

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

**ANALÝZA TOKŮ JALOVÉHO VÝKONU V
DISTRIBUČNÍ SOUSTAVĚ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

BC. MICHAL KRÁTKÝ

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Michal Krátký
Ročník: 2

ID: 125501
Akademický rok: 2013/14

NÁZEV TÉMATU:

Analýza toků jalového výkonu v distribuční soustavě

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Definujte parametry: jalový výkon a účinník, popište jejich fyzikální význam a potřebu v distribuční síti.
2. Teoreticky popište problematiku kompenzace/dekompenzace jalového výkonu a problematiku dodržení účinníku.
3. Popište legislativní rámec problematiky dodávky/odběru jalového výkonu a dodržení účinníku v distribuční soustavě z pohledu konečných zákazníků.
4. Proveďte analýzu toků jalového výkonu ve vybraných uzlech sítě E.ON Distribuce, a.s. na transformaci 400/110 kV (220/110 kV), 110/22 kV, 22/0,4 kV a u vybraných odběratelů, určete příčiny zjištěných skutečností.
5. Navrhněte obecná opatření pro minimalizaci toků jalového výkonu v distribuční soustavě a proveďte jejich technicko-ekonomické zhodnocení, pro vybranou část sítě pak navrhněte konkrétní optimální opatření.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 23.5.2014

Vedoucí práce: Ing. David Topolánek, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:



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

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným 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:

KRÁTKÝ, M. *Analýza toků jalového výkonu v distribuční soustavě* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 120s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Topolánek, Ph.D..

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

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

Analýza toků jalového výkonu v distribuční soustavě

Bc. Michal Krátký

Vedoucí: Ing. David Topolánek, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2014

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Load flow analyses of reactive power in distribution system

by

Bc. Michal Krátký

Supervisor: Ing. David Topolánek, Ph.D.

Brno University of Technology, 2014

Brno

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na problematiku přenosu jalového výkonu distribuční sítě oblasti E.ON. Cílem je zjistit, kde a v jaké míře dochází k přetokům jalového výkonu a navrhnout nápravná opatření k minimalizaci tohoto přetoku. V řešení byla použita záznamová data dispečerského měření, která byla zpracována pomocí vytvořeného zdrojového kódu v programu Matlab. Zpracování bylo dále analyzováno pro vyhodnocení konkrétních závěrů. Byly zjištěny nedostatky z hlediska přetoku jalového výkonu v místech předání mezi distribuční a přenosovou sítí. Dále nevhodně nastavený kapacitní účinník v elektrárně Planá a špatná automatika regulace odboček v rozvodně 440/110kV Dasný. Na základě zjištěných údajů byla navržena opatření k minimalizaci přetoků jalového výkonu pomocí dekompenzačních tlumivek umístěných na transformátorech T101 a T102 rozvodny Tábor.

KLÍČOVÁ SLOVA: jalový výkon; činný výkon; kompenzace; účinník; transformátor; vedení; rozvodna; distribuční síť; přenosová síť.

ABSTRACT

This thesis is focused on issues with transmission of reactive power through the distribution line of E.ON area. The goal is to find out where and in what rate are overflows of reactive power and to project the correctional steps to minimize this overflow. In this solution, there were used data of dispatcher measurement, which were processed by created source code in Matlab. The processing was analyzed for final conclusion. There were discovered shortages in overflow of reactive power in transfer between distribution and transmission line and in unsuitably regulated capacity power factor in Planá power plant and wrong automatic regulation of turns in 440/110kV substation Dasný. The action to minimize overflows of reactive power was projected by decompensation reactor placed in T101 and T102 transformers in substation Tábor.

KEY WORDS: reactive power; active power; compensation; power factor; transformer; line; substation; distribution line; transmission line.

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM GRAFŮ	11
SEZNAM TABULEK	14
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	16
1 ÚVOD	18
2 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA	19
2.1 PŘENOSOVÁ SOUSTAVA 400kV A 220kV	20
2.2 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA	20
2.2.1 DISTRIBUČNÍ SÍŤ VVN 110kV	20
2.2.2 DISTRIBUČNÍ SÍŤ VN.....	21
2.2.3 DISTRIBUČNÍ SÍŤ NN.....	21
3 ZÁKLADY KOMPENZACE	22
3.1 ELEKTRICKÝ VÝKON	22
3.1.1 ČINNÝ VÝKON.....	22
3.1.2 JALOVÝ VÝKON.....	23
3.1.3 ÚČINÍK	23
4 KOMPENZACE JALOVÉHO VÝKONU	24
4.1 ZDROJE A SPOTŘEBIČE JALOVÉHO VÝKONU	24
4.1.1 VENKOVNÍ A KABELOVÉ VEDENÍ	24
4.1.2 TRANSFORMÁTORY	28
4.1.3 ZATÍŽENÍ.....	30
4.2 PRINCIP KOMPENZACE	30
4.2.1 PARALELNÍ KOMPENZACE.....	31
4.3 DRUHY KOMPENZACE	33
4.4 DIAGRAM ZATÍŽENÍ S JALOVÝM VÝKONEM	33
4.4.1 ODBĚR INDUKTIVNÍHO CHARAKTERU.....	33
4.4.2 ODBĚR KAPACITNÍHO CHARAKTERU	35
5 SOUHRN SOUČASNÉ LEGISLATIVY PROVOZU DS	36
5.1 MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE	36
5.1.1 MĚŘENÍ ELEKTŘINY	36
5.1.2 ÚDAJE Z MĚŘENÍ.....	36
5.1.3 TOKY ELEKTRICKÉ ENERGIE	38
5.1.4 PODMÍNKY MĚŘENÍ ELEKTŘINY	38
5.1.5 PŘEDÁVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ ELEKTŘINY A JEJICH UCHOVÁVÁNÍ	39
5.2 PRAVIDLA PROVOZU DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV (PPDS)	40
5.2.1 ŘÍZENÍ JALOVÉHO VÝKONU V ZÁVISLOSTI NA PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH	40

6 ANALÝZA TOKŮ ČINNÉHO A JALOVÉHO VÝKONU	41
6.1 ROZVODNA 400/110kV	43
6.1.1 DASNÝ T402, T403 A KOČÍN T401, T402.....	44
6.1.2 ČEBÍN CNT T401, T402.....	47
6.1.3 ZHODNOCENÍ	49
6.2 UZLOVÁ OBLAST 220/110kV TÁBOR	50
6.2.1 LETNÍ ZATÍŽENÍ (STAV S1).....	53
6.2.2 ZIMNÍ ZATÍŽENÍ (STAV S2).....	57
6.2.3 ZATÍŽENÍ S MAXIMÁLNÍM PŘETOKEM JALOVÉHO VÝKONU DO PS (STAV S3)	61
6.2.4 ZHODNOCENÍ	65
6.3 ROZVODNA 110/22kV VĚTRNÍ T102.....	66
6.3.1 LETNÍ ZATÍŽENÍ.....	68
6.3.2 ZIMNÍ ZATÍŽENÍ.....	70
6.3.3 ZHODNOCENÍ	72
6.4 TRAFOSTANICE 22/0,4kV	73
6.4.1 ZHODNOCENÍ	75
7 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU DISTRIBUČNÍ SÍTĚ OBLASTI TÁBOR	76
7.1 STÁVAJÍCÍ STAV	76
7.2 VARIANTA A	77
7.3 VARIANTA B	78
7.4 VARIANTA C	79
7.5 ZHODNOCENÍ.....	80
8 HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC	81
8.1 METODA ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY NPV.....	82
8.1.1 DISKONT	82
8.1.2 STÁLÉ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	82
8.2 FINANČNÍ TOKY JEDNOTLIVÝCH VARIANT.....	83
8.2.1 VARIANTA A	83
8.2.2 VARIANTA B	84
8.3 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	84
8.4 KALKULACE CENY ODBĚRATELE VN	85
9 ZÁVĚR.....	87
POUŽITÁ LITERATURA	89
SEZNAM PŘÍLOH.....	90

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2.1: Uspořádání elektrizační soustavy, převzato z [5].</i>	19
<i>Obr. 2.2: Rozdělení distribučních sítí v ČR dle poskytovatele, převzato z [6].</i>	20
<i>Obr. 3.1: Trojúhelník výkonů.</i>	22
<i>Obr. 3.2: Fázorový diagram ideální kapacity a indukčnosti.</i>	23
<i>Obr. 4.1: Zatížené vedení s paralelní kompenzací, převzato z [1].</i>	31
<i>Obr. 4.2: Fázorový diagram pro zatížené vedení s paralelní kompenzací, převzato z [1].</i>	31
<i>Obr. 4.3: Odběr zákazníka induktivního charakteru, převzato z [5].</i>	34
<i>Obr. 4.4: Odběr zákazníka induktivního charakteru s nefunkční kompenzací, převzato z [5].</i>	34
<i>Obr. 4.5: Odběr zákazníka kapacitního charakteru, převzato z [5].</i>	35
<i>Obr. 6.1: Standardní zapojení sítě 110kV oblasti Tábor T201.</i>	51
<i>Obr. 6.2: Schéma sítě 22kV oblasti R Větrní T102.</i>	66

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 4.1: Jalový výkon generovaný jedním kilometrem venkovního a kabelového vedení 110kV v závislosti na přenášeném výkonu.....</i>	<i>26</i>
<i>Graf 4.2: Jalový výkon generovaný jedním kilometrem venkovního a kabelového vedení 22kV v závislosti na přenášeném výkonu.....</i>	<i>27</i>
<i>Graf 4.3: Jalový výkon generovaný jedním kilometrem venkovního a kabelového vedení 0,4kV v závislosti na přenášeném výkonu.....</i>	<i>27</i>
<i>Graf 4.4: Jalový výkon transformátoru 110/22kV v závislosti na přenášeném výkonu.</i>	<i>29</i>
<i>Graf 4.5: Jalový výkon transformátoru 22/0,4kV v závislosti na přenášeném výkonu.</i>	<i>30</i>
<i>Graf 6.1: Roční průběh jalového výkonu transformátorů 400/110kV v rozvodně Dasný a Kočín.44</i>	
<i>Graf 6.2: Průběh činného výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 17. 6. - 23. 6. 2012.....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 6.3: Průběh jalového výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 17. 6. - 23. 6. 2012.....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 6.4: Průběh činného výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 8. 1. - 14. 1. 2012.....</i>	<i>46</i>
<i>Graf 6.5: Průběh jalového výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 8. 1. - 14. 1. 2012.....</i>	<i>46</i>
<i>Graf 6.6: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T401 – ranní a víkendový přetok Q. 47</i>	
<i>Graf 6.7: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T401 – převážně trvalý přetok Q.</i>	<i>47</i>
<i>Graf 6.8: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T402 – ranní a víkendový přetok Q. 48</i>	
<i>Graf 6.9: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T401 – trvalý přetok Q.....</i>	<i>48</i>
<i>Graf 6.10: Odchylna činného výkonu T201 Tábor v průběhu roku 2012 bez stanice Pacov.....</i>	<i>51</i>
<i>Graf 6.11: Odchylna činného výkonu T201 Tábor v průběhu roku 2012.</i>	<i>52</i>
<i>Graf 6.12: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T201 Tábor- letní období.</i>	<i>53</i>
<i>Graf 6.13: Průběh činného výkonu odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV – letní zatížení.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf 6.14: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV s nepřetržitým induktivním odběrem – letní zatížení.....</i>	<i>54</i>
<i>Graf 6.15: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV s kolísavým induktivně-kapacitním odběrem – letní zatížení.</i>	<i>55</i>
<i>Graf 6.16: Průběh jalového výkonu T201 Tábor a sumy odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV – letní zatížení.</i>	<i>55</i>
<i>Graf 6.17: Odebíraný činný výkon transformátoru T201 a charakter sítě 110kV – letní zatížení. 56</i>	

<i>Graf 6.18: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T201 Tábor- zimní období.....</i>	<i>57</i>
<i>Graf 6.19: Průběh činného výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV – zimní zatížení.</i>	<i>57</i>
<i>Graf 6.20: Průběh jalového výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV s nepřetržitým induktivním odběrem – zimní období.</i>	<i>58</i>
<i>Graf 6.21: Průběh jalového výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV s kolísavým induktivně-kapacitním odběrem – zimní období.</i>	<i>59</i>
<i>Graf 6.22: Průběh jalového výkonu T201 a sumy odběratele 110kV a transformátorů 110/22kV – zimní zatížení.</i>	<i>59</i>
<i>Graf 6.23: Odebíraný činný výkon transformátoru T201 a charakter sítě 110kV – zimní zatížení.</i>	<i>60</i>
<i>Graf 6.24: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T201 Tábor- maximální přetok Q do PS.</i>	<i>61</i>
<i>Graf 6.25: Průběh činného výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV – maximální přetok Q do PS.</i>	<i>61</i>
<i>Graf 6.26: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelé 110kV a transformátory 110/22kV – maximální přetok Q do PS.....</i>	<i>62</i>
<i>Graf 6.27: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelé 110kV a transformátory 110/22kV s kolísavým induktivně-kapacitním odběrem - maximální přetok Q do PS.</i>	<i>63</i>
<i>Graf 6.28: Průběh jalového výkonu T201 a sumy odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV – maximální přetok Q do PS.....</i>	<i>63</i>
<i>Graf 6.29: Odebíraný činný výkon transformátoru T201 a charakter sítě 110kV - maximální přetok Q do PS.</i>	<i>64</i>
<i>Graf 6.30: Odchylka činného výkonu T102 Větrní v průběhu roku 2013.</i>	<i>67</i>
<i>Graf 6.31: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T102 Větrní- letní období.</i>	<i>68</i>
<i>Graf 6.32: Průběh jalového výkonu linek 22kV z T102 Větrní - letní zatížení.</i>	<i>69</i>
<i>Graf 6.33: Průběh činného výkonu linek 22kV z T102 Větrní - letní zatížení.</i>	<i>69</i>
<i>Graf 6.34: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T102 Větrní- zimní období.</i>	<i>70</i>
<i>Graf 6.35: Průběh jalového výkonu linek 22kV z T102 Větrní - zimní zatížení.</i>	<i>71</i>
<i>Graf 6.36: Průběh činného výkonu linek 22kV z T102 Větrní - zimní zatížení.</i>	<i>71</i>
<i>Graf 6.37: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN - TS ČSAD Vimperk.</i>	<i>74</i>
<i>Graf 6.38: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS ČSAD Vimperk.</i>	<i>74</i>
<i>Graf 0.1: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN - TS Ladova.....</i>	<i>91</i>
<i>Graf 0.2: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Ladova.....</i>	<i>91</i>

<i>Graf 0.3: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Čejetice.....</i>	<i>92</i>
<i>Graf 0.4: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Čejetice.</i>	<i>92</i>
<i>Graf 0.5: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Pacov.....</i>	<i>93</i>
<i>Graf 0.6: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Pacov.....</i>	<i>93</i>
<i>Graf 0.7: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Celnice.....</i>	<i>94</i>
<i>Graf 0.8: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Celnice.</i>	<i>94</i>
<i>Graf 0.9: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS České Velenice Žižkov.</i>	<i>95</i>
<i>Graf 0.10: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS České Velenice Žižkov.....</i>	<i>95</i>
<i>Graf 0.11: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Nová Pec Nádraží.....</i>	<i>96</i>
<i>Graf 0.12: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Nová Pec Nádraží.</i>	<i>96</i>
<i>Graf 0.13: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Nový Dražejov.</i>	<i>97</i>
<i>Graf 0.14: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Nový Dražejov.....</i>	<i>97</i>
<i>Graf 0.15: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Pivovarská Žirovnice.....</i>	<i>98</i>
<i>Graf 0.16: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Pivovarská Žirovnice.</i>	<i>98</i>
<i>Graf 0.17: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Počátky Tyršova.</i>	<i>99</i>
<i>Graf 0.18: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Pivovarská Žirovnice.</i>	<i>99</i>
<i>Graf 0.19: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Podolí.</i>	<i>100</i>
<i>Graf 0.20: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Podolí.....</i>	<i>100</i>
<i>Graf 0.21: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Seník.</i>	<i>101</i>
<i>Graf 0.22: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Seník.....</i>	<i>101</i>
<i>Graf 0.23: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Stogrova Huť.</i>	<i>102</i>
<i>Graf 0.24: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Stogrova Huť.....</i>	<i>102</i>
<i>Graf 0.25: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Strunkovice Protivecká.....</i>	<i>103</i>
<i>Graf 0.26: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Strunkovice Protivecká.</i>	<i>103</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2.1: Délky tras vedení VVN provozovaných v ČR k 31. 12. 2010, převzato z [6].....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2.2: Délky tras vedení VN provozovaných v ČR k 31. 12. 2010, převzato z [6].....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2.3: Délky tras vedení NN provozovaných v ČR k 31. 12. 2010, převzato z [6].....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 4.1: Základní parametry venkovních a kabelových vedení používaných v DS.</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 4.2: Štítkové hodnoty transformátorů používaných v DS.....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4.3: Hodnota $\text{tg}\varphi$ udávající jalový výkon na 1kW činného výkonu, modifikováno z [7].....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 6.1: Pravidla určující změřenou veličinu.....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 6.2: Charakter sítě 22kV.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 6.3: Maximální zatížení transformátorů 110/22kV oblasti Tábor v roce 2012.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 6.4: Shrnutí reprezentativních zatížení uzlové oblasti Tábor.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 6.5: Charakter sítě 22kV a jejich instalované výkonu zdrojů.....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 6.6: Shrnutí reprezentativních zatížení linek 22kV T102 R Větrní.....</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 6.7: Analýza 14 trafostanic z hlediska přetoků jalového výkonu do sítě VN.....</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 7.1: Ustálený chod sítě 110kV Tábor.....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 7.2: Dekompenzační tlumivky – Varianta A.....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 7.3: Stav sítě po kompenzaci – Varianta A.....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 7.4: Dekompenzační tlumivky – Varianta B.....</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 7.5: Stav sítě po kompenzaci – Varianta B.....</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 7.6: Instalované zdroje v oblasti Tábor.....</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 7.7: Ztráty činného výkonu v jednotlivých variantách kompenzace oblasti Tábor.....</i>	<i>80</i>
<i>Tab. 8.1: Finanční ztráty za nevyžádanou dodávku jalové energie do PS přes Tábor T201 (2012).</i>	<i>81</i>
<i>Tab. 8.2: Společné vstupní hodnoty k určení finančního toku pro obě varianty.....</i>	<i>83</i>
<i>Tab. 8.3: Investiční náklady – Varianta A.....</i>	<i>83</i>
<i>Tab. 8.4: Náklady na údržbu – Varianta A.....</i>	<i>83</i>
<i>Tab. 8.5: Investiční náklady – Varianta B.....</i>	<i>84</i>
<i>Tab. 8.6: Náklady na údržbu – Varianta B.....</i>	<i>84</i>
<i>Tab. 8.7: Ekonomické zhodnocení možných variant umístění dekompenzačních tlumivek.....</i>	<i>84</i>
<i>Tab. 8.8: Měsíční naměřené hodnoty NN odběratele.....</i>	<i>85</i>
<i>Tab. 8.9: Kalkulace ceny za měsíc pro NN odběratele.....</i>	<i>86</i>

<i>Tab. 0.1: Jalové ztráty transformátoru naprázdno dle jeho výkonu, převzato z [2].</i>	<i>104</i>
<i>Tab. 0.2: Cenová přírážka v procentech při nedodržení účinníku, převzato z [2].</i>	<i>105</i>
<i>Tab. 0.3: Pevná cena silové elektřiny v Kč/MWh pro vyhodnocení cenové přírážky za nedodržení smluvené hodnoty účinníku, převzato z [2].</i>	<i>105</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Veličina	Jednotka	Význam
C	[F]	Kapacita kondenzátoru
CF_t	[Kč]	Generovaný peněžní tok (cashflow)
$\cos \varphi_0$	[-]	Účinník naprázdno
$\cos \varphi$	[-]	Účinník
f	[Hz]	Frekvence
I	[A]	Proud
I_0	[A]	Proud naprázdno
$i_{0\%}$	[%]	Poměrná hodnota proudu naprázdno
I_C	[A]	Proud kompenzační baterií
$I_{\check{C}}$	[A]	Činná složka proudu
I_J	[A]	Jalová složka proudu
I_K	[A]	Proud po kompenzaci
I_N	[A]	Jmenovitý proud
k	[-]	Koeficient kompenzace
NPV	[Kč]	Čistá současná hodnota
P	[W]	Činný výkon
Q	[VAr]	Jalový výkon
Q_0	[VAr]	Jalový výkon transformátoru naprázdno
Q_C	[VAr]	Kompenzační výkon baterie
Q_k	[VAr]	Jalový výkon transformátoru nakrátko
Q_T	[VAr]	Jalový výkon transformátoru
r	[%]	Diskonotvá míra
R	[Ω]	Odpor
R_K	[Ω]	Podélný příčný odpor
S	[VA]	Zdánlivý výkon
S_N	[VA]	Jmenovitý zdánlivý výkon
t	[-]	Doba životnosti
U_C	[U]	Napětí na kompenzační baterii
$u_{k\%}$	[%]	Poměrná hodnota proudu naprázdno

U_L	[U]	Fázové napětí
X	[Ω]	Reaktance
X_C	[Ω]	Reaktance kompenzační baterie
X_μ	[Ω]	Příčná reaktance
X_σ	[Ω]	Podélná reaktance
Z_N	[Ω]	Jmenovitá impedance
ΔP	[W]	Činné ztráty
ΔP_0	[W]	Činný výkon naprázdno
ΔP_k	[W]	Činný výkon nakrátko
ΔU	[U]	Úbytek napětí
ΔU_K	[U]	Úbytek napětí po kompenzaci
φ	[$^\circ$]	Fázový posun mezi napětím a proudem
φ_K	[$^\circ$]	Fázový posun mezi napětím
ω	[Hz]	Úhlová frekvence

Zkratka**Význam**

ČR	Česká republika
DDZ	Denní diagram zatížení
DS	Distribuční soustava
NN	Nízké napětí
PDS	Provozovatel distribuční soustavy
PPDS	Pravidla provozování distribuční sítě
PPS	Provozovatel přenosové soustavy
PS	Přenosová soustava
T	Transformátor
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
WAAC	Cena vlastního a dlouhodobého cizího kapitálu
ZVN	Zvláště vysoké napětí

1 ÚVOD

Kompenzace jalového výkonu se dostala do popředí z důvodu efektivnosti přenosu elektrické energie, snížením činných ztrát a odlehčení vedení a transformátorů. U nás se kompenzace jalového výkonu začala řešit přibližně v 70. letech dvacátého století, kdy se za opory legislativy začal účtovat odběr jalového výkonu. Elektrická síť přenáší kromě činné i jalovou složku proudu, kterou potřebuje většina spotřebičů pro správnou funkci. Kompenzace spočívá v dodání jalového výkonu v místě potřeby, a tím se vedení odlehčí právě o tuto velikost.

Každému odběrateli ze sítě vysokého napětí je zákonem 458/2000 Sb. a souvisejícími vyhláškami uložena povinnost odebírat elektrickou energii s účinníkem v pásmu 0,95 – 1,00 induktivní, pokud není dohodnuto jinak. Odběr energie mimo tyto meze je penalizován, a to přírážkou za nedodržení účinníku a nevyžádanou dodávkou jalové energie do distribuční sítě.

Tato diplomová práce popisuje problematiku jalového výkonu a účinníku v distribuční soustavě. Zadavatelem této práce, je společnost E.ON. Budou analyzovány záznamy dispečerského měření z transformátorů 440/110kV, 220/110kV, 110/22kV a 22/0,4kV. Tyto záznamy budou vyhodnoceny z hlediska přetoku jalového výkonu v místech, kde dochází k předání mezi odběratelem a distribuční sítí, a mezi distribuční a přenosovou sítí. Na základě těchto zjištěných skutečností budou navržena opatření, která povedou ke snížení přetoku jalového výkonu ve vybraných místech.

2 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA

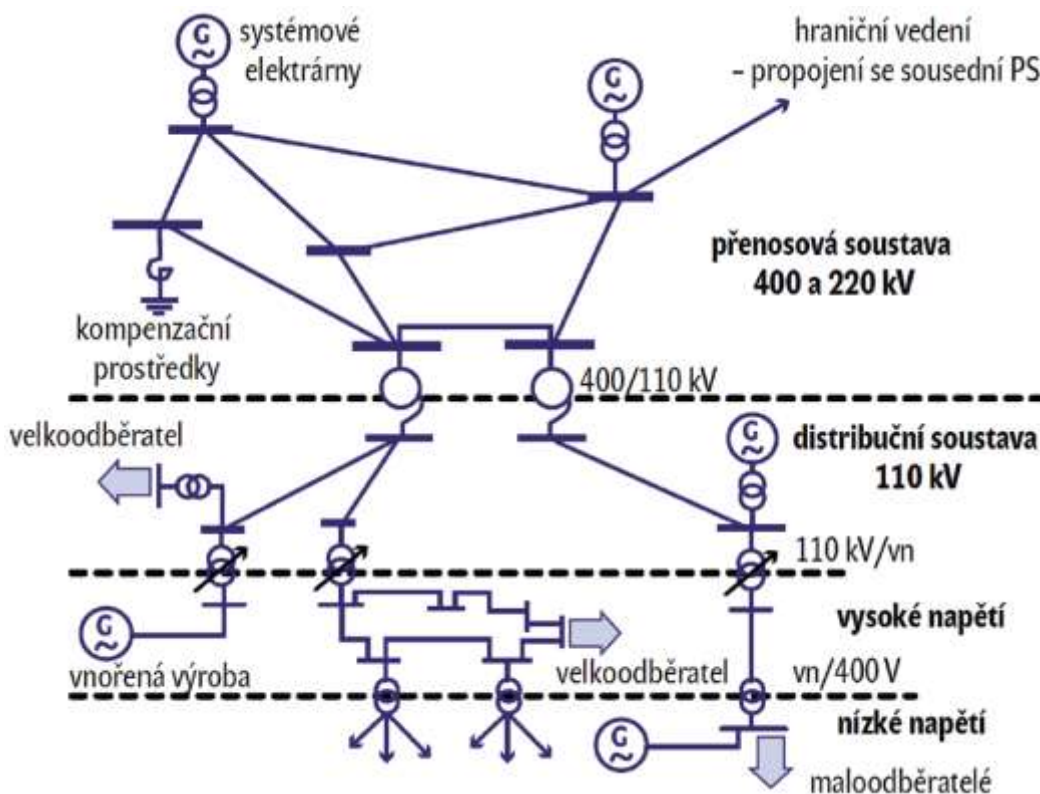
Elektrizáční soustava (ES) se skládá ze zdrojů, sítě a spotřebičů dle obrázku (Obr. 2.1). ES je rozdělena do jednotlivých napěťových hladin. Přenosová soustava s napětím 400kV a 220kV, je připojena na distribuční soustavu s napětím 110kV případně i na soustavu s nižším napětím.

Přenosová soustava (nazývaná také nadřazená) je charakterizována:

- Vedením o napětí 400 a 220kV (včetně vybraných vedení 110kV);
- Vyvedením velkých výkonů ze systémových elektráren;
- Transformační vazbou na napětí 110kV;
- Spojením soustav sousedních států hraničním vedením.

Distribuční soustava je charakterizována:

- Napěťovými úrovněmi od 110kV po sítě nízkého napětí;
- Sítěmi, které jsou tvořeny jako radiální, okružní nebo mřížové;
- Zásobuje velkoodběratele z vyšších napěťových hladin a maloodběratele z nižších napěťových hladin (400/230V);
- Připojeny jsou do ní zdroje nižšího výkonu do desítek MW (fotovoltaické elektrárny, malé vodní elektrárny, atd.) [6].



Obr. 2.1: Uspořádání elektrizační soustavy, převzato z [5].

2.1 Přenosová soustava 400kV a 220kV

Sítě 400kV a 220kV mají charakter přenosových vedení. ES ČR tvoří přenosovou soustavu a také slouží ke spolupráci s elektrizační soustavou sousedních států. Délky jednotlivých vedení mohou dosahovat až 100 km a přenáší výkon ve stovkách MW. Přenosová soustava je řešena jako okružní rozvod, do které pracují všechny zdroje velkých výkonů [6].

2.2 Distribuční soustava

Tvoří základní pilíř DS. Sítě zajišťují přenos elektřiny z uzlových transformátorů ZVN/VVN a vvn/vvn do transformátorů 110kV/VN. Do DS jsou připojeny elektrárny o výkonu desítek MW. Provozují se jako okružní sítě a jsou chráněny systémem distančních ochran. Tyto sítě jsou spolu s vedením zvn a vvn přenosové soustavy velmi spolehlivé, vyznačující se nízkou četností poruch a díky způsobu provozu a zálohování dochází jen velmi málo k přerušení dodávky elektřiny odběratelům. Vedení jsou dvojitá, avšak v ČR jsou i vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná.



Obr. 2.2: Rozdělení distribučních sítí v ČR dle poskytovatele, převzato z [6].

2.2.1 Distribuční síť VVN 110kV

Slouží k přenosu velkých výkonů z místa propojení s přenosovou soustavou do místa s velkou koncentrací odběru. Délka vedení může činit několik desítek kilometrů. Vedení musí být spolehlivé, s čímž souvisí velké pořizovací a provozní náklady. Tato vedení jsou převážně dvojitá a tvoří je holá ocelohliníková AlFe lana provozovaná v okružním rozvodu.

Tab. 2.1: Délky tras vedení VVN provozovaných v ČR k 31. 12. 2010, převzato z [6]

Vlastník	Venkovní vedení [km]	Kabelové vedení [km]	Celkem [km]
PPS	45	0	45
PDS	12 245	13	12 258
Ostatní	439	119	558
Celkem	12 279	132	12 861

2.2.2 Distribuční síť VN

Jsou tvořeny kabelovými a venkovními vedení provozovány na napěťové hladině 22kV, resp. 35kV. Doposud máme vedení provozované na již nepoužívané napětí 3, 6 a 10kV. Tyto sítě jsou postupně nahrazovány napěťovou hladinou 22kV, resp. 35kV. Síť je v největší míře provozována paprskově, případně formou průběžného rozvodu. V městských sítích se řeší dvou-paprskově nebo okružním rozvodem.

Tab. 2.2: Délky tras vedení VN provozovaných v ČR k 31. 12. 2010, převzato z [6].

Vlastník	Venkovní vedení [km]	Kabelové vedení [km]	Celkem [km]
PDS	58 734	12 979	71 713
Ostatní	1 154	6 536	7690
Celkem	59 888	19 515	79 403

2.2.3 Distribuční síť NN

Síť je provozována paprskovým nebo průběžným rozvodem. V městských, hustě obydlených oblastech jsou sítě provozovány jako okružní nebo mřížové.

Tab. 2.3: Délky tras vedení NN provozovaných v ČR k 31. 12. 2010, převzato z [6].

Vlastník	Venkovní vedení [km]	Kabelové vedení [km]	Celkem [km]
PDS	65 764	71 706	137 470
Ostatní	774	23 142	23 916
Celkem	66 538	98 848	161 386

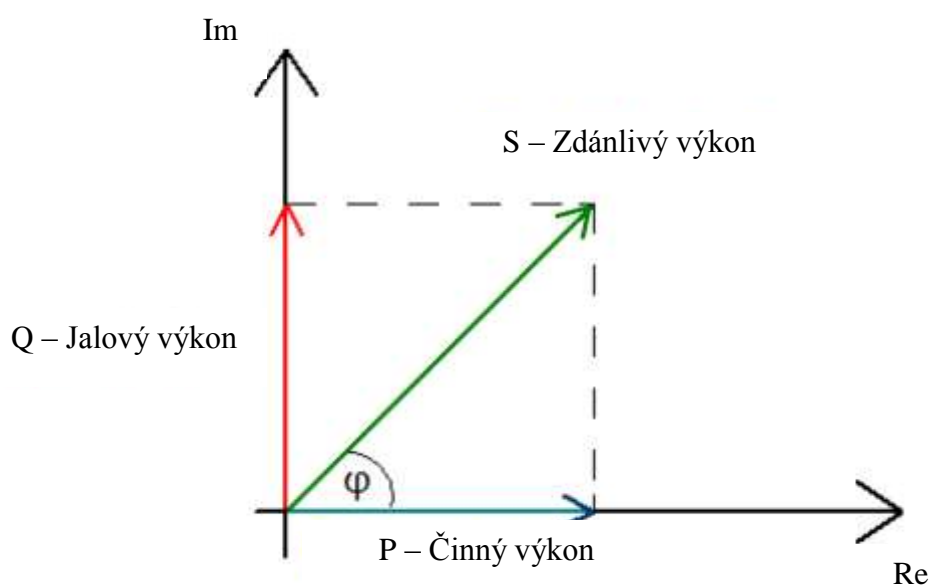
3 ZÁKLADY KOMPENZACE

K pochopení vlastností kompenzace a k pochopení důvodu proč kompenzaci děláme, je třeba nejprve vysvětlit pojmy, jako například činný a jalový výkon. Dále vysvětlíme jaký vliv má jalová složka výkonu na vedení a jak je tato problematika ošetřena z hlediska legislativy České republiky.

