jalový výkon  $Q_{3f}$  bol stanovený súčtom výkonov jednotlivých fáz, vid' 5.1 a 5.2

$$P_{3f} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} \quad (5.1)$$

$$Q_{3f} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3} \quad (5.2)$$

Technológia T1 meria priamo hodnoty trojfázového činného  $P_{3f}$  a jalového  $Q_{3f}$  výkonu. Z hľadiska dispečerského riadenia sú hodnoty namerané technológiou T1 v súčasnosti postačujúce.

Z hodnôt  $P_{3f}$  a  $Q_{3f}$  je vypočítaný trojfázový zdanlivý výkon  $S_{3f}$  podľa vzorca (5.3).

$$S_{3f} = \sqrt{P_{3f}^2 + Q_{3f}^2} \quad (5.3)$$

Týmto postupom bol vypočítaný zdanlivý výkon  $S_{3f}$  v každej minúte v rozmedzí od 10.3 do 19.3. Zo znalosti zdanlivého výkonu bolo podľa vzorca (5.4) vypočítané zaťaženie  $\eta$  každého TR v percentách.

$$\eta = 100 \cdot \frac{S_{3f}}{S_n} \quad (5.4)$$

Zaťaženie TR tvoriacich mrežovú sieť môže dosahovať maximálne 50 % menovitého výkonu.

Tab. 9: Časy výskytu najvyšších prúdov a zaťaženia pre Spodní 8

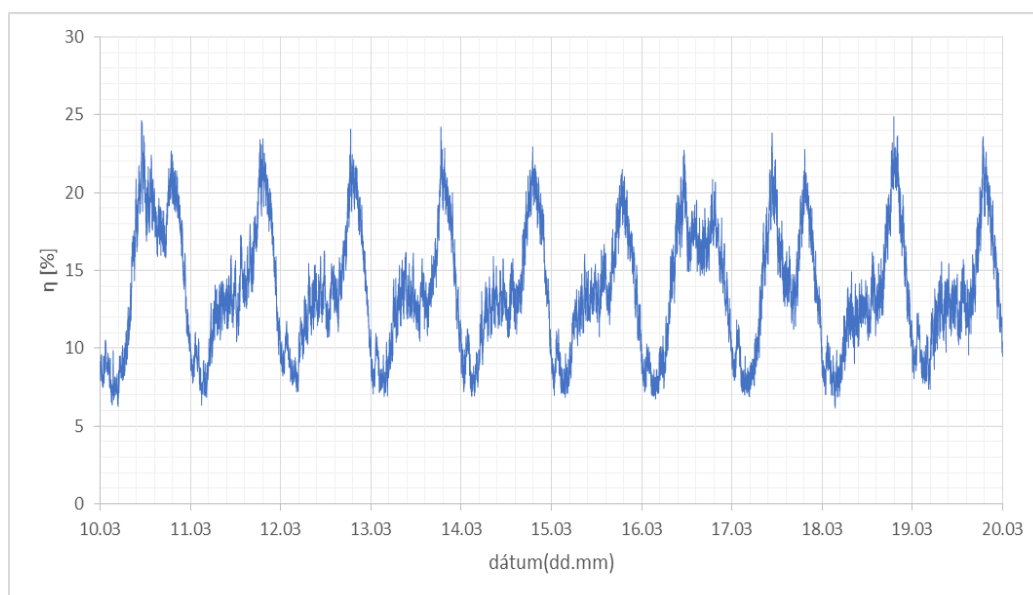
| DTS      |                                    | Dátum a čas         | $I_{L1}$ [A] | $I_{L2}$ [A] | $I_{L3}$ [A] | $P_{3f}$ [kW] | $Q_{3f}$ [kVAr] | $U_{L1}$ [V] | $U_{L2}$ [V] | $U_{L3}$ [V] | $S_{3f}$ [kVA] | $\eta$ [%] |
|----------|------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|------------|
| Spodní 8 | Najvyššia hodnota<br>$I_{L1 \max}$ | 18.03.2019<br>19:06 | 167,34       | 111,16       | 102,78       | 88,64         | 15,42           | 237,54       | 238,48       | 239,06       | 89,97          | 22,49      |
|          | Najvyššia hodnota<br>$I_{L2 \max}$ | 10.03.2019<br>11:22 | 112,68       | 145,28       | 109,10       | 86,27         | 13,74           | 238,32       | 238,75       | 238,90       | 87,36          | 21,84      |
|          | Najvyššia hodnota<br>$I_{L3 \max}$ | 17.03.2019<br>10:41 | 126,74       | 108,82       | 152,22       | 93,58         | 18,39           | 239,26       | 239,96       | 239,82       | 95,37          | 23,84      |
|          | Najvyššia hodnota $\eta$           | 18.03.2019<br>19:05 | 156,72       | 117,46       | 119,28       | 97,16         | 21,62           | 237,54       | 238,48       | 238,58       | 99,54          | 24,88      |

Príklad výpočtu zdanlivého výkonu  $S_{3f}$  a zaťaženia  $\eta$  v Tab. 9.

$$S_{3f} = \sqrt{P_{3f}^2 + Q_{3f}^2} = \sqrt{97,16^2 + 21,62^2} = 99,54 \text{ kVA}$$

$$\eta = 100 \cdot \frac{S_{3f}}{S_n} = 100 \cdot \frac{99,54}{400} = 24,88 \%$$

Z dopočítaných hodnôt zaťaženia pre každú minútu v rozmedzí od 10.3 do 19.3 je možné grafické vyhodnotenie pre  $TR$  v  $DTS$  Spodní 8 v závislosti na časovom okamihu výskytu, vid' Obr. 31.



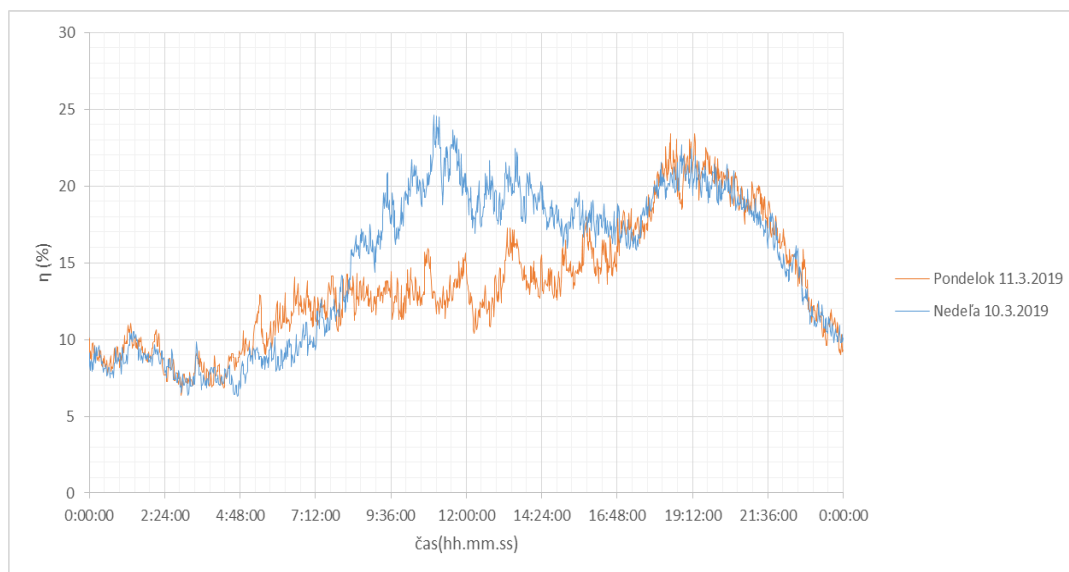
Obr. 31: Zaťaženie  $TR$  v  $DTS$  Spodní 8 v období od 10.3 2019 do 19.3.2019

V období pracovných dní krivka zaťaženia zobrazená na Obr. 31 prudko narastá v popoludňajších hodinách, zatiaľ čo v ranných hodinách v časoch do 5:00 je blízko svojej minimálnej hodnoty, ktorá je 6,17 %, v čase 18.3.2019 o 3:29.

Počas víkendu, teda 10.3, 16.3 a 17.3 hodnota zaťaženia narastá už od ranných hodín. Súhrnne sa dá povedať, že maximálne hodnoty zaťaženia sú dosiahnuté počas víkendových dní a počas popoludňajších hodín cez týždeň.

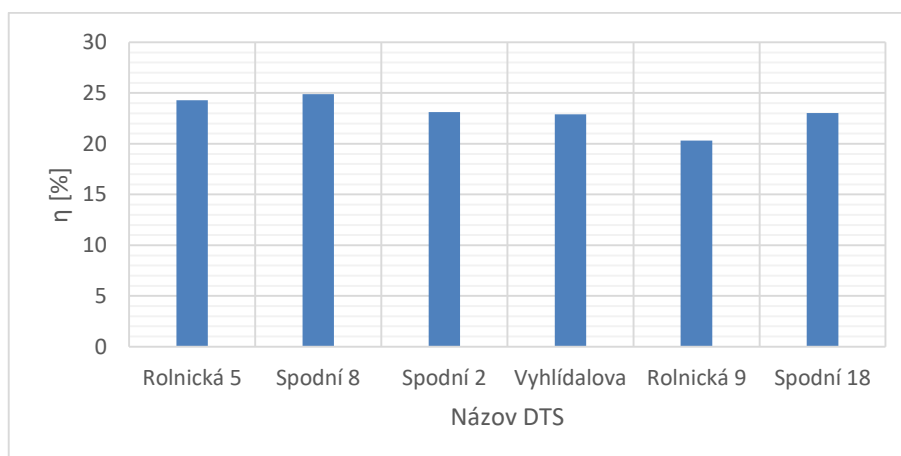
Hodnota záťaže kopíruje aktivitu obyvateľstva v napájanej oblasti. Keďže sa jedná o sídlisko tak sú to časy, kedy sa väčšina obyvateľov sídliska Brno Bohunice nachádza v bytových jednotkách. Maximálna hodnota zaťaženia je stanovená na 18.3 v čase 19:05, 24,88 %.

Na Obr. 32 je podrobnejšie porovnanie medzi záťažou cez týždeň a počas víkendu. Jednalo sa o dni 10.3.2019, teda nedeľu a 11.3.2019, pondelok. Počas nedeľňajšieho dopoludnia v čase 11:00 je záťaž  $TR$  v  $DTS$  Spodní 8 rovná  $\eta = 22,69$  %. Počas rovnakej hodiny v pondelok dosahuje zaťaženie  $\eta = 13,10$  %. Rozdiel medzi uvedenými zaťažzeniami je  $\Delta \eta = 9,59$  %. Zaťaženie kopíruje činnosť obyvateľov sídliska Brno – Bohunice.



Obr. 32: Porovnanie zaťaženia TR v DTS Spodní 8 počas pracovného a víkendového dňa

Pre celkový prehľad a posúdenie maximálnej záťaže TR tvoriacich mriežovú sieť viď, Obr. 33. Na grafe sú zobrazené maximálne hodnoty  $\eta$  za obdobie od 10.3.2019 do 19.3.2019.



Obr. 33: Hodnoty maximálneho zaťaženia TR podľa skutočných hodnôt

Z analýzy zaťaženia vyplýva, že sú splnené prevádzkové kritériá výkonovej záťaže pre mriežovú sieť. Hodnoty maximálneho výkonového zaťaženia všetkých TR pozorovanej mriežovej siete Brno - Bohunice sa pohybujú v rozmedzí od 20,32 % po 24,86 %.

Maximálne hodnoty výkonového zaťaženia TR dosahujú pomerne malé odchýlky, čo je dobrý výsledok pozorovania. Malé odchýlky môžu byť znakom toho, že všetky TR použité v mriežovej sieti sú od jedného výrobcu.

Z technického hľadiska a z hľadiska prevádzky mriežovej siete je podstatná znalosť rozdielov prúdových zaťažení jednotlivých fáz TR. Maximálne odchýlky fáz prívodov do NN rozvádzača v DTS za obdobie od 10.3.2019 do 19.3.2019 viď, Tab. 10.

Tab. 10: Maximálne odchýlky prúdového zaťaženia jednotlivých fáz prívodu do NN rozvádzača

| DTS         | Dátum                      | $I_{L1} - I_{L2}$ | Dátum                      | $I_{L1} - I_{L3}$ | Dátum                      | $I_{L2} - I_{L3}$ |
|-------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
|             | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [A]               | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [A]               | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [A]               |
| Rolnická 5  | 16.03.2019<br>8:18         | 56,40             | 10.03.2019<br>14:33        | 48,74             | 16.03.2019<br>12:47        | -49,34            |
| Spodní 8    | 18.03.2019<br>19:07        | 57,82             | 16.03.2019<br>11:53        | 64,60             | 16.03.2019<br>11:48        | 52,08             |
| Spodní 2    | 14.03.2019<br>10:26        | 43,10             | 16.03.2019<br>11:53        | 52,80             | 16.03.2019<br>11:51        | 58,08             |
| Vyhlídalova | 18.03.2019<br>20:15        | 39,13             | 18.03.2019<br>20:15        | 36,70             | 16.03.2019<br>12:08        | 41,04             |
| Rolnická 9  | 16.03.2019<br>8:18         | 39,39             | 16.03.2019<br>11:47        | 35,13             | 19.03.2019<br>18:33        | -44,78            |
| Spodní 18   | 12.03.2019<br>18:38        | 56,87             | 16.03.2019<br>11:59        | 49,65             | 10.03.2019<br>12:10        | -38,87            |

Z Tab. 10 plynie, že najväčšie rozdiely fázových prúdov sa vyskytujú 16.3, čo bola sobota a cez týždeň, v popoludňajších hodinách.

Pre doplnenie je ďalším parametrom, ktorého rozdiely sú možné sledovať, napätie jednotlivých fáz prívodu od TR do rozvádzača NN. Na ukážku sú maximálne napäťové rozdiely jednotlivých fáz v DTS Spodní 8 a časy výskytu uvedené v Tab. 11.

Tab. 11: Maximálne odchýlky fázového napätia na prívode do NN rozvádzaču v DTS Spodní 8 po dobu pozorovania

| DTS      | Dátum                      | $U_{L1} - U_{L2}$ | Dátum                      | $U_{L1} - U_{L3}$ | Dátum                      | $U_{L2} - U_{L3}$ |
|----------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
|          | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [V]               | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [V]               | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [V]               |
| Spodní 8 | 10.03.2019<br>18:34        | -4,58             | 10.03.2019<br>18:34        | -6,38             | 10.03.2019 18:34           | -1,8              |

Čas výskytu maximálneho rozdielu fázových napätí je nedeľa o 18:34. Teda doba kedy dosahuje TR v Spodní 8 zaťaženie  $\eta = 20,39\%$ .

Technológia T1, ktorou je vybavená DTS Spodní 8 umožňuje merať a zaznamenávať aj hodnoty združených napätí prívodu od TR k NN rozvádzaču vid', Tab. 12.

Tab. 12: Maximálne odchýlky združeného napätia na prívode do NN rozvádzača v DTS Spodní 8 po dobu pozorovania

| DTS      | Dátum                      | $U_{L12} - U_{L23}$ | Dátum                      | $U_{L12} - U_{L31}$ | Dátum                      | $U_{L23} - U_{L31}$ |
|----------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
|          | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [V]                 | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [V]                 | (dd.mm.rrrr,<br>hh:mm:ss ) | [V]                 |
| Spodní 8 | 10.03.2019<br>18:34        | -9,42               | 18.03.2019<br>19:00        | -2,67               | 10.03.2019<br>18:34        | 8,68                |

Technológia T2 neumožňuje meranie združeného napätia prívodu do rozvádzača NN. Rozdiely fázových napätí zaznamenaných oboma technológiami nemôžeme brať ako napäťovú nesymetriu, a preto sú v práci uvedené ako orientačná ukážka. Na stanovenie napäťovej nesymetrie je nutná znalosť združených napätí. Znalosť združených napätí na prívodu do NN rozvádzača poskytuje len technológia T1. Preto navrhujem doplnenie technológie v troch DTS, v ktorých je použitá technológia T2 o meranie združeného napätia na prívode NN a posielaním záznamov do ECD.

Ďalšími pozorovanými hodnotami sú maximálne prúdy jednotlivých vývodov do siete NN z DTS tvoriacich mrežovú sieť Brno – Bohunice. V každej DTS mrežovej siete sa nachádza meranie prívodu do NN rozvádzača a meranie štyroch či piatich vývodov. Počet je závislý na danej technológii inštalovanej do DTS.

Technológia T3 však meria všetkých osem vývodov z rozvádzačov NN mrežovej siete. To predstavuje okrem presného získania vstupných hodnôt pre model siete aj možnosť získať prehľad o všetkých vývodoch každého rozvádzača NN v mrežovej sieti Brno – Bohunice.

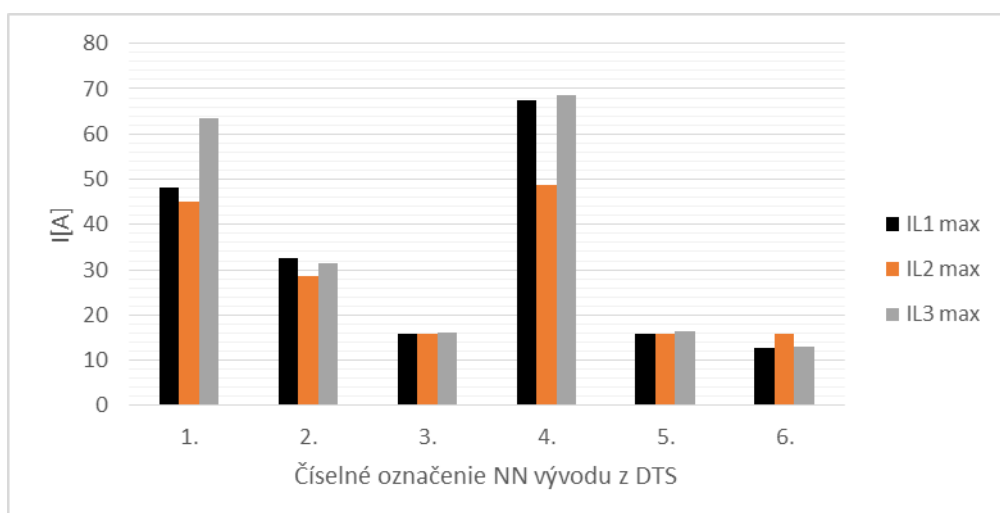
Na ukážku sú hodnoty maximálnych fázových prúdov jednotlivých vývodov NN z DTS Spodní 8 získané technológiou T3 uvedené v Tab. 13.

Tab. 13: Maximálne hodnoty fázových prúdov vývodov z DTS Spodní 8 merané technológiou T3

| DTS      |          |            | $I_{L1\ max}$ | $I_{L2\ max}$ | $I_{L3\ max}$ |
|----------|----------|------------|---------------|---------------|---------------|
| Spodní 8 | vývod č. | smer       | [A]           | [A]           | [A]           |
|          | 1.       | R100837    | 44,37         | 45,48         | 39,76         |
|          | 2.       | R100828    | 14,96         | 13,2          | 14,34         |
|          | 3.       | R100846 p. | 16,4          | 18,02         | 14,84         |
|          | 4.       | R100846 n. | 16,24         | 18,07         | 14,4          |
|          | 5.       | R100834 n. | 27,3          | 25,48         | 24,04         |
|          | 6.       | R100834 p. | 27,08         | 25,22         | 23,63         |
|          | 7.       | R100828    | 14,61         | 13,11         | 14,14         |
|          | 8.       | R100835    | 89,26         | 87,55         | 84,18         |

Grafické hodnoty maximálnych fázových prúdov v pozorovanom čase od 10.3.2019 do 19.3.2019 všetkých vývodov NN do mrežovej siete Brno – Bohunice sa vzhľadom na celkový rozsah získaných dát nachádzajú v prílohe práce v časti A.

Na Obr. 34 sú na ukážku graficky zobrazené hodnoty maximálnych  $I$  pre jednotlivé fázy vývodov NN z DTS Rolnická 9. Hodnoty boli získané pomocou doplnenej technológie T3 a teda sú zobrazené všetky osadené vývody NN. DTS Rolnická 9 má osadených šesť vývodov. Dva vývody z rozvádzača NN sú prázdne a sú pripravené pre prípadné rozšírenie DS. Podobná situácia platí aj v DTS Spodní 18. V DTS Vyhlídalova je voľný jeden vývod a to vývod č. 8.



Obr. 34: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Rolnická 9

## 7 ANALÝZA PORUCHOVÝCH STAVOV MREŽOVEJ SIETE BRNO - BOHUNICE

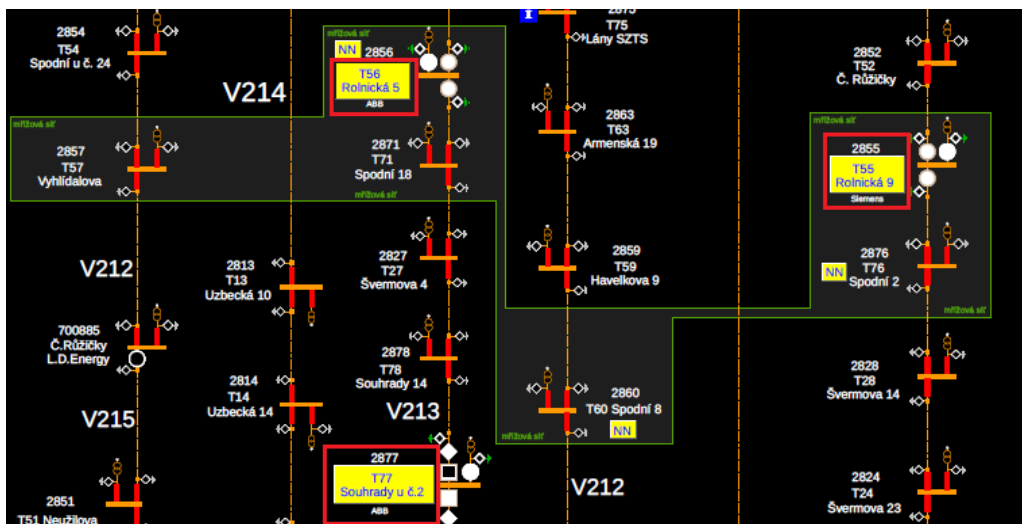
Z dispečerského hľadiska je najdôležitejšou vlastnosťou znalosť a chápanie riadenej DS. Súčasťou DS je aj oblasť R Brno – Bohunice. R Brno – Bohunice napája všetkých 6 DTS VN/NN, ktorých sekundárna strana tvorí mrežovú sieť Brno – Bohunice. Pre pochopenie chovania mrežovej siete je taktiež dôležité jej chovanie v prípade poruchových javov.

Náplňou kapitoly 7.1 je spätná analýza reálnej poruchy, ktorej výskyt je datovaný do roku 2018. Na pokyn zadávateľa práce presný časový výskyt tejto poruchy nie je uvedený v práci. Taktiež presné časy jednotlivých manipulácií po poruche sú nahradené minútovými hodnotami. Časové vzorky výskytu poruchy a manipulácií sú hodnoty od 0 po 138. Každá hodnota z uvedeného rozsahu predstavuje časový úsek rovný jednej minúte.

Kapitola 7.2 sa zaoberá analýzou umelo vytvoreného poruchového stavu, ktorý prebiehal 17.4.2019.

### 7.1 Analýza reálnej poruchy

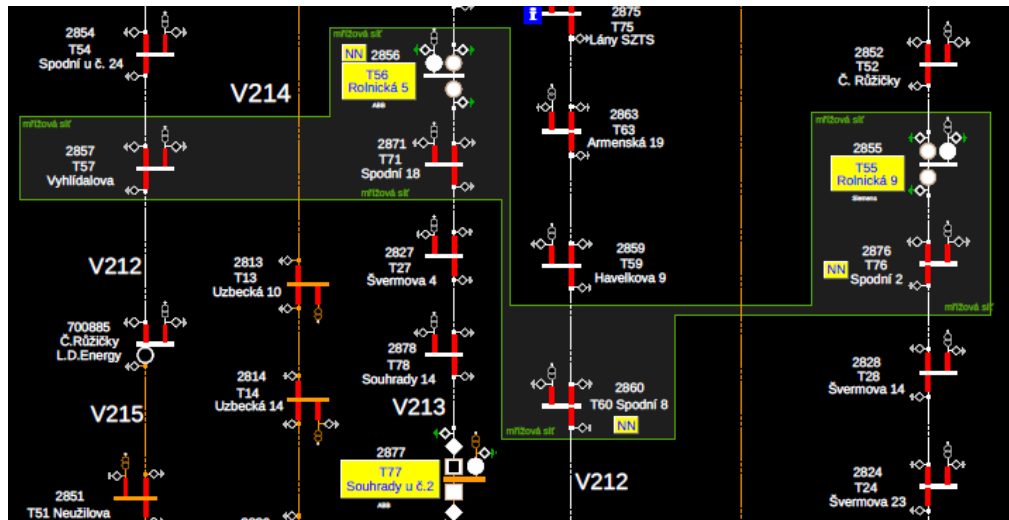
Z údajov v DŘS RIS bol zistený presný čas výskytu poruchy a podľa neho bola zvolená dĺžka časových údajov pre analýzu. Časové vzorky pre analýzu boli vybrané tak, aby sa v nich nachádzal stav pred VN poruchou, čas výskytu poruchy a čas po lokalizovaní a vymedzení VN poruchy. Na Obr. 35 je zobrazený bezporuchový stav v DS.



Obr. 35: Bezporuchový stav na VN zobrazený v DŘS RIS

Telemetria a diaľkové ovládanie na hladine VN sa nachádza v DTS Souhrady u č. 2, v DTS Rolnická 5 a v DTS Rolnická 9. Uvedené DTS sa preto nachádzajú na obrázku v červenom ráme. DTS Rolnická 5 a DTS Rolnická 9 sú zároveň napájacie DTS pre mrežovú sieť. V každej DTS mrežovej siete sa nachádza technológia plniaca telemetrickú funkciu na strane NN. V 71. minúte nastal výpadok v DS na hladine 22 kV. Poruchovú situáciu zachytenú v DŘS RIS vid', Obr. 36.

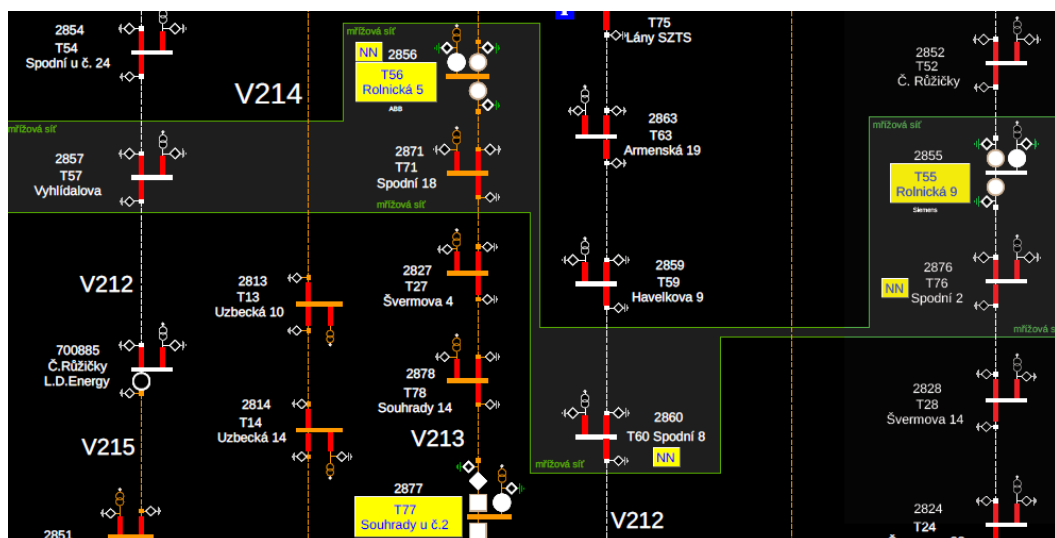




Obr. 36: Poruchový stav analyzovanej časti DS zobrazený v DŘS RIS

Zapnutím VN vypínača v DTS Souhrady u č.2 v 73. minúte boli vedením V213 odnapájané okrem iných aj DTS Rolnická 5 a DTS Spodní 18. DTS Spodní 18 a DTS Rolnická 5 sú napájacie stanice mrežovej siete vid', Obr. 37.

Z analýzy vyplýva, že namerané prúdové údaje prívodu do NN rozvádzača v DTS Rolnická 5 vykazujú hodnoty blízke nule. Tieto prúdové resp. výkonové hodnoty boli v DTS zachytené počas celého analyzovaného obdobia, teda v minútovom rozsahu 0 – 138. Pri neskoršej obhliadke DTS bolo zistené nesprávne zapojenie technológie T1. Daný technický nedostatok bol počas prehliadky odstránený. Na Obr. 40 vid' priebeh zdanlivého výkonu v DTS Rolnická 5 počas jednotlivých fáz poruchy. Tento priebeh odpovedá chybnému zapojeniu technológie a zobrazená hodnota neodpovedá reálnemu výkonu, ktorý v tom čase dosahoval TR v DTS Rolnická 5. Ďalším faktom pri vzniknutej situácii bolo to, že DTS v ktorých je inštalovaná technológia T2, nemajú diaľkový prenos do DŘS RIS. Jedná sa o tri DTS, ktoré v tej chvíli neplnili požadovanú telemetrickú funkciu.



Obr. 37: Stav po zapnutí VN vedenia 213 zobrazený v DŘS RIS

V T77 Souhrady u č.2 na vývode VN smer T78 Souhrady 14 bol nameraný  $I_{L1} = 45 \text{ A}$ ,  $I_{L2} = 45,4 \text{ A}$  a  $I_{L3} = 31,4 \text{ A}$ .

Na ukážku v Tab. 14, Tab. 15, Tab. 16 a Tab. 17 sú zobrazené namerané hodnoty na NN prívodoch a vývodoch v DTS Spodní 18 a v DTS Rolnická 5, v čase obnovenia napájania vedenia V213.

Tab. 14: Hodnoty zmerané na prívode do NN rozvádzača v DTS Rolnická 5 v čase obnovy dodávky

| TR | Čas<br>(mm) | $I_{L1}$ | $I_{L2}$ | $I_{L3}$ | $P$    | $Q$                 | $U_{L1}$ | $U_{L2}$ | $U_{L3}$ |
|----|-------------|----------|----------|----------|--------|---------------------|----------|----------|----------|
|    |             | [A]      | [A]      | [A]      | [KW]   | [KVA <sub>r</sub> ] | [V]      | [V]      | [V]      |
|    | 73          | 14,14    | 18,76    | 16,56    | - 5,47 | 4,12                | 244,24   | 243,17   | 239,50   |

Tab. 15: Hodnoty zmerané na NN vývodoch z DTS Rolnická 5 v čase obnovy dodávky

| vývod<br>NN | Čas<br>(mm) | $I_{L1}$ | $I_{L2}$ | $I_{L3}$ | $P$    | $Q$                 | $U_{L1}$ | $U_{L2}$ | $U_{L3}$ |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|--------|---------------------|----------|----------|----------|
|             |             | [A]      | [A]      | [A]      | [KW]   | [KVA <sub>r</sub> ] | [V]      | [V]      | [V]      |
| 1.          | 73          | 6,11     | 31,25    | 8,51     | 9,36   | 3,06                | 244,65   | 242,51   | 239,39   |
| 2.          | 73          | 20,10    | 14,19    | 34,70    | 16,04  | 5,45                | 244,80   | 242,50   | 239,57   |
| 3.          | 73          | 39,90    | 27,46    | 45,70    | 21,37  | 6,78                | 245,41   | 243,00   | 239,73   |
| 4.          | 73          | 41,61    | 20,36    | 39,35    | 20,61  | 7,10                | 244,37   | 242,21   | 239,18   |
| 5.          | 73          | 506,85   | 678,93   | 341,42   | 270,12 | 219,05              | 244,13   | 240,42   | 239,44   |

Tab. 16: Hodnoty zmerané na prívode do NN rozvádzača v DTS Spodní 18 v čase obnovy dodávky

| TR | Čas<br>(mm) | $I_{L1}$ | $I_{L2}$ | $I_{L3}$ | $P$   | $Q$                 | $U_{L1}$ | $U_{L2}$ | $U_{L3}$ |
|----|-------------|----------|----------|----------|-------|---------------------|----------|----------|----------|
|    |             | [A]      | [A]      | [A]      | [KW]  | [KVA <sub>r</sub> ] | [V]      | [V]      | [V]      |
|    | 73          | 109,913  | 86,87    | 99,739   | 69,87 | - 2,08              | 238,82   | 239,5    | 239,08   |

Tab. 17: Hodnoty zmerané na NN vývodoch y DTS Spodní 18 v čase obnovy dodávky

| vývod<br>NN | Čas<br>(mm) | $I_{L1}$ | $I_{L2}$ | $I_{L3}$ | $P$   | $Q$                 | $U_{L1}$ | $U_{L2}$ | $U_{L3}$ |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|-------|---------------------|----------|----------|----------|
|             |             | [A]      | [A]      | [A]      | [KW]  | [KVA <sub>r</sub> ] | [V]      | [V]      | [V]      |
| 1.          | 73          | 32,18    | 28,32    | 31,7     | 21,62 | 3,51                | 237,22   | 237,78   | 237,76   |
| 2.          | 73          | 16,36    | 16,74    | 15       | 11,25 | 1,96                | 237,16   | 237,82   | 237,86   |
| 3.          | 73          | 13,68    | 15,34    | 13,54    | 9,79  | 2,35                | 237,16   | 237,66   | 237,7    |
| 4.          | 73          | 16,9     | 11,36    | 17       | 10,42 | 2,63                | 237,3    | 237,68   | 237,76   |

Výpadok hlavných ističov pre TR pri výskyte poruchy bol zaznamenaný v DTS Vyhlídalova, Spodní 8, Rolnická 9. V DTS Spodní 2 bol taktiež zaznamenaný výpadok hlavného ističa avšak v 73. minúte aj jeho opätovné zapnutie.

Z analýzy ďalej vyplynulo, že porucha sa nachádzala v úseku medzi DTS Spodní 2 a DTS Švermova 14 a tak konštatujem, že DTS Spodní 2 napájala v tej chvíli aj poruchové miesto. Detailná situácia z telemetrie v DTS a popis výsledkov šetrenia vzniknutej situácie nie sú súčasťou dokumentu diplomovej práce.

V 74. minúte bol na základe informácie z telemetrie v DTS Rolnická 9 vypnutý vývod smer DTS Spodní 2. Čím bolo docielené zníženie pretoku do nadradenej VN sústavy. Na ukážku viď namerané hodnoty na NN vývodoch z DTS Rolnická 5 pre 74. minútu v Tab. 18.

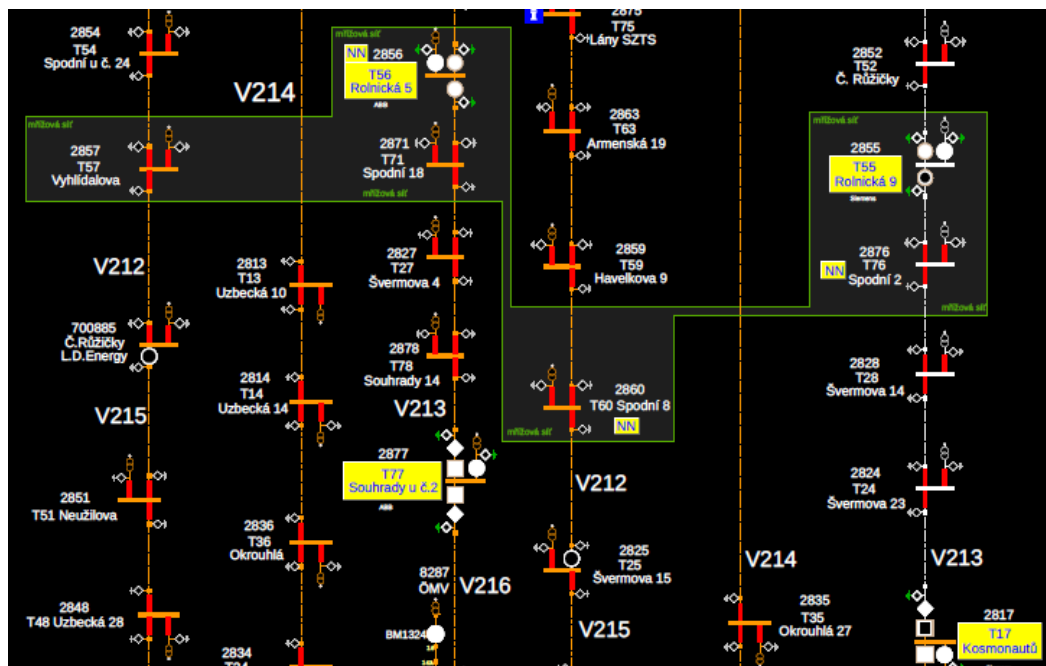
Tab. 18: Hodnoty zmerané na NN vývodoch z DTS Rolnická 5 v 74. minúte

| vývod<br>NN | Čas<br>(mm) | $I_{L1}$ | $I_{L2}$ | $I_{L3}$ | $P$   | $Q$    | $U_{L1}$ | $U_{L2}$ | $U_{L3}$ |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|-------|--------|----------|----------|----------|
|             |             | [A]      | [A]      | [A]      | [KW]  | [KVA]  | [V]      | [V]      | [V]      |
| 1.          | 74          | 0,00     | 4,75     | 3,42     | 2,21  | 0,34   | 243,07   | 243,34   | 240,55   |
| 2.          | 74          | 8,21     | 6,83     | 22,09    | 8,34  | 0,73   | 242,87   | 243,26   | 240,71   |
| 3.          | 74          | 17,02    | 14,75    | 17,94    | 12,92 | 3,09   | 243,99   | 243,65   | 240,81   |
| 4.          | 74          | 21,11    | 17,38    | 20,84    | 16,35 | 2,59   | 243,28   | 243,13   | 240,71   |
| 5.          | 74          | 215,63   | 280,72   | 152,06   | 83,93 | 124,77 | 243,15   | 246,02   | 242,09   |

Hodnoty fázových prúdov NN vývodoch sa okamžite po manipulácii v nadradenej sieti znížili. Vývod 1 znížil hodnoty  $I_{L1}$  o 6,11 A,  $I_{L2}$  o 26,50 A a  $I_{L3}$  o 5,09 A. Vývod 2 zaznamenal v 74. minúte zníženie  $I_{L1}$  o 11,89 A,  $I_{L2}$  o 7,36 A a  $I_{L3}$  o 12,62 A. Vývod 3 v tomto čase zaznamenal pokles  $I_{L1}$  o 20,50 A,  $I_{L2}$  o 12,71 A a  $I_{L3}$  o 27,77 A. Na vývode č. 4 bolo zaznamenané zníženie  $I_{L1}$  o 20,50 A,  $I_{L2}$  o 2,98 A a  $I_{L3}$  o 18,51 A.

Najmarkantnejší rozdiel bol zaznamenaný na poslednom meranom vývode do siete NN. Vývod č. 5 zaznamenal zníženie  $I_{L1}$  o 291,22 A,  $I_{L2}$  o 398,21 A a  $I_{L3}$  o 189,36 A.

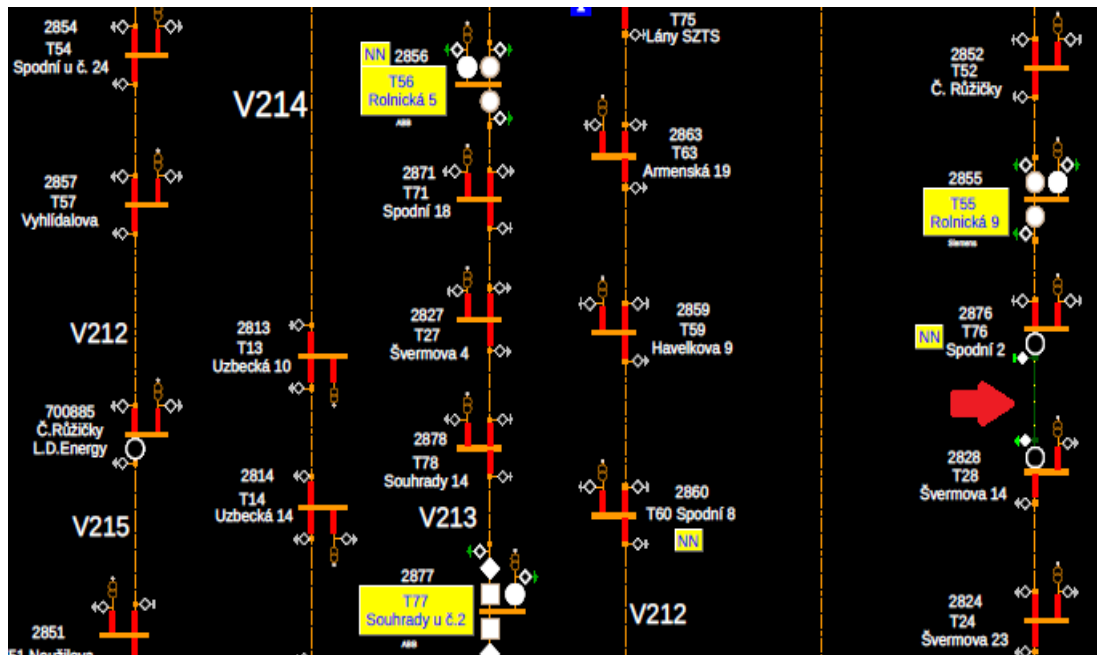
Súčasne s vypnutím VN odpínača v DTS Rolnická 9 boli zapnuté VN vedenia V212. Na vedeniach V212 sa nachádzajú DTS Vyhlídalova a DTS Spodní 8 napájajúce mrežovú sieť. V oboch DTS bol v 74. minúte vypadnutý hlavný istič, viď Obr. 40. Situáciu z DŘS RIS v tomto čase viď, Obr. 38.



Obr. 38: Zapnuté VN vedenie V212 a vypnutý vypínač v DTS T55 Rolnická 9 v DŘS RIS

V 80. minúte bol funkciou opätovného zapnutia zapnutý istič v DTS Spodní 8. V topológii VN sa však nič nezmenilo. Z Obr. 40 plynie, že DTS Spodní 8 prevzala 149,24 kVA.