3.1 Elektrický výkon

Elektrický výkon je definován jako součin napětí a proudu.

$$S = U \cdot I \text{ (VA; V; A)} \quad (3.1)$$



Obr. 3.1: Trojúhelník výkonů, převzato z [13].

Pokud je proud a napětí ve fázi, tj. $\varphi = 0^\circ$, pak je zdánlivý výkon roven činnému výkonu P . Situace, kde je napětí fázově posunuto oproti proudu, tj. $\varphi > 0^\circ$, nazýváme výkon zdánlivý označený jako S , který se skládá z činného výkonu P a jalového výkonu Q . Vztah mezi nimi je popsán rovnicí (3.2), nebo graficky znázorněn na Obr. 3.1.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (VA; W; VA}r\text{)} \quad (3.2)$$

3.1.1 Činný výkon

Jedná se o výkon, který koná užitečnou práci, tedy mění se ve spotřebiči na jiný druh energie. U žárovek se mění na světlo, u přímotopů na teplo a u elektrických motorů vytváří moment na hřídeli. U činného výkonu je napětí a proud ve fázi a je dán vzorcem:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = U \cdot I_\zeta \text{ (W; V; A)} \quad (3.3)$$

3.1.2 Jalový výkon

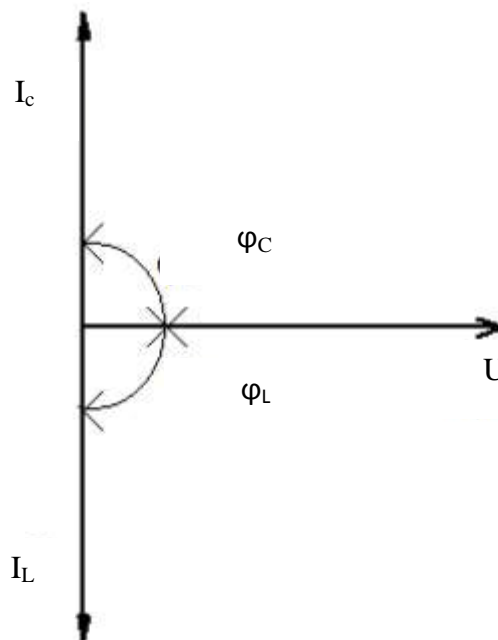
Jedná se o výkon, který nekoná užitečnou práci. Střední hodnota výkonu se rovná nule a slouží k vytváření elektromagnetických polí. Bez jalového výkonu by nebylo možné provozovat zařízení, která potřebují pro svou práci vytvořit magnetické pole, jako jsou například transformátory, synchronní a asynchronní motory, indukční pece, žárovky atd. Zdrojem jalového výkonu jsou cívky nebo kondenzátory. U jalového výkonu je proud fázově posunut oproti napětí. Je-li zátěž čistě induktivního charakteru, napětí předbíhá proud o 90° , pokud je zátěž čistě kapacitní, napětí je zpožděné za proudem o 90° . Jalový výkon je dodáván od zdroje spolu s činným výkonem, ale na rozdíl od činného výkonu není ve spotřebiči spotřebováván, a to vede ke kmitání jalového výkonu mezi zdrojem a spotřebičem, což má za následek zatěžování vedení a následné ztráty.

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = U \cdot I_j \text{ (VAR; V; A)} \quad (3.4)$$

3.1.3 Účinník

Jedná se o bezrozměrnou veličinu, která vyjadřuje podíl mezi činným a jalovým výkonem. Vyjadřuje, jak velkou část zdánlivého výkonu S můžeme přeměnit na užitečnou energii. Z (Obr. 3.1) vyplývá, že tento poměr odpovídá funkci $\cos \varphi$. Tak se také účinník označuje. Můžeme jej určit dále z trojúhelníku impedancí, trojúhelníku napětí nebo pomocí proudu a jeho činné složky. Pokud je v obvodu cívka, bude mít induktivní charakter, pokud kondenzátor bude mít kapacitní charakter, jak je naznačeno na (Obr. 3.2).

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \text{ (-; W; VA)} \quad (3.5)$$



Obr. 3.2: Fázorový diagram ideální kapacity a indukčnosti, převzato z [13].

4 KOMPENZACE JALOVÉHO VÝKONU

Návrh kompenzace jalového výkonu v DS je velmi důležitou součástí projektové přípravy nové nebo stávající sítě. Při sjednávání podmínek dodávky elektrické energie pro připojení nového nebo stávajícího odběrného místa, by měly být stanoveny požadavky na kompenzaci jalového výkonu mezi dodavatelem a odběratelem elektrické energie. Tyto sjednané podmínky dodávky elektrické energie a způsob měření odběru mají vliv na návrh kompenzačního zařízení.

Kompenzace jalového výkonu patří k významným opatřením úspory rozvodu elektrické energie. Distributor elektrické energie vyžaduje po odběrateli dodržení induktivního účinníku v rozmezí od 0,95-1,00. Při nižších hodnotách účinníku dochází k většímu odběru jalového výkonu, což má za následek penalizaci odběratele. Může však nastat situace přebytku kapacitního výkonu. V tomto případě musí odběratel zajistit nižší úroveň kompenzace nebo eliminovat kapacitní výkon pomocí dekompenzačních tlumivek. V opačném případě opět dochází k penalizaci odběratele.

4.1 Zdroje a spotřebiče jalového výkonu

Změnu spotřeby či výroby jalového výkonu, je možné uskutečnit několika způsoby.

- a) Synchronní generátory;
- b) Synchronní kompenzátory;
- c) Venkovní vedení;
- d) Kabelové vedení;
- e) Transformátory;
- f) Statické kondenzátory;
- g) Kompenzační tlumivky;
- h) Zatížení.

Samotný provoz distribuční sítě je zdrojem jalového výkonu. V následujících podkapitolách si ukážeme, jaký vliv mají zařízení, jako jsou například distribuční transformátory či venkovní nebo kabelová vedení [7].

4.1.1 Venkovní a kabelové vedení

Venkovní vedení

Zatížíme-li venkovní vedení hodnotou blízkou se hranici dovoleného proudového zatížení, nebo hodnotou výkonu značně většího než jejich přirozený výkon, stávají se venkovní vedení spotřebičem jalového induktivního výkonu, který můžeme přibližně určit jako jalové ztráty v podélné impedanci podle následujícího vzorce:

$$\Delta Q = 3 \cdot X_k \cdot I^2 \quad (\text{VA}; \Omega; \text{A}) \quad (4.1)$$

Při malém zatížení, které je pod hodnotou přirozeného výkonu až k chodu naprázdno začíná převažovat nabíjecí kapacitní výkon vedení, a tím se stává zdrojem jalového výkonu. V následující tabulce jsou pro názornost uvedeny nabíjecí a přirozené výkony venkovních a kabelových vedení používaných v distribuční soustavě.

Nabíjecí výkon určuje, jaký jalový výkon kapacitního charakteru teče do vedení nebo kabelu při stavu naprázdno. Tento výkon si vedení odebírá trvale po připojení k síti. Je dán vztahem:

$$Q_{nab} = 3 \cdot I_C \cdot U_F \text{ (VAr; A; V)} \quad (4.2)$$

$$Q_{nab} = 3 \cdot \omega \cdot C_k \cdot l \cdot U_F^2 \text{ (VAr; Hz; F; m; V)} \quad (4.3)$$

kde C_k je provozní kapacita vedení na kilometr délky [7].

Kabelové vedení

Tato vedení mají provozní kapacitu značně větší než venkovní vedení a relativně malou indukčnost. To je vidět z následujících grafů, které porovnávají generovaný výkon používaných venkovních a kabelových vedení pro jednotlivé napěťové úrovně. Kapacita rozsáhlejších kabelových sítí značně přispívá k celkové výrobě jalového výkonu [7].

Tab. 4.1: Základní parametry venkovních a kabelových vedení používaných v DS.

Napěťová hladina U [kV]	Typ vedení	X_k [$\Omega \cdot \text{km}^{-1}$]	B_k [mS.km ⁻¹]	P_p [MW]	Q_c [kVAr.km ⁻¹]
0,4	70AlFe/venkovní	0,280	1,00	0,302.10 ⁻³	0,16.10 ⁻³
0,4	150NAYY/kabelové	0,079	1,00	0,569.10 ⁻³	0,16.10 ⁻³
22	110AlFe/venkovní	0,368	1,46	0,964	0,707
22	240AXEKCY/kabelové	0,198	94,00	10,546	45,496
110	AlFe 185/venkovní	0,410	2,80	31,621	33,880
110	1xA2XS(FL)2Y 1000/kabelové	0,168	73,00	252,230	883,300

Přirozený výkon

Vycházíme-li z Ferrantiho jevu, kdy na konci nezatíženého vedení budeme postupně navyšovat velikost zátěže, tak v určitém okamžiku (při $R = 0\Omega$) dojde ke stavu, kdy napětí na konci vedení bude stejné jako na začátku. V tomto okamžiku se vedením přenáší tzv. přirozený výkon P_p a na konci vedení je připojena zátěž, která má shodnou velikost impedance s tzv. vlnovou impedancí Z_v .

Přenášíme-li po vedení právě přirozený výkon, tak pro síť nastává nejpříznivější stav, jelikož při tomto přenosu dochází k minimálním ztrátám na vedení, které jsou způsobeny pouze činným odporem. Energie magnetického a elektrického pole se vzájemně vyruší, jelikož pole působí proti sobě. Tedy budeme-li mít ideální vedení ($R = 0\Omega$), bude napětí na začátku vedení shodné s napětím na konci vedení.

To lze pozorovat na grafech uvedených níže. Vedení se jeví jako zcela kompenzované v momentě, kdy je na vedení připojena zátěž o velikosti přirozeného výkonu.

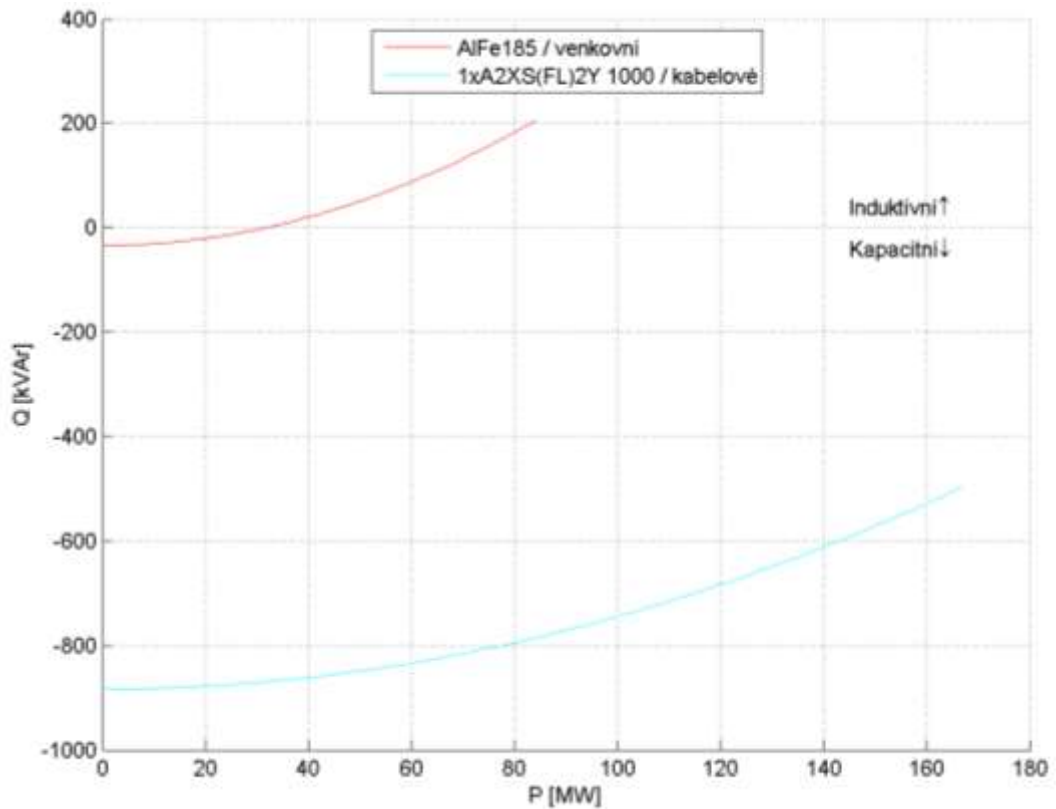
Přirozený výkon:

$$P_P = \frac{U_S^2}{Z_V} (W; V; \Omega) \quad (4.4)$$

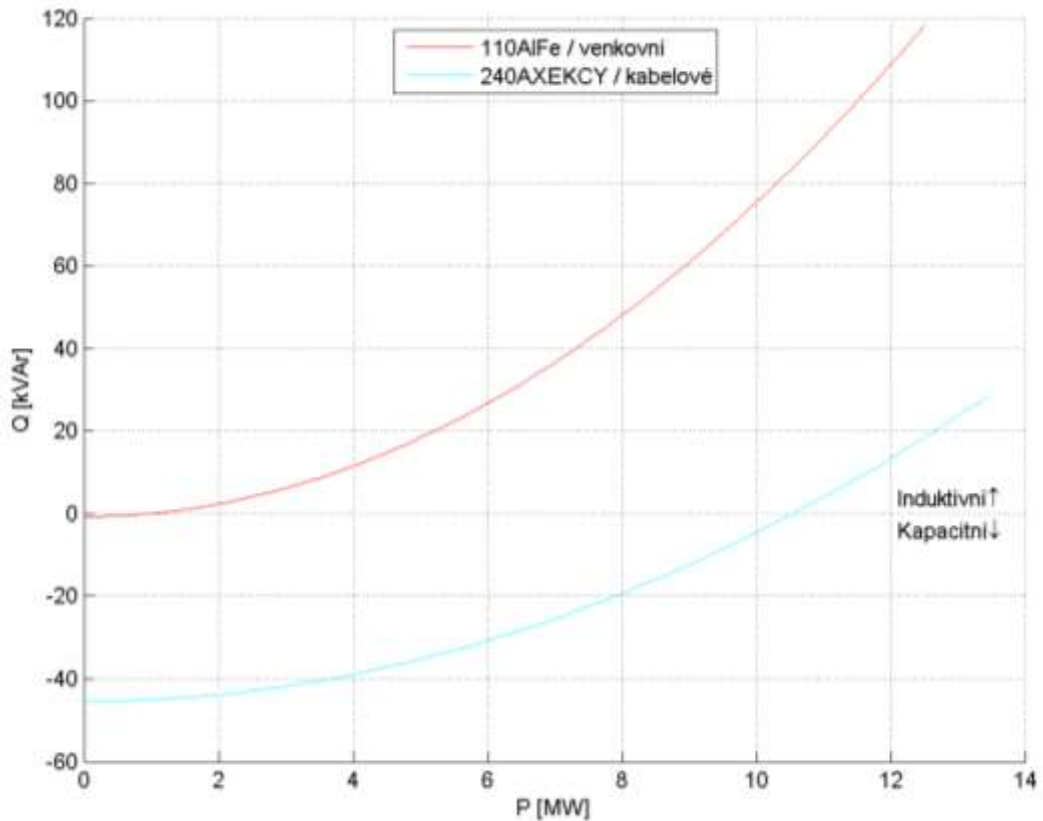
kde Z_V je vlnová impedance:

$$Z_V = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{L_K \cdot l}{C_K \cdot l}} = \sqrt{\frac{L_K}{C_K}} (\Omega; H; F) \quad (4.5)$$

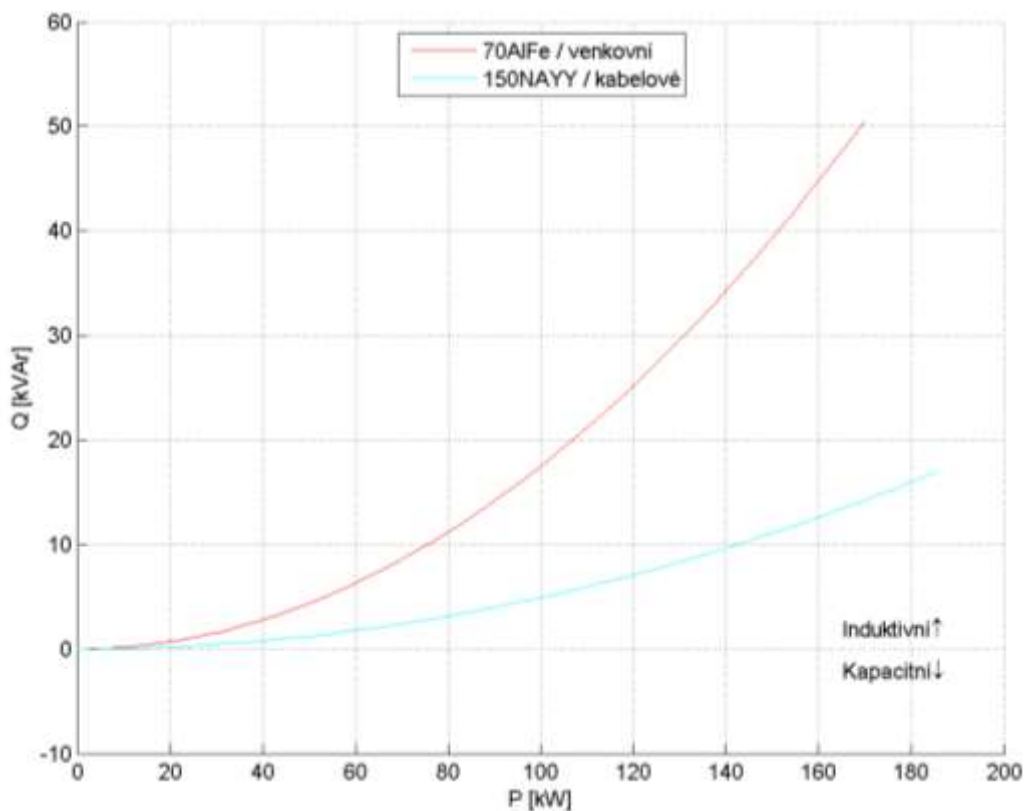
Vlnová impedance není závislá na délce vedení, ale na jeho konstrukci, která ovlivňuje parametry L_K a C_K . Vlnová impedance nabývá hodnot 270 až 400Ω pro venkovní vedení a 35 až 40Ω pro kabelové vedení. Tedy kabelové vedení má přibližně desetkrát vyšší přirozený výkon než vedení venkovní.



Graf 4.1: Jalový výkon generovaný jedním kilometrem venkovního a kabelového vedení 110kV v závislosti na přenášeném výkonu.



Graf 4.2: Jalový výkon generovaný jedním kilometrem venkovního a kabelového vedení 22kV v závislosti na přenášeném výkonu.



Graf 4.3: Jalový výkon generovaný jedním kilometrem venkovního a kabelového vedení 0,4kV v závislosti na přenášeném výkonu.

Jalový výkon generovaný NN vedeními je zanedbatelný vzhledem k jejich délce a velikosti přenášeného výkonu na danou vzdálenost. Velké odběry (nad 50kW) se připojují pouze v blízkosti trafostanice z důvodu úbytku napětí, tzn. velký výkon na velkou vzdálenost, se v NN síti nepřenáší. Síť NN slouží k rozvodu do vzdálenosti maximálně jednoho kilometru od trafostanice, ale pouze pro malé odběry. Velké odběry se připojují do vzdálenosti cca 200m od trafostanice.

4.1.2 Transformátory

Transformátory považujeme za spotřebiče jalového výkonu. Mají podélnou a příčnou reaktanci. Příčná reaktance transformátoru je úměrná magnetizačnímu proudu naprázdno. Odebíraný jalový výkon příčné reaktance má bez ohledu na zatížení konstantní charakter, a je úměrný proudu transformátoru naprázdno. Podélnou reaktanci při zatěžování transformátoru protéká proud, který je úměrný přenášenému výkonu. Ze štítkových údajů transformátoru lze vypočítat jalový výkon následujícím způsobem [7]:

$$\text{Proud naprázdno} \quad I_0 = i_{0\%} \cdot I_N = i_{0\%} \cdot \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} \quad (A; VA; V) \quad (4.6)$$

$$\text{Účinník naprázdno} \quad \cos\varphi_0 = \frac{\Delta P_0}{S_0} = \frac{\Delta P_0}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_0} \quad (-; W; V; A) \quad (4.7)$$

$$\sin\varphi_0 \text{ naprázdno} \quad \sin\varphi_0 = \sin(\arccos\varphi_0) \quad (-; -) \quad (4.8)$$

$$\text{Jalový výkon naprázdno} \quad Q_0 = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_0 \cdot \sin\varphi_0 \quad (VAr; V; A) \quad (4.9)$$

$$\text{Příčná reaktance} \quad X_\mu = \frac{U_N^2}{Q_0} \quad (\Omega; V; VAr) \quad (4.10)$$

$$\text{Jmenovitá impedance} \quad Z_N = \frac{U_N^2}{S_N} \quad (\Omega; V; VA) \quad (4.11)$$

$$\text{Podélný činný odpor} \quad R_k = \frac{\Delta P_k \cdot Z_N^2}{U_N^2} \quad (\Omega; W; \Omega; V) \quad (4.12)$$

$$\text{Podélná impedance} \quad Z_k = u_{k\%} \cdot Z_N \quad (\Omega; \%; \Omega) \quad (4.13)$$

$$\text{Podélná reaktance} \quad X_\sigma = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \quad (\Omega; \Omega; \Omega) \quad (4.14)$$

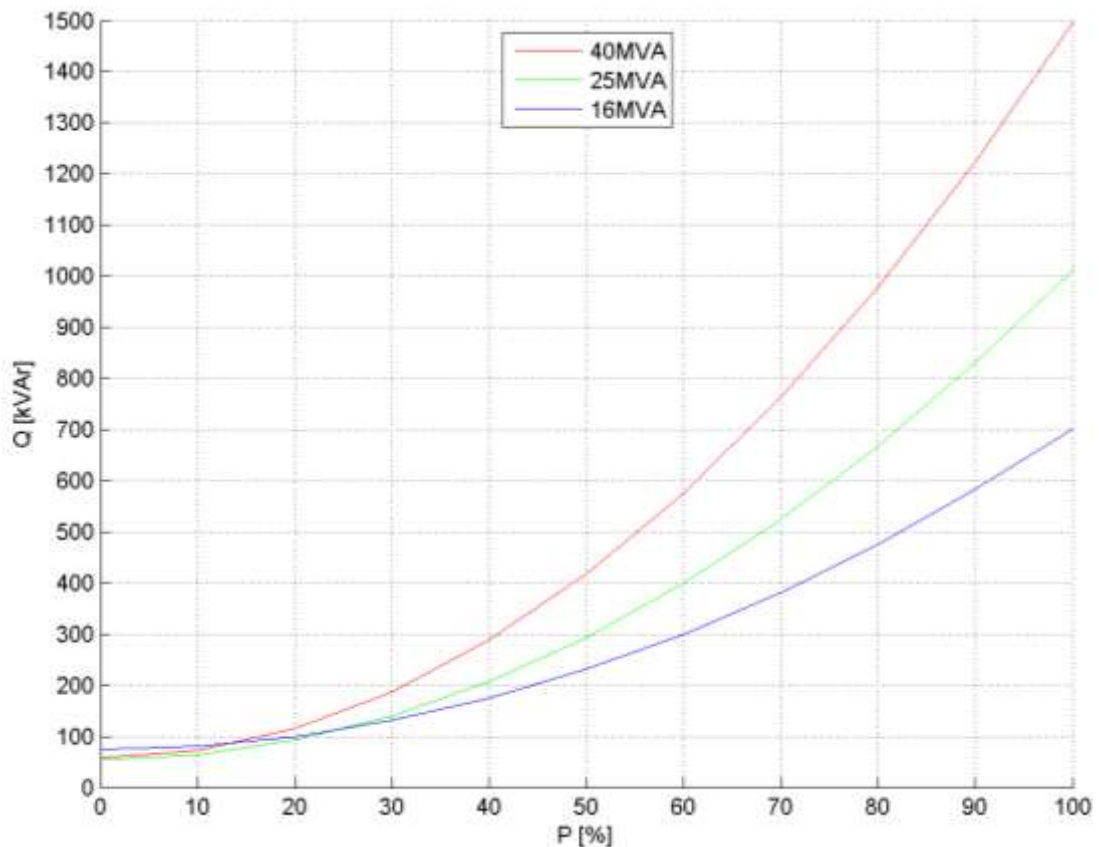
$$\text{Jalový výkon nakrátko} \quad Q_k = X_\sigma \cdot I_N^2 = X_\sigma \cdot \left(\frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} \right)^2 \quad (VAr; \Omega; VA; V) \quad (4.15)$$

$$\text{Jalový výkon transformátoru} \quad Q_T = Q_0 + Q_k \cdot \left(\frac{I_Z}{I_N} \right)^2 \quad (VAr; VAr; VAr; A; A) \quad (4.16)$$

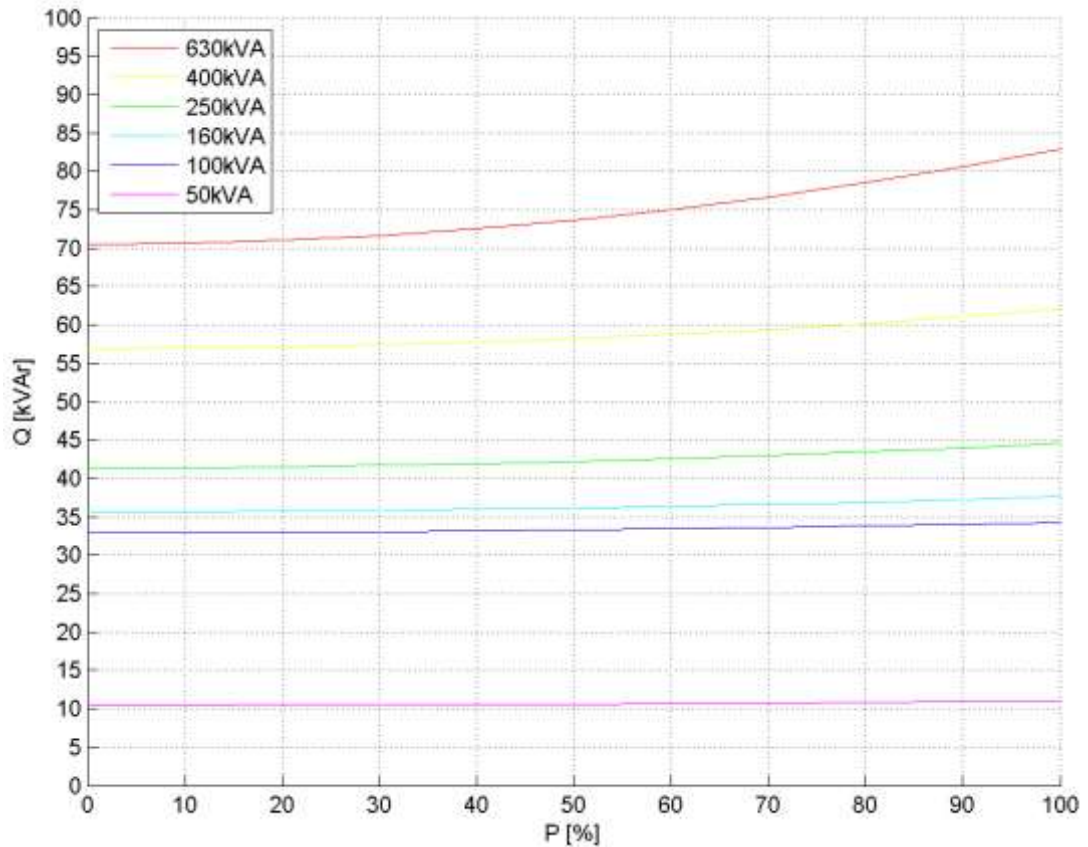
Tab. 4.2: Štítkové hodnoty transformátorů používaných v DS.

U_n [kV]	S_n [kVA]	u_k [%]	i_o [%]	ΔP_k [kW]	ΔP_0 [kW]
110	40000	10,80	0,18	207,00	40,00
110	25000	11,50	0,23	120,00	16,00
110	16000	11,78	0,48	121,00	15,00
22	630	6,00	11,19	6,00	0,83
22	400	4,00	14,23	4,16	0,68
22	250	4,00	16,57	2,94	0,44
22	160	4,00	22,27	2,02	0,34
22	100	4,00	33,04	1,75	0,23
22	50	4,00	20,88	0,90	0,15

Ze štítkových hodnot byly vypočítány a vyneseny grafy používaných transformátorů v distribuční síti. V grafech níže je znázorněno, jak velký jalový výkon odebírá transformátor od stavu naprázdno až po jmenovité hodnoty zatížení.



Graf 4.4: Jalový výkon transformátoru 110/22kV v závislosti na přenášeném výkonu.



Graf 4.5: Jalový výkon transformátoru 22/0,4kV v závislosti na přenášeném výkonu.

4.1.3 Zatížení

V uzlových bodech sítí 110kV, by mělo být odebíráno zatížení s účínkem lepším než 0,95 [12], aby nároky na výrobu a přenos jalového výkonu nadřazenou soustavou byly v přijatelných mezích. Při odběru s $\cos\varphi = 0,95$ je síť zatížena jalovým výkonem 0,33kVAr/kW.

Hodnota $\operatorname{tg}\varphi$ udávající jalový výkon na 1kW činného výkonu je názornější, a proto je v praxi užívanější než hodnota $\cos\varphi$ jak je uvedeno v tabulce níže.

Tab. 4.3: Hodnota $\operatorname{tg}\varphi$ udávající jalový výkon na 1kW činného výkonu, modifikováno z [7].

$\cos\varphi$ [kW/kVA]	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
$\operatorname{tg}\varphi$ [kVAr/kW]	0,00	0,33	0,48	0,62	0,75	0,88	1,02

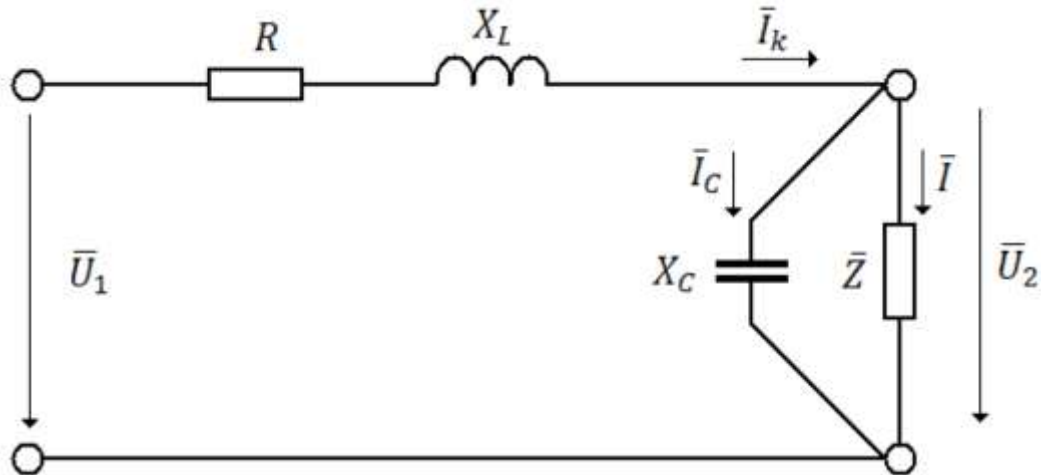
Z tabulky je patrné, že při odběru s účínkem 0,7, musíme dodat prakticky stejnou velikost jalového a činného výkonu [7].