Pri nasledujúcej manipulácii v čase 123. minúty prišlo k vypnutiu odpínača v DTS Spodní 2 smer DTS Švermova 14. Touto manipuláciou došlo k úplnému vypnutiu miesta poruchy. Následne bola porucha lokalizovaná a vymedzená, viď Obr. 39.



Obr. 39: Lokalizovaná porucha v DRS RIS

Miesto poruchy je na Obr. 39 pre lepšiu orientáciu vyznačené červenou šípkou. Z analýzy ďalej vyplynulo, že hlavné ističe pre TR v DTS Rolnická 9 a DTS Vyhliďalova vypadli ešte v čase 20. minúty. Daný výpadok bol zrejme spôsobený začínajúcou poruchou, ktorá sa naplno prejavila až 71. minúte. Z analýzy signálov v DRS RIS však na výpadok nebol dôvod. Najväčšiu časť výkonovej záťaže v ten moment prevzala DTS Spodní 18 viď, Obr. 40.

V čase výpadku ističov stúpol zdanlivý výkon TR v DTS Spodní 18 na hodnotu 135,34 kVA, čo je 33,84 % zaťaženia.

VN porucha bola zaznamenaná vo všetkých DTS mrežovej siete. V DTS Spodní 18 nastal s časom výskytu VN poruchy invalidný stav. Namerané hodnoty od času výskytu poruchy, až po obnovenie napájania pre DTS, v čase 73. minúty preto neodpovedajú skutočnému stavu. Invalidný stav technológie bol spôsobený napäťovou udalosťou, teda výpadkom napájacieho napätia. Po obnovení dodávky pre DTS Spodní 18 nastal koniec tohto stavu. Technológia bola taktiež skontrolovaná technikom ochrán po tejto poruche.

Z Obr. 40 ďalej vyplýva, že v čase 80. minúty automatikou opätovného zapnutia zapol hlavný istič pre TR v DTS Spodní 8. Táto DTS dosahovala pred výskytom poruchy VN zdanlivý výkon 56,6 kVA. Po zapnutí hlavného ističa mala zdanlivý výkon 205,84 kVA. DTS Spodní 8 teda prevzala 149,24 kVA.

Do času výskytu VN poruchy prevzala záťaž z DTS Vyhliďalova a DTS Rolnická 9 DTS Spodní 18. Po výskyte poruchy sa zdanlivý výkon v DTS Spodní 18 vrátil na počiatočnú hodnotu 68,61 kVA. Po počiatočných manipuláciách dispečera sa záťaž z vypnutých DTS Vyhliďalova a Rolnická 9 preliala na DTS Spodní 2. V čase lokalizovania a vymedzenia VN poruchy, zdanlivý výkon TR v DTS Spodní 2 dosahoval hodnotu 74,82 kVA, TR v DTS Spodní 8 dosahoval 74,32 kVA a TR v DTS Spodní 18 79,69 kVA.



Obr. 40: Vývoj zdanlivého výkonu TR v jednotlivých DTS mrežovej siete počas VN poruchy

## 7.2 Analýza reálne simulovaných abnormálnych stavov

Zadávatelom práce bolo rozhodnuté, že okrem analýzy reálneho poruchového stavu prebehne aj analýza umelo vytvoreného abnormálneho stavu v mrežovej sieti Brno - Bohunice.

Táto simulácia prebehla dňa 17.4.2019 a pozostávala v postupnom vypnutí troch TR napájajúcich mrežovú sieť Brno – Bohunice. V čase 10:18 bol vypnutý TR v DTS Spodní 2. Vypnutie TR v DTS Spodní 18 prebehlo v čase 10:30 a v DTS Rolnická 5 s časom 11:22. Cieľom analýzy je zistenie preliatia záťaže pri vypnutí jedného, dvoch a následne aj troch TR.

Po testovacom dni boli pozbierané namerané dáta zo všetkých technológií v DTS. Zber nameraných dát prebehol obdobne ako pri zbere dát z prevádzkového režimu. Nazbierané dáta boli od 10:00 do 24:00 v danom dni. Počas analýzy boli v DTS tri technológie. Analýza hodnôt nameraných technológiami T1 a T2, ktoré sú základnou výbavou všetkých DTS tvoriacich mrežovú sieť viď, 7.2.1. Analýzu hodnôt z dočasnej technológie T3 viď, 7.2.2.

### 7.2.1 Namerané hodnoty pomocou technológií T1 a T2

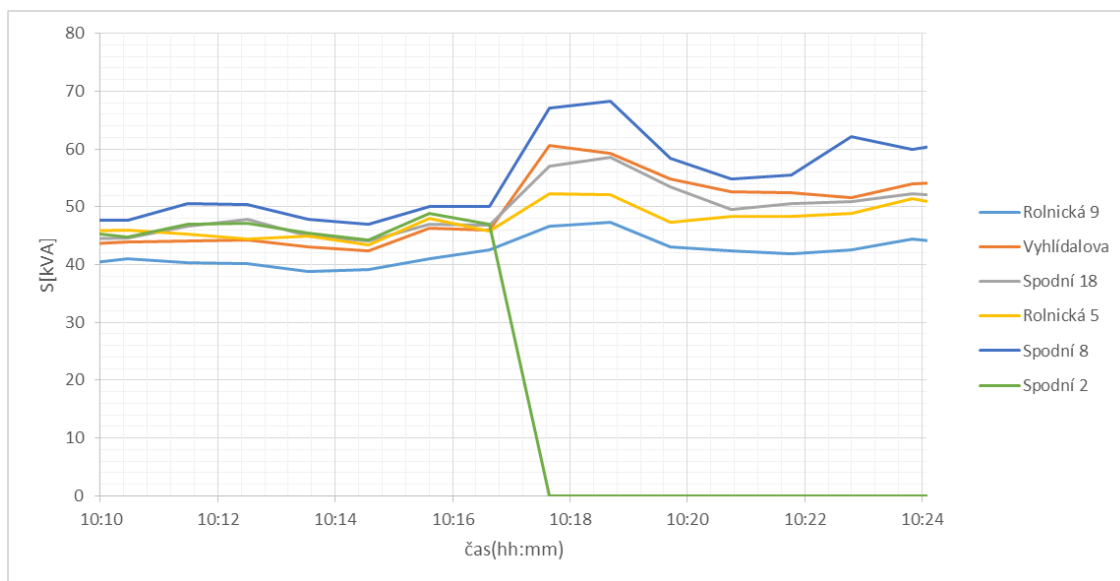
Priemerné hodnoty nameraných dát pre prevádzkový, bezporuchový stav viď, Tab. 19.

Tab. 19: Priemerné hodnoty nameraných dát pre prevádzkový stav mrežovej siete

| DTS                | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                    | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVar]        | [kVA]         | [%]         |
| <b>Rolnická 5</b>  | 238,77        | 238,81        | 239,08        | 65,27         | 67,13         | 60,74         | 45,03         | 7,95          | 45,77         | 11,44       |
| <b>Spodní 8</b>    | 238,73        | 238,97        | 238,93        | 69,00         | 64,07         | 71,71         | 47,83         | 8,47          | 48,58         | 12,15       |
| <b>Spodní 2</b>    | 238,71        | 239,04        | 239,17        | 68,64         | 59,27         | 63,33         | 45,04         | 5,62          | 45,41         | 11,35       |
| <b>Vyhlídalova</b> | 238,51        | 238,75        | 238,51        | 63,89         | 59,60         | 62,23         | 43,91         | 1,75          | 43,95         | 10,99       |
| <b>Rolnická 9</b>  | 238,51        | 238,42        | 238,63        | 57,92         | 59,67         | 54,26         | 40,43         | 2,17          | 40,50         | 10,12       |
| <b>Spodní 18</b>   | 238,38        | 238,38        | 238,44        | 64,31         | 62,37         | 67,63         | 45,69         | 2,22          | 45,75         | 11,44       |

Pre technológiu T2 boli hodnoty činného výkonu  $P_{3f}$  získané sčítaním hodnôt  $P_{L1}$ ,  $P_{L2}$  a  $P_{L3}$ . Obdobne boli sčítané hodnoty aj pre celkový jalový výkon  $Q_{3f}$ . Hodnoty zdanlivého výkonu  $S_{3f}$  a zaťaženia  $\eta$  boli získané použitím vzorcov (5.3) a (5.4). Priemerné hodnoty v Tab. 19 boli získané aplikovaním funkcie priemer v programe Microsoft Excel.

Vývoj zdanlivého výkonu vo všetkých DTS pred, a po vypnutí TR v DTS Spodní 2 viď, Obr. 41.



Obr. 41: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 2 meraného pomocou T1, T2

Priemerné hodnoty všetkých nameraných dát z doby po vypnutí TR v DTS Spodní 2 vid', Tab. 20.

Tab. 20: Priemerné hodnoty nameraných dát po vypnutí TR v DTS Spodní 2

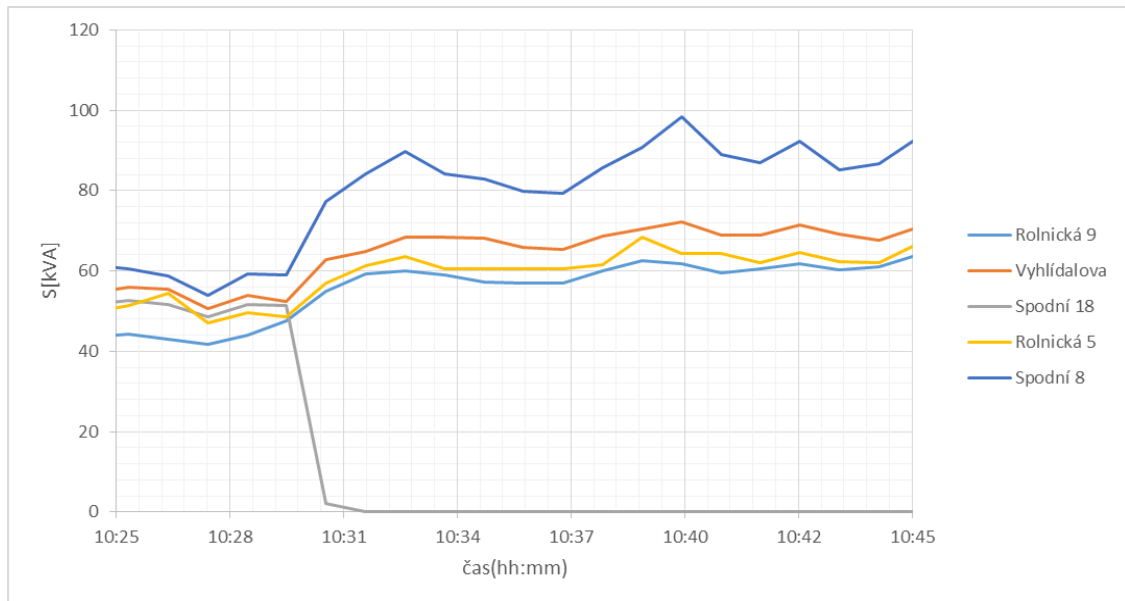
| DTS                | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                    | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| <b>Rolnická 5</b>  | 239,11        | 239,16        | 239,34        | 71,92         | 71,58         | 66,94         | 49,60         | 4,82          | 49,95         | 12,49       |
| <b>Spodní 8</b>    | 238,96        | 239,16        | 239,28        | 85,88         | 80,55         | 86,70         | 59,26         | 8,44          | 59,93         | 14,98       |
| <b>Vyhlídalova</b> | 238,83        | 238,87        | 238,66        | 74,69         | 77,65         | 77,97         | 54,34         | 3,34          | 54,45         | 13,61       |
| <b>Rolnická 9</b>  | 238,93        | 238,82        | 238,92        | 62,75         | 62,58         | 61,20         | 43,63         | 5,73          | 44,02         | 11,00       |
| <b>Spodní 18</b>   | 238,71        | 238,79        | 238,68        | 77,07         | 69,37         | 75,47         | 52,25         | 2,24          | 52,30         | 13,08       |

Najvyššie zvýšenie  $I_{L1\ avg}$  bolo zaznamenané v DTS Spodní 8, kde hodnota stúpila o 16,88 A. V DTS Vyhlídalova bolo zaznamenané najvyššie zvýšenie hodnoty  $I_{L2\ avg}$  o 18,05 A a  $I_{L3\ avg}$  o hodnotu 15,74 A.

Najvyšší nárast  $P_{3f\ avg}$  bol zaznamenaný v DTS Spodní 8, 11,43 kW. Priemerné zvýšenie o 10,43 kW dosahoval  $P_{3f\ avg}$  v DTS Vyhlídalova. Sú to DTS, ktoré sú polohou najbližšie k DTS Spodní 2. Vedenia NN medzi týmito stanicami a vypnutou DTS sú čo do dĺžky najkratšie, čo vyústilo k prebratiu najväčších častí činných výkonov.

Najvyšší nárast  $S_{3f\ avg}$  bol zaznamenaný u DTS Spodní 8, o 11,35 kVA a u DTS Vyhlídalova o 10,5 kVA. Hodnota priemerného zaťaženia  $\eta\ avg$  sa zvýšila od 0,88 % u DTS Rolnická 9, po 2,83 % u DTS Spodní 8.

V čase 10:30 prišlo k vypnutiu DTS Spodní 18, situáciu vid' na grafe výkonového zaťaženia Obr. 42.



Obr. 42: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 18 meraného pomocou T1, T2

Priemerné hodnoty všetkých nameraných dát z doby po vypnutí TR v DTS Spodní 18, a pri vypnutí TR v DTS Spodní 2 vid', Tab. 21.

Tab. 21: Priemerné hodnoty nameraných dát po vypnutí TR v DTS Spodní 18

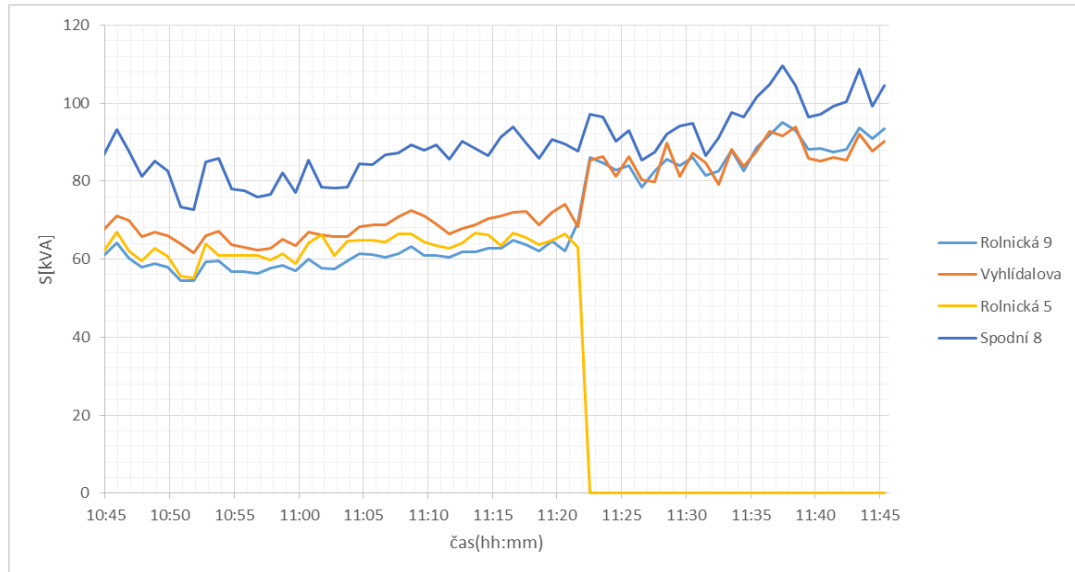
| DTS                | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                    | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| <b>Rolnická 5</b>  | 239,27        | 239,25        | 239,43        | 79,80         | 91,52         | 93,15         | 62,74         | 2,07          | 62,88         | 15,72       |
| <b>Spodní 8</b>    | 238,71        | 238,82        | 239,01        | 114,16        | 119,83        | 120,07        | 82,93         | 18,14         | 84,91         | 21,23       |
| <b>Vyhlídalova</b> | 238,87        | 238,98        | 238,79        | 89,41         | 96,94         | 100,05        | 67,78         | 2,13          | 67,82         | 16,96       |
| <b>Rolnická 9</b>  | 238,89        | 238,72        | 238,93        | 77,39         | 89,58         | 87,30         | 59,90         | 4,07          | 60,05         | 15,01       |

V priemere najvyššia zmena v prúdovom zaťažení nastala v DTS Spodní 8, kde priemerné hodnoty prúdu jednotlivých fáz v poradí  $I_{L1\ avg}$  až  $I_{L3\ avg}$  stúpili o 28,28 A, 39,28 A a 33,37 A. Výrazné zvýšenie v priemernej hodnote výkonového zaťaženia nastalo taktiež u DTS Spodní 8,  $P_{3f\ avg} = 23,67$  kW a  $S_{3f\ avg} = 24,98$  kVA. Nárast priemerných hodnôt pre ostatné DTS čo sa týka činného výkonu  $P_{3f\ avg}$  bol v rozmedzí od 13,14 kW do 16,27 kW.

Hodnota  $\eta\ avg$  sa najviac zvýšila u DTS Spodní 8, o 6,25 %. U ostatných DTS sa  $\eta\ avg$  zvýšila v rozmedzí od 3,23 % u DTS Rolnická 5, do 4,01 % u DTS Rolnická 9. DTS Spodní 8 je najbližšie spomedzi všetkých zapnutých DTS k vypnutej Spodní 18.

Ďalšie zhoršenie podmienok nastalo vypnutím TR v DTS Rolnická 5. V tej chvíli bola celá mrežová sieť napájaná pomocou troch TR. Napájacie DTS pre mrežovú sieť boli Spodní 8, Vyhlídalova a Rolnická 9. Situáciu pred, a po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 vid', Obr. 43.





Obr. 43: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 meraného pomocou T1, T2

Priemerné hodnoty všetkých nameraných dát pri tomto stave napájania vid', Tab. 22.

Tab. 22: Priemerné hodnoty nameraných dát po vypnutí TR v DTS Rolnická 5

| DTS                | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                    | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| <b>Spodní 8</b>    | 237,89        | 238,41        | 238,35        | 159,55        | 142,49        | 143,94        | 104,74        | 11,28         | 105,84        | 26,46       |
| <b>Vyhlídalova</b> | 238,04        | 238,50        | 238,06        | 143,33        | 130,34        | 131,71        | 95,42         | 2,91          | 95,48         | 23,87       |
| <b>Rolnická 9</b>  | 237,86        | 237,99        | 237,85        | 143,89        | 127,74        | 136,19        | 95,66         | 3,19          | 95,73         | 23,93       |

V priemere najvyšší nárast fázových  $I$  je pre tento abnormálny stav v DTS Rolnická 9. Nárast  $I_{L1\ avg}$  o 66,5 A,  $I_{L2\ avg}$  o 38,16 A a  $I_{L3\ avg}$  o 48,89 A. Hodnota  $P_{3f\ avg}$  dosahuje maximálne zvýšenie o 35,76 kW u DTS Rolnická 9.

V priemere je zvýšenie  $S_{3f\ avg}$  u DTS Spodní 8 o 20,93 kVA. U DTS Vyhlídalova je  $S_{3f\ avg}$  zvýšený o 27,66 kVA, u DTS Rolnická 9 o 35,68 kVA.

Takto rozmanipulovaná sieť zostala aj počas výkonovej špičky, ktorá bola počas práce zistená a vyplýva z analýzy reálnych dát pre prevádzkový stav v čase od 19:00 po 21:00. Ďalšou úlohou bolo zistenie výskytu maximálnych hodnôt zaťaženia. Vďaka minútovej agregácii hodnôt bolo možné určenie času výskytu maximálneho zaťaženia, vid', Tab. 23.

Tab. 23: Výskyt najvyššej výkonovej záťaže DTS v rozmanipulovanej mrežovej sieti

| DTS         | $S_{3f max}$ | $\eta max$ | čas     |
|-------------|--------------|------------|---------|
|             | [kVA]        | [%]        | (hh:mm) |
| Spodní 8    | 160,00       | 40,00      | 20:26   |
| Vyhlídalova | 146,52       | 36,63      | 20:19   |
| Rolnická 9  | 143,67       | 35,92      | 20:18   |

Výskyt maximálneho zdanlivého výkonu bol zaznamenaný v časoch od 20:18 do 20:26. Maximálne hodnoty zaťaženia kopírujú činnosť obyvateľov na sídlisku Brno – Bohunice.

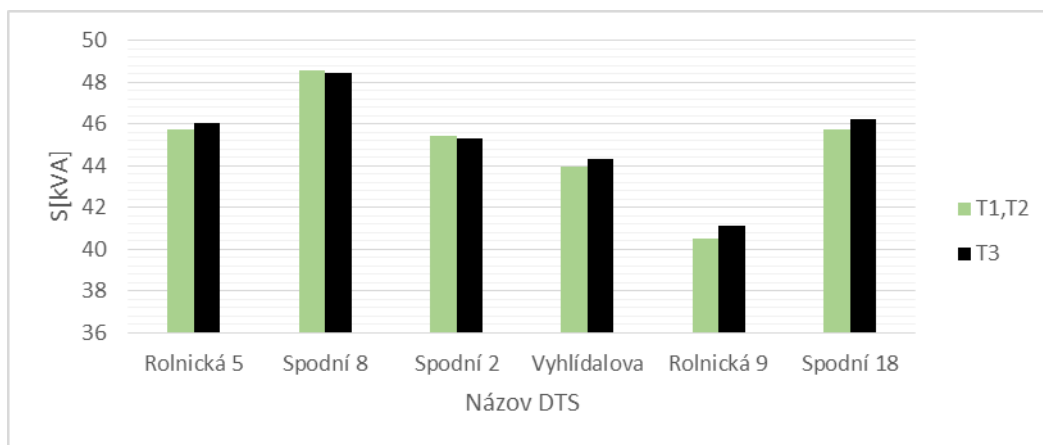
### 7.2.2 Namerané hodnoty pomocou dočasne inštalovanej technológie T3

Ďalší doplnok technológie T3, ktorý bol počas testovania osadený v DTS bol ohybný snímač, ktorý má prúdový výstup 1 A. Hodnota prúdového výstupu umožňuje pripojenie tejto technológie k výkonového analyzátoru A3[14].

Ohybný snímač sa nachádzal na prívodoch do NN rozvádzačov v každej DTS mrežovej siete. Napájanie technologického doplnku je riešené pomocou sieťového zdroja Z3. V práci sú analyzované rovnaké stavy mrežovej siete Brno - Bohunice ako je uvedené v kapitole 7.2.1.

Vstupné dáta pre analýzu boli agregované do minútových intervalov. Dôvod agregácie bola práca s rovnako navzorkovanými hodnotami, ako v prípade trvale osadených technológií. Rovnaký bol aj časový interval vstupných hodnôt pre analýzu, od 10:00 do 23:59. Priemerné hodnoty nameraného zdanlivého výkonu technológiou T3 všetkých DTS v prevádzkovom stave vid', Obr. 44.

V tomto grafe sa taktiež nachádzajú priemerné hodnoty zdanlivého výkonu namerané pomocou technológií T1 a T2, ktoré sú trvale výbavou DTS v mrežovej sieti. Analýza sa týka jednotlivých prívodov od TR do rozvádzačov NN v DTS.

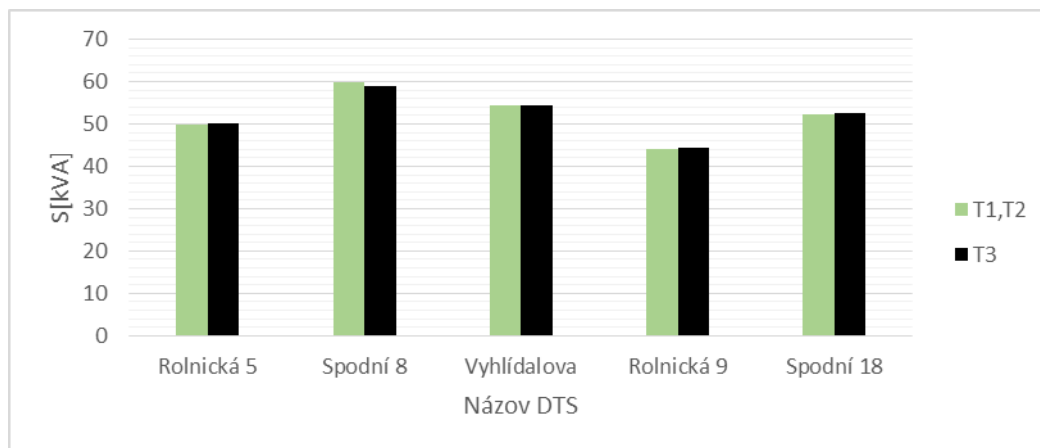


Obr. 44: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1, T2 a T3 v prevádzkovom stave mrežovej siete

Doplnková technológia T3 vykazuje počas prevádzkového stavu hodnoty priemerného zdanlivého výkonu približne rovnaké ako technológia T1, T2. Najväčší rozdiel medzi hodnotami je 0,62 kVA, u DTS Rolnická 9.

Sledované hodnoty ako priemerné fázové  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  a  $\eta$  sa nachádzajú v prílohe B. Hodnoty  $P_{3f}$  a  $Q_{3f}$  boli získané priamo z programu od výrobcu technológie. Priemer hodnôt bol taktiež získaný pomocou programu MS Excel.

Ďalší stav, ktorý je analyzovaný, je pri vypnutom hlavnom ističi pre TR v Spodní 2. Na Obr. 45, vid' namerané hodnoty priemerného zdanlivého výkonu počas tohto stavu zo všetkých technológií, ktoré sa nachádzali v DTS.

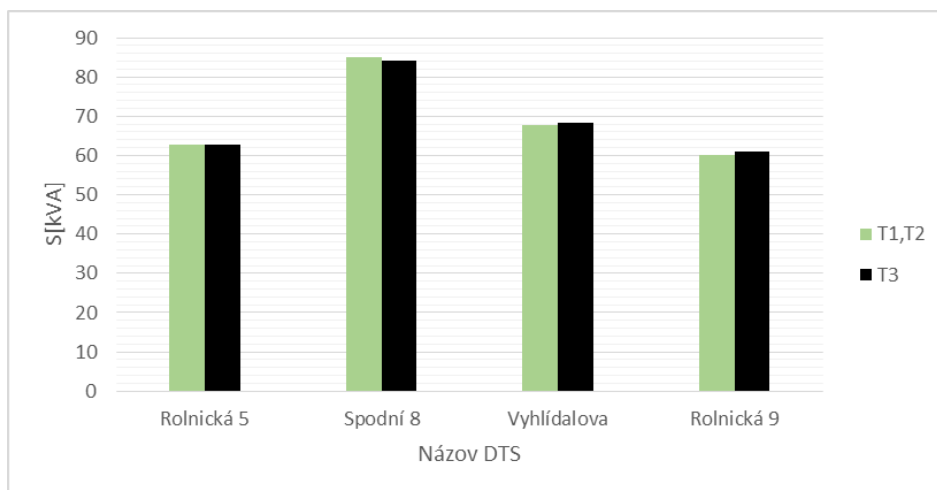


Obr. 45: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v stave pri vypnutom TR v DTS Spodní 2

Aj v prípade analýzy hodnôt z technológie T3 nastalo najvyššie zvýšenie  $I_{L1} \text{ avg}$  v DTS Spodní 8, kde bol zaznamenaný nárast prúdu o 15,68 A. Najvyššie zvýšenie  $I_{L2} \text{ avg}$  bolo zaznamenané v DTS Vyhlídalova 17,75 A. Taktiež najvyššie zvýšenie  $I_{L3} \text{ avg}$  bolo zaznamenané v DTS Vyhlídalova 15,56 A. V DTS Spodní 8 bol zaznamenaný nárast  $I_{L2} \text{ avg}$  o 15,48 A a  $I_{L3} \text{ avg}$  o 14 A.

Najvyšší nárast priemernej hodnoty  $P_{3f} \text{ avg}$  pre tento stav nastal u DTS Spodní 8 o 10,71 kW a u DTS Vyhlídalova o 10,09 kW. Aj v prípade tejto technológie sa potvrdilo, že zapnuté stanice, ktoré sú polohou najbližšie k vypnutej Spodní 2, prevzali najväčšiu časť zdanlivého výkonu. Sledované hodnoty a ich priemerné zvýšenia pre všetky stavy napájania sa nachádzajú v prílohe B.

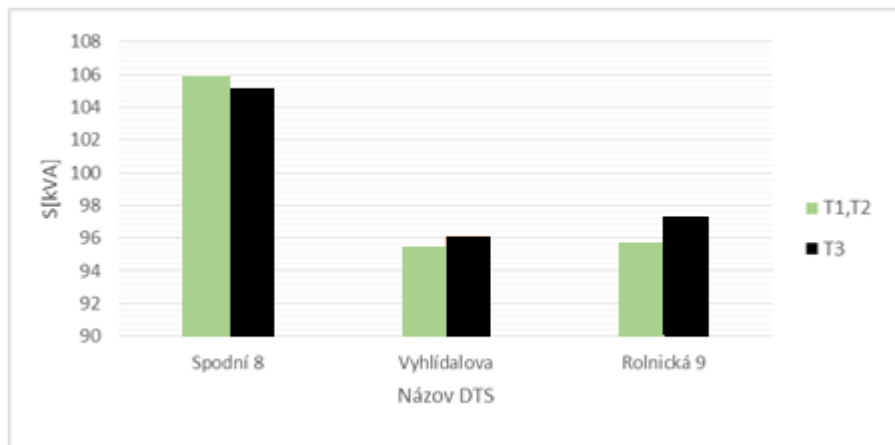
Ďalší analyzovaný stav je pri vypnutom hlavnom ističi v DTS Spodní 18. Tento stav trval od 10:30 po 11:21. Priemerné hodnoty zdanlivého výkonu pre tento stav mrežovej siete vid', Obr. 46.



Obr. 46: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v stave pri vypnutom TR v DTS Spodní 8

Technológia T3 zaznamenala najväčšie priemerné zvýšenie sledovaných hodnôt v DTS Spodní 8. Konkrétne sa jednalo o nárast  $I_{L1} \text{ avg}$  o 30,42 A,  $I_{L2} \text{ avg}$  o 40,31 A a  $I_{L3} \text{ avg}$  o 35,38 A. Najvyššie priemerné zvýšenie  $S_{3f} \text{ avg}$  je v DTS Spodní 8 o 25,03 kVA.

Ďalšie zhoršenie podmienok nastalo pri vypnutí TR v DTS Rolnická 5, o 11:22. V tej chvíli bola celá mrežová sieť napájaná pomocou troch TR. Na Obr. 47 vid', grafické zobrazenie priemerných hodnôt zdanlivého výkonu nameraného všetkými technológiami v DTS pre tento stav mrežovej siete Brno – Bohunice.



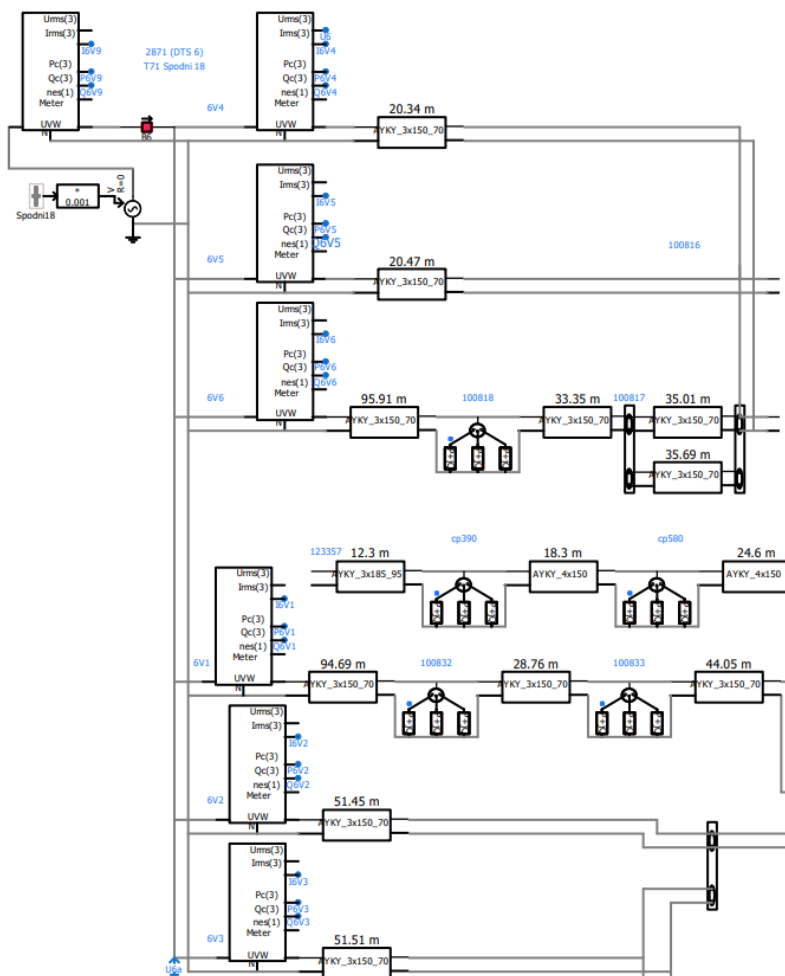
Obr. 47: Priemerný zdanlivý výkon meraný pomocou technológie T1,T2 a T3 v stave pri vypnutom TR v DTS Rolnická 5

Najvyšší nárast  $P_{3f} \text{ avg}$  bol zaznamenaný v DTS Rolnická 9, o 36,43 kW. Nárast  $P_{3f} \text{ avg}$  v DTS Spodní 8 v tomto stave je o 21,85 kW, v DTS Vyhlídálova o 27,66 kW. Najvyšší nárast hodnoty  $S_{3f} \text{ avg}$  je v tomto prípade u DTS Rolnická 9, o 36,31 kVA. Hodnoty ďalších sledovaných veličín technológie T3 pre tento stav napájania mrežovej siete sa nachádzajú v prílohe B.

### 7.3 Porovnanie hodnôt vytvoreného modelu a reálneho merania pri poruchových stavoch

Pri práci bol vytvorený experimentálny model mrežovej siete Brno – Bohunice v PC programu PS CAD. Model vychádza z ustáleného stavu reálnej siete. DTS, ktoré tvoria mrežovú sieť Brno – Bohunice sú namodelované ideálnym napäťovým zdrojom. Na základe hodnôt doplnenej technológie T3 bola pre každý zdroj stanovená jedna hodnota  $U$  pre každú fázu. Fázový posun zadaného  $U$  v ideálnych zdrojoch bol pre zjednodušenie stanovený hodnotou  $0^\circ$ . Program na základe týchto hodnôt dopočítava prúd, ktorý musia zdroje dodávať do namodelovanej oblasti. Pre zjednodušenie experimentálneho modelu bola modelovaná len NN časť siete. VN časť siete výsledný model neobsahuje. Vytvorený model nemá zadanú vnútornú impedanciu.

Samotnému vytvoreniu predchádzalo programové zmapovanie oblasti. Význam zmapovania spočíval v získaní vstupných dát pre realizáciu modelu siete. Získané údaje o sieti boli výkony  $TR$ , dĺžky a typy jednotlivých NN vedení, menovité hodnoty poistiek v poistkových skriniach a v DTS, počty odberateľov a ich nominálne hodnoty hlavných ističov. Dáta boli získané v programe GIS a OMS. Získané vstupné údaje boli následne implementované do modelu siete. Vytvorený experimentálny model je trojfázový a jeho časť sa nachádza na Obr. 48. Na obrázku je na ukážku zobrazená modelovaná oblasť s DTS Spodní 18. Vlastný model mrežovej siete bol vytvorený výskumným pracovníkom CVVOZE VUT v Brně na základe dát o sieti pripravených autorom diplomovej práce.



Obr. 48: Časť experimentálneho modelu mrežovej siete Brno - Bohunice v programe PS CAD

V rámci analýzy hodnôt z modelu nie je rozlíšené časové obdobie výpočtu dát a vypočítané hodnoty sú určené ako priemerné hodnoty výkonového a prúdového zaťaženia. Aby bolo možné previesť porovnanie teoretických a reálnych hodnôt, tak z nameraných hodnôt pre jednotlivé stavy boli vyčíslené taktiež priemerné hodnoty. Priemerné hodnoty zo všetkých meraní boli vyčíslené pomocou programu MS Excel a sú uvedené v Tab. 19, Tab. 20, Tab. 21 a Tab. 22.

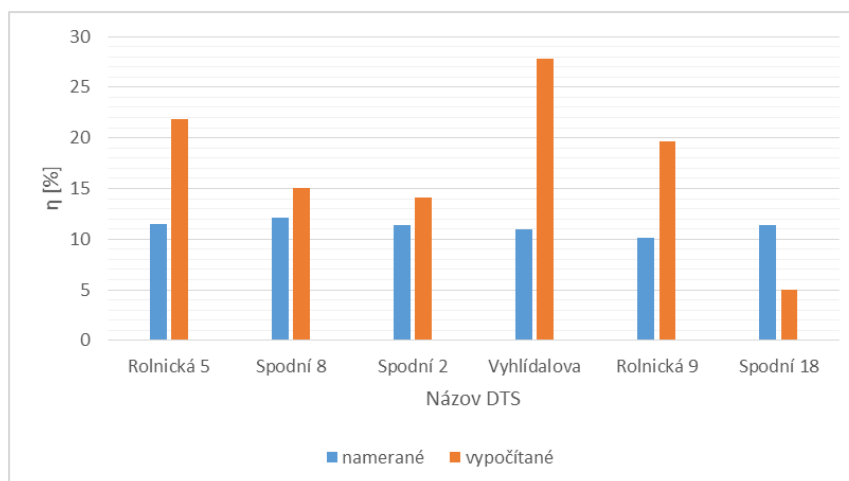
Výstupom z modelu sú veličiny  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$ ,  $U_{L3}$ ,  $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ ,  $I_{L3}$ . Ďalším výstupom bol  $P$  pre fázy L1 až L3,  $Q$  pre fázy L1 až L3. Veličiny  $P$  a  $Q$  boli zjednotené podľa vzorcov (5.1), (5.2) do  $P_{3f}$  a  $Q_{3f}$ . Hodnota celkového  $S_{3f}$  bola následne vypočítaná zo vzorca (5.3). Hodnota  $\eta$  bola vypočítaná zo vzorca (5.4).

V Tab. 24 sú pre ukážku získané hodnoty z modelu mrežovej siete, po zjednotení fázových  $P$  a  $Q$  pre bezporuchový stav. Takto upravené hodnoty modelu mrežovej siete vstupovali do porovnávania so skutočne nameranými hodnotami z testovacieho dňa, ktorý prebehol 17.4.2019.

Tab. 24: Výsledné hodnoty získané z modelu mrežovej siete pre prevádzkový stav

| DTS                | $U_{L1}$ | $U_{L2}$ | $U_{L3}$ | $I_{L1}$ | $I_{L2}$ | $I_{L3}$ | $P_{3f}$ | $Q_{3f}$ | $S_{3f}$ | $\eta$ |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
|                    | [V]      | [V]      | [V]      | [A]      | [A]      | [A]      | [kW]     | [kVAr]   | [kVA]    | [%]    |
| <b>Rolnická 5</b>  | 234,96   | 234,96   | 243,93   | 131,97   | 117,71   | 125,33   | 87,45    | 2,60     | 87,49    | 21,87  |
| <b>Spodní 8</b>    | 234,43   | 234,49   | 234,44   | 92,72    | 79,84    | 83,90    | 60,05    | 4,64     | 60,23    | 15,06  |
| <b>Spodní 2</b>    | 234,49   | 234,51   | 234,49   | 84,19    | 78,74    | 78,03    | 56,30    | 5,72     | 56,59    | 14,15  |
| <b>Vyhlídalova</b> | 235,09   | 235,09   | 235,06   | 168,76   | 152,70   | 153,76   | 108,21   | 25,91    | 111,27   | 27,82  |
| <b>Rolnická 9</b>  | 235,25   | 235,24   | 235,21   | 109,41   | 95,38    | 129,80   | 77,67    | 12,52    | 78,67    | 19,67  |
| <b>Spodní 18</b>   | 234,60   | 234,68   | 234,59   | 35,03    | 18,57    | 31,46    | 19,77    | 2,11     | 19,88    | 4,97   |

Porovnanie zaťaženia  $\eta$  jednotlivých DTS pri bezporuchovom stave je znázornené na Obr. 49. Rozdiely zaznamenané medzi vypočítanou a nameranou hodnotou, sú od  $\Delta\eta = 2,8$  % pre DTS Spodní 2, do  $\Delta\eta = 16,83$  % pre DTS Vyhlídalova. V DTS Spodní 8 je vypočítaná hodnota nižšia ako nameraná o  $\Delta\eta = 6,47$  %. V ostatných DTS je práve vypočítaná hodnota vyššia ako hodnota reálne nameraná.



Obr. 49: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre prevádzkový stav

Porovnania zaťažení  $\eta$  pre ostatné stavy mrežovej siete sa nachádzajú v prílohe práce v časti C. Zaťaženia dosahujú aj v týchto stavoch napájania výrazné odchýlky. V prílohe C sa taktiež nachádza grafické porovnanie hodnôt fázových  $I$  prívodov do NN rozvádzačov pre jednotlivé stavy napájania mrežovej siete Brno – Bohunice.

Problematika odchýlok medzi nameranými hodnotami a modelom môže mať viacero príčin. Jednou z nich mohla byť neznalosť rozdelenia výkonu medzi jednotlivé odbery v sieti. Z toho vyplývala zložitosť pri zadávaní jednotlivých vstupných hodnôt modelu. Samotné rozdelenie bolo prevedené na základe nominálnych hodnôt ističov jednotlivých odberateľov, resp. poistiek v SR. Zo skúseností získaných z NN riadenia DS však vyplýva fakt, že od 1.1.2019, teda od doby riadenia hladiny NN pomocou systému OMS bol zaznamenaný vysoký počet nutných opráv menovitých hodnôt poistiek v PS NN.