4.2 Princip kompenzace

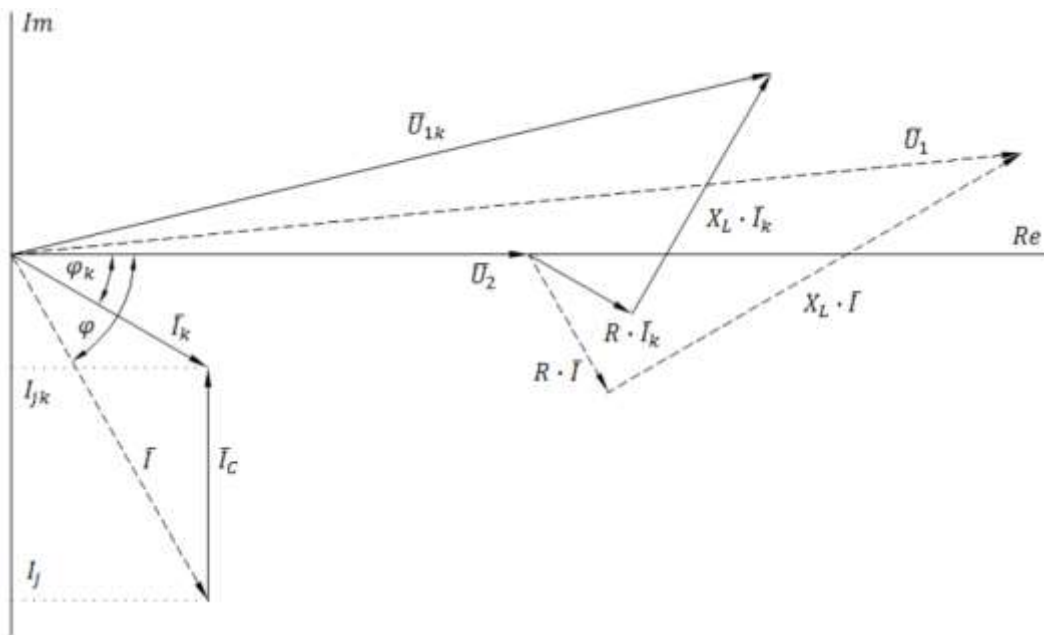
Jelikož kromě činné složky proudu prochází ES také jalová složka proudu, musí být každý prvek konstruován na zdánlivý proud, který se rovná vektorovému součtu proudu činného a jalového, jak je tomu i u výkonů. Činný proud, který chceme odebírat ze sítě, nemůžeme ovlivnit, jelikož je dán konstrukcí zařízení. Zatímco odebíraný jalový proud ovlivnit můžeme, tím zmenšíme celkový zdánlivý proud procházející směrem od zdroje ke spotřebiči. Dosáhne se tak menších ztrát a síť nebude příliš přetěžována nekompenzovaným zdánlivým výkonem.

4.2.1 Paralelní kompenzace

Abychom jalový induktivní proud v ideálním případě eliminovali, musíme do obvodu připojit paralelně řazený kondenzátor k zátěži, který má jalový proud posunut o 180° proti induktivnímu jalovému proudu



Obr. 4.1: Zatížené vedení s paralelní kompenzací, převzato z [1].



Obr. 4.2: Fázorový diagram pro zatížené vedení s paralelní kompenzací, převzato z [1].

Proud, který teče do zátěže je ve fázorovém diagramu označen jako \bar{I} . Připojíme-li paralelně k zátěži kondenzátor s reaktancí X_C , začne jím protékat proud \bar{I}_C . Tento proud \bar{I}_C sečteme s vektorem proudu \bar{I} , a tím dostaneme proud \bar{I}_K , který je po kompenzaci odebírán ze sítě. Proud \bar{I}_K má menší velikost než proud \bar{I} , a to o hodnotu velikosti proudu \bar{I}_C . Zmenší se fázový posun mezi napětím a proudem, a tím se zlepší účinník.

Matematicky vyjádřeno, proud procházející vedením:

$$\bar{I}_K = \bar{I} + \bar{I}_C (A; A; A) \quad (4.17)$$

Pokud činný výkon zůstane stejný, tedy nezmění se jeho činná složka, změní se fázový posun z φ na φ_K . Koeficientem kompenzace „ k “ nazýváme poměr jalové složky proudu procházející vedením po kompenzaci I_{jK} a jalové složky proudu procházející vedením před kompenzací I_j .

$$k = \frac{I_{jK}}{I_j} = \frac{tg\varphi_k}{tg\varphi} (-; -; -) \quad (4.18)$$

Celkový proud vedením klesne na hodnotu:

$$I_K = I \frac{\cos\varphi}{\cos\varphi_K} (A; A; -; -) \quad (4.19)$$

Úbytek napětí před kompenzací a po kompenzací (za předpokladu uvažujeme-li ideální kondenzátor):

$$\Delta U \cong RI\cos\varphi + XI\sin\varphi (V; \Omega; A; -; \Omega; A; -) \quad (4.20)$$

$$\Delta U_K \cong RI_K\cos\varphi_K + XI_K\sin\varphi_K (V; \Omega; A; -; \Omega; A; -)$$

Zmenšení úbytku napětí má potom hodnotu:

$$\begin{aligned} \Delta U - \Delta U_K &\cong RI\cos\varphi + XI\sin\varphi - RI_K\cos\varphi_K + XI_K\sin\varphi_K \\ &= RI\cos\varphi + XI_j - RI\cos\varphi - XI_{jK} = X(I_j - I_{jK}) \\ &= XI_C (V; \Omega; A; A) \end{aligned} \quad (4.21)$$

Stejně uvažujeme řešení snížení ztrát na vedení:

$$\Delta P - \Delta P_K = 3RI^2 - 3RI_K^2 = 3RI^2 \left(1 - \frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\varphi_K} \right) (W; \Omega; A; -; -) \quad (4.22)$$

Pokud použijeme individuální kompenzační zařízení, které je umístěno přímo na svorky kompenzovaného spotřebiče, dosáhneme zmenšení protékajícího jalového proudu od zdroje až po kompenzovaný spotřebič. Tím dosáhneme nejmenších ztrát. Kompenzace je však závislá na provozu kompenzovaného zařízení. Používá se obvykle pro spotřebiče vyšších výkonů [1].

4.3 Druhy kompenzace

Kompenzační zařízení rozlišujeme řízená s regulovaným jalovým výkonem a pevná s neregulovatelným jalovým výkonem.

- **Řízená kompenzační zařízení** umí měnit velikost jalového výkonu v závislosti na velikosti odebíraného jalového výkonu spotřebičem.
- **Pevná kompenzační zařízení** mají pevně daný jmenovitý výkon baterií. Používají se v případě, kdy je odběr jalového výkonu konstantní. Používají se pro individuální kompenzaci spotřebičů.

Podle umístění kondenzátorů rozeznáváme kompenzaci:

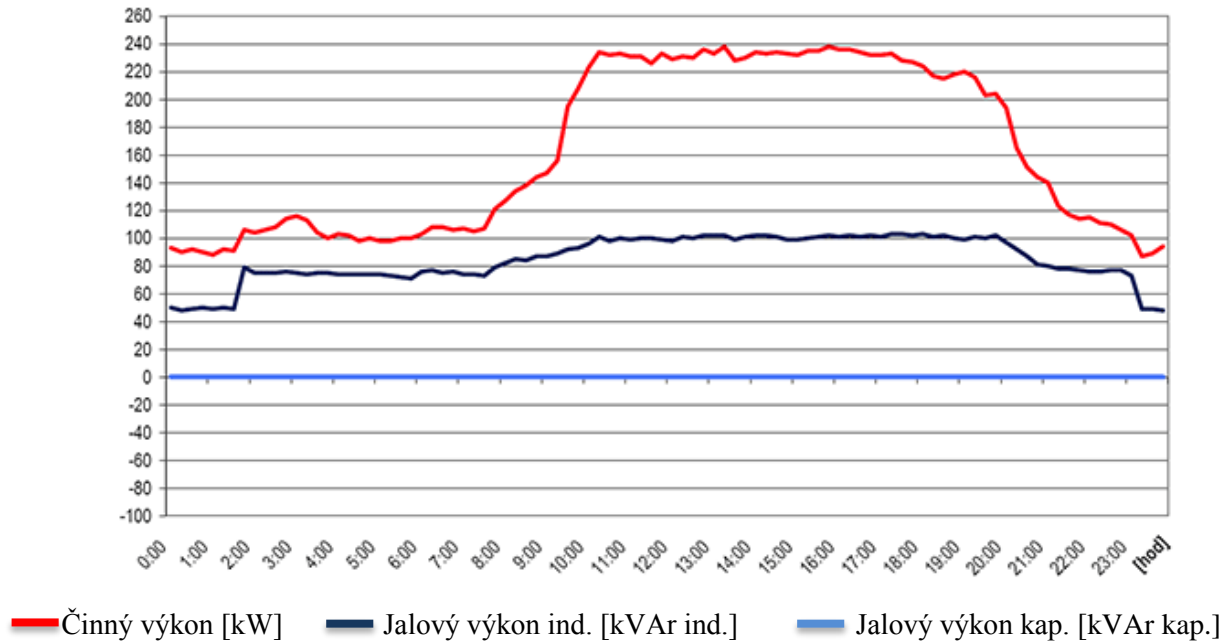
- Pokud je kondenzátor s odpovídajícím výkonem připojen ke každé zátěži zvlášť, jde o **kompenzaci jednotlivou**. Výhodou tohoto způsobu je odlehčení od jalového výkonu celé rozvodné soustavy. Nevýhodou je malé využití a nutnost velkého počtu kondenzátorů.
- U **skupinové kompenzace** se kondenzátory připojují k podružným rozvaděčům a mají výkon odvozen od středního jalového výkonu přívodu k podružnému rozvaděči. Výhodou je jejich větší využití. Nevýhoda této kompenzace spočívá v odlehčení od jalového výkonu pouze té části rozvodné soustavy mezi zdroji a místem připojení kondenzátorů.
- **Ústřední kompenzace** je stejná jako kompenzace skupinová. Kondenzátory se ovšem připojují až v hlavní rozvodně. Jejich výkon je rozdělen do několika baterií, které umožňují změnu jalového výkonu podle dané potřeby. Změna se provádí automatickou regulací jalového výkonu nebo ručně připínáním jednotlivých baterií.
- **Kombinovaná kompenzace** je kompenzace kombinující předchozí varianty. Tento druh kompenzace je velmi rozšířený, především v rozsáhlých průmyslových sítích [1].

4.4 Diagram zatížení s jalovým výkonem

V následujících podkapitolách jsou uvedeny denní diagramy zatížení (dále jen DDZ) zákazníků, kteří mají problémy s placením vícenákladů za odběr jalového výkonu popř. dodávky jalového výkonu do sítě.

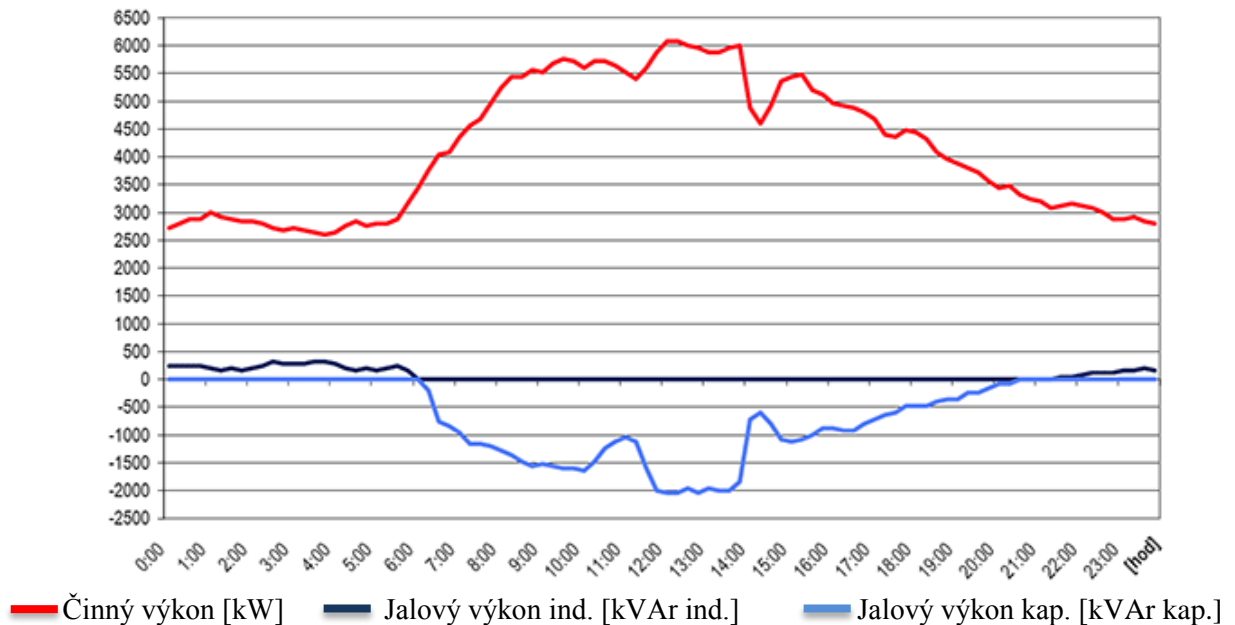
4.4.1 Odběr induktivního charakteru

Odběr zákazníka, jak je vidět na Obr. 4.3, je induktivního charakteru (typické spotřebiče zákazníků jsou zejména transformátory, motory, indukční pece apod.). DDZ znázorňuje zákazníka, který odebírá ze sítě jalový výkon, jehož potřeba je závislá na požadovaném odběru činného výkonu. Má-li zákazník špatný účinník, dochází tím ke zbytečnému zatěžování distribuční sítě dodavatele elektřiny. Zákazník je ze zákona povinen platit cenovou přírážku za odběr jalového výkonu.



Obr. 4.3: Odběr zákazníka induktivního charakteru, převzato z [5].

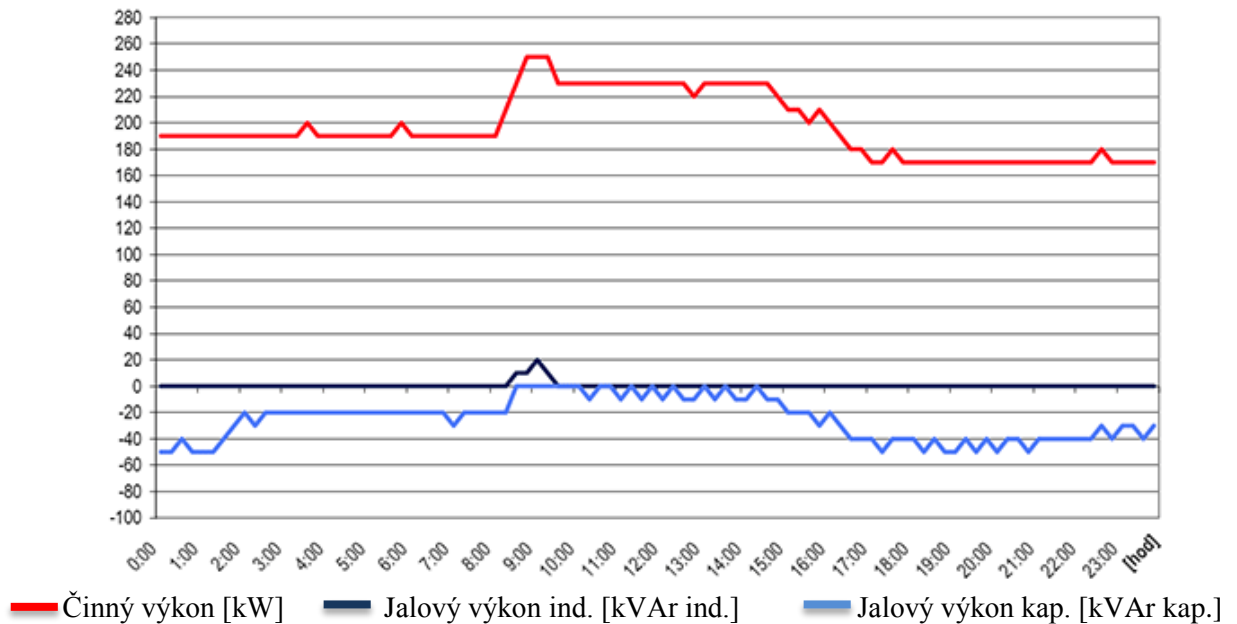
Na Obr. 4.4 je opět znázorněn zákazník s induktivním odběrem. Zákazník má nainstalováno kompenzační zařízení, které by mělo eliminovat odběr jalového výkonu ze sítě. V DDZ je však vidět odběr jalového výkonu z distribuční sítě. V čase od 6:00 do 21:00 dochází dokonce k dodávce jalové energie do sítě. Důvodem této skutečnosti je, že kompenzační zařízení nefunguje správně. Příčinou může být špatně fungující regulátor kompenzačního zařízení, který včas nereaguje na okamžitou potřebu jalového výkonu pro odběr zákazníka, nebo je kompenzační zařízení špatně navrženo. Zákazník je povinen uhradit jak přirážku za odběr jalové energie ze sítě, tak i za dodávku jalové energie do sítě.



Obr. 4.4: Odběr zákazníka induktivního charakteru s nefunkční kompenzací, převzato z [5].

4.4.2 Odběr kapacitního charakteru

Odběr zákazníka je vidět na Obr. 4.5, který je kapacitního charakteru. Tento stav je typický pro zákazníka jako je například dopravní podnik, který přenáší elektrickou energii po dlouhém vedení určeném pro zajištění dodávky přepravní soupravě. Kapacitní složka v celkové impedanci vedení zapříčiňuje nevyžádanou dodávku jalového výkonu do sítě, což je nežádoucí jev. Zákazník je povinen platit cenovou přírážku za nevyžádanou dodávku jalového výkonu do sítě.



Obr. 4.5: Odběr zákazníka kapacitního charakteru, převzato z [5].

5 SOUHRN SOUČASNÉ LEGISLATIVY PROVOZU DS

V této kapitole bude popsáno, jakým způsobem se provádí obchodní měření v místech odběru a dodávky elektrické energie. Činnost této funkce je popsána vyhláškou č. 82/2011 Sb. ze dne 17. března 2011 [7].

5.1 Měření elektrické energie

Úkolem obchodního měření je získávat data o odebírané a dodávané elektrické energii. Takto pořízená data se dále poskytují oprávněným zákazníkům trhu s náležitou důvěrností. Naměřená data z obchodního měření slouží k většině způsobů zúčtování a kontroly dodržování kvality odebírané energie na trhu s elektrickou energií.

5.1.1 Měření elektřiny

- 1) U měření typu A je:
 - a) Základní měřicí interval 1 čtvrt hodina; u první čtvrt hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 00:15:00;
 - b) Základní vyhodnocovací interval 1 hodina; u první hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 01:00:00 kalendářního dne;
 - c) Základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů v rámci měřicího zařízení 1 kalendářní den.
- 2) U měření typu B je:
 - a) Základní měřicí interval 1 čtvrt hodina; u první čtvrt hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 00:15:00;
 - b) Základní vyhodnocovací interval 1 hodina; u první hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 01:00:00 kalendářního dne;
 - c) Základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů v rámci měřicího zařízení 1 měsíc.
- 3) U měření typu S je základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů pro měřicí zařízení 1 měsíc.
- 4) U měření typu C je zpracování a přenos údajů prováděn nejméně jedenkrát za rok. Údaje z měření elektřiny [7].

5.1.2 Údaje z měření

- 1) Údaje z měření elektřiny účastníci trhu s elektřinou předávají v kWh, kW, kVA_{rh}, kVA_r nebo v MWh, MW, MVA_{rh}, MVA_r s rozdělením podle tarifů.
- 2) Údaji z měření elektřiny jsou
 - a) Údaje zaznamenané měřicím zařízením, popřípadě vypočtené na základě údajů z měřicího zařízení;
 - b) Údaje předané zákazníkem nebo výrobcem elektřiny provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy, pokud výše spotřeby nebo dodávky elektřiny v daném odběrném místě nebo předávacím místě odpovídá charakteru

- spotřeby nebo dodávky elektřiny a průběhu spotřeby předcházejících období (dále jen „samoodečty“);
- c) Náhradní údaje získané výpočtem, odhadem nebo vzájemným odsouhlasením provozovatelem přenosové soustavy nebo provozovatelem distribuční soustavy se zákazníkem, výrobcem elektřiny nebo provozovatelem jiné distribuční soustavy.
- 3) Výpočet náhradních údajů o spotřebě nebo dodávce elektřiny a o jejím průběhu při prokazatelné závadě měřicího zařízení, při opravě chybných nebo doplnění chybějících hodnot provede provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy na základě protokolu autorizované zkušebny nebo zprávy o závadě měřicího zařízení podle výše spotřeby elektřiny v předcházejícím srovnatelném období při srovnatelném charakteru odběru elektřiny, v němž byl odběr elektřiny řádně měřen, nebo dodatečně podle výše spotřeby nebo dodávky elektřiny zjištěné na základě kontrolního odečtu v následujícím období.
- 4) Náhradní údaje o spotřebě nebo dodávce elektřiny při nedostupnosti údajů zaznamenaných měřicím zařízením stanoví provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy odhadem na základě údajů získaných z měření v předcházejícím srovnatelném období nebo ze samoodečtu nebo dodatečně podle výše spotřeby nebo dodávky elektřiny zjištěné v následujícím srovnatelném období na základě kontrolního odečtu.
- 5) Pro odhad spotřeby elektřiny u měření typu C se využívá přiřazeného přepočteného typového diagramu dodávky, počtu vyhodnocovaných kalendářních dní a výše poslední roční spotřeby elektřiny. Maximální počet odhadů pro vyúčtování odběru nebo dodávky elektřiny jsou 2 po sobě jdoucí odhady.
- 6) Samoodečty a odhady spotřeby elektřiny pro vyúčtování lze provést nejvýše třikrát po sobě.
- 7) Stanovení údajů o spotřebě elektřiny u měření typu C k datu změny regulovaných cen elektřiny provádí:
- a) Provozovatel distribuční soustavy:
- I. Na základě předcházejících známých stavů odečtu měřicího zařízení a průběhu spotřeby elektřiny podle přiřazeného typového diagramu dodávky, nebo;
- II. Rovnoměrně na části úměrné délce období od data předchozího fakturačního odečtu do 31. prosince a od 1. ledna do data dalšího fakturačního odečtu, nebo;
- b) Účastník trhu s elektřinou samoodečtem.
- 8) Při změně dodavatele elektřiny, provozovatele distribuční soustavy, subjektu zúčtování, výrobce elektřiny nebo zákazníka, při změně tarifu a při změně provedené na měřicím zařízení musí být vždy provedeno zpracování údajů z měření elektřiny [7].

5.1.3 Toky elektrické energie

- 1) Směr toku elektřiny do příslušného odběrného nebo předávacího místa hodnoceného účastníka trhu s elektřinou je považován za kladný. Směr toku elektřiny z příslušného odběrného nebo předávacího místa hodnoceného účastníka trhu s elektřinou je považován za záporný.
- 2) Při asymetrickém toku elektrické energie v třífázové soustavě se vyhodnocují směry toku energie v jednotlivých fázích u nově zřizovaných nebo rekonstruovaných odběrných míst.
- 3) Měření a předávání skutečných a náhradních hodnot se provádí v zimním nebo v letním čase. Posledním dnem při změně zimního času na letní je 23hodinový den, prvním dnem při změně letního času na zimní je 25 hodinový den.
- 4) Povolená odchylka mezi odečtovou centrálou a reálným časem je maximálně +/- 5 sekund.
- 5) Pro měření typu A je mezi měřicím zařízením a odečtovou centrálou povolena odchylka maximálně +/- 5 sekund.
- 6) Pro měření typu B je mezi měřicím zařízením a odečtovou centrálou povolena odchylka maximálně +/- 1minuta.
- 7) Pro měření typu S je mezi měřicím zařízením a odečtovou centrálou povolena odchylka maximálně +/- 3 minuty.
- 8) Pro měření typu C se odchylka nestanovuje [7].

5.1.4 Podmínky měření elektřiny

- 1) Část měřicího zařízení, která je instalována v měřicím místě, je umístěna v odběrném místě zákazníka nebo ve výrobně elektřiny nebo u provozovatele distribuční soustavy co nejbližší k předávacímu místu provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele distribuční soustavy. U nových nebo rekonstruovaných odběrných míst umístění měřicího zařízení stanoví příslušný provozovatel soustavy. Za rekonstruovaná odběrná místa se nepovažují odběrná místa, kde došlo pouze k úpravám spojeným se změnou sazby za distribuci elektřiny nebo pouze ke změně rezervovaného příkonu vyjádřené jmenovitou proudovou hodnotou hlavního jističe před elektroměrem.
- 2) V případě rozdílného umístění předávacího místa a měřicího místa se za údaje z měření považují naměřené údaje snížené nebo zvýšené o hodnoty uvedené ve smlouvě o připojení nebo ve smlouvě o distribuci elektřiny. Jestliže jsou odběr nebo dodávka elektřiny měřeny na sekundární straně výkonového transformátoru a není smlouvou o připojení nebo smlouvou o distribuci elektřiny stanoveno jinak, jsou za údaje z měření považovány naměřené údaje zvýšené v případě odběru nebo snížené v případě dodávky elektřiny o hodnoty podle příslušného cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu.

- 3) U průběhového měření se měří odebíraná i dodávaná jalová elektřina. U průběhového měření v předávacích místech mezi distribuční soustavou a výrobcem elektřiny se měří odebíraná i dodávaná jalová elektřina v závislosti na směru toku činné elektřiny.
- 4) V případě použití elektroměru s více tarify se pro jejich přepínání používá spínacího prvku nebo vnitřní časové základny elektroměru.
- 5) Na základě žádosti výrobce elektřiny nebo zákazníka, a pokud to měření umožňuje, lze poskytovat impulsní výstupy z měření nepřetržitě přímo v předávacím místě nebo v odběrném místě [7].

5.1.5 Předávání výsledků měření elektřiny a jejich uchování

- 1) Naměřené údaje dodávek a odběrů elektřiny u měření typu A a měření typu B jsou v měřicím zařízení v odběrném a předávacím místě uchovávány nejméně 40 dnů od data naměření.
- 2) Údaje z měření nezbytné pro zúčtování dodávek a odběrů elektřiny a skutečné hodnoty dodávek a odběrů elektřiny předávané operátorovi trhu pro vyhodnocení odchylek uchovává provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy, který zajišťuje měření, nejméně 36 měsíců od data naměření. Způsoby a termíny předávání údajů z měření nezbytných pro zúčtování dodávek a odběrů elektřiny a skutečné hodnoty dodávek a odběrů elektřiny předávané operátorovi trhu pro vyhodnocení odchylek stanoví jiný právní předpis.
- 3) Provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy bezplatně poskytuje na vyžádání oprávněnému žadateli jeho údaje podle odstavce 4, a to do 6 pracovních dnů následujícího měsíce, způsobem umožňujícím dálkový přístup. Provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy takto poskytuje údaje za posledních 12 měsíců.
- 4) Poskytované údaje z měření elektřiny:
 - a) Provozovatelem distribuční soustavy jsou:
 - I. pro měření typu A, měření typu B hodnoty činného výkonu v kW, jalového induktivního výkonu v kVAr a jalového kapacitního výkonu v kVAr za měřicí interval;
 - II. pro měření typu S hodnoty činné energie v kWh.
 - b) Provozovatelem přenosové soustavy jsou pro měření typu A hodnoty činného výkonu v MW za vyhodnocovací interval, rozlišení hodnot je na 3 desetinná místa [7].

5.2 Pravidla provozu distribučních soustav (PPDS)

Následující pravidla shrnují hlavní hlediska, na která je zapotřebí brát zřetel při připojování výrobní elektřiny do sítě NN, VN nebo 110kV provozovatele DS. Slouží stejně pro provozovatele DS, výrobce elektřiny a provozovatele lokálních DS s vnořenými zdroji jako podklad při projektování a pomůcka pro rozhodování [12].

5.2.1 Řízení jalového výkonu v závislosti na provozních podmínkách

Způsob řízení jalového výkonu závisí na konkrétním místě DS a určuje ho PDS po konzultaci s výrobcem.

Zdroje připojené do NN

Pro odběratele s jističem do 16A musí účinník za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí být mezi 0,95 induktivní a 0,95 kapacitní za předpokladu, že činná složka výkonu, je nad 20% jmenovitého zdroje [12].

U fotovoltaických elektráren do výkonu 4,6kVA se kompenzace účinníku nepožaduje.

Ostatní zdroje

Účinník za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí musí být mezi 0,95 induktivní a 0,95 kapacitní za předpokladu, že činná složka výkonu, je nad 20% jmenovitého zdroje.

Zdroje v sítích VN a 110kV musí být jalový výkon výrobní od instalovaného výkonu 100kVA říditelný. Dohodnutý rozsah jalového výkonu musí být využitelný v průběhu několika minut a libovolně často. Nastavení jalového výkonu je zadáváno PDS buď pevnou hodnotou, nebo když to provoz sítě vyžaduje dálkově nastavitelnou žádanou hodnotou.

Žádaná hodnota je buď:

- Pevná hodnota zadaného účinníku $\cos \varphi$;
- Hodnota účinníku $\cos \varphi = f(P)$;
- Zadaná hodnota jalového výkonu;
- Zadaná hodnota napětí;
- Charakteristika $Q(U)$.

Je-li PDS zadána charakteristika, musí být nastavena automaticky v průběhu 10s pro charakteristiku $\cos \varphi = f(P)$, a pro charakteristiku $Q(U)$ musí dojít k nastavení v průběhu 10s až jedné minuty (udá PDS). Zadání může být nastaveno formou on-line, dohodou na předem smluveném harmonogramu nebo na dané hodnotě [12].

6 ANALÝZA TOKŮ ČINNÉHO A JALOVÉHO VÝKONU

V této kapitole je provedena dle pokynu zadavatele analýza toků činného a jalového výkonu ve vybraných oblastech na napěťových hladinách 400/110kV, 220/110kV, 110/22kV a 22/0,4kV. Tyto analýzy povedou k vyhodnocení sítí, z hlediska přetoku jalového a činného výkonu do PS/DS a k nápravným opatřením pro zlepšení přenosu energie v distribuční síti 110kV.

Pro analýzu sítě, máme k dispozici celoroční hodinový záznam celé oblasti E.ON Distribuce z dispečerského řídicího systému. Tyto hodnoty budou dále zpracovány a vyhodnoceny dle požadavků společnosti. Měření je provedeno s následnými pravidly:

Tab. 6.1: Pravidla určující změřenou veličinu.

	Dodávka do sítě	Odběr ze sítě
P [W]	-	+
Q_{IND} [VAr]	+	+
Q_{KAP} [VAr]	-	-
	Induktivní	Kapacitní
$\cos\varphi$	+	-

Měření je prováděno v tom smyslu, že směr toku činného výkonu nemá vliv na charakter jalového výkonu.

Za účelem splnění práce byl v prostředí Matlab R2012a vytvořen zdrojový kód (viz. Příloha F), který umožňuje detailní zpracování záznamů z dispečerského měření. Tyto záznamy byly poskytnuty ve formátu tabulek programu Microsoft Excel zadavatelem. Navržený program je detailně popsán v uvedené příloze.

Uživatelské prostředí vytvořeného programu můžeme rozdělit do několika částí:

1) Výběr měřené veličiny:

- Napětí U (V);
- Proud I (A);
- Činný výkon P (W);
- Jalový výkon Q (VAr).

Z měřených veličin jsou dále nabídnuty veličiny vypočítané:

- Zdánlivý výkon S (VA);
- Účinník $\cos\varphi$ (-);
- Výkonová bilance (W);
- Suma jalového výkonu Q_{sum} (VAr).

2) Výběr měřeného místa:

Do nabídky se vypíše všechny transformátory se zvolenou veličinou pro následný výběr jednoho nebo více transformátorů. Po dokončení výběru, dle zadaných pokynů přechází program do další části.

3) Výběr časové osy:

- Roční;
- Měsíční;
- Týdenní;
- Denní;
- Manuální výběr.

Po zvolení časové osy zadáme hledaný rok, měsíc, týden a den dle požadavku. Následně program zpracuje informace a vykreslí graf odpovídající vybrané veličině, měřenému místu a časové ose. Dále stačí zadat název grafu a program provede uložení ve formátu „*.PNG“ z anglického názvu Portable Network Graphics.

Pro některé případy uvedených grafů bylo zapotřebí vytvořit jiný zdrojový kód než je uváděný v příloze. Zejména se jedná o grafy s dvěma osami „y“.

Analýza toků jalového výkonu a prezentované grafy jsou vytvořeny s využitím zdrojového kódu napsaného v programu Matlab R2012a.

6.1 Rozvodna 400/110kV

Rozvodny 440/110kV budeme analyzovat z hlediska velikosti přetoků jalového výkonu do přenosové soustavy společnosti ČEPS. Analýza je provedena v období pro rok 2012 a vychází z kodexu přenosové soustavy, dle odst. 6 tohoto kodexu, kdy může uživatel PDS odebírat elektřinu trvale induktivního charakteru s účínkem 0,95, pokud není předem dohodnuto jinak. Z toho plyne, že v předávacím místě do přenosové soustavy nesmí být:

- Činný výkon dodáván do PS;
- Účíník horší než 0,95 (odběr P i Q);
- Účíník kapacitního charakteru dodáván do PS.

Dle výše uvedeného ustanovení kodexu přenosové soustavy budou analýzy vyhodnoceny vždy z průměrné efektivní hodnoty za 1 hodinu.

Možné příčiny nedodržení účíniku ve stanovených mezích v předávacích místech:

- Dodávka jalového výkonu do PS

Přetoky jalového výkonu do přenosové soustavy mohou nastat při malém odebíraném činném výkonu, kdy odběr je menší než přirozený výkon vedení jak je popsáno v kapitole, 4.1.1. Přetok jalového výkonu může být dále způsoben nekultivovaností odběrů, poruchou kompenzačního zařízení, dále při výrobě elektřiny od zdrojů s nastaveným kapacitním účínkem, nebo se jedná o kapacitní výkon interní elektroinstalace velkých fotovoltaických elektráren, které mají velké množství kabelového vedení 22kV, a tudíž v noci kdy FVE nevyrobí, dodávají jalový výkon.

- Dodávka činného výkonu do PS

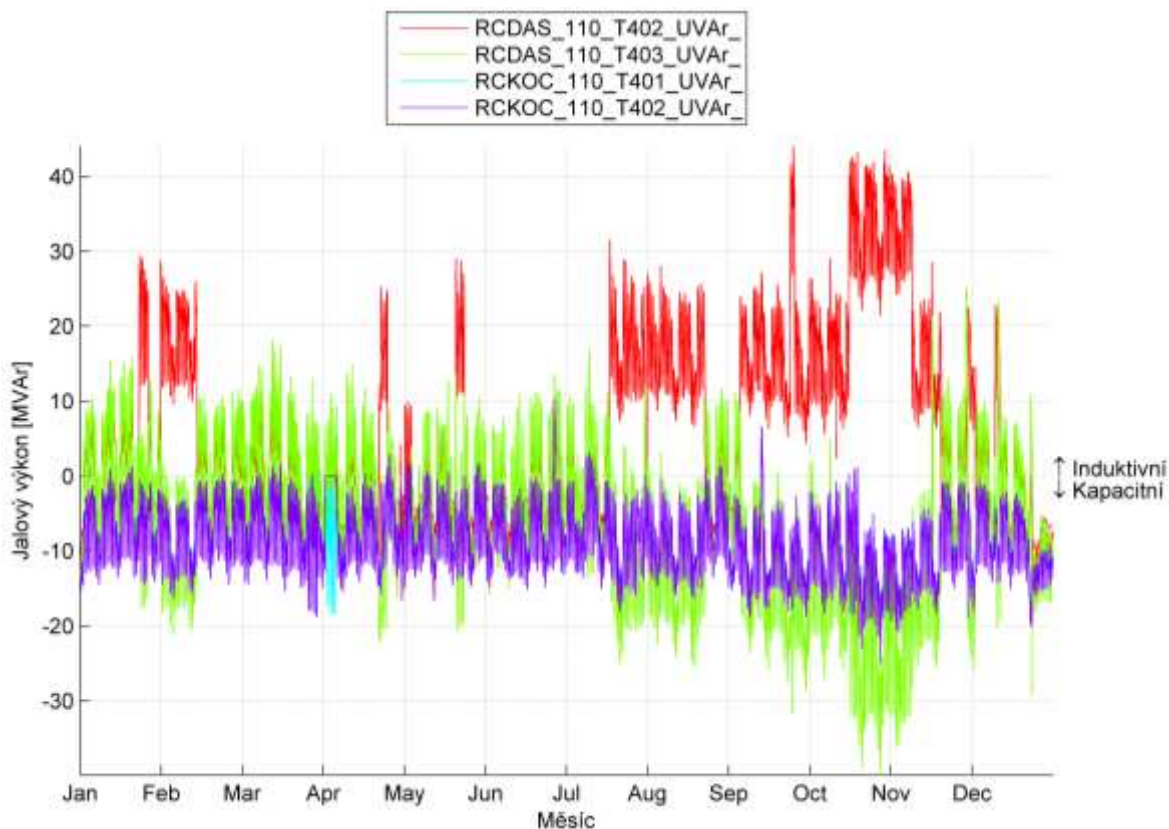
Tato situace nastává převážně v poledních hodinách, kdy dochází k současně velké výrobě energie z fotovoltaických elektráren s nízkým odběrem.

- Odběr jalového výkonu s účínkem horším než 0,95

K tomuto jevu dochází, při současném poklesu odebíraného činného výkonu za stávajícího odběru jalového výkonu vlivem provozu výroben. V případě dodání jalového výkonu (při odběru činného výkonu) do přenosové soustavy může dojít k zavádějícím hodnotám účíniku při vyhodnocení. Účíník se zápornou hodnotou je uvažován tehdy, je-li do přenosové soustavy dodáván činný výkon bez ohledu na směr toku jalového výkonu. Pro vyhodnocení účíniku je zapotřebí uvádět jalový výkon, jelikož vyhodnocení účíniku samostatně by mohlo být zavádějící.

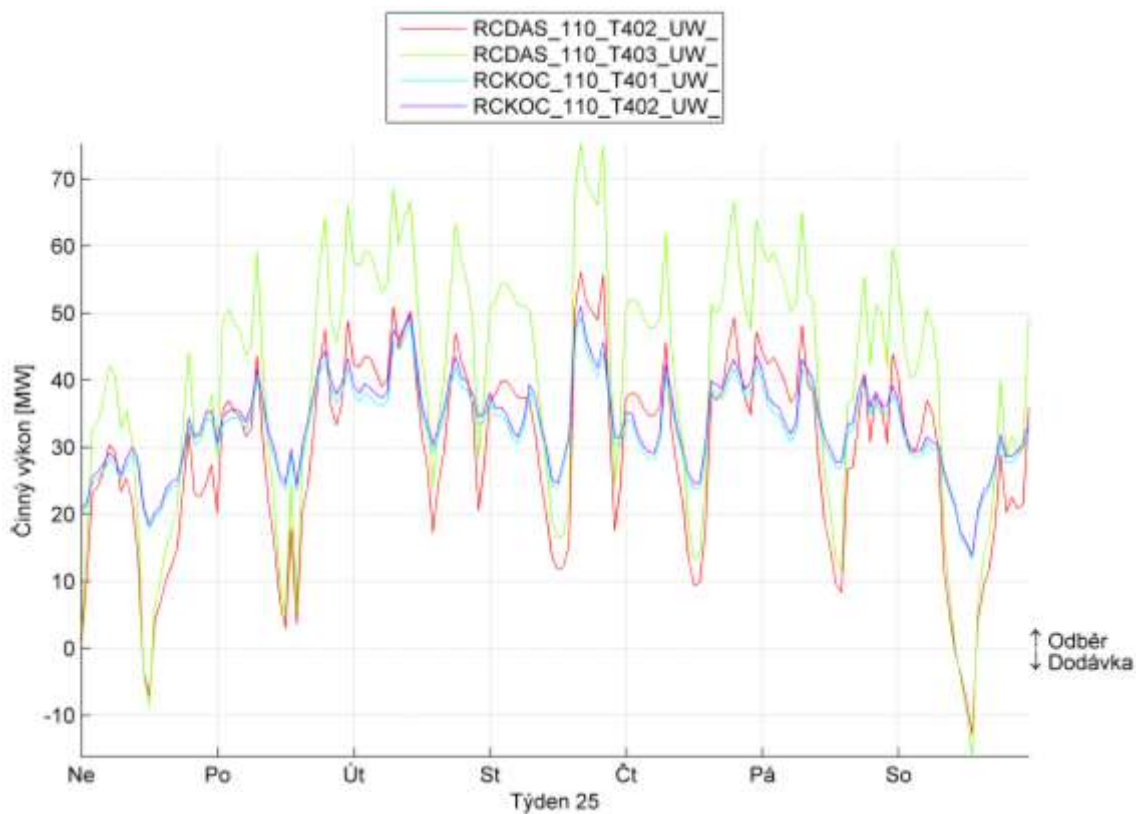
6.1.1 Dasný T402, T403 a Kočín T401, T402

V rozvodně Dasný jsou transformátory DAS T402 (250MVA) a DAS T403 (350MVA). Rozvodna Kočín je osazena transformátory KOC T401 (250MVA) a KOC T402 (250MVA). Tyto čtyři transformátory pracují v můstkovém zapojení, tzn. budeme je vyhodnocovat jako jeden celek.

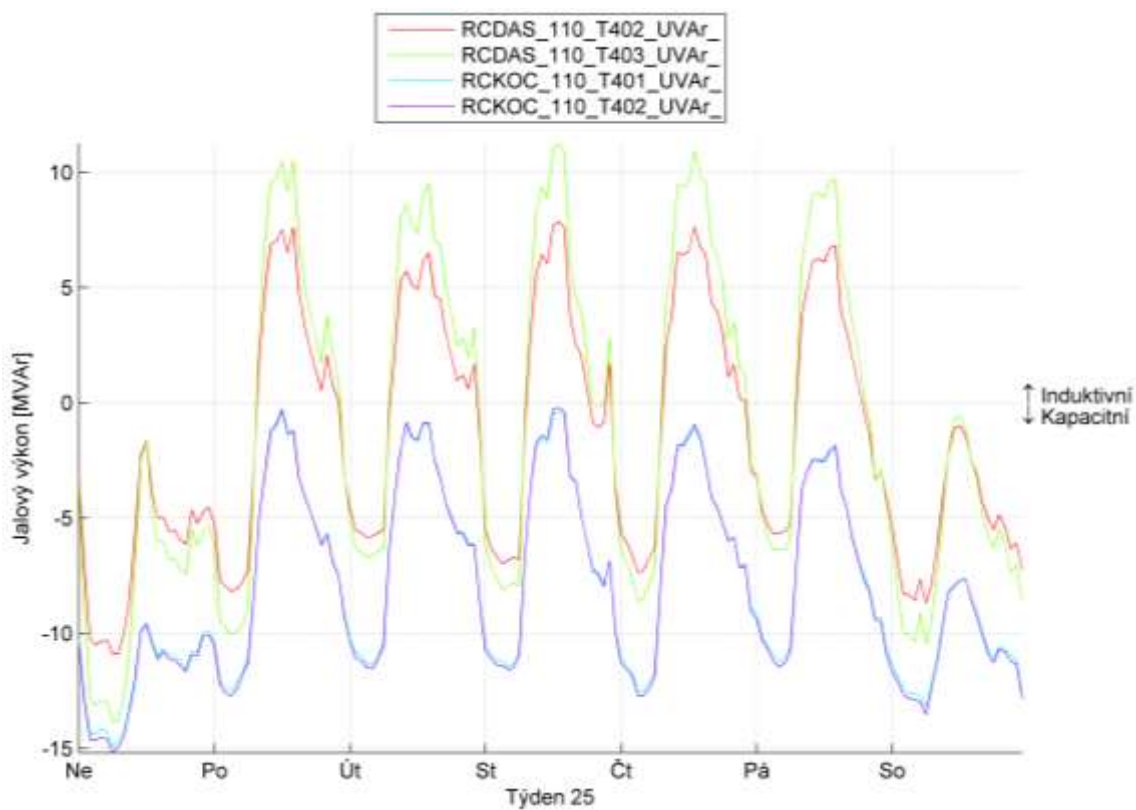


Graf 6.1: Roční průběh jalového výkonu transformátorů 400/110kV v rozvodně Dasný a Kočín.

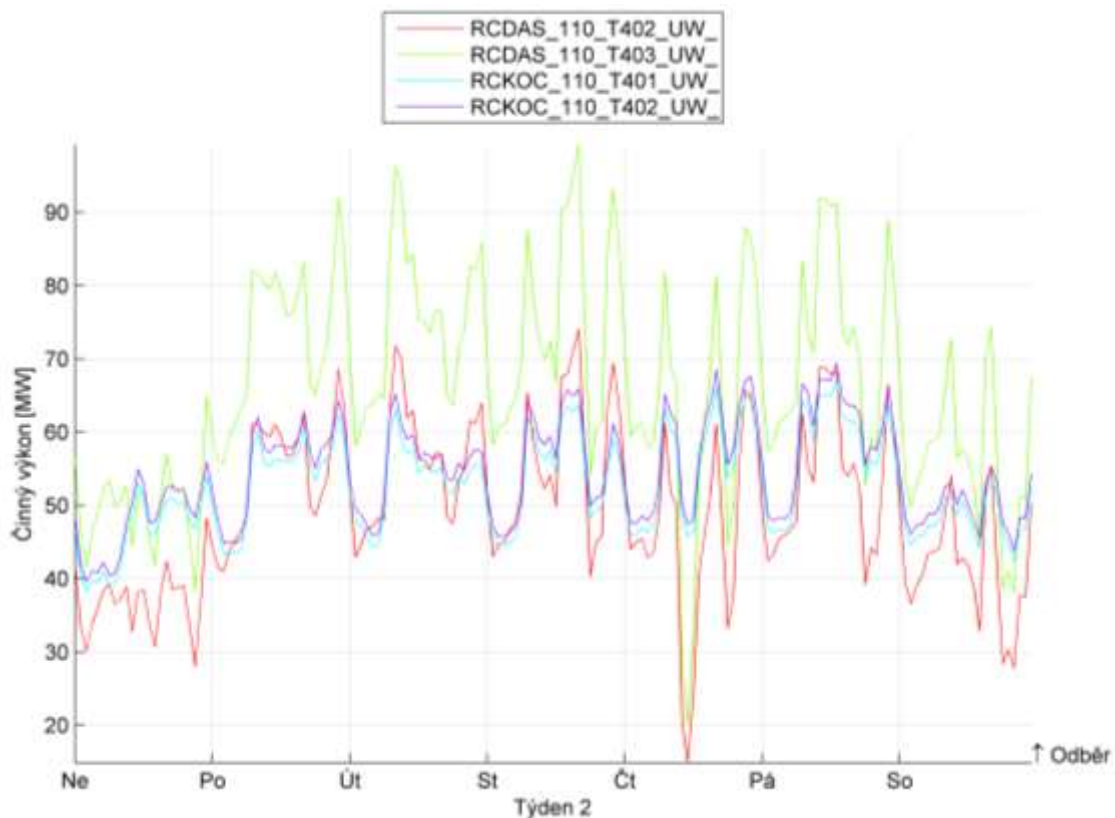
V grafu (Graf 6.1), je znázorněn celoroční průběh jalového výkonu transformátorů DAS T402, DAS T403, KOC T401 a KOC T402. V měsících únor, srpen, září a listopad můžeme vidět, že transformátorem DAS T402 a DAS T403 protéká stejně velký jalový výkon, ale opačného charakteru. V tomto případě se jedná o poruchu řízení automatiky nastavení odboček transformátorů. Nastane-li situace, kdy na dvou paralelně běžících transformátorech je nastavená různá odbočka, má to za následek, že jedním transformátorem teče jalový výkon induktivního charakteru (DAS T402) a druhým transformátorem (DAS T403) se ten samý jalový výkon vrací, ale s opačným charakterem. Automatika by takovou situaci měla rozpoznat a nastavit transformátory na stejnou odbočku. Z výše uvedeného grafu můžeme vidět, že automatika nastavení odboček transformátorů v rozvodně Dasný nefunguje zcela správně. Dále by můstkové zapojení transformátorů v rozvodně Dasný a Kočín mělo mít společnou regulaci všech čtyř transformátorů. V současné době tomu tak není. Transformátory KOC T401 a KOC T402 jsou regulovány manuálně na určitou odbočku podle výroby v JE Temelín. Tato elektrárna má velký vliv na napětí v rozvodně Kočín.



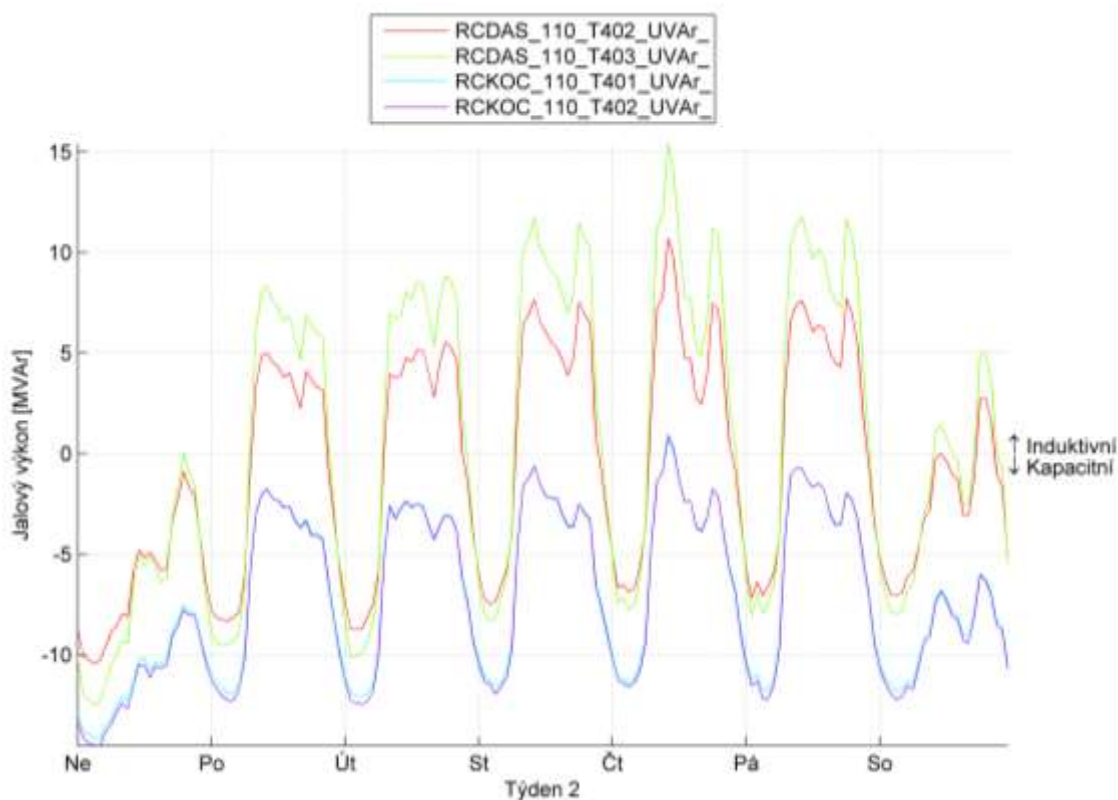
Graf 6.2: Průběh činného výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 17. 6. - 23. 6. 2012.



Graf 6.3: Průběh jalového výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 17. 6. - 23. 6. 2012.



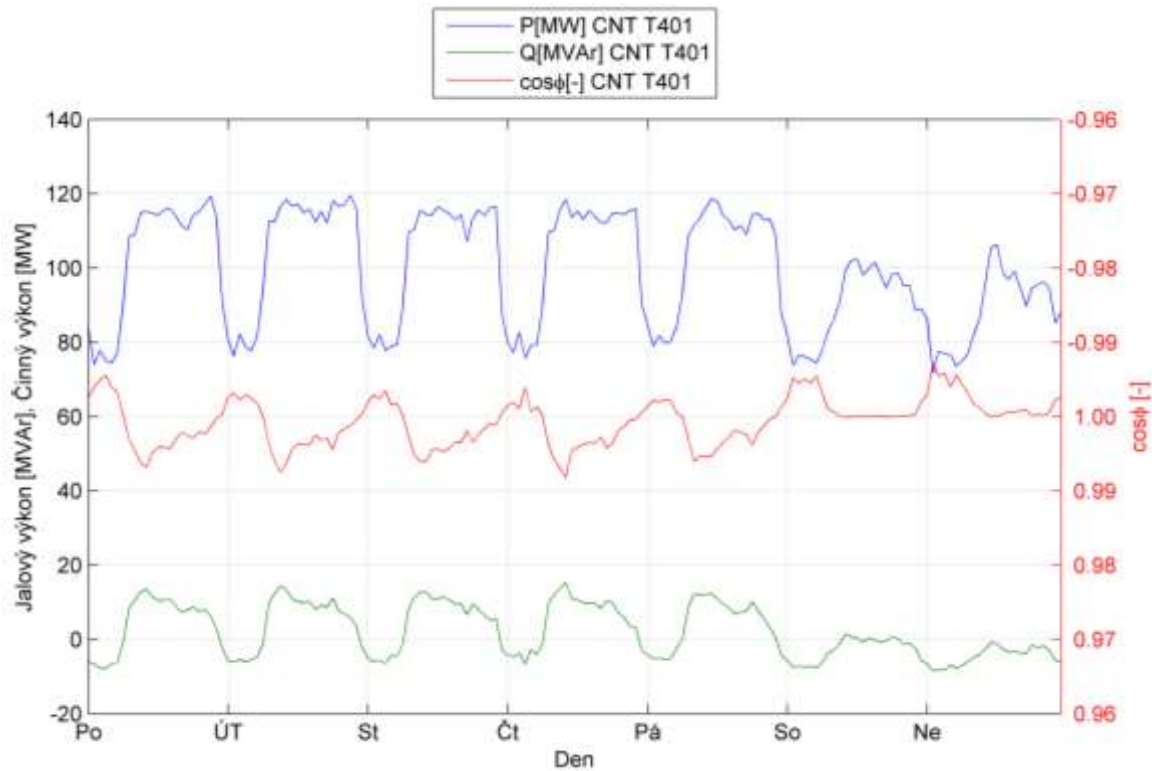
Graf 6.4: Průběh činného výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 8. 1. - 14. 1. 2012.



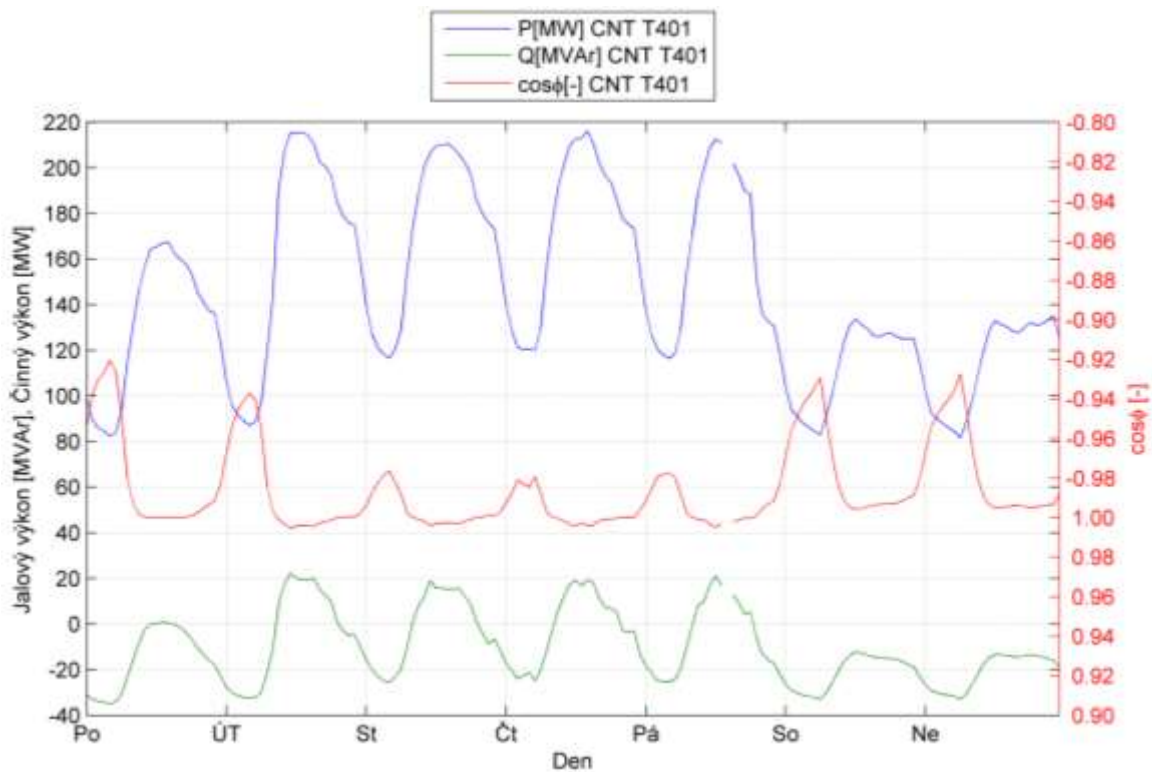
Graf 6.5: Průběh jalového výkonu transformátorů 400/110kV Dasný a Kočín – 8. 1. - 14. 1. 2012.

6.1.2 Čebín CNT T401, T402

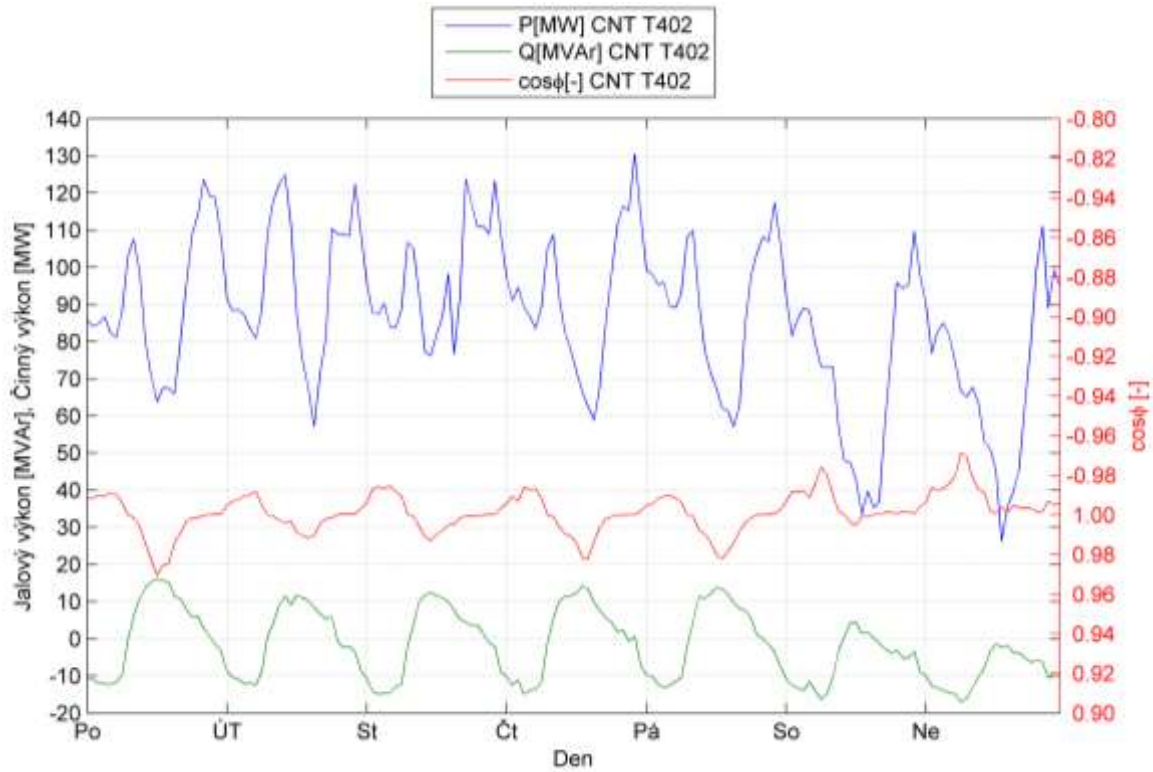
Transformátory 400/110kV CNT T401 (350MVA) a CNT T402 (350MVA) umístěné v rozvodně Čebín pracují odděleně. Pro popis budou vyhodnoceny každý zvlášť.



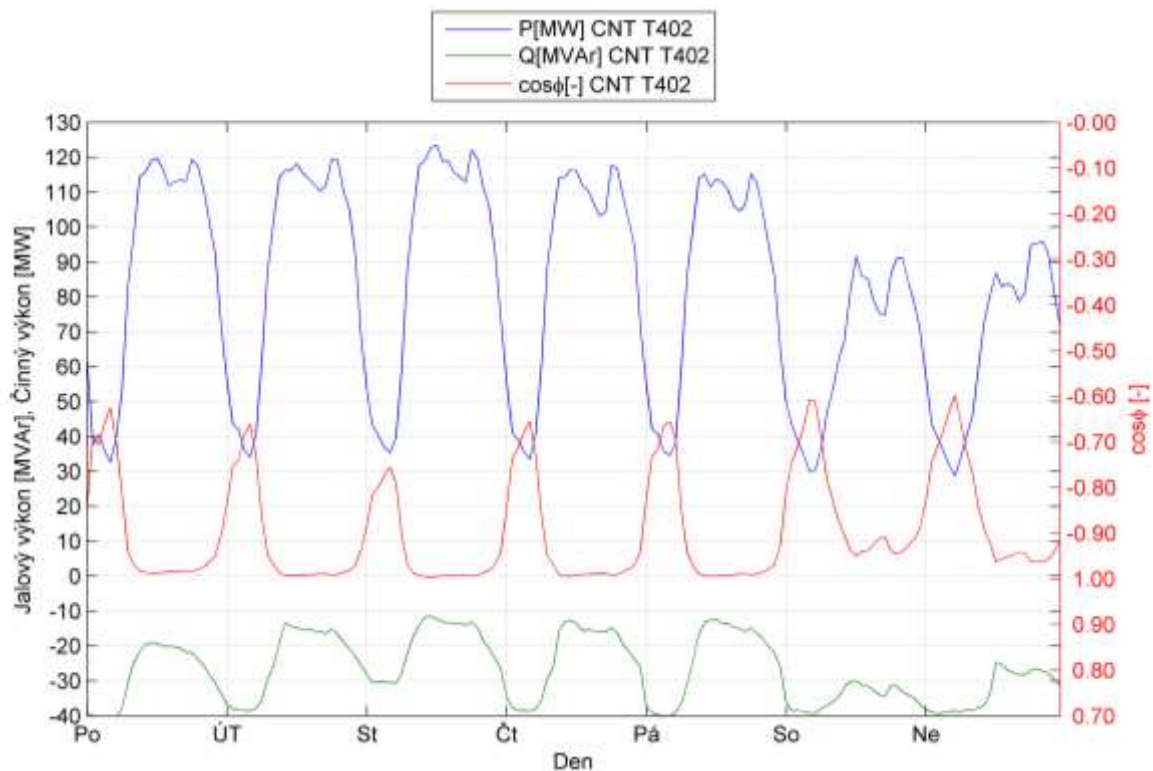
Graf 6.6: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T401 – ranní a víkendový přetok Q .



Graf 6.7: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T401 – převážně trvalý přetok Q .



Graf 6.8: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T402 – ranní a víkendový přetok Q.



Graf 6.9: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku CNT T401 – trvalý přetok Q.

6.1.3 Zhodnocení

Rozvodna Dasný a Kočín:

K přetokům činného výkonu do přenosové soustavy dochází pouze v poledních hodinách, a to pouze v letních měsících, což je v přímé souvislosti s provozem fotovoltaických elektráren. K přetokům jalového výkonu dochází v rozmezí od -20MVA_r do 10MVA_r za předpokladu správné regulace odboček na transformátoru, jak je popsáno výše. K přetokům jalového výkonu dochází ve všední den převážně v nočních hodinách v rozmezí 23:00 do 6:30 a o víkendu téměř trvale, což je způsobeno nízkým odběrem činného výkonu. To je vidět na grafech (Graf 6.2, Graf 6.3, Graf 6.4 a Graf 6.5)

Rozvodna Čebín:

Přetok činného výkonu do přenosové soustavy nebyl v roce 2013 zaznamenán. Dochází zde ale k velkým přetokům jalového výkonu v rozsahu -45MVA_r až 40MVA_r. K dodávce jalového výkonu dochází především v nočních hodinách, jak je vidět z grafů (Graf 6.6 a Graf 6.8). Jde o přetoky jalového výkonu v souvislosti s nízkým odběrem činného výkonu. Tento stav může být také způsoben poruchou kompenzačního zařízení, dále při výrobě elektřiny od zdrojů s nastaveným kapacitním účínkem, nebo se jedná o kapacitní výkon interní elektroinstalace velkých fotovoltaických elektráren, které mají velké množství kabelového vedení 22kV, a tudíž v noci, kdy FVE nevyrábí energii, dodávají jalový výkon. Nastávají zde i situace, kdy dodávka jalového výkonu je v průběhu dne převážně trvalá nebo trvalá, jak je vidět z grafů (Graf 6.7 a Graf 6.9). To je způsobeno napájením blízkého města Brna, kde prakticky není žádné jiné vedení 22kV než kabelové.

6.2 Uzlová oblast 220/110kV Tábor

Uzlová oblast 220/110kV Tábor je vybavena jedním transformátorem 220/110kV o výkonu 200MVA s označením (T201) a celkem čtrnácti transformátory 110/23kV. Z těchto čtrnácti transformátorů je 8 distribučních, 4 pro napájení českých drah (trakce) a 2 odběratelské.

Standardní zapojení sítě 110kV v oblasti Tábor, jak je zobrazeno na Obr. 6.1, je provozováno v bezporuchovém stavu distribuční soustavy. Během roku nastávají situace, kdy je nutné části sítě 110kV z důvodu plánovaných prací na zařízení provozovat v zapojení, která neodpovídají standardnímu zapojení. Identifikace nestandardních zapojení z naměřených dat v jednotlivých uzlech sítě je možná na základě zákona zachování energie podle vzorce:

$$P_{T201} = \sum P_{110kV} + \sum P_{110/22kV} (W; W; W) \quad (6.1)$$

Pokud tento vztah neplatí, vzniká v soustavě odchylka výkonu:

$$\Delta P = P_{T201} - \sum P_{110kV} - \sum P_{110/22kV} (W; W; W; W) \quad (6.2)$$

Tato odchylka signalizuje nestandardní zapojení sítě 110kV, jak je vidět na grafu (Graf 6.10 a Graf 6.11) a proto bude provoz v tomto nestandardním zapojení vyjmut z další analýzy. Ve standardním zapojení je uzlová oblast T201 Tábor čistě odběrová s odebíraným činným výkonem cca 15-95MW.