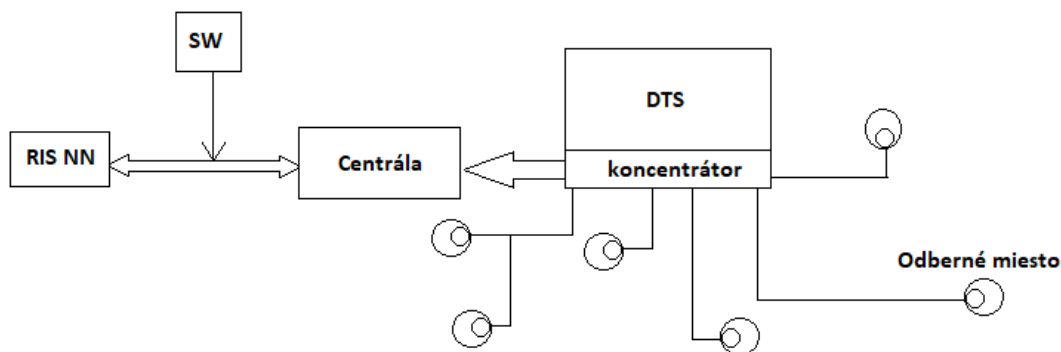
Ďalšou príčinou môže byť nízky  $\Delta U$  medzi jednotlivými uzlami siete. Káblové vedenia NN tejto siete sú pomerne krátke, čo predstavovalo komplikáciu pri experimente. Z krátkych vzdialeností plynie nízka hodnota impedancie medzi jednotlivými uzlami. Hodnota  $\Delta U$  je čo do veľkosti porovnateľná s neistotou merania.

Vyhotovený model predstavoval experiment, ktorý mal odhaliť všetky výhody resp. nevýhody programu PS CAD pri jeho zostavovaní. Bol taktiež využitý fakt, že podobný model mrežovej siete Brno – Bohunice doposiaľ nebol vytvorený, takže sa jedná o jeho pilotnú verziu. Vyhotovený model priniesol radu nápadov, ktorými by sa dali odchýlky hodnôt minimalizovať či úplne odstrániť.

Mrežovú sieť Brno – Bohunice tvorí prevažne sídlisková oblasť mesta, ktorá je napájaná pomocou šiestich DTS VN/NN. Keďže sa jedná o nevelikú oblasť, tak pre zníženie týchto odchýlok bolo navrhnuté zmapovanie celého sídliska montérmi v teréne. Jednalo by sa o kontrolu skutočnej topológie mrežovej siete v teréne a validáciu tejto kontroly v PS. Takéto overenie by odstránilo aj prípadné nezrovnalosti v nominálnych hodnotách poistiek medzi terénom a PS NN.

Ďalší návrh k odstráneniu týchto zjavných odchýlok by predstavovalo nasadenie SMART technológií do miest jednotlivých odberov. Týmto spôsobom by sa zabezpečili informácie o rozložení výkonu medzi jednotlivými odbermi mrežovej siete. Nasadenie SMART technológie by predstavovalo ďalší krok vpred v dispečerskom riadení sietí NN. Pri znalosti pripojenia a topológie NN sietí by prevádzkovateľ získal podrobné informácie o priebehoch zaťaženia jednotlivých vývodoch NN z DTS.

Pri stúpajúcom trende nasadzovania telemetrických zariadení do mrežových sietí by bolo na mieste zvážiť návrh a odštartovať nasadzovanie SMART metrov práve v oblastiach mrežových sietí Brno – Střed a Brno – Bohunice. Taktiež by bol využitý celkový potenciál vytvoreného systému OMS, keďže jedným z jeho základných prínosov je zobrazenie NN topológie sietí. Návrh získavania informácií zo SMART technológie vid', Obr. 50.



Obr. 50: Návrh získavania informácií zo SMART metrov v odberných miestach

Elektromery v odberných miestach mrežovej siete by nahradila SMART technológia. Pomocou tejto technológie by bolo realizované meranie odberu jednotlivých odberných miest. Koncentrátory, ktoré sú súčasťou každej DTS agregujú namerané hodnoty a zaisťujú spojenie s centrálou. V centrále sú dáta následne spracované a analyzované. Z centrály by vďaka softwaru dáta putovali v nastavených intervaloch do RIS NN pre potreby pracovníkov ECD a dispečerov. Nasadením technológie SMART spoločnosť získa okrem iného možnosť diaľkového odpočtu a taktiež online informácie o prerušení dodávky v odbernom mieste. Týmto krokom by sa mohli taktiež zminimalizovať odchýlky vo vytvorenom modeli mrežovej siete Brno – Bohunice.

Pilotné nasadzovanie SMART technológie sa bude realizovať vo väčšom počte obcí na distribučnom území E.ON Východ a E.ON Západ. Za zváženie stojí odštartovať osadzovanie tejto technológie do oblastí mrežových sietí mesta Brna. V prípade, že bude pokračovať nasadzovanie telemetrických zariadení do napájacích DTS pre mrežové siete, tak pomocou technológie SMART a overenou informáciou o topológii danej oblasti by bolo možné načítanie priebehu zaťaženia až po napájacie DTS.



## 8 NÁVRH DOPLNENIA ROZVÁDZAČOV PRE PODPORU DISPEČERSKÉHO RIADENIA

Z pohľadu dispečerského riadenia sú informácie z telemetrie častokrát kľúčové pri operatívnom riadení siete. Telemetria umožňuje meranie a diaľkový prenos nameraných dát. Tieto dáta môžu ovplyvniť postup manipulácií pri odstraňovaní poruchy, a môžu taktiež pomôcť pri rýchlejšom navrátení prevádzkového stavu.

V mrežovej sieti Brno - Bohunice sú trvale inštalované dve technológie, ktoré merajú a odosielať dáta na vzdialené pracoviská *ECD*. Obe technológie boli osadené do *DTS* tvoriacich mrežovú sieť v rámci pilotných projektov. Technológia T1 posiela namerané dáta priamo do *DŘS* v minútovej agregácii. Minútová agregácia je dostatočná z pohľadu dispečerského riadenia, a predstavuje prehľadnú agregáciu aj z pohľadu analýzy stavov *DS*. Technológia T2 posiela namerané dáta do programu technikovi *RS* taktiež v minútovej agregácii.

Počas testovania, ktoré prebiehalo 17.4.2019 sa v každej *DTS* nachádzala aj dočasne inštalovaná technológia T3. Dáta z dočasne inštalovanej technológie boli taktiež využité k analýze, ktorá sa nachádza v kapitole 6.1.2 a 7.2.2.

### 8.1 Technológia T1

V kapitole 6.1 bol spomenutý fakt, že touto technológiou je meraný prívod od *TR* do *NN* rozvádzača a prvých päť vývodov do mrežovej siete.

Hodnoty merané a telemetricky odosielané do *DŘS* sú fázové *I*, *U* prívodu, združené *U* prívodu, trojfázový *P* a *Q* prívodu, fázový *I* vývodu, fázové *U* vývodu, trojfázový *P* a *Q* jednotlivých vývodov. Pre túto prácu to boli hodnoty dostačujúce na vyvodenie analytických záverov[14].

Telemetrickou informáciou na dispečing je aj poloha hlavného ističa v *DTS*. Znalosť polohy ističa môže pomôcť pri riešení mnohých poruchových stavov v *DS*. Informácia je k zobrazeniu po kliknutí na tlačidlo *NN* vid', Obr. 25.

### 8.2 Technológia T2

Táto technológia sa nachádza na prívode z *TR* do *NN* rozvádzača a na štyroch vývodoch *NN*. Pre potreby práce bol využitý tak ako v predošlom prípade hlavne prívod z *TR*.

Merané hodnoty technológiou T2 sú fázové *U*, *I* prívodu, fázový *P* a *Q* prívodu, fázové *U*, *I* vývodu, *P* a *Q* jednotlivých vývodov, dodávaná energia jednotlivých fáz. Automaticky sú zaznamenávané minimá a maximá meraných veličín. Ďalej sú zaznamenávané poklesy prípadne nárast  $U_n$  ktorejkoľvek fáze o 10 % z nominálnej hodnoty[14].

V Technológii T2 absentuje možnosť merania združeného napätia prívodu z *TR* do *NN* rozvádzača. Pri neznalosti združeného napätia nemožno stanoviť mieru napäťovej nesymetrie. Z tohto dôvodu navrhujem rozšírenie technológie T2 o meranie združeného napätia prívodu.

### 8.3 Technológia T3

Technológia bola do každej *DTS* doinštalovaná pre potreby získavania dát pre tvorbu modelu mrežovej siete. Nachádzala sa na prívode do *NN* rozvádzača a taktiež na jednotlivých vývodoch *NN*. Veličín, ktoré technológia získavala a posielala na vzdialené pracovisko VÚT bolo mnoho. Pre účel práce boli využité hodnoty ako fázové  $U$ ,  $I$ , združené  $U$ , celkový  $I$  prívodu, celkové  $P$ ,  $Q$  a  $S$ [14].

Pomocou hodnôt z technológie bola zostavená analýza reálne simulovaného poruchového stavu v teréne. V kapitole 7.2.2 sú graficky zobrazené priemerné hodnoty zdanlivých výkonov počas prevádzkového stavu a taktiež počas jednotlivých poruchových stavov zo dňa 17.4.2019. V prílohe B sa nachádzajú ostatné namerané hodnoty pomocou technológie T3 zo dňa 17.4.2019.

Technológiou boli osadené všetky vybavené *NN* vývody každej *DTS* v mrežovej sieti Brno – Bohunice. Pre účel práce boli využité veličiny ako fázové  $U$ ,  $I$ , združené  $U$ , trojfázový  $P$  a  $Q$  vývodov.

Technológia so sebou priniesla náhľad na všetky *NN* vývody mrežovej siete. Táto možnosť bola využitá pre analyzovanie minimálnych a maximálnych fázových  $U$ ,  $I$  za obdobie od 10.3 do 19.3.2019. Trvalé technológie merajú a zaznamenávajú, prípadne aj posielajú na dispečing len informácie o štyroch či piatich *NN* vývodoch z každej *DTS*. V práci sa na ukážku nachádza Obr. 34, kde sú zobrazené maximálne hodnoty prúdov všetkých *NN* vývodov z *DTS* Rolnická 9. Informácie o maximálnych hodnotách prúdov osadených vývodov *NN* z ostatných *DTS* sa nachádzajú v prílohe k práci v časti A.

### 8.4 Telemetrické funkcie technológií v mrežovej sieti Brno - Bohunice

Technológia T1 posielala namerané dáta na dispečing, primárne pre potreby dispečera. U technológie T2 je odosielanie nameraných dát na dispečing v túto chvíľu nemožné z pohľadu kybernetickej bezpečnosti daného prenosu. Dispečer má teda v danú chvíľu prehľad len o *DTS* Spodní 2, Spodní 8 a Rolnická 5.

Technológia T2 podporuje telemetrický prenos na *RS*. Pri poruchových stavoch, kedy sú *DTS* Rolnická 9, Spodní 18 a Vyhlídalova vypnuté z *VN* strany, absentuje informácia o stave ich hlavných ističov a prítomnosti resp. neprítomnosti elektrických veličín. Dispečer v tej chvíli vie, že *DTS* s technológiou T2 sú súčasťou mrežovej siete, avšak to či je na prívode do *NN* rozvádzača  $U$  a polohu hlavného ističa nemá v súčasnosti k dispozícii. Z toho dôvodu navrhujem doplnenie funkcie do technológie T2, vďaka ktorej by bolo možné v minútovej agregácii posielat' namerané dáta na dispečing.

Veličiny, ktoré by z pohľadu dispečera bolo potrebné telemetricky odosielať sú zhodné s tými, ktoré sú v súčasnosti posielané technológiou T1. Informácie z telemetrie sú v mnohých prípadoch kľúčové a môžu slúžiť k efektívnejšiemu riadeniu *DS*, prípadne k rýchlejšiemu odstráneniu poruchových stavov. Prípadným doplnením telemetrického prenosu technológie T2 na dispečing by sa taktiež mohli zlepšiť ukazovatele *SAIDI* a *SAIFI*. Z pohľadu dispečingu je pri poruchových stavoch taktiež dôležitá informácia o polohe hlavného ističa v *DTS*. Táto informácia je dispečerovi v súčasnosti poskytnutá len z technológie T1. Na základe prevedenej analýzy reálneho

poruchového stavu vid', 7.1, navrhujem doplnenie telemetrickej informácie aj o polohe hlavného ističa z technológie T2.

Telemetrický prenos veličín do *DŘS* z vývodov *NN* je v súčasnom stave realizovaný z technológie T1. Jedná sa o prvých päť vývodov z troch *DTS* a to Rolnická 5, Spodní 8 a Spodní 2.

Na otázku, či je potreba telemetrického prenosu *NN* vývodov do *DŘS*, je potreba previesť hlbšiu analýzu využitia informácií z pohľadu dispečerského riadenia a všetkých pracovníkov dispečingu. Pri rozšírení prenosu všetkých vývodov by narástol nárok na výpočtovú kapacitu *DŘS*. Nastat' by mohlo aj spomalenie základných funkcií *DŘS* čo by mohlo mať negatívny dopad na dispečerské riadenie *DS* a celkovú prácu naprieč všetkými oddeleniami spoločnosti *ECD*.

Iná cesta telemetrického prenosu by mohla spočívať za použitia zmenového kritéria. To by znamenalo, že by sa telemetricky prenášali len výraznejšie zmeny hodnôt. Ďalší podobný spôsob ako získať údaje z telemetrie by predstavovalo poskytovanie týchto údajov na vyžiadanie pracovníkov dispečingu. Za bežného bezporuchového stavu mrežovej siete by posielanie a zaznamenávanie nameraných dát *DŘS* nebolo realizované, tým pádom by nedochádzalo k neefektívnemu plneniu pamäte systému. Pri výskyte poruchového stavu a potreby prenosu nameraných dát z technológií v *DTS* by poverený pracovník dispečingu vyslal povel a obratom by sa mu namerané dáta z doby poruchy zobrazili na zobrazovacej jednotke *DŘS*. Toto riešenie by však mohlo mať dopad na dĺžku trvania poruchového stavu.

Ďalší návrh k získaniu dát z osadených vývodov rozvádzačov *NN* by predstavovalo použitie iného systému ako *DŘS*. To by predstavovalo využitie ďalšej zobrazovacej jednotky. Táto cesta by negovala komplikáciu s kybernetickou bezpečnosťou u technológie T2.

Takto by sa dalo realizovať aj získavanie telemetrických informácií iba z prívodu do rozvádzačov *NN*. Touto cestou by mohol dispečer získať informácie o všetkých *DTS* tvoriacich mrežovú sieť Brno – Bohunice, čo by predstavovalo posun oproti súčasnému stavu telemetrie.

Keďže analýza využitia informácií dispečerom nie je náplňou tohto zadania, je na zvážení spoločnosti *ECD* zadanie práce do budúcich rokov, ktorá sa tomuto využitiu bude dostatočne venovať. Výstupom práce by mali byť rozanalyzované potreby informácií o vývodoch *NN* siete, a prípadne zváženie dostupnej cesty k získavaniu nameraných hodnôt vývodov *NN* z technológie T2, a ostatných vývodov z technológie T1. Zahrnúť by sa do zadanej analýzy malo aj prípadné nasadenie SMART metrov do odberov siete, a prínos osadenia všetkých vývodov mrežovej siete Brno – Bohunice telemetriou v takomto prípade.

Telemetrická funkcia doplnenej technológie T3 bola realizovaná a posielaná na pracovisko VUT. Technológia plnili dôvod ich dočasnej inštalácie a získavali dáta potrebné k zostaveniu modelu mrežovej siete Brno – Bohunice. Hodnoty z technológie T3 boli počas práce k dispozícii. Tým pádom bolo taktiež možné previesť analýzu hodnôt získaných pri prevádzkovom stave siete, a pri jednotlivých poruchových stavoch aj pomocou doinštalovanej technológie. Výsledky prevedených analýz sa nachádzajú v kapitolách 6.1.2 a 7.2.2. Pre informáciu zadávateľovi práce boli vytvorené tabuľky hodnôt technológie T3, ktorá ponúka aj meranie združeného napätia jednotlivých prívodov z *TR* do *NN* rozvádzačov. Tieto tabuľky sa nachádzajú v prílohe práce v časti B.

## 8.5 Dopad analýz na návrh doplnenia technológií

Analýzovaním reálneho poruchového stavu bolo preukázaných niekoľko výhod telemetrického prenosu do *DŘS RIS*. Na základe získaných informácií z telemetrického prenosu bola už pred dojazdom montéra na miesto poruchy *DS* čiastočne rozmanipulovaná. Táto skutočnosť urýchlila obnovu dodávky a prácu montéra *OPDs*.

Analýza reálneho poruchového stavu však odhalila aj niekoľko nedostatkov trvalých technológií v *DTS*. Preukázalo sa chybné zapojenie technológie T1 v *DTS Rolnická 5*. Vďaka zlému zapojeniu prúdových svoriek technológia v *DTS* vykazovala chybné údaje a tie boli posielané dispečerovi do *DŘS*. Technológia v danej chvíli čiastočne strácala svoj význam. Po poruche však došlo k odstráneniu chybného zapojenia a technológia v *DTS* merala a odosiela správne údaje do *DŘS*.

Odhliadnuc od chybného zapojenia konštatujem, že veličiny posielané do *DŘS* po odstránení nedostatku v *DTS Rolnická 5* sú dostatočné pre riadenie *DS*. Taktiež sú dostatočné pre vytvorenie analýzy z dostupných hodnôt v *DŘS*, ktoré sú ukladané do prehľadného registra s niekoľko mesačnou históriou. Vďaka tejto histórii boli realizované zbery dát technológie T1 pre účel práce priamo z *DŘS*.

Po obdržaní a prehliadnutí vstupných dát pre analýzu reálnej poruchy z technológie T2 konštatujem, že u tejto technológie neprišlo k žiadnym nezrovnalostiam v nameraných údajoch. Ak prišlo k výpadku hlavného ističa v *DTS*, tak výkon sa prelial na iné *DTS*, ktoré boli v zapnutom stave. Analýza vykazovala reálne hodnoty, ktoré potvrdil aj technik ochrán pri obhliadke meracích zariadení po poruchovom stave.

Telemetrická funkčnosť technológie T2 v daný moment poruchy však nebola z dôvodu kybernetickej bezpečnosti prenosu do *DŘS* umožnená. Daný nedostatok technológie bol diskutovaný zo zadávateľom práce. Zadávateli práce sú známe taktiež prínosy, ktoré by so sebou nieslo prípadné rozšírenie telemetrickej funkčnosti do *DŘS*, prípadne inou cestou dispečerovi.

Ak by došlo k vyriešeniu uvedených nedostatkov telemetrie technológie T2, obe trvalé technológie by spĺňali kritériá pre dispečerské riadenie mrežovej siete Brno – Bohunice.

## 9 ZÁVER

Cieľom diplomovej práce je popis problematiky mrežových sietí, rozdelenie týchto sietí, spôsob ich prevádzky či popis výpočtu. Ďalšou úlohou práce je popis rozvádzačov *NN* použitých v mrežovej sieti Brno – Střed a mrežovej sieti Brno - Bohunice. Nasledujúcim bodom zadania je popísanie dispečerského riadenia sietí *NN* v spoločnosti *ECD*. Popis dispečerského riadenia sietí zachytáva stav riadenia počas prevádzky systému *TOMS* a nový stav riadenia pomocou systému *OMS*.

Mrežová sieť Brno – Střed je v prevádzke od roku 1951. Od tohto roku do dnes sú vytvorené mnohé štúdie, iné diplomové či bakalárske práce o problematike mrežovej siete v centre mesta Brna. Naopak mrežová sieť Brno – Bohunice odštartovala svoju prevádzku v roku 2017. Iniciatívou spoločnosti *ECD* je vytvorenie celkového prehľadu o fungovaní mrežovej siete Brno – Bohunice najmä pri výpadkoch napájacích *TR*.

V kapitole č. 3 práce je popísaný teoretický rozbor mrežových sietí, ktoré predstavujú topologicky najzložitejšiu sieť na napäťovej hladine *NN*. Súčasťou rozboru sú aj typy mrežových sietí, spôsob ich prevádzky či teoretický popis výpočtu. V časti práce 3.4 sa taktiež nachádza bližší popis prevádzky mrežovej siete Brno – Střed a úskalia, ktoré so sebou táto sieť nesie. Počas doby prevádzky mrežovej siete Brno – Střed sú odpozorované niektoré praktické skutočnosti, na ktoré treba brať ohľad pri poruchových stavoch či pravidelných kontrolách siete. V kapitole 3.5 je uvedený taktiež popis prevádzky mrežovej siete Brno – Bohunice a dôvody vybudovania tejto siete.

Kapitola č. 4 práce je venovaná rozvádzačom *NN* použitých v mrežových sieťach mesta Brna, a ich súčasnemu technologickému vybaveniu. Jedná sa o dva možné typy rozvádzačov *NN*, RST 1099/4835 a RST 1099/41235. V práci je podrobne popísané čo znamenajú jednotlivé číselné značenia rozvádzačov *NN*. Taktiež je popísané ich využitie v *DTS*. V tejto kapitole sú podrobne popísané inštalované technológie v *NN* rozvádzačoch mrežových sietí, a ich súčasný prínos dispečerovi a technickému pracovníkovi spoločnosti *ECD*.