Tab. 6.2: Charakter sítě 22kV.

Rozvodna	Transformátor	Převládající charakter sítě
TAB	T101	Venkovní
TAB	T102	Kabelová
PAC	T101	Venkovní
PAC	T102	Venkovní
PLA	T103	Kabelová
PLA	T104	Kabelová
VES	T101	Venkovní
VES	T102	Venkovní

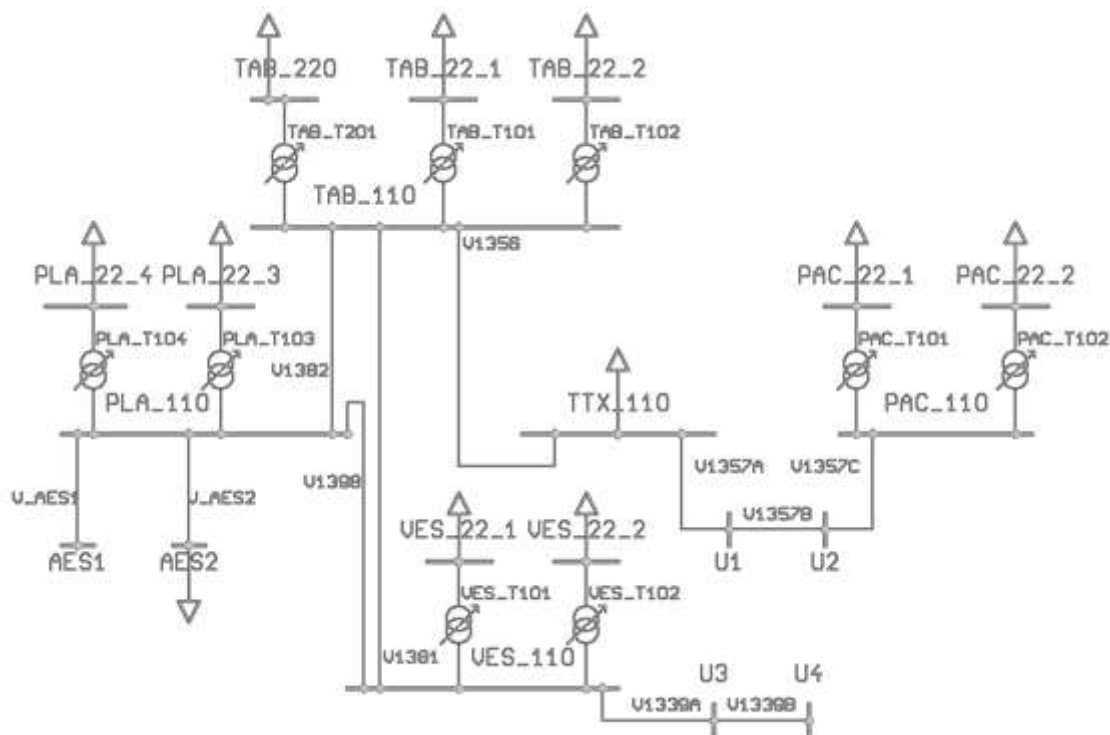
Analýzu oblasti Tábor autor práce řeší pro 3 stavy:

S1) Minimální odběr činného výkonu - letní týden v datu 13.6. - 19. 6. 2012.

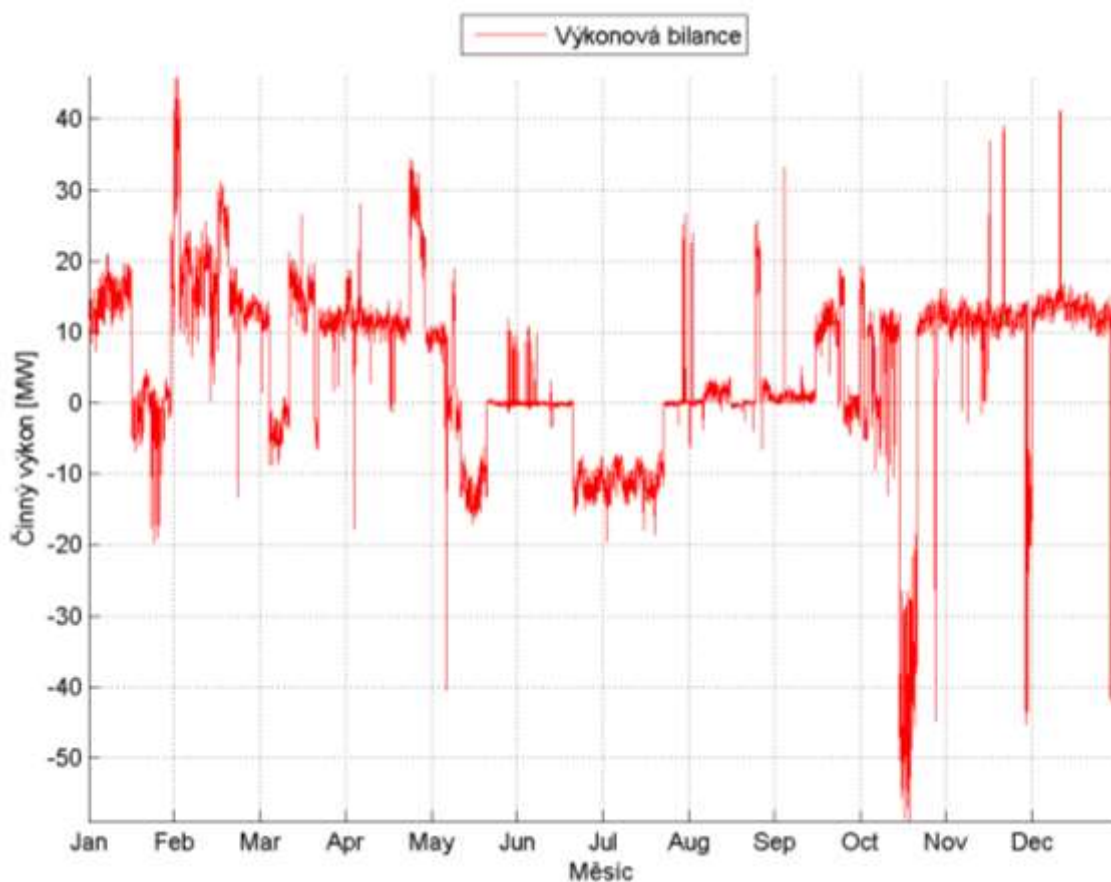
S2) Maximální odběr činného výkonu - zimní týden v datu 2.12. - 8. 12. 2012

S3) Největší přetok jalového výkonu - nastal v datu 22. 12. - 28. 12. 2012.

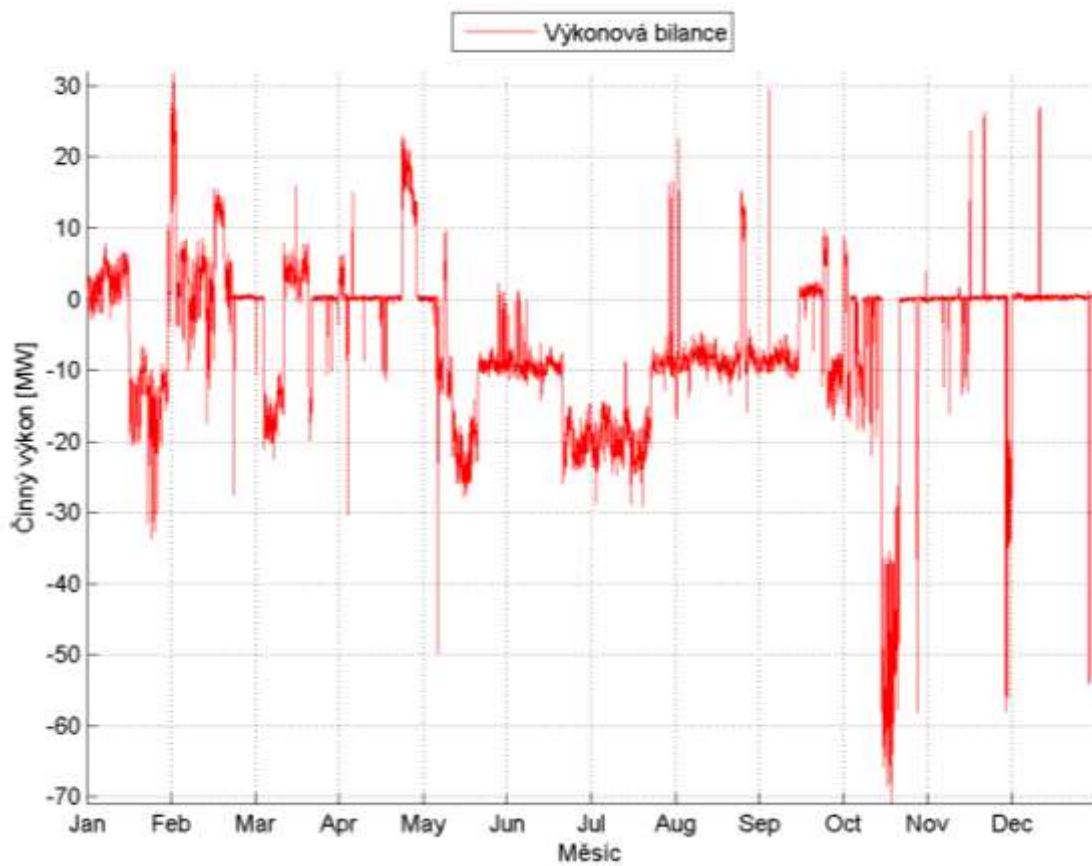
Pro výběr letního týdne byla rozvodna Pacov napájena z transformovny 400/110kV Mírovka. Proto bylo zapotřebí v letních měsících neuvažovat v analýze s transformovnou Pacov.



Obr. 6.1: Standardní zapojení sítě 110kV oblasti Tábor T201.



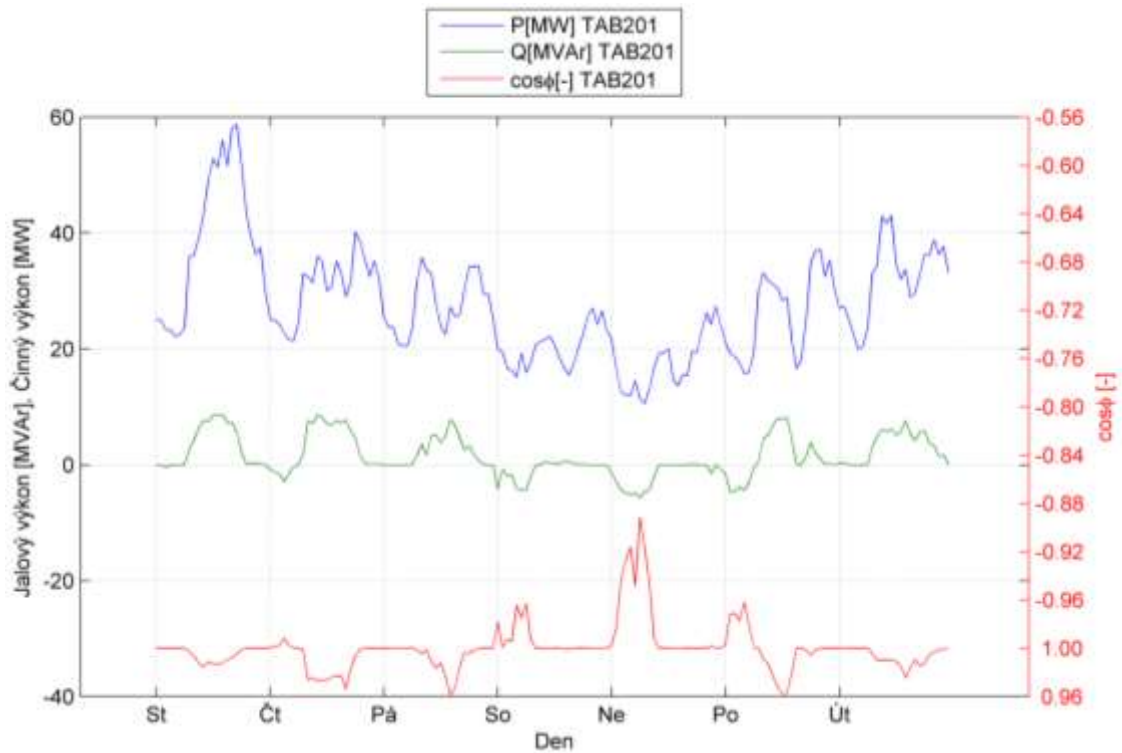
Graf 6.10: Odchylka činného výkonu T201 Tábor v průběhu roku 2012 bez stanice Pacov.



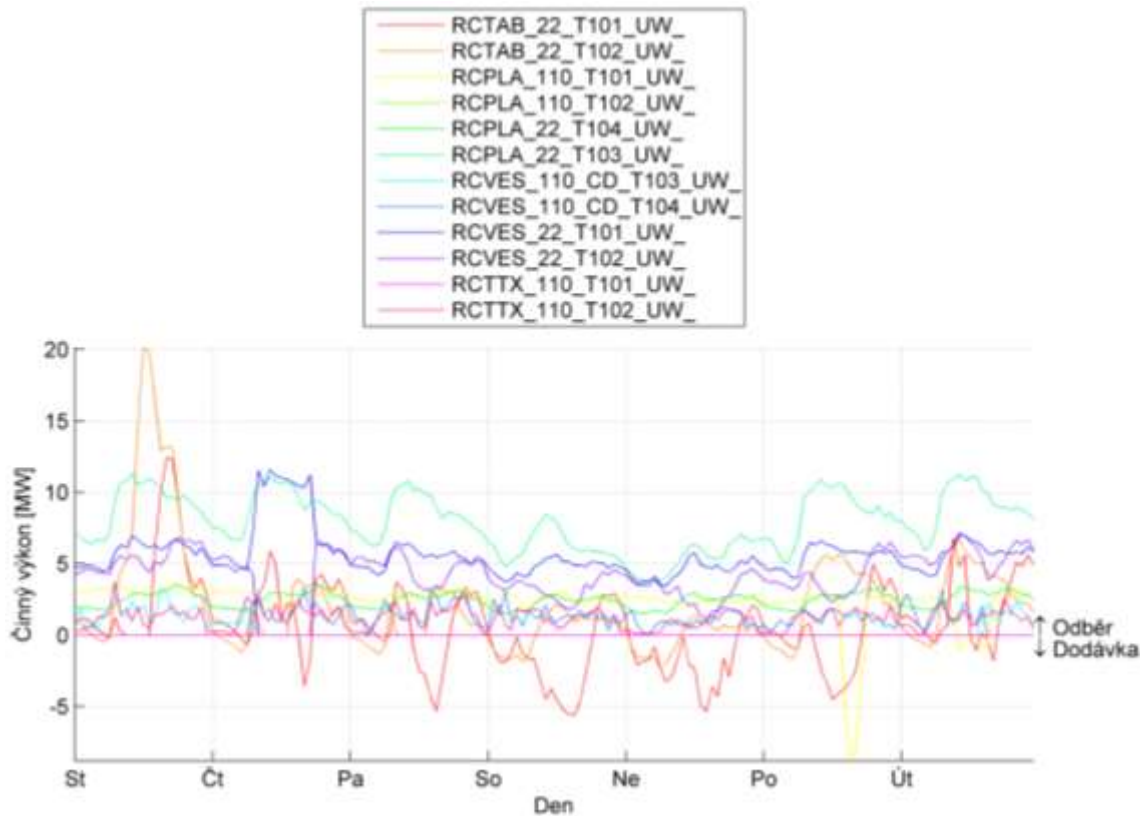
Graf 6.11: Odchylka činného výkonu T201 Tábor v průběhu roku 2012.

6.2.1 Letní zatížení (stav S1)

Typický týden letního zatížení je popsán v datu 13. 6. - 19. 6. 2012.



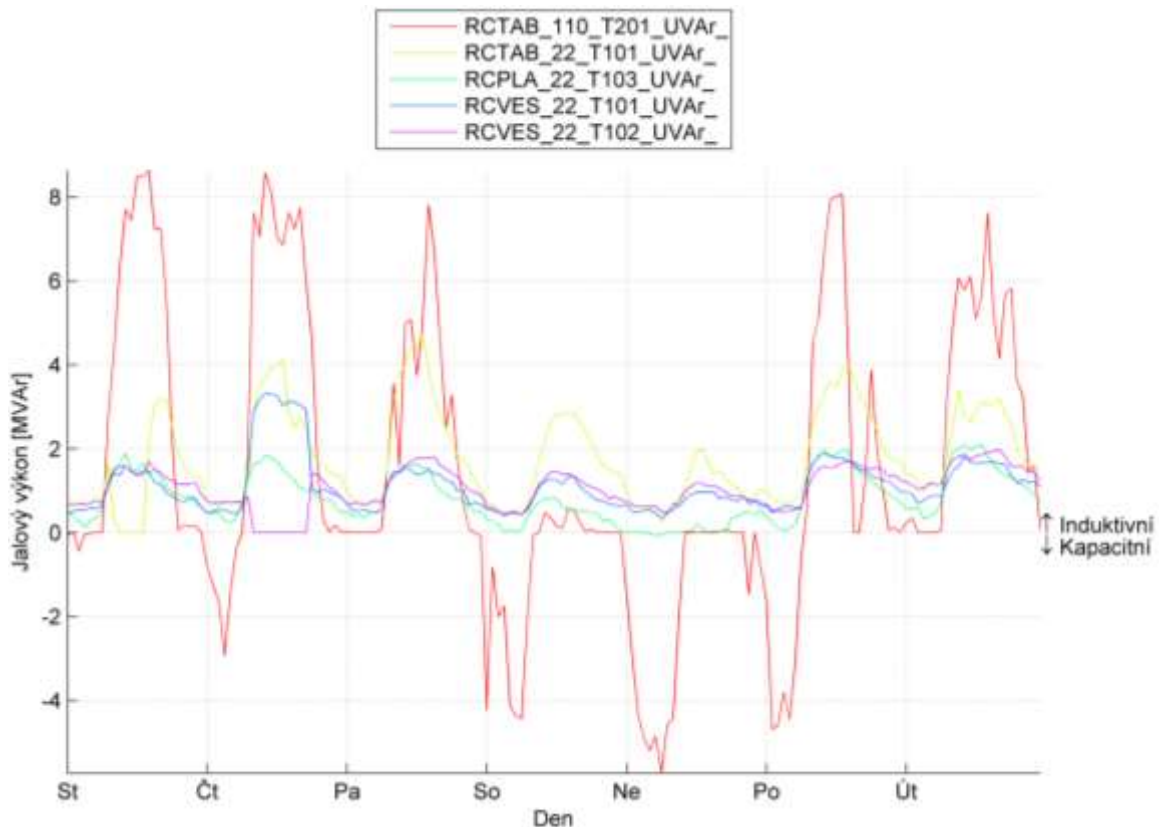
Graf 6.12: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T201 Tábor- letní období.



Graf 6.13: Průběh činného výkonu odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV – letní zatížení.

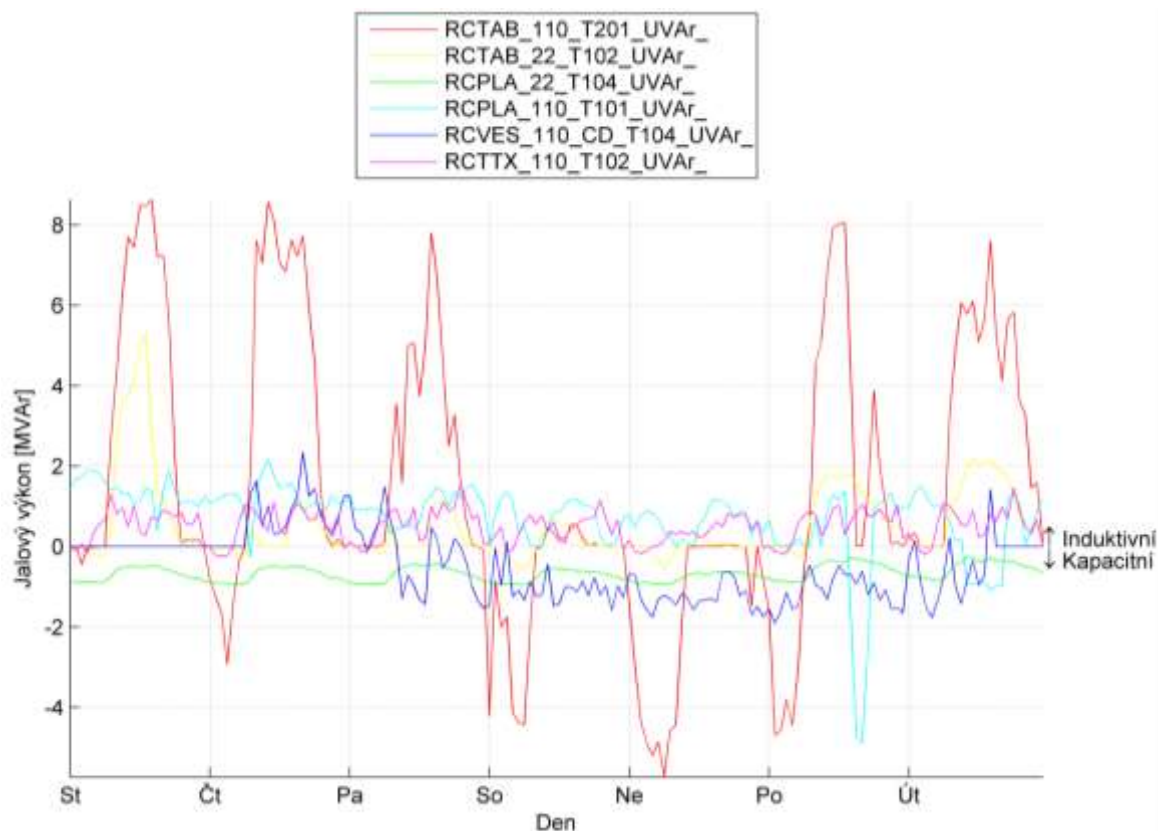
Ze všech transformátorů 110/22kV jsou v letním zatížení výkonově přebytečné transformátory TAB T101, TAB T102 díky velkému množství vnořených fotovoltaických elektráren a teplárně Tábor. Dále PLA T101, kde dochází k výrobě energie v závodní elektrárně.

Induktivně se v letním zatížení chovají veškeré sítě 22kV napájející převážně venkovní síť 22kV, TAB T101, VES T101, VES T102. Charakter venkovního vedení 22kV, je popsán v grafu (Graf 4.2). Přestože síť 22kV TAB T101 je v letním zatížení z hlediska činného výkonu často přebytečná, z hlediska jalového výkonu si stále udržuje induktivní odběrový charakter. Síť 22kV PAC T101 a PAC T102 nejsou v grafu (Graf 6.14) zohledněny, z důvodů přepojení na uzlovou oblast 110kV Mírovka.

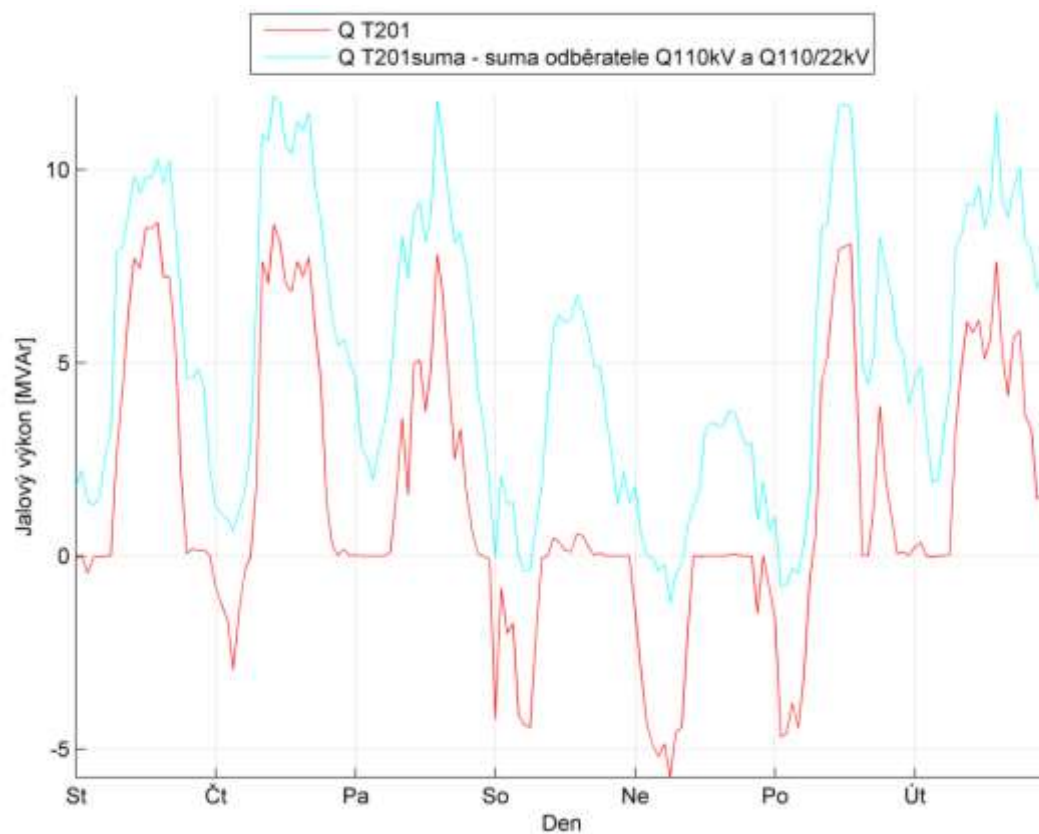


Graf 6.14: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV s nepřetržitým induktivním odběrem – letní zatížení.

V letním zatížení oblasti Tábor, transformátor TAB T201, i přes časté změny toků činného výkonu zůstávají toky jalových výkonů v pracovní dny mimo víkendy a ranní hodiny v induktivním charakteru. V ranních hodinách nízkého odběru činného výkonu, prakticky v období 1:00 - 5:00 a po většinu víkendu se tyto sítě stávají z důvodu převládající kapacity kabelových vedení, dle grafu (Graf 4.2), zdrojem jalové energie kapacitního charakteru. Síť PLA T104 tvořena kabelovým vedením má kapacitní charakter po celou dobu týdne díky nízkému odběru činného výkonu. Kapacitní charakter většinu času vykazuje odběratel České dráhy (VES T104 ČD). Odběratele PLA T101 AES má kapacitní charakter z důvodu nastavení kapacitního účinníku závodní elektrárny, jak je znázorněno v grafu (Graf 6.15).



Graf 6.15: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelé 110kV a transformátory 110/22kV s kolísavým induktivně-kapacitním odběrem – letní zatížení.

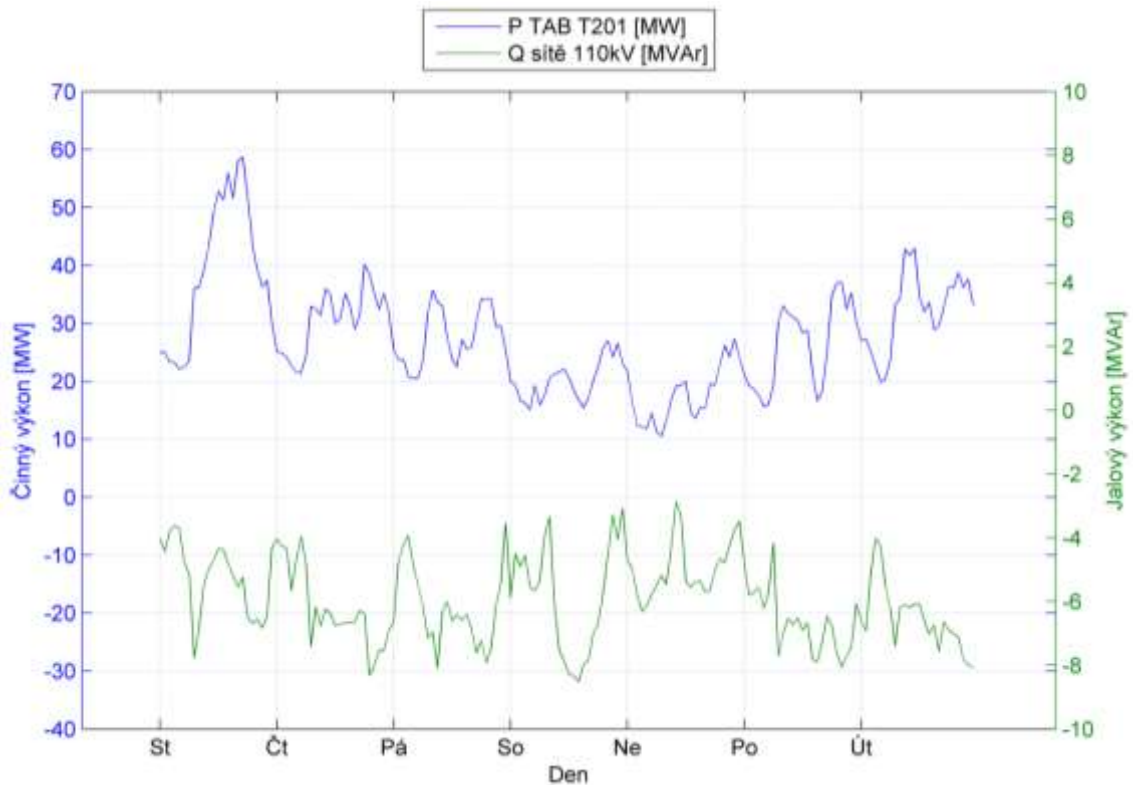


Graf 6.16: Průběh jalového výkonu T201 Tábor a sumy odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV – letní zatížení.

Součtem jalových výkonů ve všech napájených místech ze sítě 110kV (lze vidět v grafu Graf 6.16 Q T201suma), dojdeme ke skutečnosti, že odběr ze sítě 110kV je v 95% času induktivního charakteru. Jalový výkon kapacitního charakteru měřený na svorkách 110kV, transformátoru T201, je způsoben kapacitním charakterem sítě 110kV. Tuto skutečnost popisuje graf (Graf 6.17), kde $Q_{sítě110kV}$ je:

$$Q_{sítě110kV} = Q_{T201} - \sum Q_{T201suma} (VAr; VAr; VAr) \quad (6.3)$$

Z téhož grafu je patrné, že síť 110kV v letním období, oblasti Tábor, má trvalý kapacitní charakter. Z toho plyne, že síť 110kV, je v letním období provozována pod svým přirozeným výkonem.

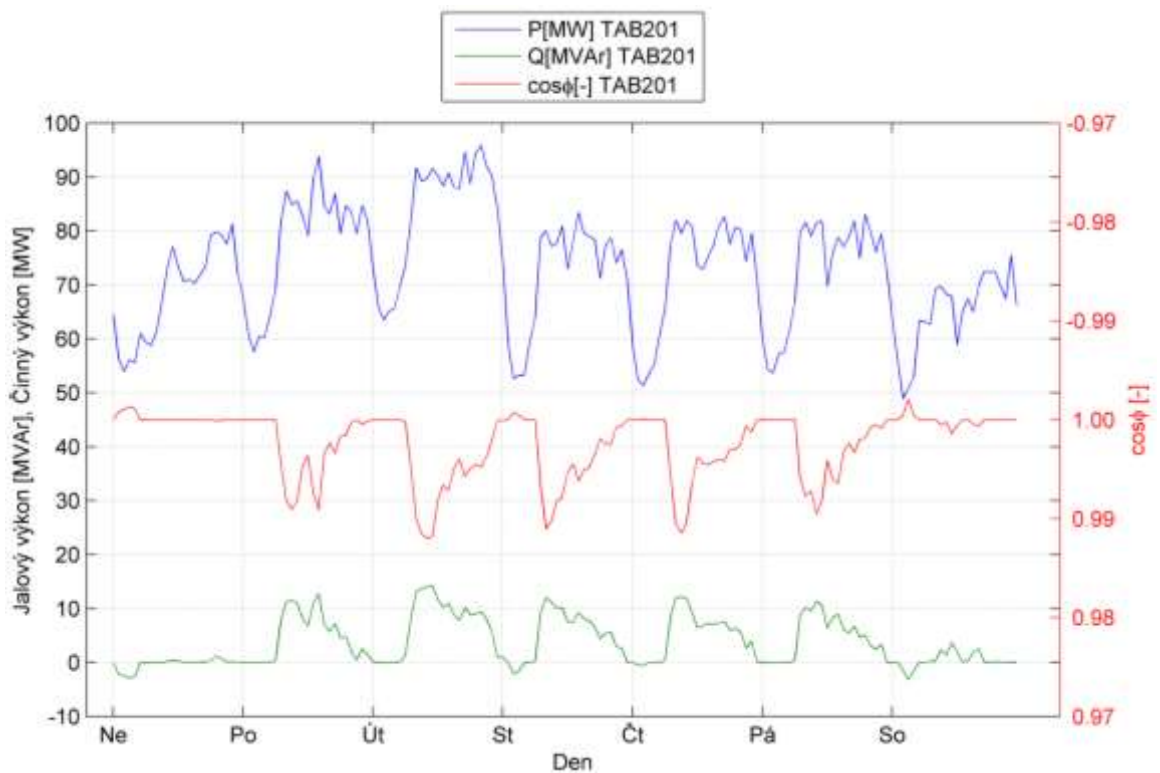


Graf 6.17: Odebíraný činný výkon transformátoru T201 a charakter sítě 110kV – letní zatížení.