V teoretickej časti práce sa nachádza kapitola č. 5, ktorá je venovaná popisu dvoch systémov pre dispečerské riadenie sietí *NN* v spoločnosti *ECD*. V tejto kapitole je popísaný stav riadenia, ktorý prebiehal do 31.12.2018 pomocou systému *TOMS*. Ďalej sa tu nachádza stav od 1.1.2019, dispečerské riadenie pomocou novovytvoreného systému *OMS*. V kapitole sú popísané výhody, ktoré so sebou priniesli jednotlivé moduly novovytvoreného systému. Tento systém je v spoločnosti *ECD* naprieč zvolenými oddeleniami, jedná sa teda o centralizáciu riadenia sietí na napäťovej hladine *NN*. V kapitole č. 5.4 sú uvedené vylepšenia systému *OMS*, ktoré vyplynuli z diplomovej práce, a taktiež mojej účasti ako školiteľa na školeniach technikov *RS* s týmto systémom. Niektoré vylepšenia sú už do systému zapracované. Návrhy vylepšení procesov sa taktiež týkajú právomocí jednotlivých technikov *GIS* a *RS*.

V kapitole č. 6 sa nachádza spätná analýza nameraných hodnôt prevádzkového stavu mrežovej siete Brno – Bohunice. Zozbierané reálne dáta technológií inštalovaných v *NN* rozvádzačoch sú od termínu 10.3.2019 do 19.3.2019. Analýza sa týka predovšetkým prívodov od *TR* do *NN* rozvádzačov. Analyzované hodnoty v kapitole boli *I*, *U*, *S* a  $\eta$ . Výsledky analýzy prevádzkového stavu kopírujú vo veľkej časti činnosť obyvateľov mestskej časti Brno – Bohunice. Z výsledkov analýzy vyplýva, že mrežová sieť spĺňa napäťové kritérium. Počas sledovaného obdobia sa *U<sub>f</sub>* pohybujú v medziach  $U_{fmin} = 232,92 \text{ V}$  a  $U_{fmax} = 243,59 \text{ V}$ .

Predpísaný rozsah je  $U_{fmin} = 216 \text{ V}$  a  $U_{fmax} = 264 \text{ V}$ . Taktiež z výsledkov analýzy  $\eta$  plynie, že jednotlivé *TR* tvoriace mrežovú sieť sa pohybujú od 20,32 % po 24,86 %. Tieto hodnoty sú pomerne hlboko pod hranicou maximálneho  $\eta$ . U *TR*, ktoré sú súčasťou mrežovej siete je predpísaná maximálna hodnota  $\eta_{max} = 50 \text{ %}$ .

Ďalšou náplňou tejto časti práce sú fázové rozdiely  $U, I$  a rozdiely združených napätí tých *TR*, v ktorých je inštalovaná technológia T1. Technológia T2 osadená v troch *DTS* mrežovej siete nepodporuje meranie združeného napätia, preto navrhujem doplnenie tejto veličiny z dôvodu zistenia napäťovej nesymetrie siete. Taktiež prístup k nameraným dátam z *DTS* pomocou technológie T2 je obtiažny. Keďže technológia nespĺňa predpisy kybernetickej bezpečnosti tak cesta k získaniu dát z technológie bola odlišná ako u technológie T1. Pri analýze prevádzkového stavu je využitá aj dočasne inštalovaná technológia T3. Technológia bola inštalovaná na všetkých osadených vývodoch *NN* z *DTS* počas sledovaného obdobia. Daný poznatok je využitý pri zostavení analýzy maximálnych prúdových hodnôt jednotlivých vývodov *NN* tvoriacich mrežovú sieť.

Obsahom kapitoly č. 7 sú analýzy poruchových stavov mrežovej siete Brno – Bohunice. Nachádza sa tu spätná analýza reálnej poruchy z oblasti Brno – Bohunice, ktorá je náplňou kapitoly 7.1. Presné časové údaje výskytu poruchy nie sú súčasťou práce. Výsledok analýzy poruchy bol konzultovaný so zadávateľom práce. Prednostne mu boli dodané aj všetky zistenia, ktoré plynuli z analýzy. Počas poruchy bolo chybou zapojenia technológie T1 v *DTS* Rolnická 5 spôsobené zasielanie chybných  $I$  hodnôt do *DŘS*. Dané zistenie mi potvrdil aj technik ochrán, ktorý po poruche odstránil chybu a technológiu v *DTS* opäť sprevádzkoval do pôvodného stavu. U technológie T2 sa v súčasnosti jedná o nesplnený predpis kybernetickej bezpečnosti, teda nemožnosť zasielať namerané dáta priamo dispečerovi. Ak by prišlo k odstráneniu tohto nedostatku znamenalo by to zefektívnenie práce dispečera. Prípadné odstránenie by mohlo znamenať taktiež zlepšenie ukazovateľov *SAIDI* a *SAIFI* pre danú oblasť.

V kapitole č. 7.2 sa nachádza analýza reálne nasimulovaných porúch mrežovej siete Brno – Bohunice zo dňa 17.4.2019. Počas testovacieho dňa boli technikom *RS* postupne vypínané *TR* v *DTS* Spodní 2, Spodní 18 a Rolnická 5. Pred každým vypnutím bolo odhadnuté, na ktoré *DTS* by sa mala väčšina výkonu vypínaného *TR* preliať. Z analýzy, ktorá je náplňou kapitoly 7.2.1 vyplynulo, že všetky teoretické odhady boli správne a prejavilo sa umiestnenie najbližších *DTS*. Počas testovacieho dňa sa nachádzala v každej *DTS* aj dočasne inštalovaná technológia T3. Táto technológia bola primárne určená na získavanie dát z mrežovej siete pre účel vytvorenia experimentálneho modelu tejto siete. Dočasné nasadenie technológie T3 do *DTS* bolo taktiež využité pre analytický účel práce. Výsledky jednotlivých analýz hodnôt získaných technológiou T3 sa nachádzajú v kapitole 7.2.2.

Kapitola 7.3 obsahuje porovnanie reálnych dát mrežovej siete z technológií T1, T2 a experimentálneho modelu mrežovej siete. Vlastný model bol zostrojený na základe vstupných parametrov siete a hodnôt zmeraných technológiou T3. Porovnaním výsledných hodnôt teoretickej a praktickej analýzy vyplýva značná odchýlka hodnôt teoretickej analýzy. Príčinou tejto odchýlky mohla byť neznalosť výkonového rozloženia medzi jednotlivými odbermi siete, z toho vyplývajúca zložitosť pri zadávaní jednotlivých vstupných hodnôt modelu. Ďalšou príčinou odchýlok boli nízke  $\Delta U$  medzi jednotlivými uzlami siete. Keďže sa jedná o jedno sídlisko, tak káblové *NN* vedenia sú pomerne krátke. Z krátkej dĺžky vedení plynie nízka hodnota impedancie medzi jednotlivými uzlami siete.  $\Delta U$  jednotlivých uzlov siete je čo do veľkosti porovnateľný s neistotou merania. Vytvorený model predstavuje experiment, ktorý odhalil radu problémov s jeho realizáciou.

Minimalizácia, alebo odstránenie odchýlok by sa mohlo doceliť napríklad nasadením SMART metrov do miest jednotlivých odberov mrežovej siete. Ak bude pokračovať trend v nasadzovaní telemetrických zariadení do *DTS* mrežových sietí, tak stojí za zváženie odštartovať nasadzovanie technológie SMART metrov do miest odberov v mrežových sieťach mesta Brna.

Nasadením SMART technológie by bolo možné získať diaľkovo odčítaný priebeh zaťaženia odberov. Pri znalosti pripojenia jednotlivých odberov do siete *NN* spolu s informáciou o zaťažení odberov by bolo možné načítanie priebehov zaťaženia jednotlivých vývodov z *DTS* pre ľubovoľné časové obdobie. Pre spoločnosť *ECD* by prinášali SMART technológie mnoho ďalších výhod, napr. online informáciu o súčasnom stave odberného miesta či automatizované odčítanie hodnôt. SMART technológiami by bolo zistené výkonové rozloženie medzi danými odbermi a na základe tejto informácie by bol upravený aj model mrežovej siete Brno – Bohunice.

Obsahom kapitoly č. 8 je zhodnotenie technológií nachádzajúcich sa v *DTS* mrežovej sieti Brno – Bohunice počas sledovaného obdobia prevádzkového stavu a počas testovacieho dňa. Technológie T1, T2 sú súčasťou trvalého vybavenia rozvádzačov *NN*. Technológia T3 bola doinštalovaná pre účely získavania dát pre vytvorenie modelu mrežovej siete. Zhodnotenie trvalej technológie T1 a T2 je prevedené za účelom posúdenia ich funkčnosti pre dispečerské riadenie mrežovej siete. Nedostatok funkcie T2 spočíva v tom, že doposiaľ nebolo vyriešené posielanie nameraných hodnôt dispečerovi, buď do *DŘS* s vyriešeným predpisom kybernetickej bezpečnosti, alebo inou cestou. Neinformovanosť dispečera sa prejavila pri riešenej reálnej poruche, kedy mal informácie len o troch *DTS* tvoriacich mrežovú sieť. Prípadné doplnenie posielania telemetrických údajov technológie T2 z prívodov do *NN* rozvádzačov na dispečing by mohlo znamenať zlepšenie ukazovateľov *SAIDI* a *SAIFI* pre danú oblasť napájania.

Naopak technológia T1 posiela telemetrické údaje priamo do *DŘS*. Posielanými údajmi sú hodnoty z prívodu do *NN* rozvádzača a prvých päť vývodov *NN*. Technológia T1 dokáže telemetricky odosielať hodnoty fázových  $U$  a  $I$ , združeného  $U$  prívodu a taktiež  $P_{3f}$  a  $Q_{3f}$  prívodu. Prívody do *NN* rozvádzačov v *DTS* Spodní 2 a Spodní 8, v ktorých sa nachádza technológia T1 v čase výskytu poruchy poskytovali úplné telemetrické informácie. *DTS* Rolnická 5, v ktorej je taktiež technológia T1 poskytovala len informácie o prítomnosti napätia z dôvodu chyby v zapojení T1. K odstráneniu chyby prišlo pri prehliadke, ktorá sa uskutočnila po poruchovom stave. Po odstránení technického nedostatku technológie v *DTS* Rolnická 5 boli všetky telemetrické informácie a ich zasielanie obnovené. Technológia T1 preto spĺňa predpoklady pre dispečerské riadenie.

Na otázku využitia telemetrickej informácie z jednotlivých *NN* vývodov z *DTS* by bolo potreba previesť hlbšiu analýzu. Táto analýza využiteľnosti informácií je mimo rozsah zadanej práce. Preto navrhujem zadanie ďalšej práce, ktorá bude obsahovať posúdenie praktickej využiteľnosti telemetrických informácií z *NN* vývodov. Informácie o hodnotách jednotlivých *NN* vývodov podľa môjho názoru však budú potrebné, ak spoločnosť *ECD* zváži návrh osadenia SMART technológií v oblasti mrežovej siete Brno - Bohunice.

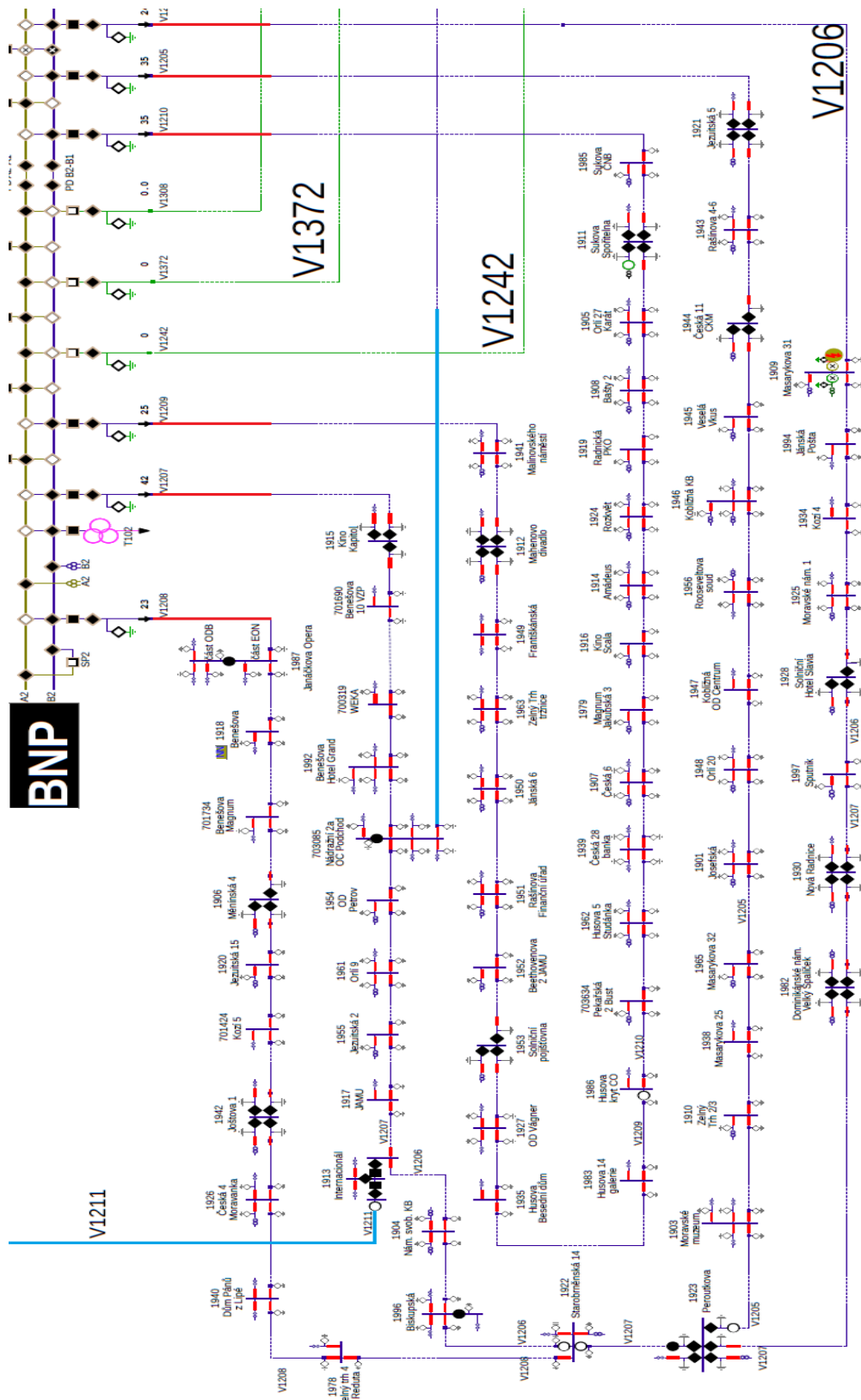
## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] PAVLOVSKÝ, B. *Elektrické sítě v místech a sídlištích*. Praha: STNL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1975, 432 strán. DT. 621.316.12.17.001.1
- [2] DRLÍK S. *Skripta pro výuku pracovníků v provozu sítí a elektrických stanicích*. Brno: Jihomoravské energetické závody, n. p., 1976, 283 strán.
- [3] TOMAN, P., DRÁPELA, J., MIŠÁK, S., ORSÁGOVÁ, J., PAAR, M., TOPOLÁNEK, D. A KOL. *Provoz distribučních soustav*, Vydání první, Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 264 strán. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [4] E.ON DISTRIBUCE, A.S. *Popis distribuční soustavy E.ON Distribuce, a.s.* [on line]. 2018, [cit. 2018-10-25]. <https://www.eon-distribuce.cz/technicke-informace-o-distribucni-soustave-elektriny>
- [5] BLAŽEK, V., SKALA, P. *Distribuce elektrické energie*. VUT v Brně, Brno, 2005.
- [6] VELEBA, J., NOHÁČ, K. *Výpočty chodu sítě* [on line]. Plzeň, Západočeská univerzita. [cit. 2018-11-25]. <http://home.zcu.cz/~nohac/MS/MS-Pr-04.pdf>
- [7] BLAŽEK, V., PAAR, M. *Přenosové sítě*. VUT v Brně, Brno, 2007.
- [8] FRECHOVÁ, L. *Analýza provozu mřížové sítě Brno – střed*. Diplomová práce. Brno: VUT, 2017, 71 strán.
- [9] ORMAZABAL VELATIA. *LMV BPL coupler model 9140* [on line]. 2018, [cit. 2018-10-25]. [www.ormazabal.com](http://www.ormazabal.com)
- [10] ARCHETE. *BPL coupler for indoor applications UNDERCAP* [on line]. 2018, [cit. 2018-10-25]. <https://www.artech.com/en/products/bpl-coupler-indoor-applications-undercap>
- [11] ESB ROZVADĚČE, A.S. *Nové standardizované typy distribučních rozvaděčů pro oblast E.ON*. Brno, 2017, 25 strán
- [12] VOLEK, J. *Rozvaděče NN, skříně a stojany pro distribuční transformovny vn/nn 22/0,4 kV do 630 kVA*. Technický list, 2013, 34 strán.
- [13] ELRO ROZVADĚČE. *Rozvaděče RST* [on line]. 2012, [cit. 2018-10-25]. <http://www.elro.cz/produkty/rozvadece-pro-energetiku-a-prumysl/venkovni-rozvadece/>
- [14] MEG A, LOVATO ELECTRIC, KMB. *Měřicí Energetické Aparáty* [on line]. 2010, [cit. 2018-10-25]. <http://www.e-mega.cz/>. *Lovato Electric* [on line]. [cit. 2019-1-24]. <http://www.lovatoelectric.cz/>. *KMB SYSTEMS* [on line]. 2011, [cit. 2019-03-05]. <http://www.kmb.cz/index.php/cs/>
- [15] OEZ. *Kompaktní jističe BL1000S* [on line]. 2018, [cit. 2018-12-13]. [http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/2144-Z01-06\\_CZ\\_SK.pdf](http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/2144-Z01-06_CZ_SK.pdf)
- [16] NKT CABLES. *22-AXEKVCEY* [on line]. 2018, [cit. 2018-10-25]. [https://www.nkt.com/fileadmin/user\\_upload/Products/Data\\_sheets/22-AXEKVCEY+DS+CZ+EN.pdf](https://www.nkt.com/fileadmin/user_upload/Products/Data_sheets/22-AXEKVCEY+DS+CZ+EN.pdf)
- [17] ELEKTRO SYCHRA. *Kabel AYKY 3x185+95* [on line]. 2017, [cit. 2018-10-25]. <https://shop.elektro-sychra.cz/kabel-ayky-3x185-95/>
- [18] PEHALOVÁ, D. *Průručka OMS*. Informačný systém energetických dispečinků. Brno, 2018, 140 strán.