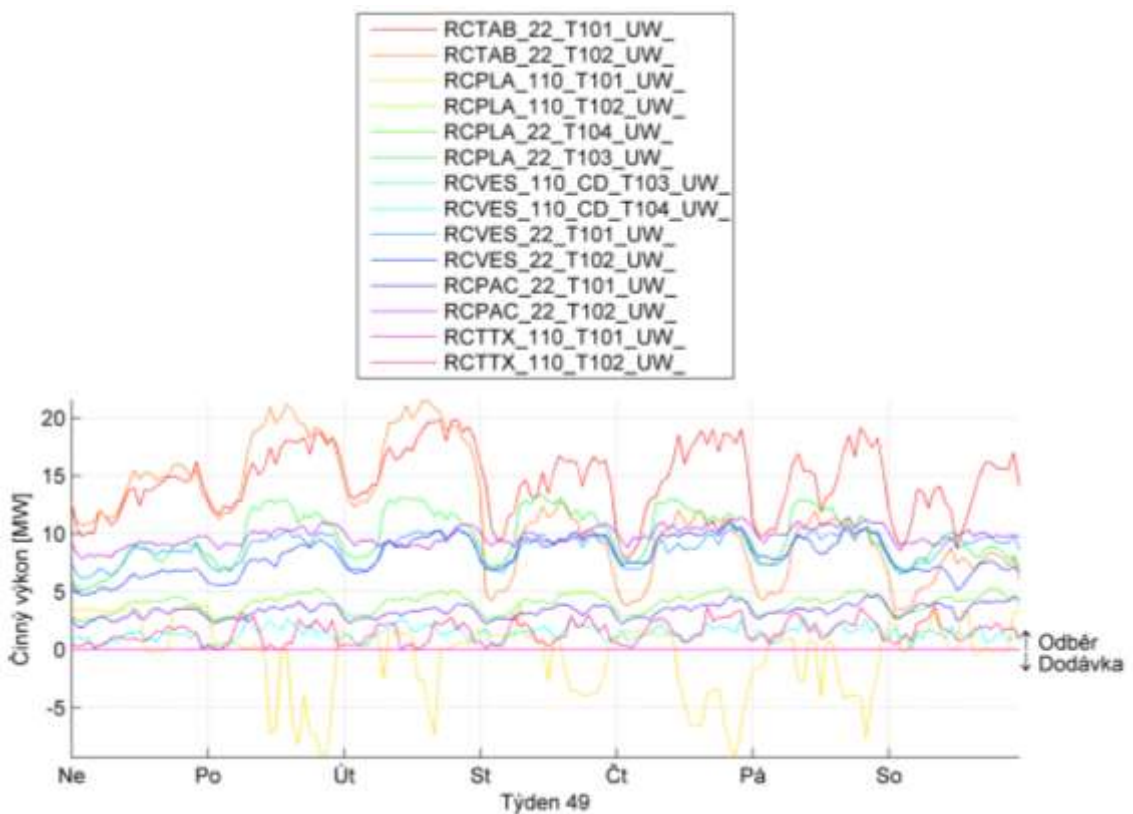
Letní zatížení činným výkonem oblasti Tábor je cca 62% zimního zatížení.

6.2.2 Zimní zatížení (stav S2)

Typický týden zimního zatížení je popsán v datu 2. 12. - 8. 12. 2012.

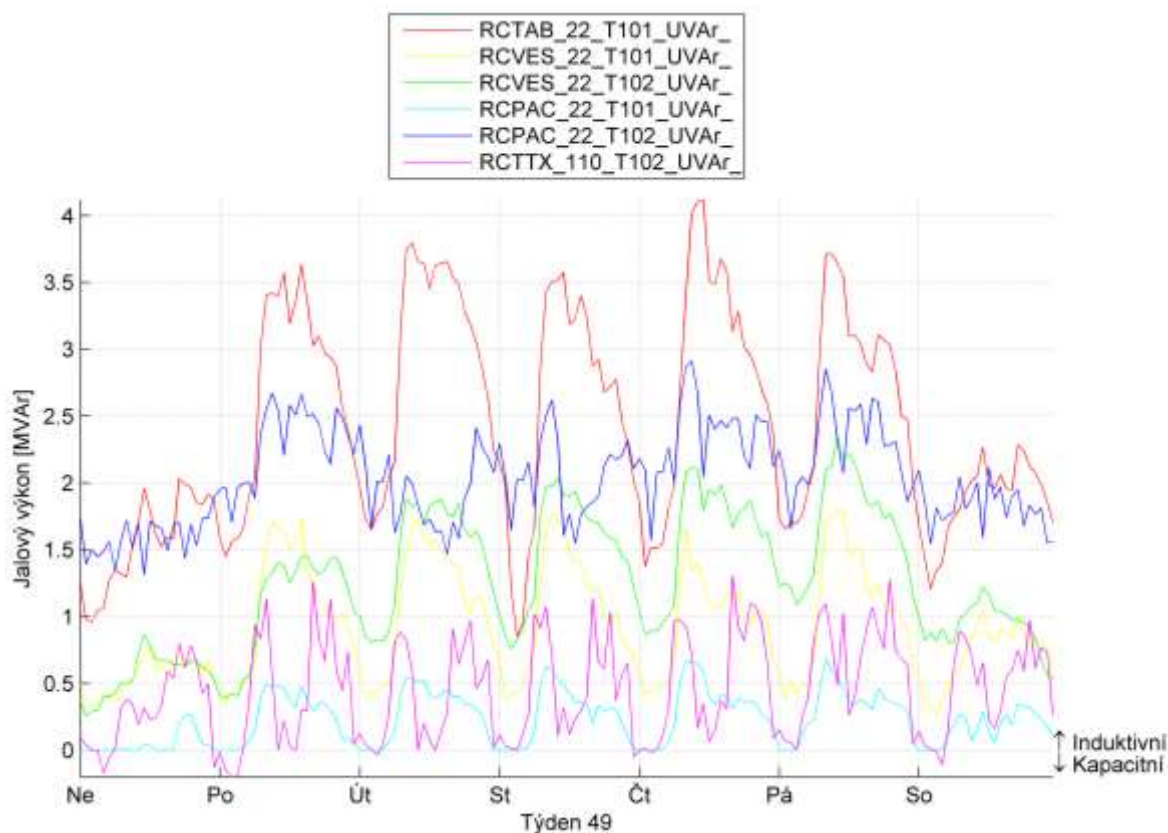


Graf 6.18: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T201 Tábor- zimní období.



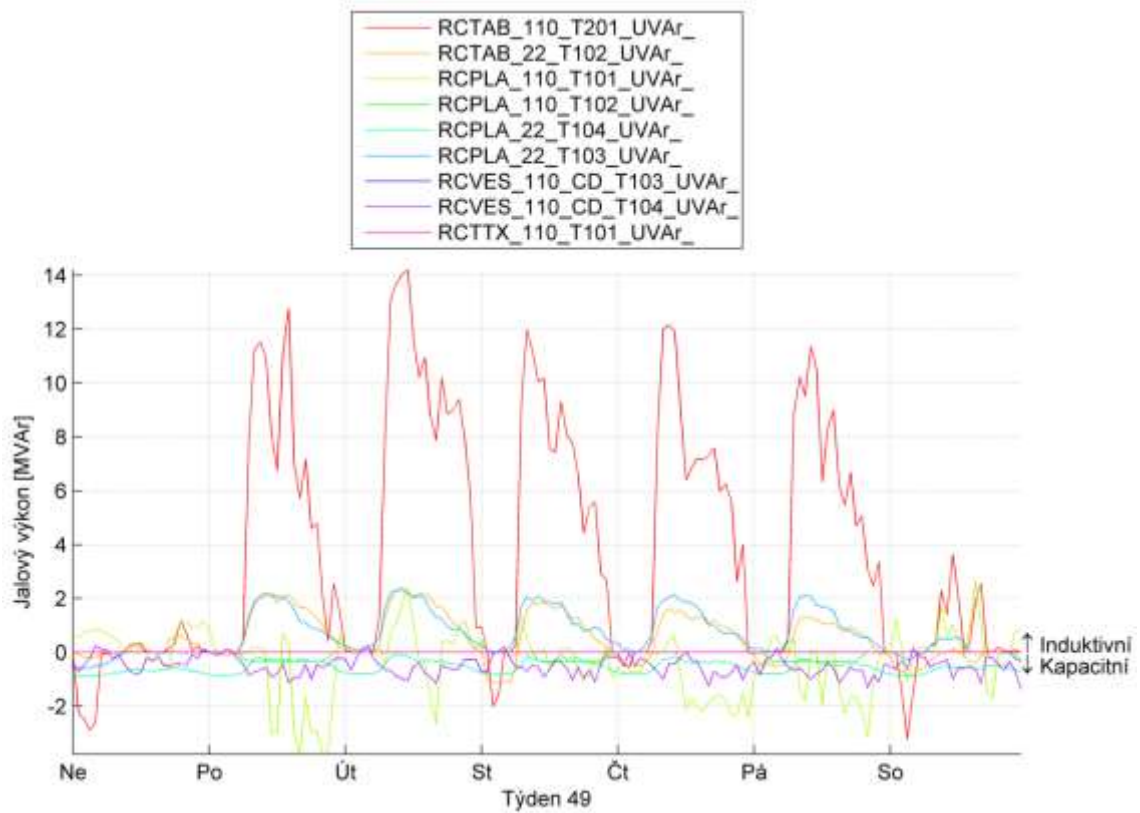
Graf 6.19: Průběh činného výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV – zimní zatížení.

V zimním období, v čase vyšších požadavků na odebranou elektrickou energii, je jediný transformátor 110/22kV, T101 AES Planá, výkonově přebytečný, jak je vidět v grafu (Graf 6.19), z důvodů výroby energie v závodní elektrárně.

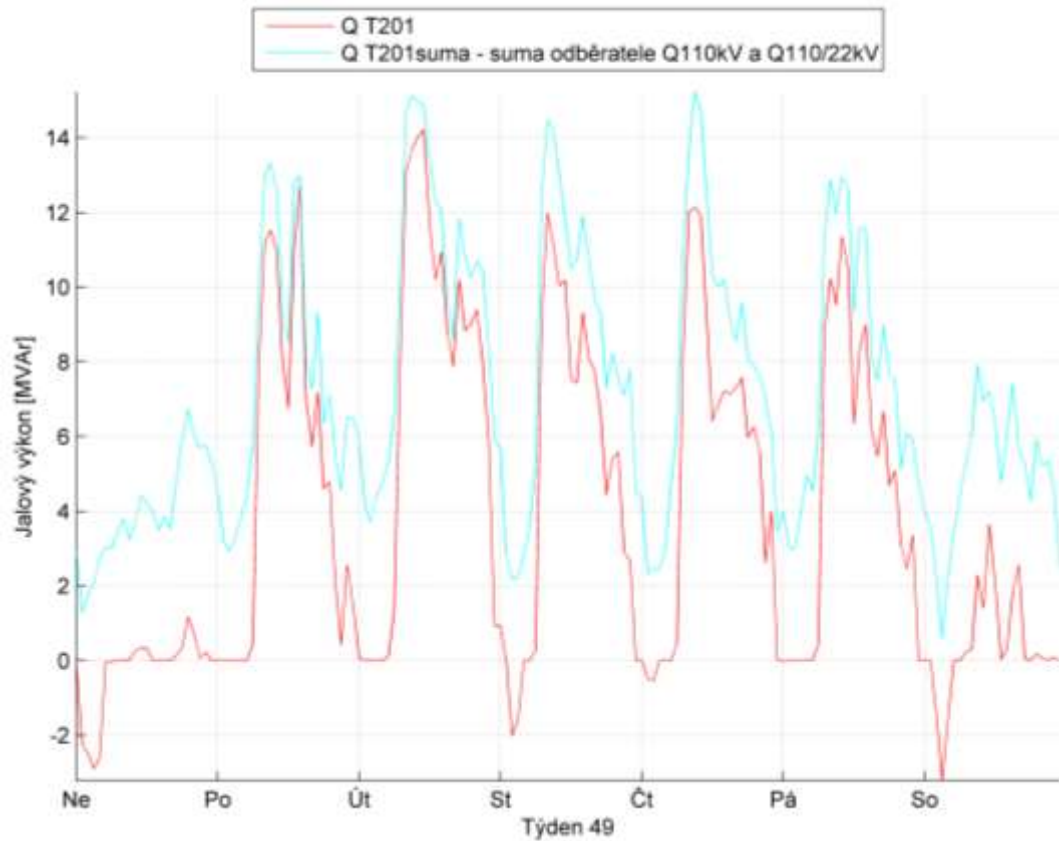


Graf 6.20: Průběh jalového výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV s nepřetržitým induktivním odběrem – zimní období.

Induktivně se chovají v zimním zatížení veškeré sítě 22kV napájející převážně venkovní síť 22kV, TAB T101, VES T101, VES T102, PAC T101, PAC T102. Tato odchylka signalizuje nestandardní zapojení sítě 110kV, jak je vidět na grafu (Graf 6.10 a Graf 6.11) a proto bude provoz v tomto nestandardním zapojení vyjmut z další analýzy. Ve standardním zapojení je uzlová oblast T201 Tábor čistě odběrová s odebíraným činným výkonem cca 15-95MW. Odběratel České dráhy Chotoviny T102 TTX vykazuje kapacitní charakter pouze z 5% času, a to v ranních hodinách. Kabelové sítě pod zátěží jako jsou TAB T102, PLA T103, mají přes den z hlediska jalového výkonu odběrový induktivní charakter. V ranních hodinách nízkého zatížení, v čase 1:00-5:00 a po většinu víkendu se tyto sítě stávají z důvodu převládající kapacity kabelových vedení zdrojem jalové energie kapacitního charakteru. Síť PLA T104, tvořena kabelovým vedením, má kapacitní charakter po celou dobu týdne, díky nízkému odběru činného výkonu. České dráhy (VES T104 ČD) mají po většinu doby také kapacitní charakter. Odběratel PLA T101 AES má kapacitní charakter z důvodu nastavení kapacitního účinníku závodní elektrárny. V zimním zatížení induktivně-kapacitní síť 22kV PLA T103 je v letním zatížení trvale induktivní jak ukazují grafy, (Graf 6.14 a Graf 6.21).



Graf 6.21: Průběh jalového výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV s kolísavým induktivně-kapacitním odběrem – zimní období.

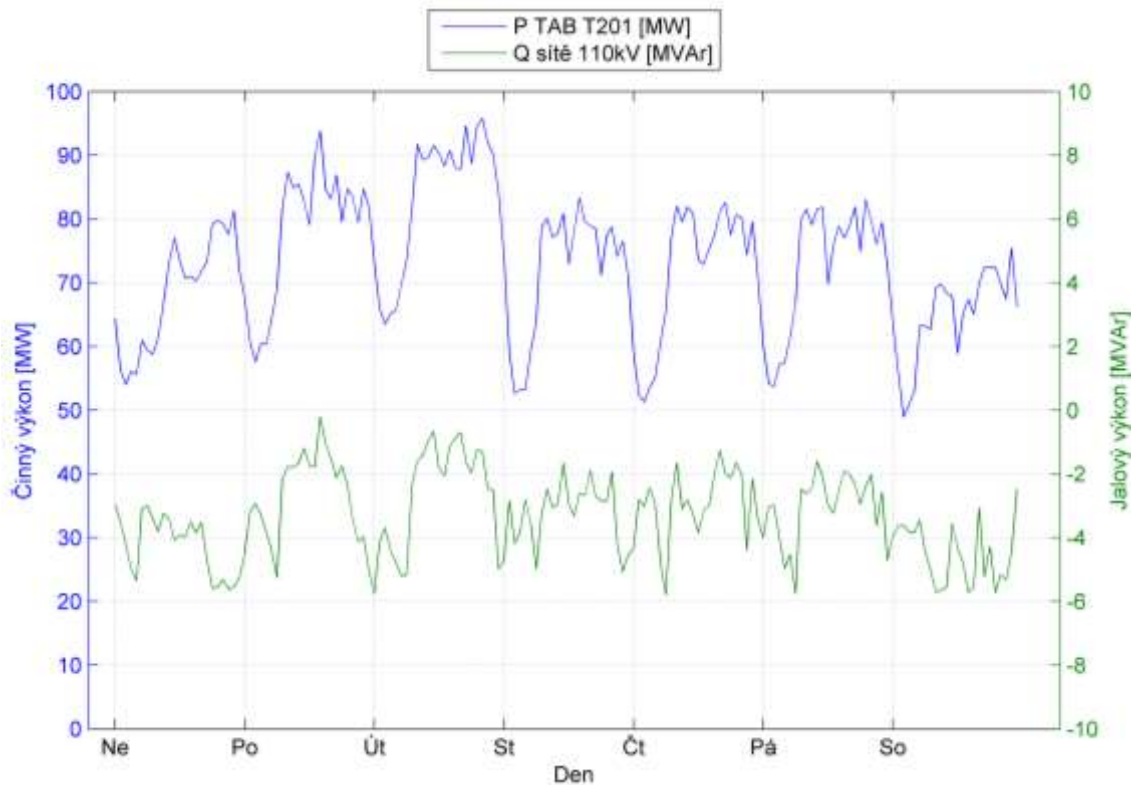


Graf 6.22: Průběh jalového výkonu T201 a sumy odběratele 110kV a transformátorů 110/22kV – zimní zatížení.

Součtem jalových výkonů ve všech napájecích místech ze sítě 110kV, (lze vidět v grafu Graf 6.22 $Q_{T201suma}$), dojdeme ke skutečnosti, že odběr ze sítě 110kV je v 100% času induktivního charakteru. Jalový výkon kapacitního charakteru měřený na svorkách 110kV transformátoru T201 je způsoben kapacitním charakterem sítě 110kV. Tuto skutečnost popisuje graf (Graf 6.23), kde $Q_{sítě110kV}$ je:

$$Q_{sítě110kV} = Q_{T201} - \sum Q_{T201suma} (VAr; VAr; VAr) \quad (6.4)$$

Z téhož grafu je patrné, že síť 110kV v zimním období oblasti Tábor má trvalý kapacitní charakter. Z toho plyne, že síť 110kV, je i v zimním období provozována pod svým přirozeným výkonem.

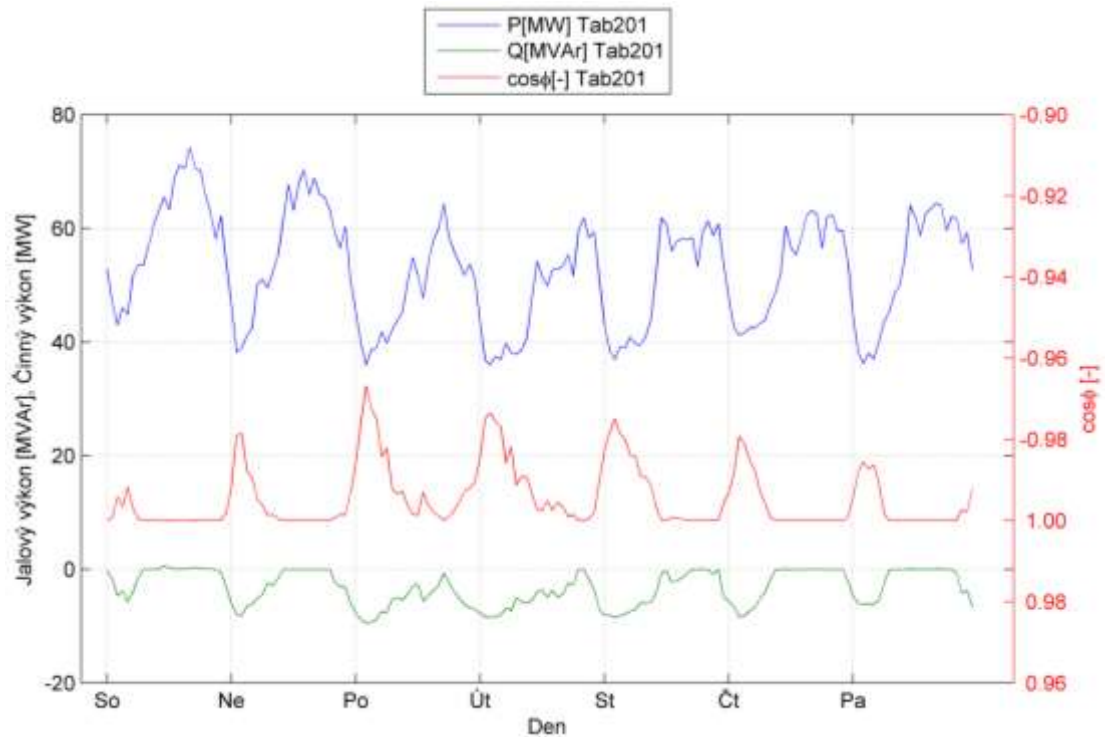


Graf 6.23: Odebíraný činný výkon transformátoru T201 a charakter sítě 110kV – zimní zatížení.

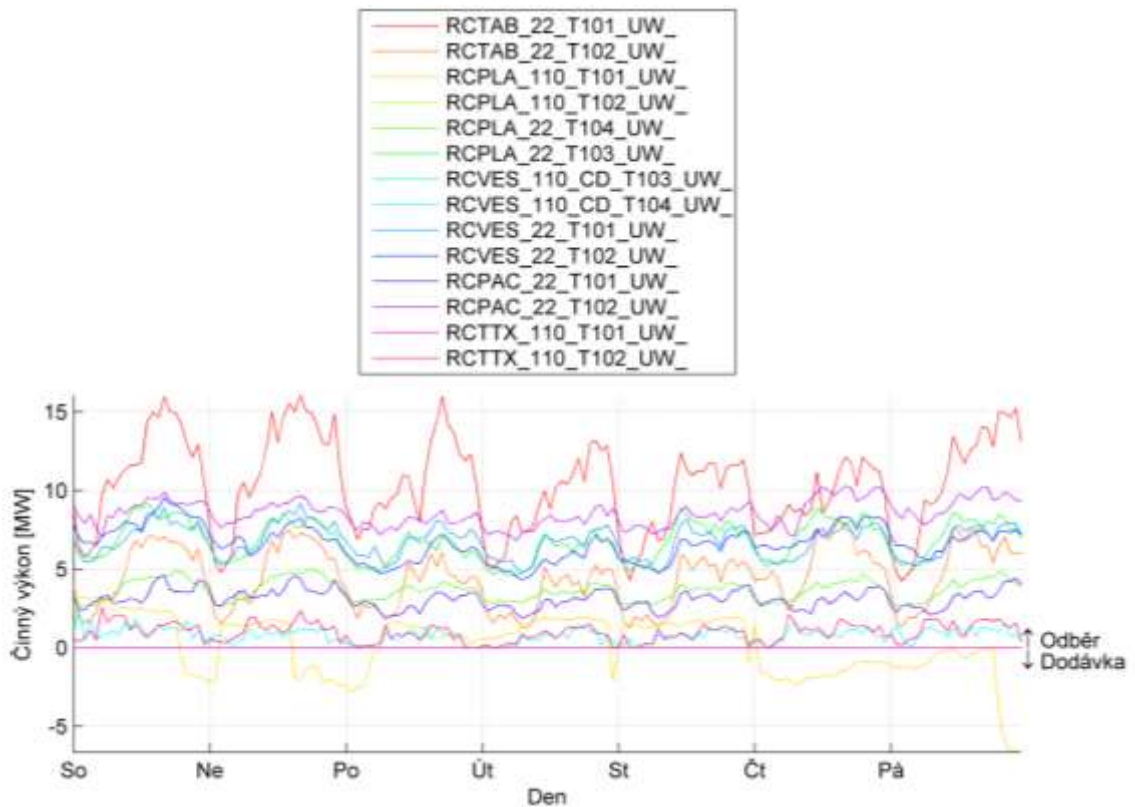
V zimním zatížení induktivně-kapacitní síť 22kV PLA T103 je v letním zatížení trvale induktivní jak ukazují grafy, (Graf 6.14 a Graf 6.21).

6.2.3 Zatížení s maximálním přetokem jalového výkonu do PS (stav S3)

Typický týden zatížení s maximálním přetokem jalového výkonu do PS je popsán v datu 22. 12. - 28. 12. 2012.

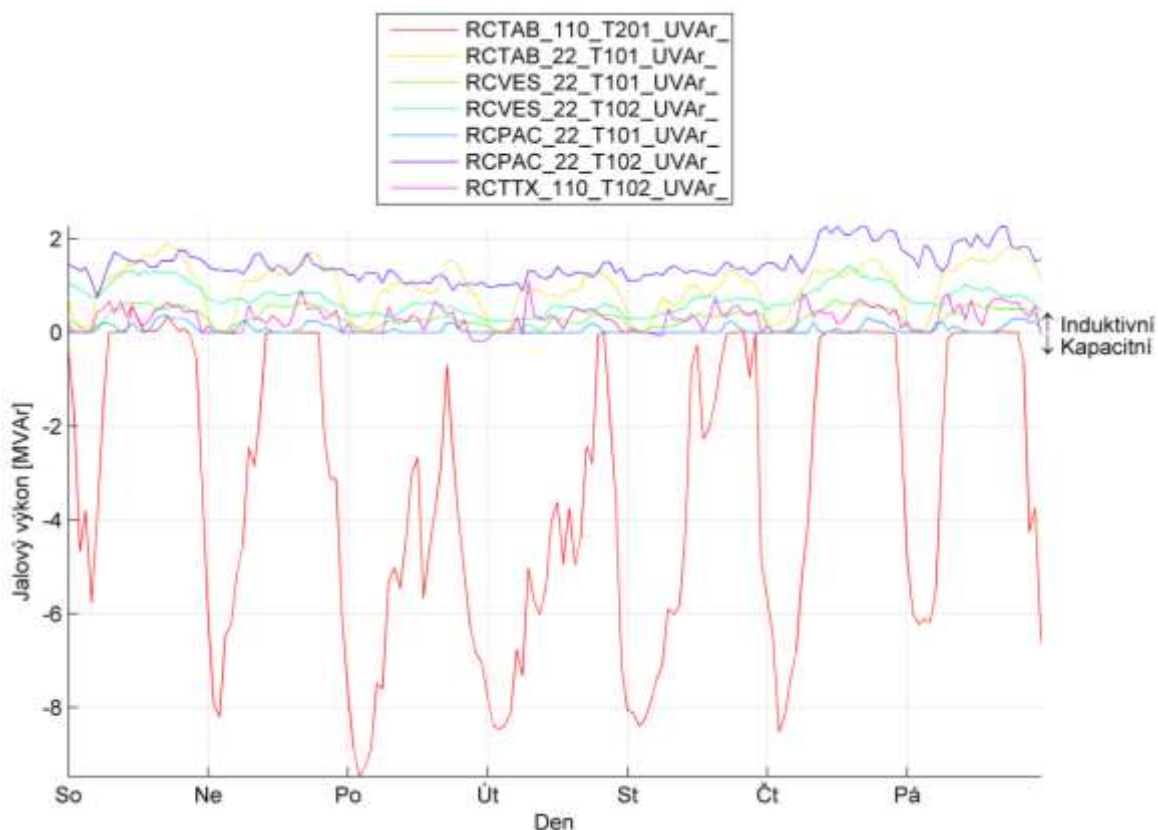


Graf 6.24: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T201 Tábor- maximální přetok Q do PS.



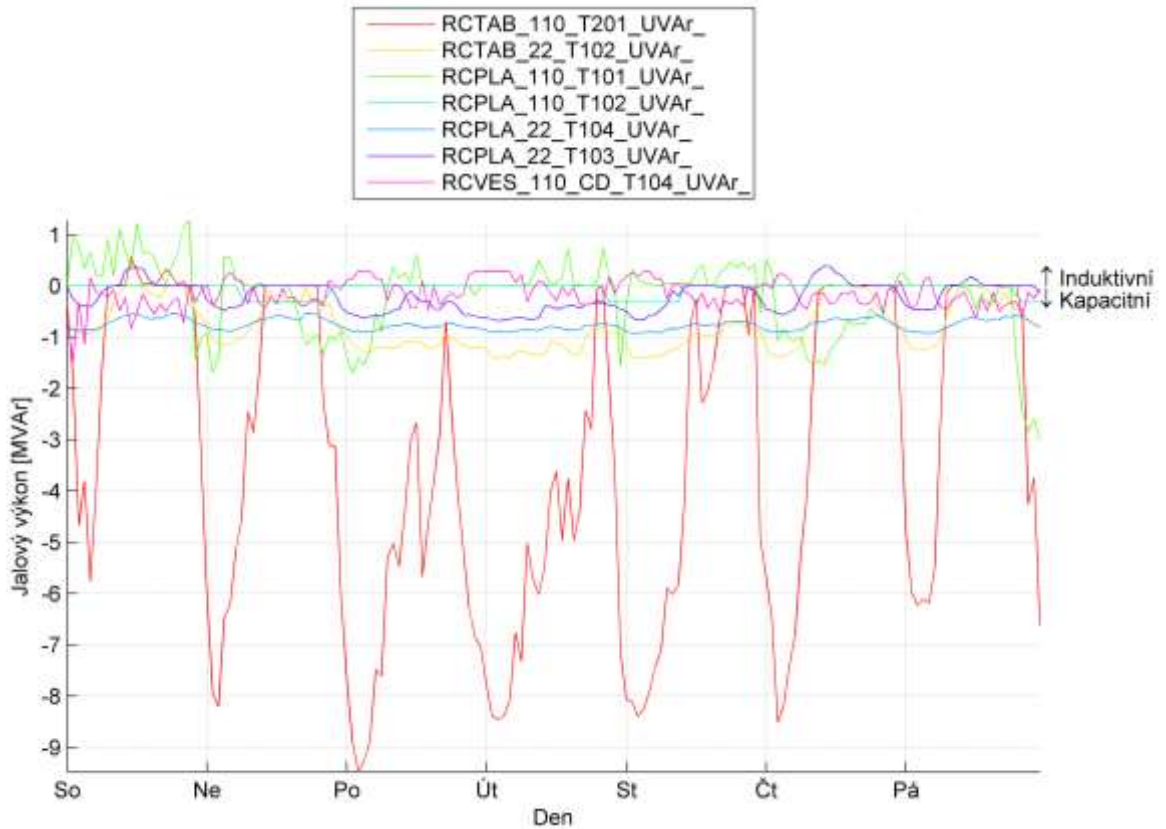
Graf 6.25: Průběh činného výkonu odběratelů 110kV a transformátory 110/22kV – maximální přetok Q do PS.

V období s maximálním přetokem jalového výkonu, v čase vyšších požadavků na odebranou elektrickou energii, je jediný transformátor 110/22kV T101 AES Planá výkonově přebytečný, jak je vidět v grafu (Graf 6.25), z důvodů výroby energie v závodní elektrárně.