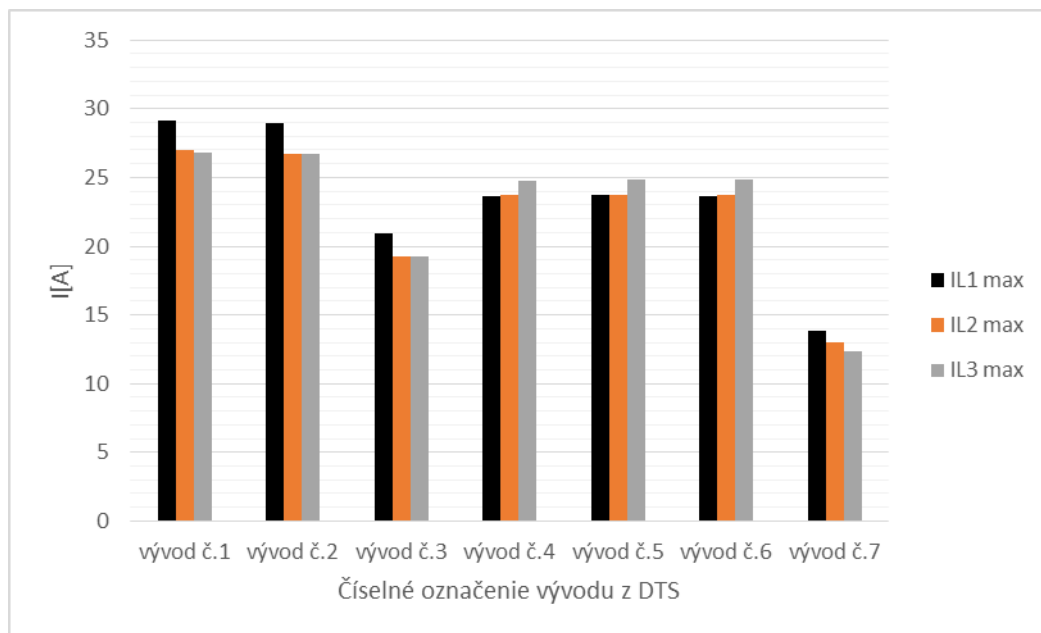
- 
- [19] PEHALOVÁ, D., ŠVEC, J. *Uživatelská příručka*. Informačný systém energetických dispečinků. Brno, 2018, 262 strán.
- [20] PEHALOVÁ, D. *Výpočtové funkce sítě 22 kV*. Informačný systém energetických dispečinků. Brno, 2018, 74 strán.
- [21] ŠVEC, J. A KOL. *Řízení a monitorování sítí NN a OMS*. Informačný systém energetických dispečinků Etapa 2. Brno, 2017, 183 strán
- [22] NKT CABLES. 1-YY [on line]. 2018, [cit. 2018-11-15].  
[https://www.nkt.cz/fileadmin/user\\_upload/Products/Data\\_sheets/1-YY+DS+CZ+EN.pdf](https://www.nkt.cz/fileadmin/user_upload/Products/Data_sheets/1-YY+DS+CZ+EN.pdf)
- [23] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN EN 50160 ed.3 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě. Únor 2011.
- [24] SIEMENS. *Rozváděče typu 8DH10 do 24 kV, s izolací SF6, stavebnicové, rozšiřitelné* [on line]. 2018, [cit. 2018-10-05]. <http://www.sg-brno.cz/images/8dh10-cz.pdf>

## PRÍLOHA A

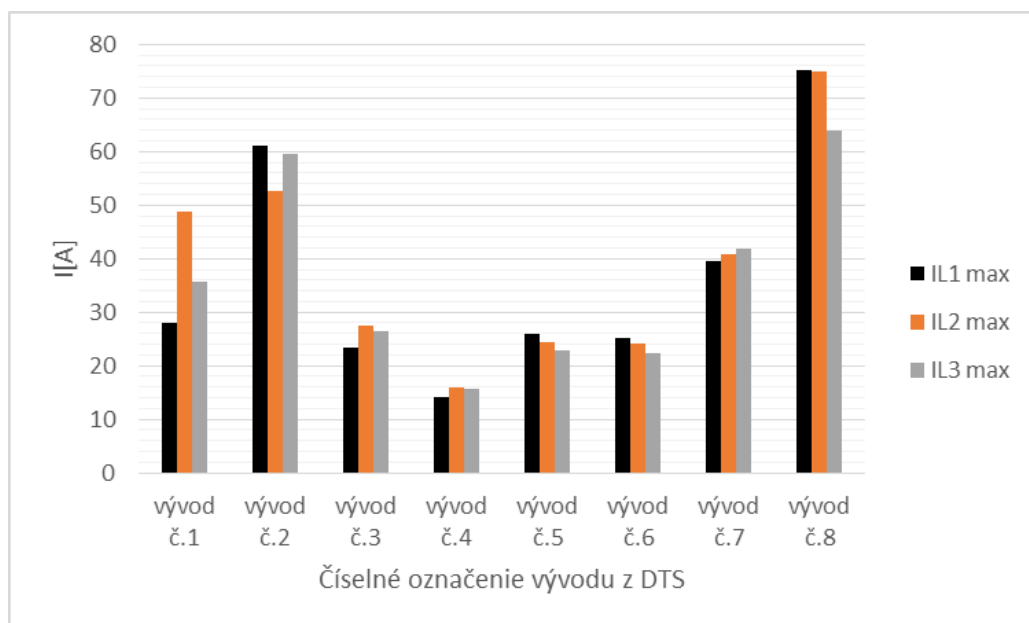


Obr. A. 1: Trvalé a záložné VN napájače mrežovej siete Brno - Střed

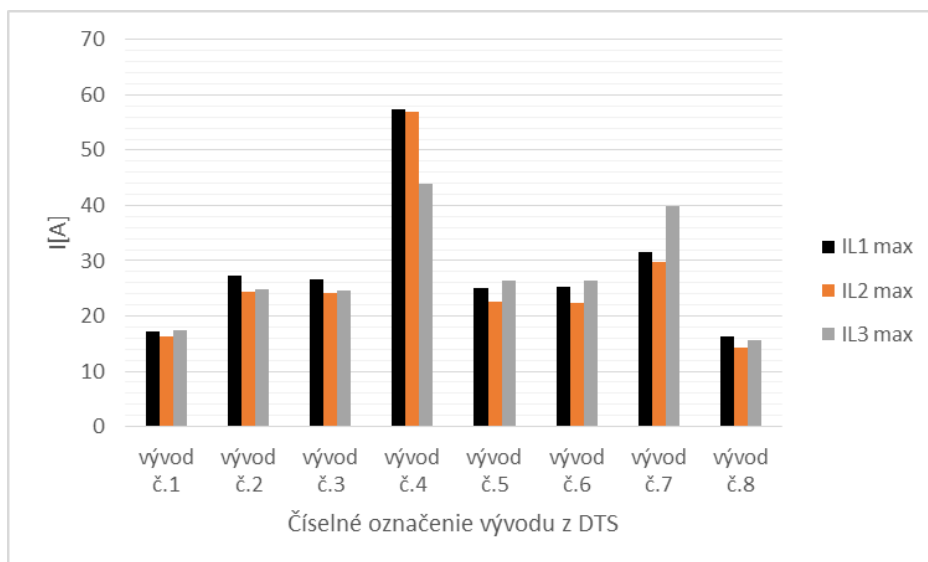
V nasledujúcej časti prílohy A sa nachádzajú grafy, ktoré zachytávajú prevádzkový stav mrežovej siete Brno – Bohunice v dňoch 10.3.2019 až 19.3.2019.



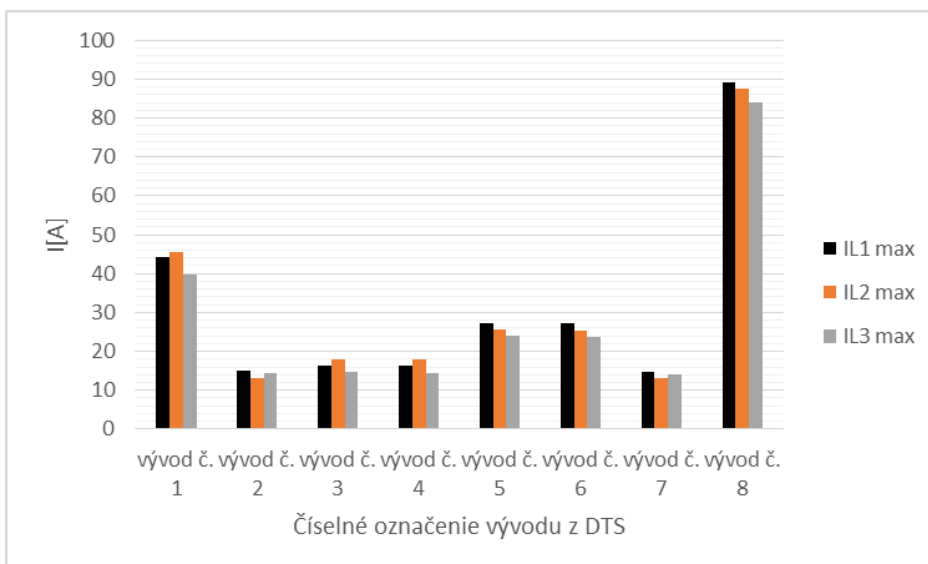
Obr. A. 2: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Vyhlídalova



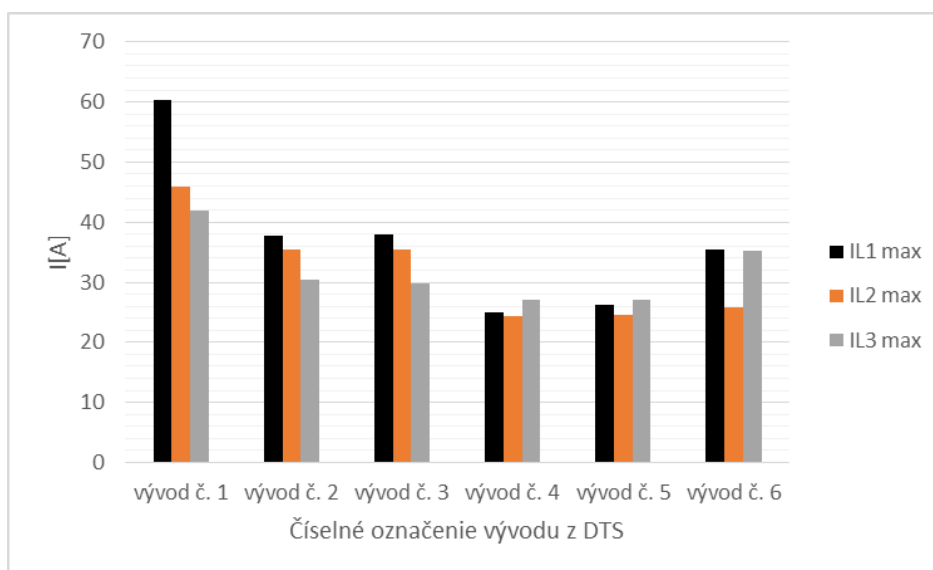
Obr. A. 3: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Rolnická 5



Obr. A. 4: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Spodní 2



Obr. A. 5: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Spodní 8



Obr. A. 6: Maximálne hodnoty prúdov vývodov NN z DTS Spodní 18

## PRÍLOHA B

V tejto časti prílohy sa nachádzajú grafy a tabuľky zo dňa 17.4.2019, kedy prebiehal testovací deň mrežovej siete Brno - Bohunice

Tab. B. 1: Maximálne rozdiely združeného  $U$  pre prevádzkový stav merané technológiou T3

| DTS         | max UL12-U23 | max UL12-U31 | max UL23-U31 | 08:00 - 10:17 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|             | [V]          | [V]          | [V]          |               |
| Rolnická 5  | -1,37        | -0,56        | 1,39         |               |
| Spodní 8    | -1,37        | -0,43        | 1,20         |               |
| Spodní 2    | -0,97        | -0,47        | 1,08         |               |
| Vyhlídalova | -1,33        | -0,48        | 1,31         |               |
| Rolnická 9  | -1,40        | -0,49        | 1,31         |               |
| Spodní 18   | -1,44        | -0,41        | 1,28         |               |

Tab. B. 2: Maximálne rozdiely združeného  $U$  pre stav vypnutého TR v DTS Spodní 2 merané technológiou T3

| DTS         | max UL12-U23 | max UL12-U31 | max UL23-U31 | 10:19 - 10:30 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|             | [V]          | [V]          | [V]          |               |
| Rolnická 5  | -0,72        | -0,51        | 0,38         |               |
| Spodní 8    | -0,70        | -0,35        | 0,56         |               |
| Spodní 2    | -0,83        | -0,41        | 0,59         |               |
| Vyhlídalova | -0,69        | -0,39        | 0,43         |               |
| Rolnická 9  | -0,66        | -0,39        | 0,51         |               |
| Spodní 18   | -0,69        | -0,31        | 0,65         |               |

Tab. B. 3: Maximálne rozdiely združeného  $U$  pre stav vypnutého TR v DTS Spodní 18 merané technológiou T3

| DTS         | max UL12-U23 | max UL12-U31 | max UL23-U31 | 10:32 - 11:21 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|             | [V]          | [V]          | [V]          |               |
| Rolnická 5  | -0,84        | 0,27         | 0,82         |               |
| Spodní 8    | -1,08        | -0,67        | 1,08         |               |
| Spodní 2    | -1,15        | -0,61        | 1,12         |               |
| Vyhlídalova | -0,99        | -0,33        | 0,92         |               |
| Rolnická 9  | -0,81        | 0,28         | 0,89         |               |
| Spodní 18   | -1,05        | -0,61        | 1,23         |               |

Tab. B. 4: Maximálne rozdiely združeného  $U$  pre stav vypnutého TR v DTS Rolnická 5 merané technológiou T3

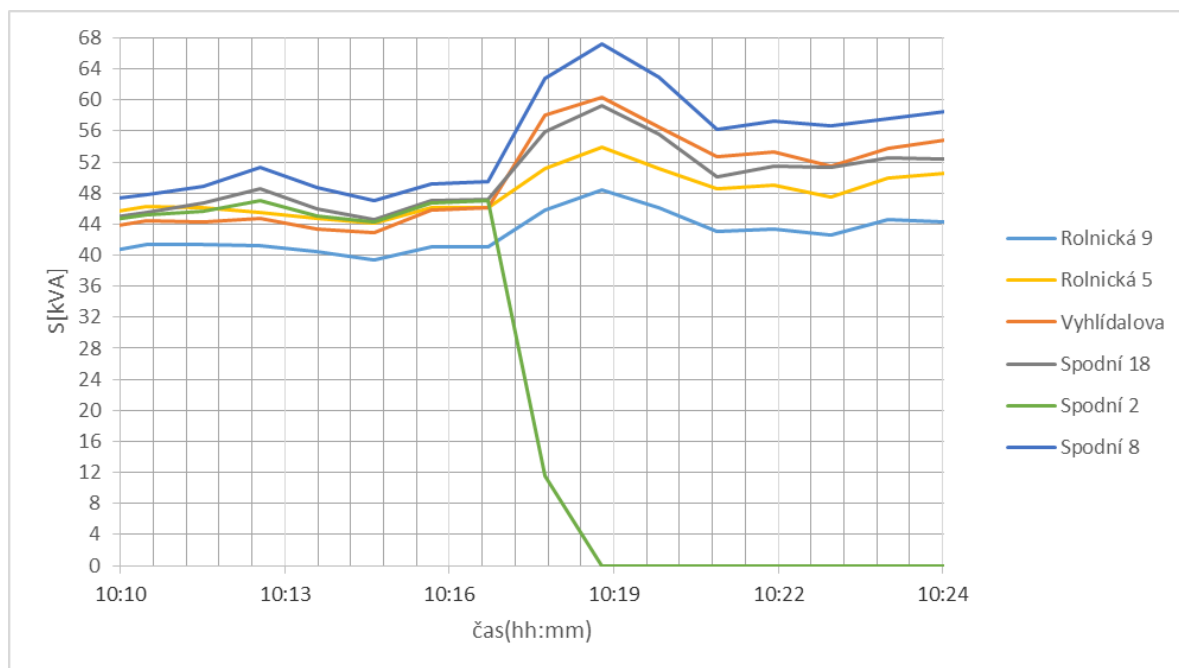
| DTS         | max UL12-U23 | max UL12-U31 | max UL23-U31 | 11:23 - 23:59 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|             | [V]          | [V]          | [V]          |               |
| Rolnická 5  | -2,03        | -0,97        | 1,69         |               |
| Spodní 8    | -1,86        | -0,91        | 1,80         |               |
| Spodní 2    | -2,04        | -0,97        | 1,84         |               |
| Vyhlídalova | -1,49        | -0,84        | 1,58         |               |
| Rolnická 9  | -1,55        | 0,82         | 1,71         |               |
| Spodní 18   | -2,15        | -1,01        | 2,00         |               |

Tab. B. 5: Priemerné namerané hodnoty nameraných dát technológiou T3 pre prevádzkový stav mrežovej siete

| DTS         | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|             | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| Rolnická 5  | 238,65        | 238,82        | 239,16        | 65,58         | 68,79         | 60,93         | 45,88         | 4,11          | 46,07         | 11,52       |
| Spodní 8    | 238,72        | 238,91        | 239,05        | 68,48         | 64,68         | 71,87         | 48,20         | 4,60          | 48,42         | 12,10       |
| Spodní 2    | 238,68        | 239,06        | 239,14        | 69,15         | 59,10         | 63,35         | 45,26         | 2,00          | 45,31         | 11,33       |
| Vyhlídalova | 238,74        | 239,00        | 239,18        | 64,46         | 60,41         | 62,39         | 44,33         | 1,29          | 44,35         | 11,09       |
| Rolnická 9  | 238,86        | 239,11        | 239,35        | 58,85         | 60,50         | 54,62         | 41,01         | -2,73         | 41,11         | 10,28       |
| Spodní 18   | 238,73        | 238,96        | 239,14        | 64,72         | 62,90         | 68,45         | 46,22         | 1,62          | 46,25         | 11,56       |

Tab. B. 6: Priemerné hodnoty nameraných dát technológiou T3 po vypnutí TR v DTS Spodní 2

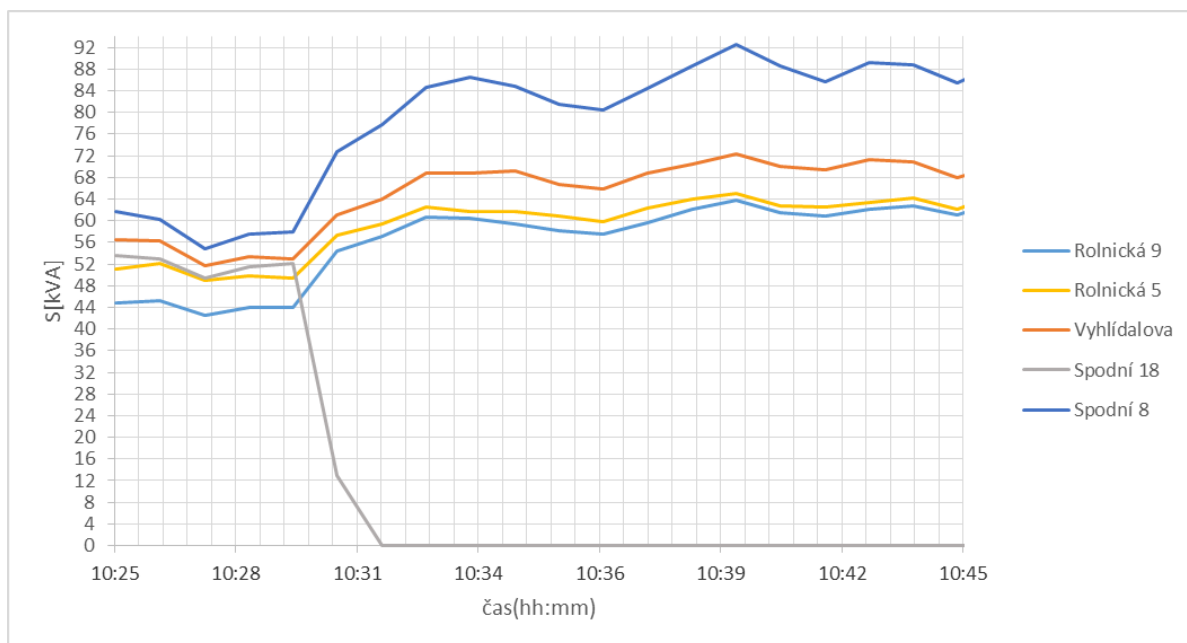
| DTS         | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|             | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| Rolnická 5  | 239,05        | 239,19        | 239,47        | 71,48         | 74,05         | 66,98         | 50,15         | 1,35          | 50,17         | 12,54       |
| Spodní 8    | 239,06        | 239,20        | 239,22        | 84,16         | 80,16         | 85,87         | 58,91         | 3,37          | 59,03         | 14,76       |
| Vyhlídalova | 239,10        | 239,17        | 239,37        | 74,15         | 78,16         | 77,95         | 54,42         | 2,00          | 54,46         | 13,62       |
| Rolnická 9  | 239,32        | 239,53        | 239,68        | 63,57         | 62,74         | 61,35         | 43,89         | -6,63         | 44,41         | 11,10       |
| Spodní 18   | 239,12        | 239,41        | 239,44        | 77,11         | 69,77         | 76,14         | 52,61         | -2,23         | 52,68         | 13,17       |



Obr. B. 1: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 2 meraný pomocou T3

Tab. B. 7: Priemerné hodnoty nameraných dát technológiou T3 po vypnutí TR v DTS Spodní 18

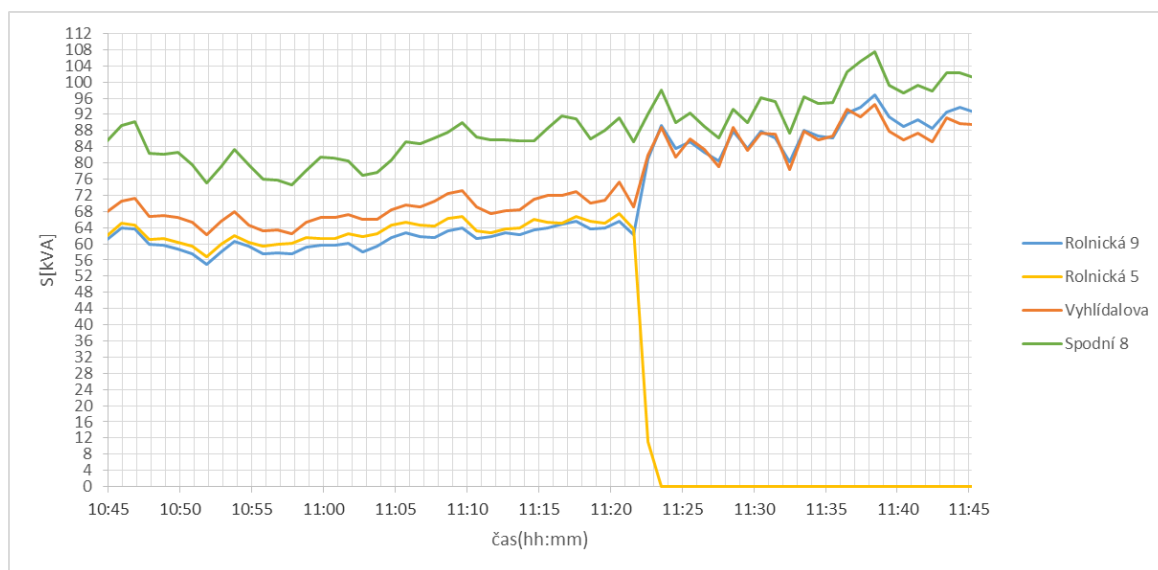
| DTS                | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                    | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| <b>Rolnická 5</b>  | 239,21        | 239,25        | 239,51        | 80,24         | 91,73         | 93,80         | 62,80         | -1,57         | 62,83         | 15,71       |
| <b>Spodní 8</b>    | 238,71        | 238,86        | 239,11        | 114,58        | 120,47        | 121,25        | 83,12         | 12,11         | 84,06         | 21,02       |
| <b>Vyhlídalova</b> | 239,10        | 239,25        | 239,49        | 90,13         | 97,54         | 100,82        | 68,37         | -0,71         | 68,39         | 17,10       |
| <b>Rolnická 9</b>  | 239,25        | 239,43        | 239,67        | 78,77         | 90,39         | 88,13         | 60,71         | -5,07         | 60,93         | 15,23       |