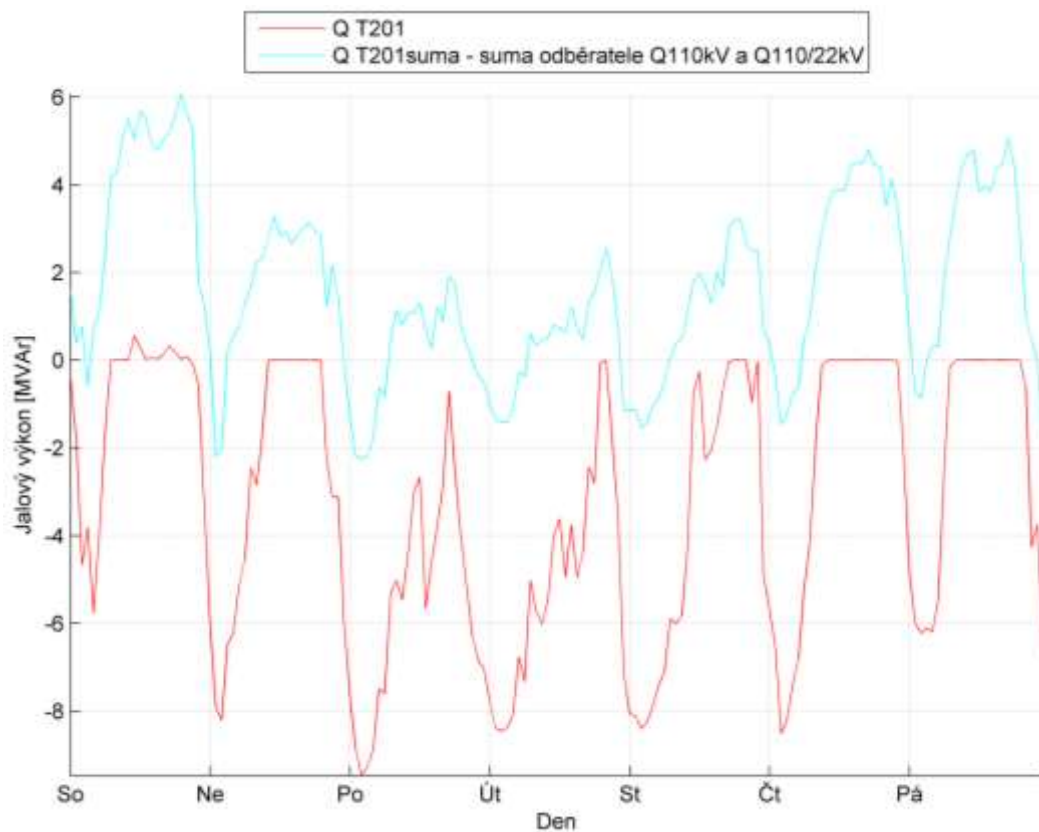


Graf 6.26: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelé 110kV a transformátory 110/22kV – maximální přetok Q do PS.

Induktivně se chovají v období s maximálním přetokem jalového výkonu veškeré sítě 22kV napájející převážně venkovní sítě 22kV, TAB T101, VES T101, VES T102, PAC T101, PAC T102. Tato odchylka signalizuje nestandardní zapojení sítě 110kV, jak je vidět na grafu (Graf 6.10 a Graf 6.11) a proto bude provoz v tomto nestandardním zapojení vyjmut z další analýzy. Ve standardním zapojení je uzlová oblast T201 Tábor čistě odběrová s odebíraným činným výkonem cca 15-95MW. Odběratel České dráhy Chotoviny T102 TTX vykazuje kapacitní charakter pouze z 5% času, a to ve večerních hodinách. Jak je možné vidět v následujícím grafu (Graf 6.27), v období maximálního přetoku jalového výkonu do přenosové sítě se kabelové sítě chovají, z hlediska jalového výkonu, kapacitně. V zimním období, kdy je větší požadavek na odebranou energii než v létě, v době největšího přetoku jalového výkonu, mají veškeré kabelové sítě kapacitní charakter. Tento jev je patrně způsoben chybějícím odebíraným jalovým výkonem výrobních závodů, který by byl při účinníku 0,95-1,00 induktivním, odebíráán. Jak již bylo zmíněno výše, odběratel České dráhy (VES T104 ČD) má po většinu doby kapacitní charakter. Odběratel PLA T101 AES má kapacitní charakter, a to z důvodu nastavení kapacitního účinníku závodní elektrárny.



Graf 6.27: Průběh jalového výkonu T201 Tábor, odběratelé 110kV a transformátory 110/22kV s kolísavým induktivně-kapacitním odběrem - maximální přetok Q do PS.

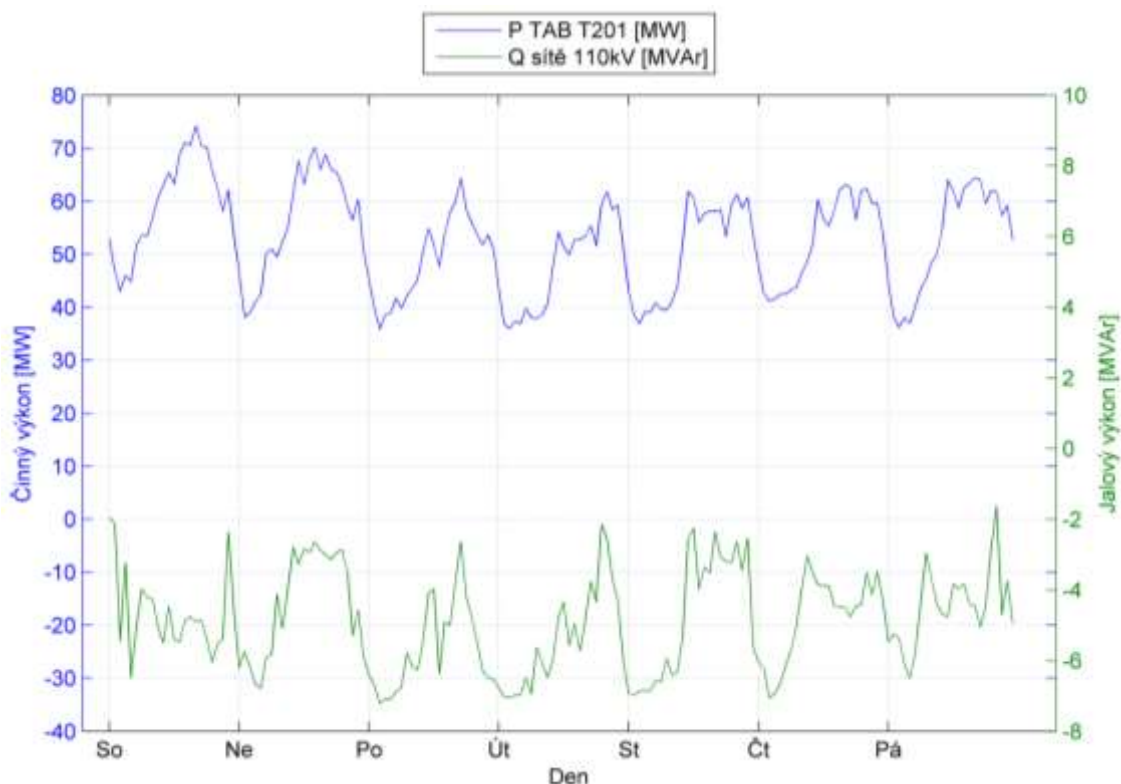


Graf 6.28: Průběh jalového výkonu T201 a sumy odběratelů 110kV a transformátorů 110/22kV – maximální přetok Q do PS.

Součtem jalových výkonů ve všech napájecích místech ze sítě 110kV, (lze vidět v grafu Graf 6.28 $Q_{T201suma}$), dojdeme ke skutečnosti, že odběr ze sítě 110kV je v 85% času induktivního charakteru. Jalový výkon kapacitního charakteru měřený na svorkách 110kV transformátoru T201 je způsoben kapacitním charakterem sítě 110kV. Tuto skutečnost popisuje graf (Graf 6.29), kde $Q_{sítě110kV}$ je:

$$Q_{sítě110kV} = Q_{T201} - \sum Q_{T201suma} (VAR; VAR; VAR) \quad (6.5)$$

Z téhož grafu je patrné, že síť 110kV v zimním období oblasti Tábor má trvalý kapacitní charakter. Z toho plyne, že síť 110kV, je i v zimním období provozována pod svým přirozeným výkonem.



Graf 6.29: Odebíraný činný výkon transformátoru T201 a charakter sítě 110kV - maximální přetok Q do PS.

Při největším přetoku jalového výkonu do PS zatížení je činný výkon odebíraný z T201 cca 78% zimního zatížení. V době největšího přetoku jalového výkonu v zimním období, kdy je větší požadavek na odebíranou energii než v létě, má celkový jalový výkon ze sítě 110kV častěji a více kapacitní charakter. Tuto skutečnost lze pravděpodobně vysvětlit chybějícím odebíraným jalovým výkonem výrobních závodů, které dodržují účinník v rozmezí 0,95 – 1,00 induktivního charakteru.

6.2.4 Zhodnocení

Uzlová oblast Tábor se řadí mezi vyrovnané, jak z hlediska činného, tak i jalového výkonu. V roce 2012 nebyl registrován přetok činného výkonu do přenosové soustavy. Přetoky jalového výkonu do přenosové soustavy v letním zatížení nicméně nastávají. Především se jedná o ranní hodiny všedních dní a víkendových dní, kdy jsou přetoky jalového výkonu pravidelně vyšší a déle trvající (viz Graf 6.12 a Graf 6.18). V období nejvyšších přetoků jalového výkonu do přenosové soustavy, převážně o vánočních svátcích, dochází v podstatě k neustálému přetoku jalového výkonu do přenosové soustavy (Graf 6.24).

Tab. 6.3: Maximální zatížení transformátorů 110/22kV oblasti Tábor v roce 2012.

Rozvodna	Transformátor	Instalovaný výkon [MW]	Maximální zatížení [MW]	Maximální zatížení [%]
TAB	T101	40	26,07	65,17
	T102	40	24,00	59,99
PAC	T101	28	12,99	46,40
	T102	25	14,74	58,94
PLA	T103	25	16,53	66,11
	T104	25	18,73	74,91
VES	T101	25	16,86	67,42
	T102	25	16,76	67,03

Shrňme-li průběhy odebíraných jalových výkonů ze sítě 110kV a jalového výkonu transformátoru T201 (viz Graf 6.16, Graf 6.22 a Graf 6.28) je evidentní, že síť 110kV uzlové oblasti Tábor, je po celý rok provozována pod hodnotou přirozeného výkonu oblasti. Síť 110kV jsou tudíž přenášeny nízké výkony, které mají za následek to, že nabíjecí výkon vedení 110kV je vyšší než induktivní výkon vzniklý na podélné reaktanci vedení. K přetokům jalového výkonu dochází v ranních hodinách, a to při minimálním zatížení distribuční soustavy. Vzniká-li přetok jalového výkonu v zimním období, můžeme díky kapacitnímu charakteru sítě 110kV předpokládat jeho vznik až v síti 110kV (viz Graf 6.22). V letním období, a v období maximálního přetoku jalového výkonu do přenosové soustavy, je cca 15 % přetoku způsobeno už v síti 22kV. Zbýlých cca 85 % přetoku je způsobeno kapacitním charakterem sítě 110kV (viz Graf 6.16 a Graf 6.28).

Tab. 6.4: Shrnutí reprezentativních zatížení uzlové oblasti Tábor.

	Letní zatížení 13. 6. – 19. 6. 2012	Zimní zatížení 2. 12. – 8. 12. 2012	Největší přetok Q do PS 22. 12. – 28. 12. 2012
P [MW]	59,0	95,0	74,0
Q_{IND} [MVar]	9,0	14	0,2
Q_{KAP} [MVar]	-6,0	-3,0	-8,0
$\cos\varphi_{IND}$ [-]	0,960	0,993	1,000
$\cos\varphi_{KAP}$ [-]	-0,890	-0,998	-0,965

6.3 Rozvodna 110/22kV Větrní T102

Rozvodna Větrní je na pokyn zadavatele firmy E.ON analyzována z důvodu ověření chování kabelového a venkovního vedení z hlediska vlivu na toky jalového výkonu. Úkolem je detailně prověřit vývody napojené na transformátor T102, určit charakter vedení sítě a analyzovat zdroje na ně napojené. Dále chceme zjistit, zda dochází k přetokům jalového a činného výkonu do sítě 110kV v průběhu roku.

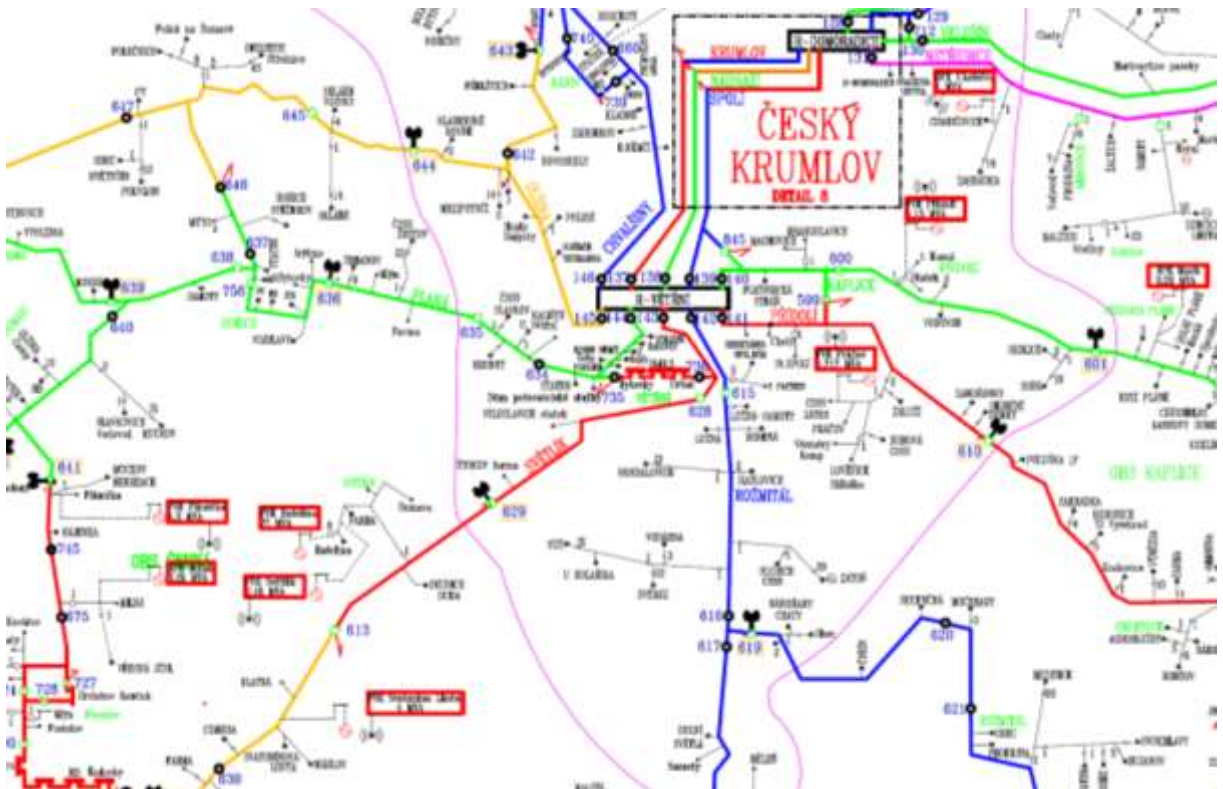
Standardní zapojení sítě 22kV (jak je zobrazeno na Obr. 6.2, je provozováno v bezporuchovém stavu distribuční soustavy. Během roku nastávají situace, kdy je nutné části sítě 22kV, případně celé vývody 22kV z důvodu plánovaných prací na zařízení provozovat v nestandardním zapojení. Identifikace nestandardních zapojení z naměřených dat v jednotlivých uzlech sítě je možná na základě zákona zachování energie podle vzorce:

$$P_{T102} = \sum P_{\text{vývod } 22kV} (W; W) \quad (6.6)$$

Pokud tento vztah neplatí, vzniká v soustavě odchylka výkonu:

$$\Delta P = P_{T102} - \sum P_{\text{vývod } 22kV} (W; W; W) \quad (6.7)$$

Tato odchylka signalizuje nestandardní přiřazení vývodů 22kV k transformátoru 110/23kV jak ukazuje graf (Graf 6.30). Ve standardním zapojení je přes transformátor přenášeno zatížení v rozmezí 0,4MW až 10MW odběru.



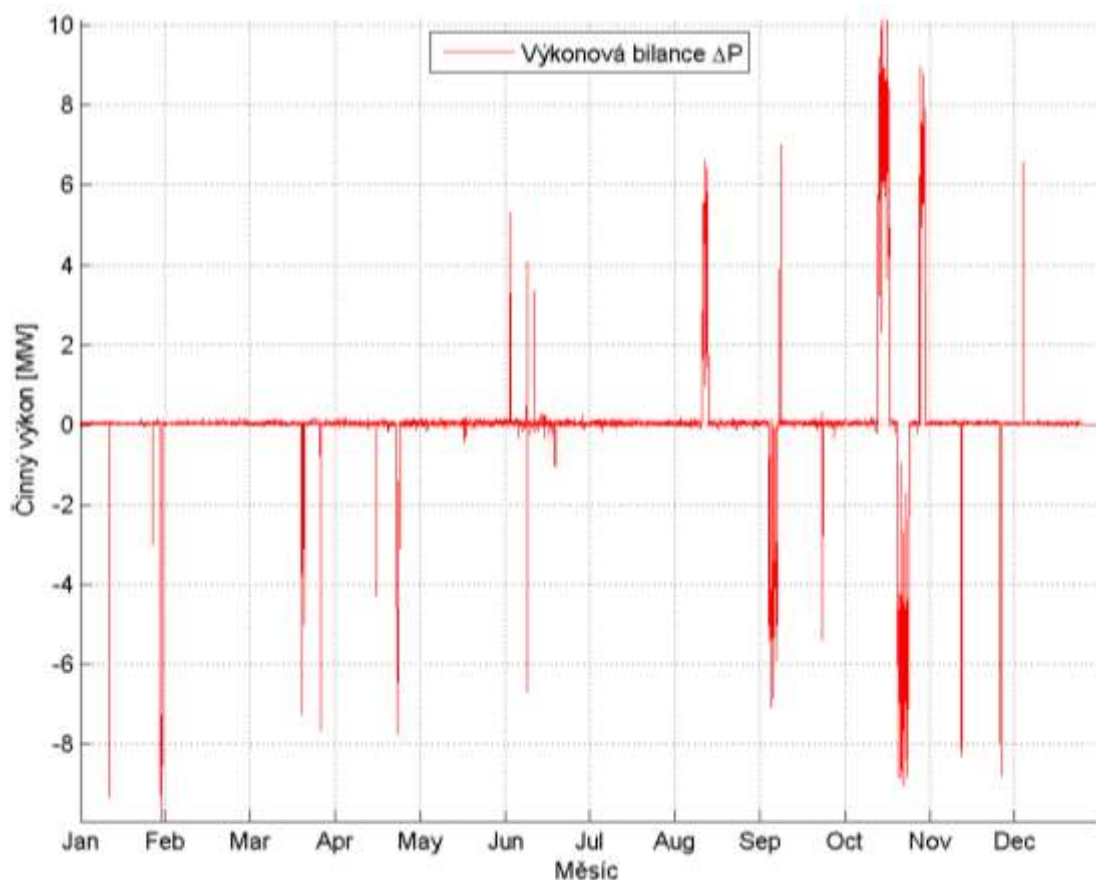
Obr. 6.2: Schéma sítě 22kV oblasti R Větrní T102.

Transformátor T102 v rozvodně Větrní ve standardním zapojení sítě 22kV napájí celkem 6 vývodů 22kV. Tato oblast byla vybrána z důvodu současného napájení čistě městské kabelové sítě a zároveň několika venkovních vývodů 22kV. Na třech venkovních vývodech jsou instalovány fotovoltaické zdroje, z toho na dvou o značném výkonu (viz Tab. 6.1).

Tab. 6.5: Charakter sítě 22kV a jejich instalované výkonu zdrojů.

Linka 22kV (Větrní)	Převládající charakter sítě	Instalovaný výkon zdrojů VN [MW]
Krumlov	Kabelový	0
Chvalšiny	Venkovní	3,2
Nádraží	Kabelový	0
Planá	Venkovní	0
Světlík	Venkovní	6,52
Rožmitál	Venkovní	1,65

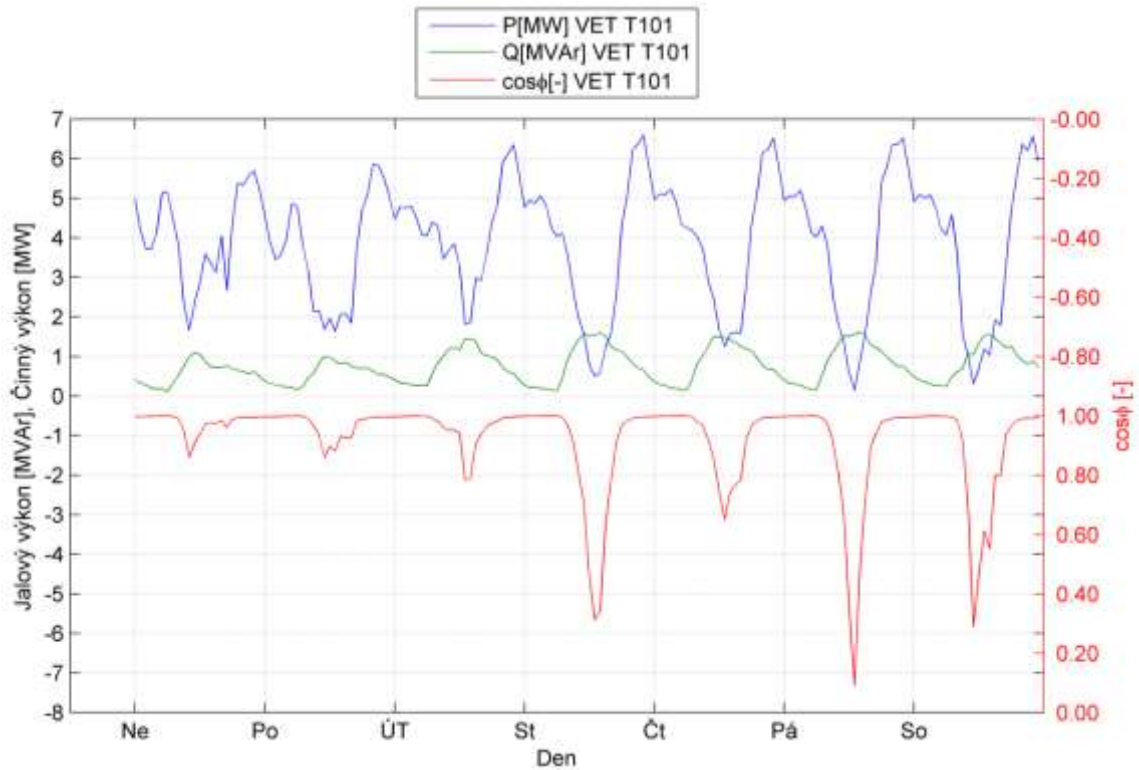
Na základě grafu (Graf 6.30), byly vybrány dva reprezentativní týdny v roce 2013, pro které platilo standardní zapojení vývodů 22kV. Jednalo se o typické období zimního vysokého zatížení a typické období letního nízkého zatížení. Námi splňované požadavky byly v týdnu 8. 12. – 14. 12. 2013 pro zimní období a 14. 7. - 20. 7. 2013 pro letní období. Špičky jsou způsobeny přepnutím jednotlivých linek 22kV na jinou rozvodnu, případně na druhý transformátor 110/23kV.



Graf 6.30: Odchylka činného výkonu T102 Větrní v průběhu roku 2013.

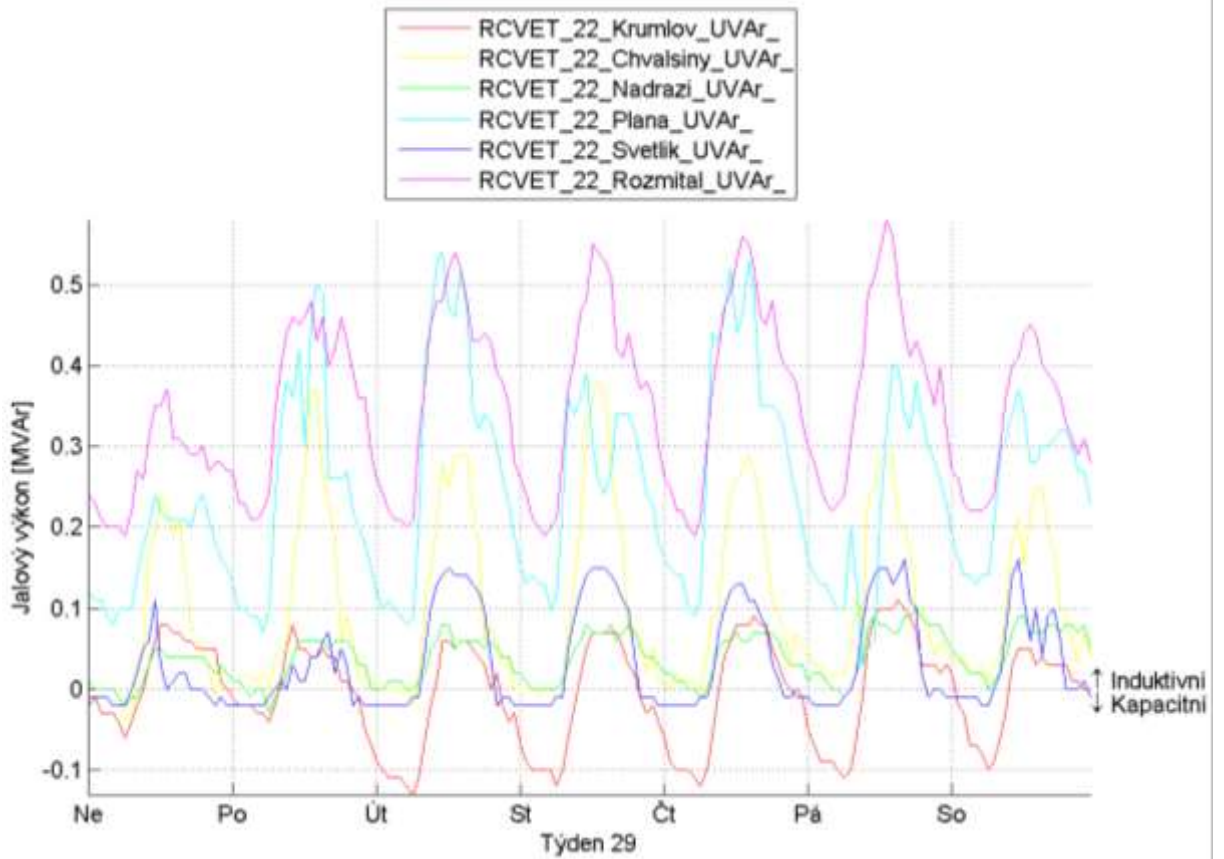
6.3.1 Letní zatížení

Typický týden letního zatížení je popsán v datu 13. 7. - 19. 7. 2013. Následující grafy v této kapitole podrobně zhodnotí chování sítě 22kV v rozvodně Větrní T102. Z následujícího grafu (Graf 6.32), je patrné jak se chová transformátor T102 v letním období. Dochází k výraznému poklesu účinníku v poledních hodinách.

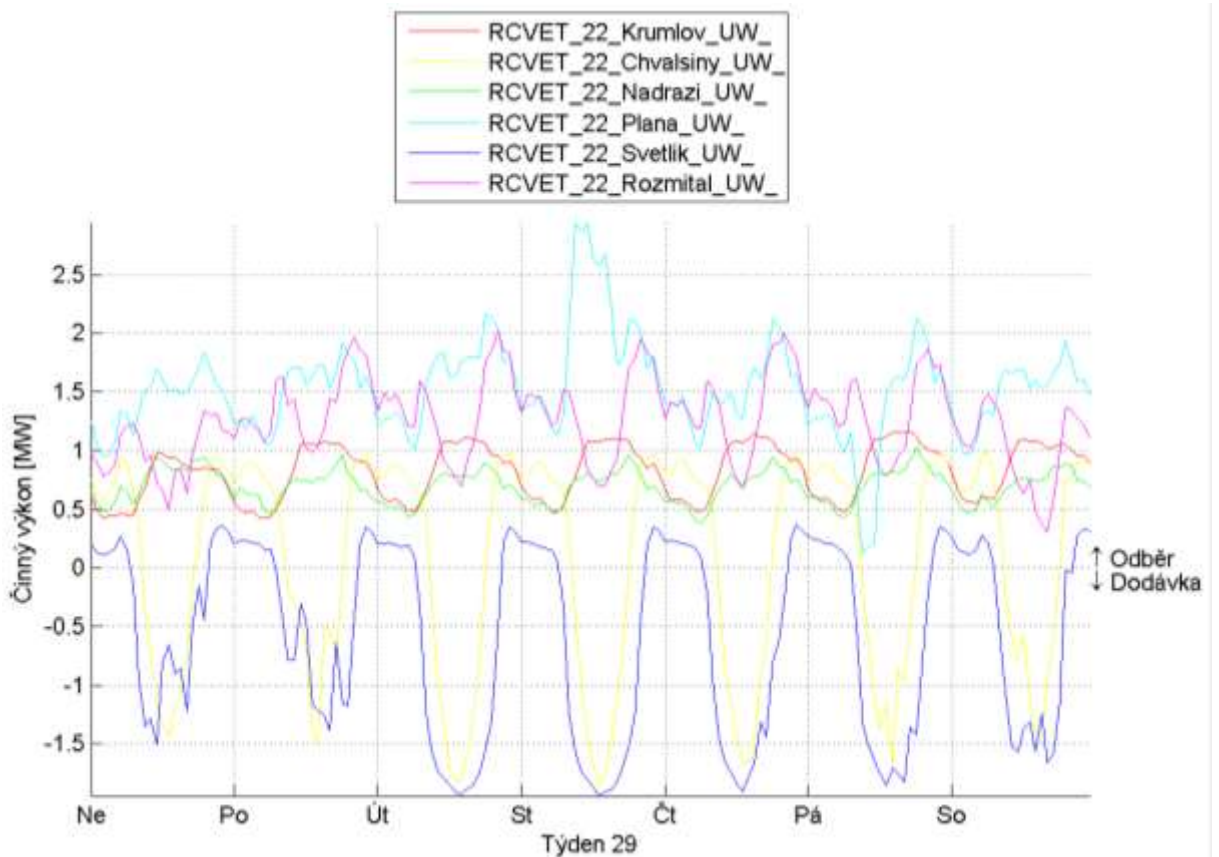


Graf 6.31: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T102 Větrní- letní období.

Z následujícího grafu (Graf 6.32), je nepochybný trvalý induktivní charakter venkovních linek 22kV Rožmitál a Planá. Proměnný (tzv. kapacitně-induktivní) charakter mají poté linky Světlík, Nádraží, Krumlov a Chvalšiny. Graf 6.33 nám poskytuje průběh činného výkonu a je na něm očividný vliv zdrojů na linkách Světlík a Chvalšiny. Z dalších průběhů činného a jalového výkonu linky Světlík, je evidentní vysoký vliv dlouhých přívodních kabelů 22kV k fotovoltaické elektrárně. Z těchto grafů je rovněž zřetelný nárůst odebíraného jalového výkonu v době zvýšené dodávky zdrojů. Takovýto nárůst je třeba brát pozitivně, jelikož nám tímto způsobem nahrazuje jalový výkon vznikající na reaktanci vedení a transformátorů, o který v důsledku výroby v síti VN přicházíme.



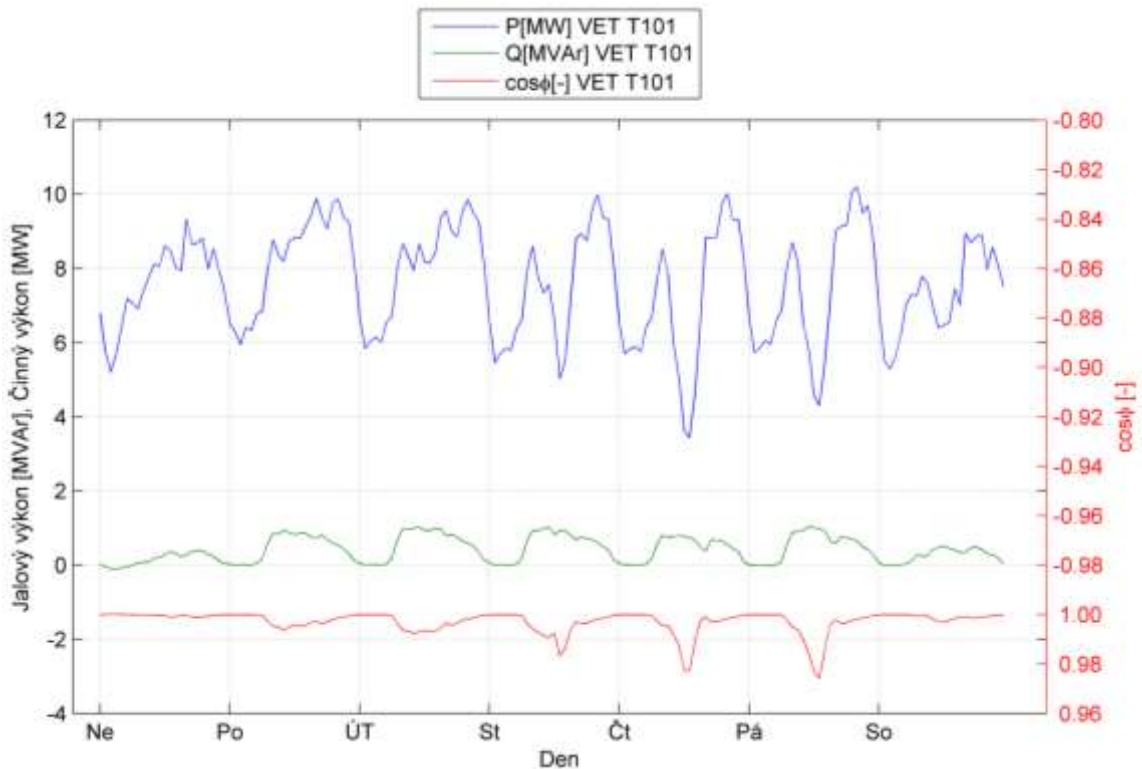
Graf 6.32: Průběh jalového výkonu linek 22kV z T102 Větrní - letní zatížení.