Obr. B. 2: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Spodní 18 meraný pomocou T3

Tab. B. 8: Priemerné hodnoty nameraných dát technológiou T3 po vypnutí TR v DTS Rolnická 5

| DTS                | $U_{L1\ avg}$ | $U_{L2\ avg}$ | $U_{L3\ avg}$ | $I_{L1\ avg}$ | $I_{L2\ avg}$ | $I_{L3\ avg}$ | $P_{3f\ avg}$ | $Q_{3f\ avg}$ | $S_{3f\ avg}$ | $\eta\ avg$ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                    | [V]           | [V]           | [V]           | [A]           | [A]           | [A]           | [kW]          | [kVAr]        | [kVA]         | [%]         |
| <b>Spodní 8</b>    | 237,95        | 238,50        | 238,46        | 159,09        | 143,60        | 144,73        | 104,97        | 3,20          | 105,10        | 26,28       |
| <b>Vyhlídalova</b> | 238,21        | 238,70        | 238,68        | 143,99        | 131,32        | 132,50        | 96,03         | -4,08         | 96,14         | 24,03       |
| <b>Rolnická 9</b>  | 238,24        | 238,68        | 238,61        | 146,18        | 129,52        | 137,58        | 97,14         | -2,64         | 97,24         | 24,31       |



Obr. B. 3: Vývoj zdanlivého výkonového zaťaženia pred a po vypnutí TR v DTS Rolnická 5 meraný pomocou T3



Tab. B. 9: Rozdiel priemerných nameraných hodnôt technológiou T3 prevádzkového stavu a stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 2

| DTS                | $\Delta U_{L1 \text{ avg}}$ | $\Delta U_{L2 \text{ avg}}$ | $\Delta U_{L3 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L1 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L2 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L3 \text{ avg}}$ | $\Delta P_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta Q_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta S_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta \eta_{\text{ avg}}$ |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                    | [V]                         | [V]                         | [V]                         | [A]                         | [A]                         | [A]                         | [kW]                        | [kVAr]                      | [kVA]                       | [%]                         |
| <b>Rolnická 5</b>  | 0,40                        | 0,37                        | 0,31                        | 5,90                        | 5,26                        | 6,05                        | 4,27                        | 2,76                        | 4,10                        | 1,02                        |
| <b>Spodní 8</b>    | 0,34                        | 0,29                        | 0,17                        | 15,68                       | 15,48                       | 14,00                       | 10,71                       | 1,23                        | 10,61                       | 2,66                        |
| <b>Vyhlídalova</b> | 0,36                        | 0,17                        | 0,19                        | 9,69                        | 17,75                       | 15,56                       | 10,09                       | 0,71                        | 10,11                       | 2,53                        |
| <b>Rolnická 9</b>  | 0,46                        | 0,42                        | 0,33                        | 4,72                        | 2,24                        | 6,73                        | 2,88                        | 3,90                        | 3,3                         | 0,82                        |
| <b>Spodní 18</b>   | 0,39                        | 0,45                        | 0,30                        | 12,39                       | 6,87                        | 7,69                        | 6,39                        | 3,85                        | 6,43                        | 1,61                        |

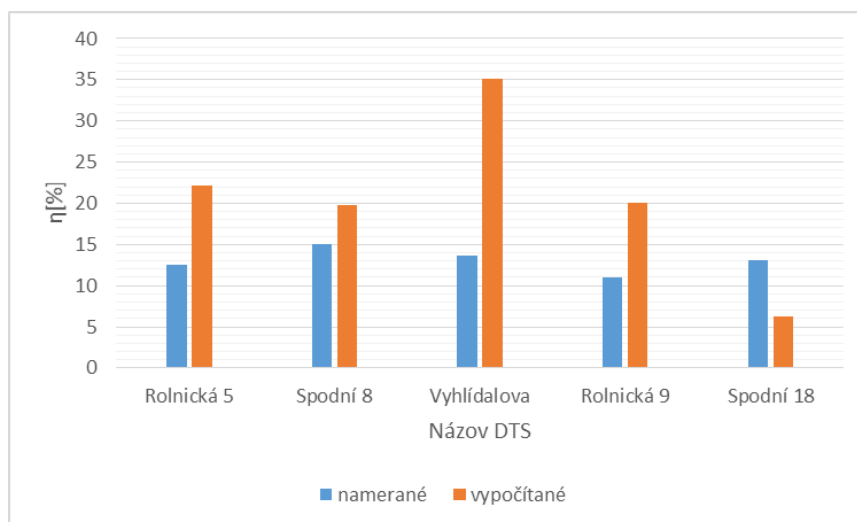
Tab. B. 10: Rozdiel priemerných nameraných hodnôt technológiou T3 stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 2 a stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 18

| DTS                | $\Delta U_{L1 \text{ avg}}$ | $\Delta U_{L2 \text{ avg}}$ | $\Delta U_{L3 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L1 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L2 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L3 \text{ avg}}$ | $\Delta P_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta Q_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta S_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta \eta_{\text{ avg}}$ |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                    | [V]                         | [V]                         | [V]                         | [A]                         | [A]                         | [A]                         | [kW]                        | [kVAr]                      | [kVA]                       | [%]                         |
| <b>Rolnická 5</b>  | 0,16                        | 0,06                        | 0,04                        | 8,76                        | 17,68                       | 26,82                       | 12,65                       | 2,92                        | 12,66                       | 3,17                        |
| <b>Spodní 8</b>    | 0,35                        | 0,34                        | 0,11                        | 30,42                       | 40,31                       | 35,38                       | 24,21                       | 8,74                        | 25,03                       | 6,26                        |
| <b>Vyhlídalova</b> | 0,00                        | 0,08                        | 0,12                        | 15,98                       | 19,38                       | 22,87                       | 13,95                       | 2,71                        | 13,93                       | 3,48                        |
| <b>Rolnická 9</b>  | 0,07                        | 0,1                         | 0,01                        | 15,20                       | 27,65                       | 26,78                       | 16,82                       | 1,56                        | 16,52                       | 4,13                        |

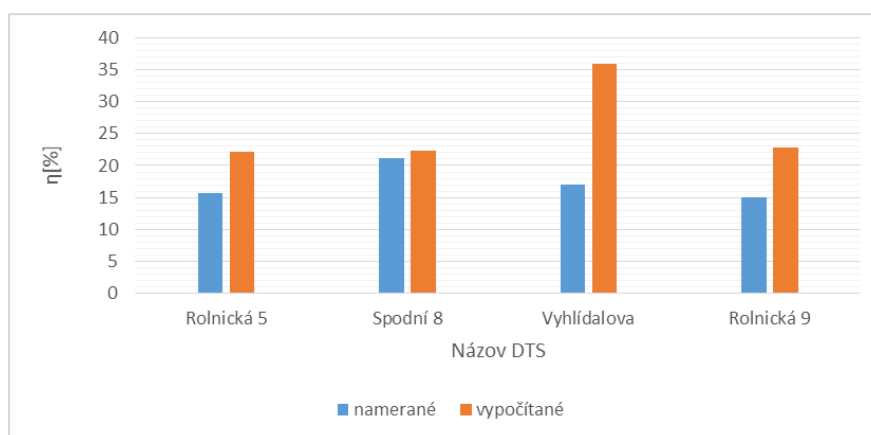
Tab. B. 11: Rozdiel priemerných nameraných hodnôt technológiou T3 stavu po vypnutí TR v DTS Spodní 18 a stavu po vypnutí TR v DTS Rolnická 5

| DTS                | $\Delta U_{L1 \text{ avg}}$ | $\Delta U_{L2 \text{ avg}}$ | $\Delta U_{L3 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L1 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L2 \text{ avg}}$ | $\Delta I_{L3 \text{ avg}}$ | $\Delta P_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta Q_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta S_{3f \text{ avg}}$ | $\Delta \eta_{\text{ avg}}$ |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                    | [V]                         | [V]                         | [V]                         | [A]                         | [A]                         | [A]                         | [kW]                        | [kVAr]                      | [kVA]                       | [%]                         |
| <b>Spodní 8</b>    | 0,76                        | 0,36                        | 0,65                        | 44,51                       | 23,13                       | 23,48                       | 21,85                       | 8,91                        | 21,04                       | 5,26                        |
| <b>Vyhlídalova</b> | 0,89                        | 0,55                        | 0,81                        | 53,86                       | 33,78                       | 31,68                       | 27,66                       | 3,37                        | 27,75                       | 6,93                        |
| <b>Rolnická 9</b>  | 1,01                        | 0,75                        | 1,06                        | 67,41                       | 39,13                       | 49,45                       | 36,43                       | 2,43                        | 36,31                       | 9,08                        |

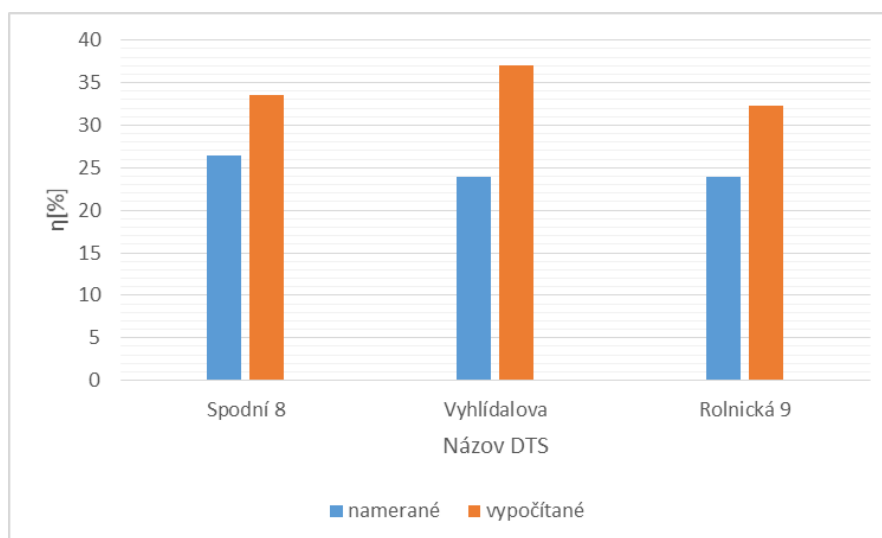
## PRÍLOHA C



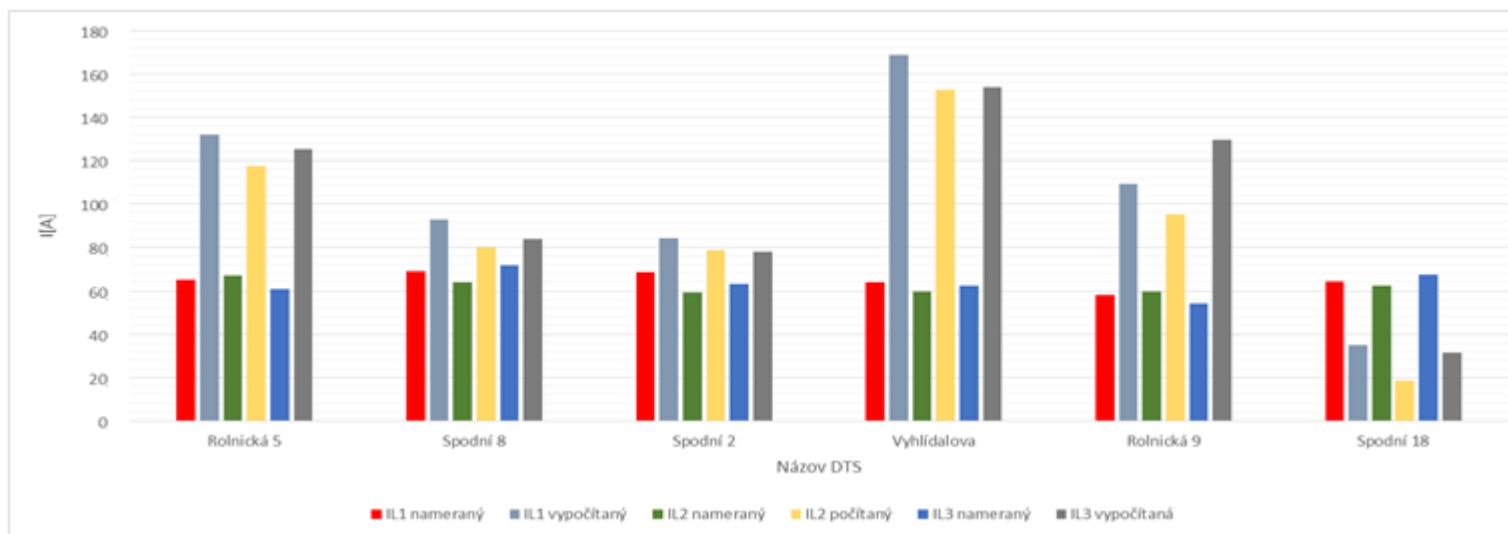
Obr. C.1: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre stav pri vypnutom TR v DTS Spodní 2



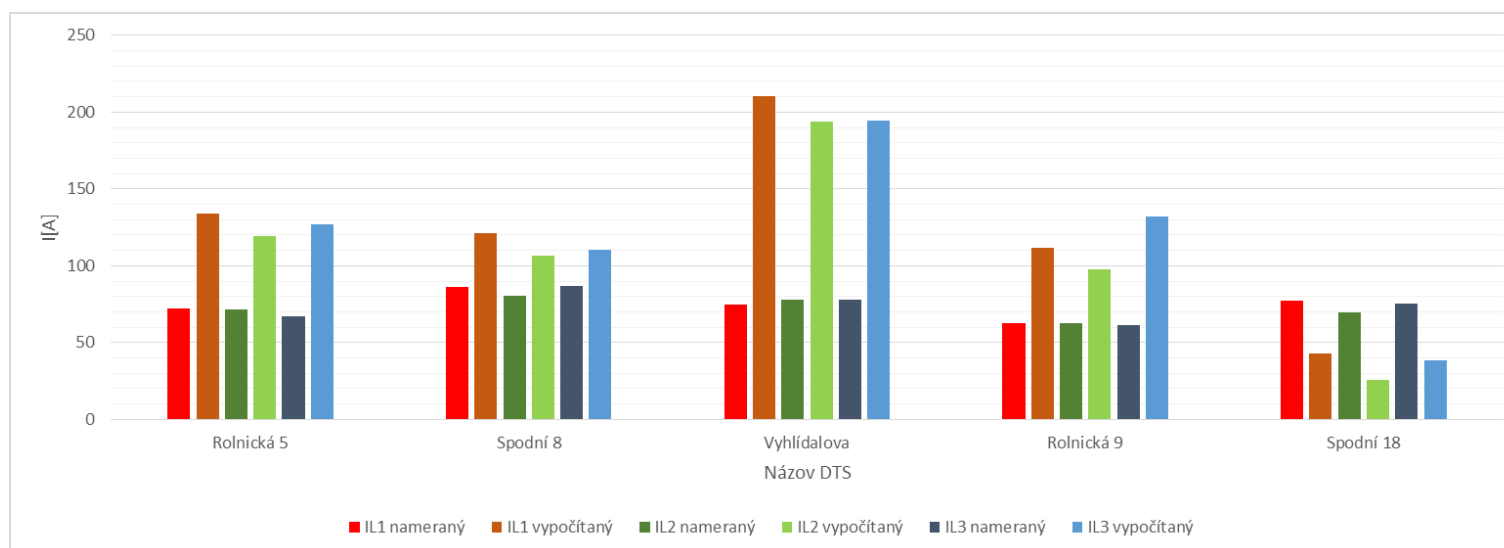
Obr. C. 2: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre stav pri vypnutom TR v DTS Spodní 18



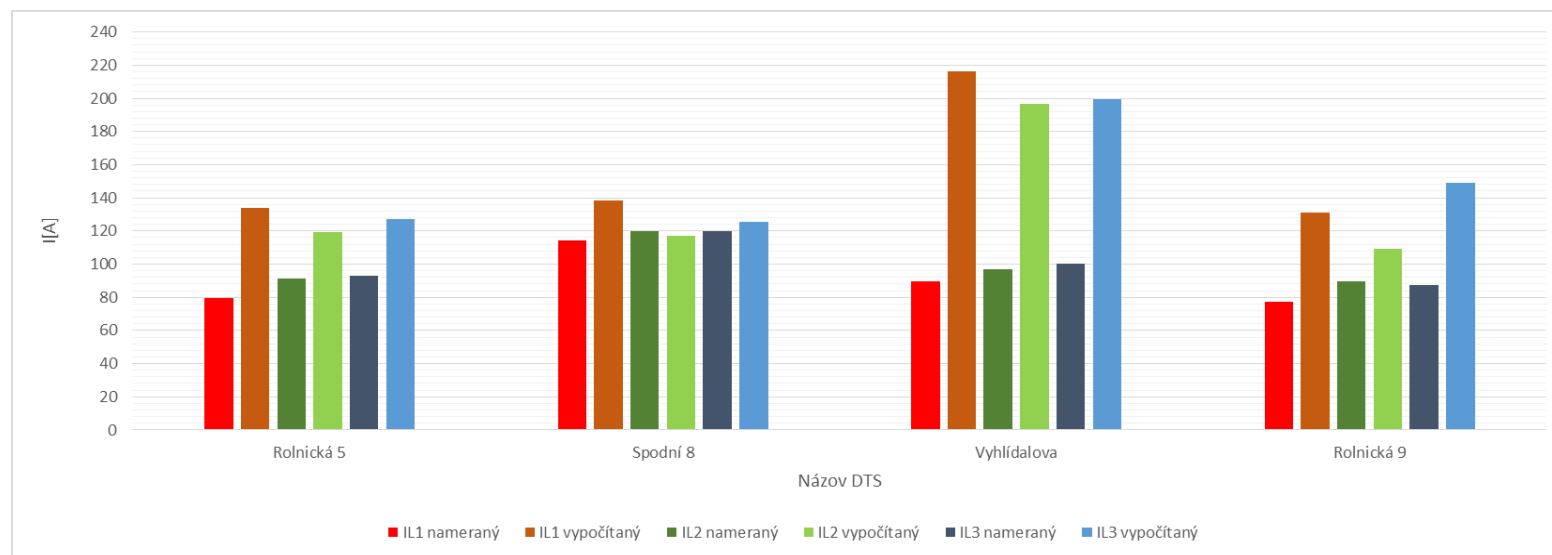
Obr. C. 3: Porovnanie teoretických a reálnych hodnôt zaťaženia pre stav pri vypnutom TR v DTS Rolnická 5



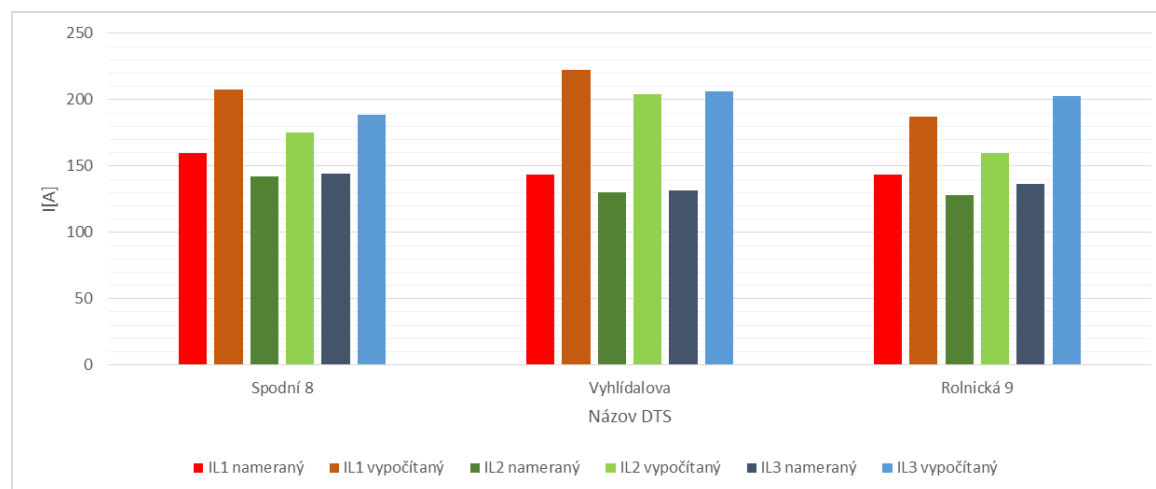
Obr. C. 4: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu v prevádzkovom stave



Obr. C. 5: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu pri vypnutom TR v DTS Spodní 2



Obr. C. 6: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu pri vypnutom TR v DTS Spodní 18



Obr. C. 7: Porovnanie priemerných hodnôt fázového prúdu pri vypnutom TR v DTS Rolnická 5