Graf 6.33: Průběh činného výkonu linek 22kV z T102 Větrní - letní zatížení.

6.3.2 Zimní zatížení

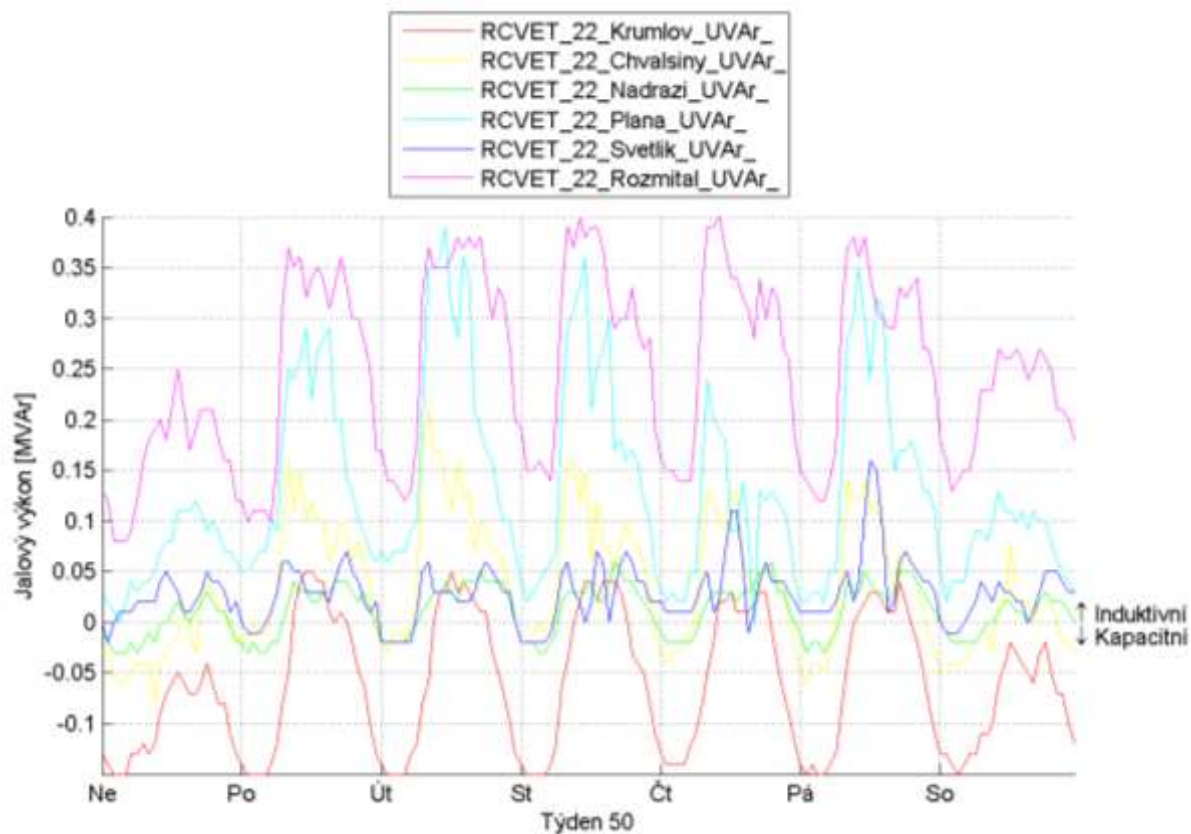
Typický týden zimního zatížení je popsán v datu 8. 12. - 14. 12. 2013. Naměřené hodnoty transformátoru v rozvodně Větrní T102 jsou průkazně lepší v zimním období než v letním. Můžeme vidět, že účinník se drží v povolených mezích i v době maximálního zatížení transformátoru T102 což má příznivý vliv na chování sítě 110kV, na kterou je transformátor napojen.



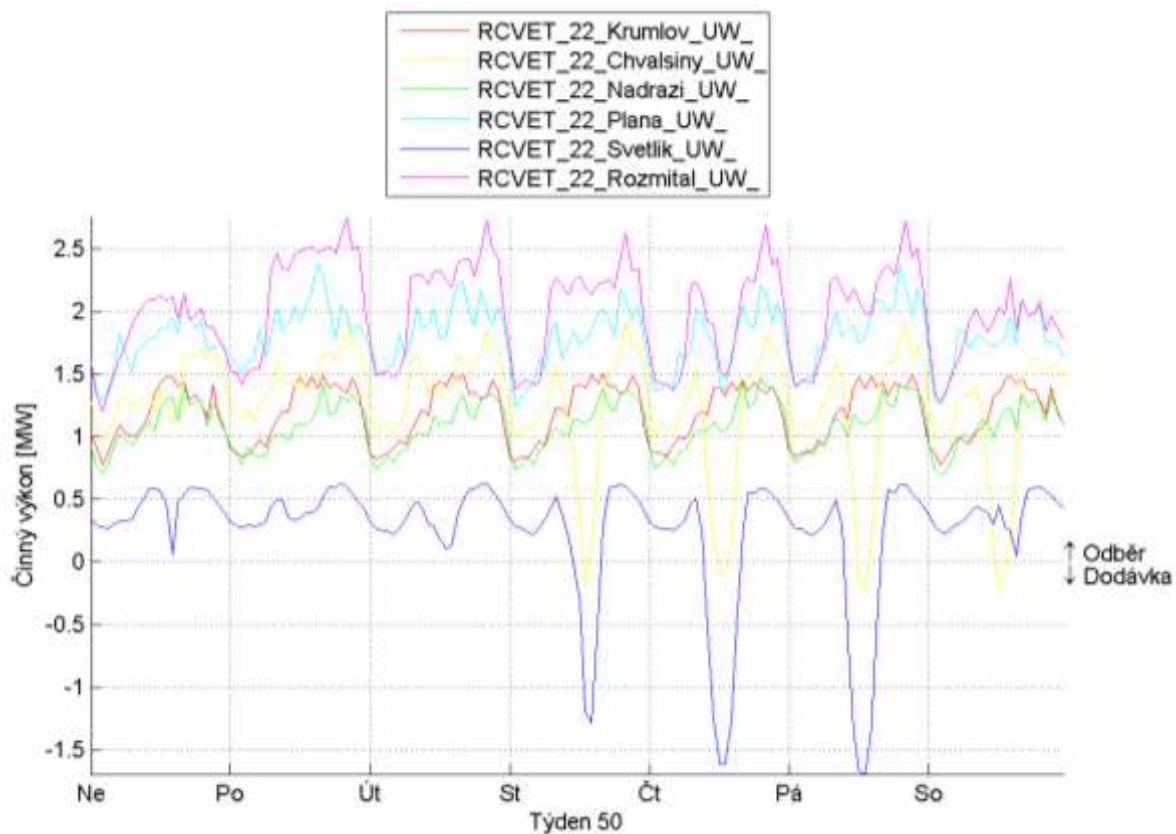
Graf 6.34: Průběh činného, jalového výkonu a účinníku T102 Větrní- zimní období.

Z průběhu Q (Graf 6.35), je zřejmý trvalý induktivní charakter venkovních linek 22kV Rožmitál a Planá, prakticky trvale kapacitní charakter linky Krumlov a proměnný (kapacitně-induktivní) charakter linek Světlík, Nádraží a Chvalšiny. Z průběhu činného výkonu (Graf 6.36), je zřetelný významný vliv zdrojů na linkách Světlík a Chvalšiny.

Z průběhu činného výkonu na linkách Světlík a Chvalšiny je patrné, jaký vliv má na síť aktuální počasí daného dne.



Graf 6.35: Průběh jalového výkonu linek 22kV z T102 Větrní - zimní zatížení.



Graf 6.36: Průběh činného výkonu linek 22kV z T102 Větrní - zimní zatížení.

6.3.3 Zhodnocení

Transformátor T102 v R Větrní se řadí, z hlediska bilance jalového výkonu, k vyrovnaným. Do sítě 110kV nastávají během roku pouze výjimečné minimální přetoky jalového výkonu. Ze zřetele toků činného výkonu na transformátoru T102 dochází v letních měsících k přetokům činného výkonu do sítě 110kV v důsledku nadměrné výroby v síti 22kV. Z hlediska toků jalových výkonů v jednotlivých linkách byl ověřen výrazný vliv charakteru sítě (kabelové/venkovní). Kromě toho byl prokázán nezanedbatelný vliv dlouhých přívodních kabelových vedení ke zdrojům VN.

Tab. 6.6: Shrnutí reprezentativních zatížení linek 22kV T102 R Větrní.

		Letní zatížení	Zimní zatížení
T102	Pmax [MW]	6,59	10,20
	Pmin[MW]	0,14	3,43
	Qmax [MVar]	1,62	1,04
	Qmin [MVar]	0,12	-0,10
Linka Krumlov	Pmax [MW]	1,16	1,50
	Pmin[MW]	0,42	0,77
	Qmax [MVar]	0,11	0,05
	Qmin [MVar]	-0,13	-0,15
Linka Chvalšiny	Pmax [MW]	0,99	1,91
	Pmin[MW]	-1,86	-0,22
	Qmax [MVar]	0,38	0,21
	Qmin [MVar]	-0,04	-0,08
Linka Nádraží	Pmax [MW]	1,03	1,46
	Pmin[MW]	0,38	0,69
	Qmax [MVar]	0,10	0,06
	Qmin [MVar]	-0,03	-0,03
Linka Planá	Pmax [MW]	2,94	2,38
	Pmin[MW]	0,12	1,24
	Qmax [MVar]	0,54	0,39
	Qmin [MVar]	0,03	0,00
Linka Světlík	Pmax [MW]	0,37	0,63
	Pmin[MW]	-1,94	-1,70
	Qmax [MVar]	0,16	0,16
	Qmin [MVar]	-0,02	-0,02
Linka Rožmitál	Pmax [MW]	2,02	2,75
	Pmin[MW]	0,30	1,20
	Qmax [MVar]	0,58	0,40
	Qmin [MVar]	0,19	0,08

6.4 Trafostanice 22/0,4kV

Na žádost zadavatele práce bude provedena analýza odběratelů na straně NN trafostanic 22/04kV. Data budou vyhodnocována z hlediska přetoku jalového a činného výkonu do sítě 22kV. K analýze byly poskytnuty data měření 14 odběratelů. Měření bylo provedeno na straně 0,4kV umístěného na hlavním jističi, který měří efektivní hodnoty v deseti minutových intervalech. K dispozici jsou měření v rozsahu 7-14 dnů.

Při minimálním odběru bývá zatížení trafostanic natolik nízké, že při dopočítávání účinníku se díky chybě měření dostáváme k hodnotám mimo obvyklý rozsah. Hodnoty účinníku pod $\cos \varphi = 0,95$ jsou způsobeny nízkým odběrem činného výkonu nikoliv však vysokým jalovým výkonem, jak by se mohlo na první pohled zdát. Nízkým odběrem z transformátorů 22/0,4kV nám účinník klesá k hodnotám blízkým nule podle vztahu:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (-; W; W; VAr) \quad (6.8)$$

Následkem toho by mohlo díky zavádějícím hodnotám účinníku dojít k nesprávnému vyhodnocení. Celková analýza je shrnuta v následující tabulce a podrobný výčet všech odběratelů je součástí přílohy.

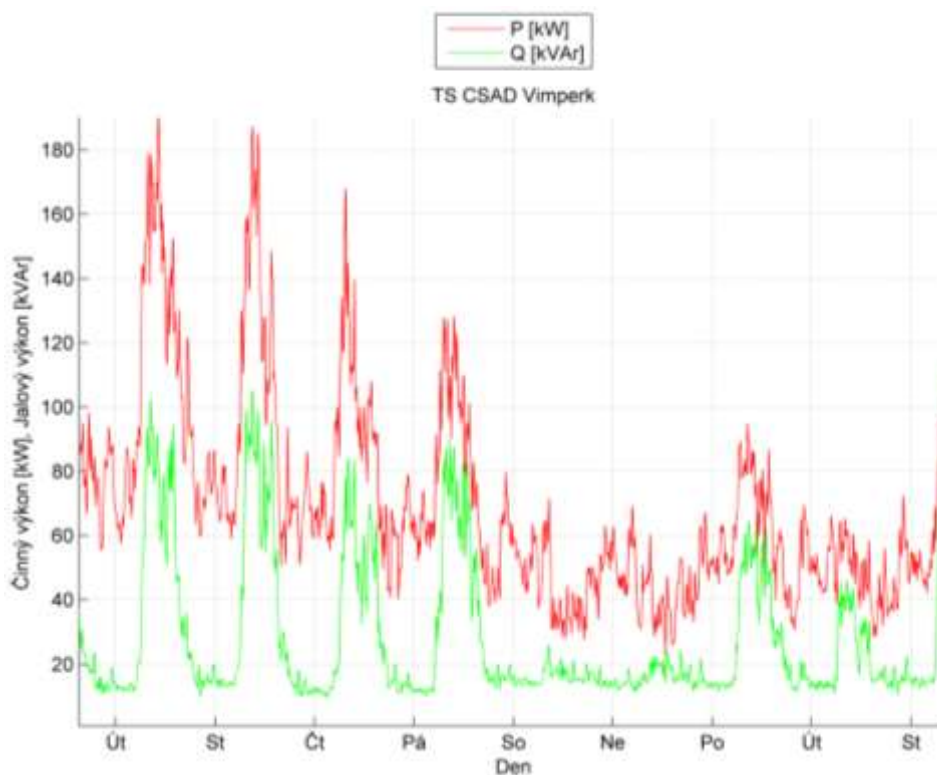
Tab. 6.7: Analýza 14 trafostanic z hlediska přetoků jalového výkonu do sítě VN.

Název trafostanice	Přetok Q [kVAr]	P [kW] a Q [kVAr] při přetoku Q	Charakter sítě
TS Počátky Tyršova	Ano	P=65kW, Q=-3kVAr, t=3:00	Kabelová síť
TS Podolí	Ano	P=4kW, Q=-1,5kVAr, t=7:00	Kabelová síť
TS Jihlava Ladova	Ne	-	Kabelová síť
TS Čejetice	Ne	-	Kabelová síť
TS Pacov	Ne	-	Kabelová síť
TS České Velenice Celnice	Ne	-	Kabelová síť
TS ČSAD Vimperk	Ne	-	Kabelová síť
TS České Velenice	Ne	-	Kabelová síť
TS Nová Pec Nádraží	Ne	-	Smíšená síť
TS Nový Dražejov	Ne	-	Smíšená síť
TS Pivovarská Žirovnice	Ne	-	Kabelová síť
TS Miřetice Seník	Ne	-	Venkovní síť
TS Strogrova huť	Ne	-	Venkovní síť
TS Strunkovice Protivecká	Ne	-	Kabelová síť

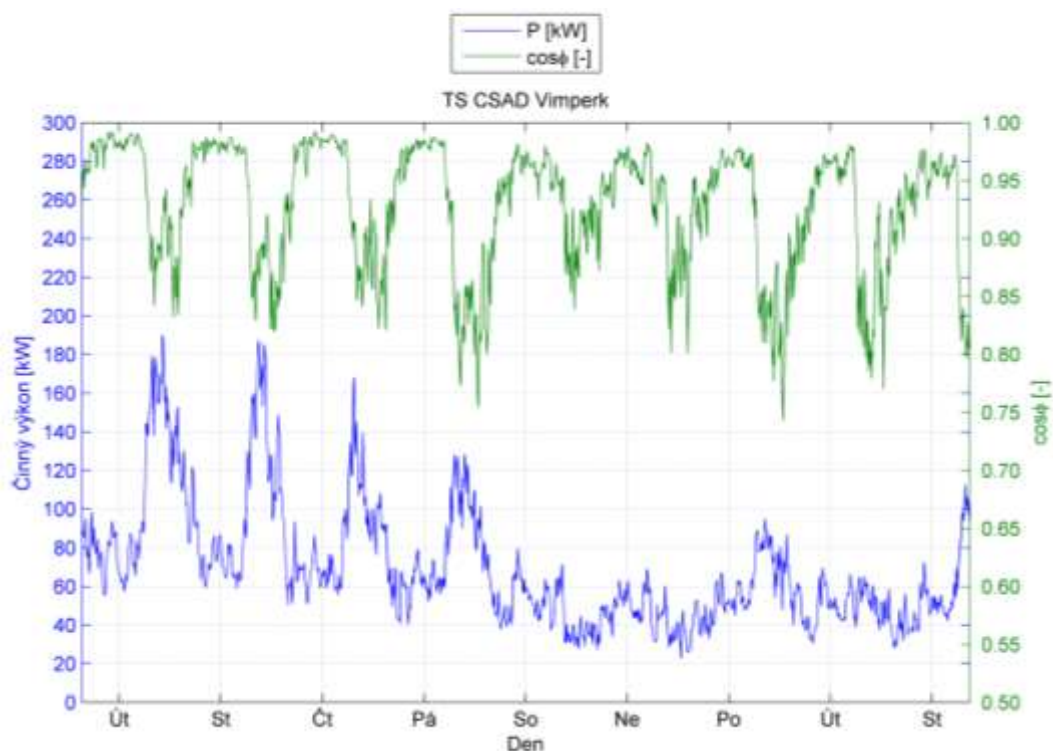
Následující graf trafostanice TS ČSAD Vimperk ukazuje, jak byla data analyzována z hlediska toku jalového a činného výkonu. Podrobný výčet všech trafostanic uvedených v tabulce (Tab. 6.7), je v příloze (Příloha A).

TS ČSAD Vimperk měřeno k datu 23. 4. - 2. 5. 2012.

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	190,0	30,0	105,0	15,0	0,980	0,740
Víkend	70,0	21,0	22,0	14,0	0,975	0,800



Graf 6.37: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN - TS ČSAD Vimperk.



Graf 6.38: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS ČSAD Vimperk.

6.4.1 Zhodnocení

Na chování sítě NN z pohledu jalového výkonu má velký vliv, zda se jedná o pracovní, či víkendové dny, jak je vidět z grafů (Graf 6.37 a Graf 6.38). O víkendovém dni odebíraný jalový výkon klesá v denních hodinách na hodnotu cca 20-25% oproti pracovnímu dni. V pracovní dny mají na jalový výkon vliv odběratelé s induktivním charakterem (podnikatelský maloodběr). Chování sítě NN v průběhu nočních hodin, je z pohledu přetoku jalového výkonu nezávislé na pracovním dni nebo víkendu. Přetoky jalového výkonu do sítě VN s kapacitním charakterem byly zaznamenány v časovém rozmezí od 22:30 do 7:30 v době nízkého odběru činného výkonu, kdy ve skladbě připojených spotřebičů převládají drobné zařízení, jako jsou světelné zdroje s kapacitním charakterem, elektronika, stand-by režimy spotřebičů, atd. Analýzou transformátorů 22/0,4kV byl u dvou zjištěn přetok jalového výkonu ze sítě NN do distribuční sítě VN. Tento přetok nepřesáhl výkon -3kVAr.

7 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU DISTRIBUČNÍ SÍTĚ OBLASTI TÁBOR

Výpočty ustáleného chodu sítě 110kV jsou provedeny programem LUG. Jako vstupní hodnoty pro nás budou změřená data napětí, činného a jalového výkonu dne 24. 12. 2012 v 02:00 hodin. V tento čas byl zjištěn největší přetok jalového výkonu do přenosové soustavy. Na tento stav bude navržena kompenzace, která bude mít za úkol eliminovat veškerý dodávaný jalový výkon do přenosové soustavy. Z důvodů přehlednosti jsou veškerá vstupní data výpočtu chodu sítě v příloze (Příloha G).

Schéma sítě ustáleného chodu ve standardním zapojení je na obrázku (Obr. 6.1). Pro tuto síť budeme řešit nejdříve stávající stav, a poté bude navržena kompenzace pro eliminaci přetoků jalového výkonu do přenosové sítě.

7.1 Stávající stav

Nejdříve byla provedena kontrola hodnot změřených a vypočtených dat. Bylo zapotřebí zjistit stav nastavených odboček transformátorů. Po odladění sítě jsme došli k následujícím hodnotám.

Tab. 7.1: Ustálený chod sítě 110kV Tábor.

Uzel	Změřené hodnoty			Ustálený chod	
	U [kV]	P [MW]	Q [MVar]	U [kV]	ΔU [%]
TAB_220	není měřeno	-35,844	9,472	220,000	-
TAB_110	118,939	0,000	0,000	119,303	0,306
TAB_22_1	23,061	6,887	0,086	22,923	-0,599
TAB_22_2	23,104	1,863	-1,208	23,006	-0,424
PLA_110	118,742	0,000	0,000	119,385	0,542
PLA_22_3	23,070	4,973	-0,594	22,993	-0,336
PLA_22_4	23,160	2,865	-0,881	23,029	-0,566
VES_110	119,190	0,000	0,286	119,222	0,027
VES_22_1	23,165	5,882	0,070	23,394	0,990
VES_22_2	23,175	5,252	0,337	23,373	0,856
TTX_110	119,142	0,073	0,000	119,177	0,029
PAC_110	118,111	0,000	0,000	118,589	0,405
PAC_22_1	22,993	2,673	0,000	23,293	1,307
PAC_22_2	23,229	7,478	1,082	23,166	-0,273
AES1	118,742	-2,500	-1,421	119,393	0,548
AES2	118,742	0,000	0,000	119,388	0,544
U1	není měřeno	0	0	119,093	-
U2	není měřeno	0	0	118,665	-
U3	není měřeno	0	0	119,265	-
U4	není měřeno	0	0	119,283	-

Z tabulky je patrné, že nastavení odboček transformátorů je správné, a napětí v jednotlivých uzlech ustáleného chodu sítě je v mezích tolerance. Dále je vidět, jak transformátor TAB T201 dodává nevyžádanou jalovou energii do přenosové sítě. Tento jalový výkon se budeme snažit kompenzovat tak, aby byl buď nulový, nebo v lepším případě, aby se jednalo o odběr jalového výkonu z přenosové do distribuční sítě (tzn. měl zápornou hodnotu).

V následujících podkapitolách budeme posuzovat možné varianty kompenzace jalového výkonu v oblasti Tábor dle pokynů zadavatele práce:

- 1) **Varianta A** – Veškerá kompenzace bude připojena na stranu 22kV transformátorů TAB T101 a TAB T102;
- 2) **Varianta B** – Kompenzace bude rovnoměrně rozdělena mezi všechny transformátory oblasti Tábor;
- 3) **Varianta C** – Kompenzace bude prováděna pomocí připojených zdrojů do oblasti Tábor.

7.2 Varianta A

U varianty A je počítáno s umístěním dekompenzačních tlumivek 22kV pouze v rozvodně Tábor na transformátorech 110/23kV T101 a T102. Ke každému transformátoru by se připojili dekompenzační tlumivky o výkonu (1x 2MVA_r, 2x 1MVA_r, 2x 0,5MVA_r). Celkově jde o instalaci 10MVA_r dekompenzačních tlumivek 22kV v rozvodně Tábor, jak je shrnuto v tabulce - Tab. 7.2.

Tab. 7.2: Dekompenzační tlumivky – Varianta A.

Transformátor	Výkon dekompenzační tlumivky [MVA _r]
TAB T101	2; 1; 1; 0,5; 0,5
TAB T102	2; 1; 1; 0,5; 0,5

Po kompenzaci nastává situace kdy transformátor T201 dodává do oblasti Tábor z přenosové sítě jalový výkon 0,68MVA_r, jak je vidět z tabulky níže. Tím došlo k přerušení nevyžádané dodávky do přenosové sítě a distributor by nebyl penalizován za dodávku jalového výkonu. Napětí v jednotlivých uzlech se drží v povolených mezích.

Tab. 7.3: Stav sítě po kompenzaci – Varianta A.

Uzel	U [kV]	P [MW]	Q [MVA _r]	Q _{komp} [MVA _r]
TAB_220	220,00	-35,84	-0,68	0,00
TAB_110	118,66	0,00	0,00	0,00
TAB_22_1	22,53	6,89	0,09	-5,00
TAB_22_2	22,62	1,86	-1,21	-5,00
PLA_110	118,74	0,00	0,00	0,00
PLA_22_3	22,87	4,97	-0,59	0,00
PLA_22_4	22,91	2,87	-0,88	0,00
VES_110	118,58	0,00	0,29	0,00
VES_22_1	23,27	5,88	0,07	0,00
VES_22_2	23,25	5,25	0,34	0,00

TTX_110	118,53	0,07	0,00	0,00
PAC_110	117,94	0,00	0,00	0,00
PAC_22_1	23,17	2,67	0,00	0,00
PAC_22_2	23,04	7,48	1,08	0,00
AES1	118,75	-2,50	-1,42	0,00
AES2	118,74	0,00	0,00	0,00
U1	118,45	0,00	0,00	0,00
U2	118,02	0,00	0,00	0,00
U3	118,62	0,00	0,00	0,00
U4	118,64	0,00	0,00	0,00

7.3 Varianta B

U varianty B je počítáno s rovnoměrným rozložením dekompenzačních tlumivek v celé oblasti Tábor. V místech s větším výskytem kapacitního výkonu v průběhu roku byla přidána dekompenzační tlumivka o výkonu 0,5MVA_r dle tabulky níže. Celkový instalovaný výkon dekompenzačních tlumivek v oblasti Tábor je 9,5MVA_r, jak je shrnuto v tabulce - Tab. 7.4.

Tab. 7.4: Dekompenzační tlumivky – Varianta B.

Transformátor	Výkon dekompenzační tlumivky [MVA _r]
TAB T101	1; 0,5
TAB T102	1; 0,5
PLA T103	1,0
PLA T104	1; 0,5
PAC T101	1,0
PAC T102	1,0
VES T101	1,0

Po kompenzaci nastává situace kdy transformátor T201 dodává do oblasti Tábor z přenosové sítě jalový výkon 0,13MVA_r, jak je vidět z tabulky níže. Tím došlo k přerušení nevyžádané dodávky do přenosové sítě a distributor by nebyl penalizován za dodávku jalového výkonu. Napětí v jednotlivých uzlech se drží v povolených mezích.

Tab. 7.5: Stav sítě po kompenzaci – Varianta B.

Uzel	U [kV]	P [MW]	Q [MVA _r]	Q _{komp} [MVA _r]
TAB_220	220,00	-35,84	-0,13	0,00
TAB_110	118,69	0,00	0,00	0,00
TAB_22_1	22,73	6,89	0,09	-1,50
TAB_22_2	22,81	1,86	-1,21	-1,50
PLA_110	118,69	0,00	0,00	0,00
PLA_22_3	22,77	4,97	-0,59	-1,00
PLA_22_4	22,76	2,87	-0,88	-1,50
VES_110	118,48	0,00	0,29	0,00
VES_22_1	23,16	5,88	0,07	-1,00
VES_22_2	23,13	5,25	0,34	-1,00
TTX_110	118,48	0,07	0,00	0,00

PAC_110	117,63	0,00	0,00	0,00
PAC_22_1	23,01	2,67	0,00	-1,00
PAC_22_2	22,88	7,48	1,08	-1,00
AES1	118,70	-2,50	-1,42	0,00
AES2	118,69	0,00	0,00	0,00
U1	118,35	0,00	0,00	0,00
U2	117,76	0,00	0,00	0,00
U3	118,52	0,00	0,00	0,00
U4	118,54	0,00	0,00	0,00

7.4 Varianta C

Varianta C zohledňuje možnost dekompenzace jalového výkonu pomocí připojených zdrojů do oblasti Tábor. V této oblasti, je připojeno několik typů významných zdrojů, z toho ty nejvýznamnější jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7.6). Tato varianta bude pouze zmíněna jako možnost regulace toků jalového výkonu v DS, a nebude dále podrobněji rozebírána, ani ekonomicky hodnocena z důvodů obtížného vyčíslení nákladů.

Řízení jalového výkonu v závislosti na provozních podmínkách upravují pravidla provozování distribučních soustav [12]. Obecně způsob řízení jalového výkonu závisí vždy na konkrétním místě distribuční soustavy a určuje ho PDS po konzultaci s výrobcem. Účinník zdroje za normálních provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí musí být mezi 0,95 induktivní a 0,95 kapacitní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 20% svého jmenovitého výkonu. PDS však definuje ve smlouvě o připojení pásmo 0,98 - 1,00 induktivní. Jalový výkon výroby musí být od instalovaného výkonu 100kVA řiditelný pro zdroje pracující do sítě VN a 110kV. Dohodnutý rozsah jalového výkonu musí být využitelný v průběhu několika minut a libovolně často. Okamžitá hodnota dostupného jalového výkonu se spočítá podle tabulky (Tab. 4.3), tak aby účinník nepřekročil povolenou mez.

Tab. 7.6: Instalované zdroje v oblasti Tábor.

Typ zdroje	FVE	BPS	Teplárny	MVE
Instalovaný výkon [MW]	18,7	2,1	22,4	0,2

Použití zdrojů jako dekompenzační prostředek sebou nese řadu nevýhod. Jedná se o možnost regulace jalového výkonu v omezených mezích a pouze v době, kdy dochází k výrobě elektrické energie, což může být v rozporu s potřebou dekompenzace. Dekompenzační výkon je omezen velikostí účinníku, kdy nesmí překročit povolené meze (technicky toho nejsou ani schopni). U výroben (Teplárna Tábor a Planá), kde elektrická energie je dodávána přes synchronní generátor, který může dodávat, nebo odebírat jalový výkon v závislosti na tom, zdali pracuje jako podbuzený nebo přebuzený stroj. Je nutno podotknout, že teplárna pracuje v převážné většině v zimním období, a tedy není v provozu po 100% ročního času. Stejně tak pracuje bioplynová stanice (BPS), která díky své technologii nemůže být celoročně v provozu a musí se u ní dělat pravidelné odstávky.

Možnosti využití kompenzace jalového výkonu pomocí instalovaných zdrojů by neměla být opomenuta, avšak díky svým omezeným možnostem není považována za primární zdroj kompenzace jalového výkonu v distribuční soustavě.

7.5 Zhodnocení

Z výše uvedených skutečností obou variant můžeme zhodnotit, že varianta A se bude chovat jako skupinová a varianta B jako individuální kompenzace. Z hlediska principu, je technicky správné dodávat nebo odebírat jalový výkon tam, kde je ho zapotřebí. Tedy z tohoto pohledu se varianta B jeví jako správná. Při této variantě nedochází k zatěžování vedení o přenos jalového výkonu, a tedy můžeme říci, že bude docházet k menším ztrátám.

Z výpočtu ztrát v programu LUG (uvedeno v tabulce - Tab. 7.7) nám opravdu vychází varianta B jako lepší, ale rozdíl oproti variantě A je natolik zanedbatelný, že nemá smysl rozhodovat se na základě velikosti činných ztrát.

Tab. 7.7: Ztráty činného výkonu v jednotlivých variantách kompenzace oblasti Tábor.

	Transformátory	Vedení	Celkem
	[MW]	[MW]	[MW]
Bez kompenzace	0,320	0,086	0,406
Kompenzace Tábor T101 a T102	0,320	0,087	0,407
Jednotlivá kompenzace	0,317	0,087	0,404

Kompenzace musí být vždy řízena podle toků jalového výkonu přes transformátor T201 Tábor. Jelikož transformátory T201, T101 a T102 jsou umístěny v jednom místě, řízení kompenzace variantou A by bylo mnohem jednodušší než při variantě B.

Z výše uvedeného, a ze skutečnosti, že vliv činných ztrát můžeme zanedbat, navrhuji variantu A jako technicky výhodnější díky jednoduššímu řízení kompenzace.

8 HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC

Před samotnou kompenzací je důležité stanovit návratnost kompenzačního zařízení a rozhodnout, zda se kompenzační zařízení vyplatí. V elektroenergetice má problematika ekonomické efektivity velký význam. Tato skutečnost je dána investiční náročností elektroenergetiky, technickou životností energetických zařízení (30 – 40 let) a skutečností, že ekonomické výsledky energetických děl jsou v převážné většině předurčeny tím, v jakém provedení byla díla vybudována. Je nutné spočítat celkovou cenu za přírážku způsobenou nedodržením smlouvaného účinníku a porovnat ji s náklady na výstavbu kompenzačního zařízení v místě odběru. Na základě těchto informací se zákazník rozhodne, zda je výhodné kompenzovat jalový výkon nebo zaplatit přírážku [3].

V následující kapitole budeme posuzovat ekonomickou výhodnost dvou variant:

- 1) **Varianta A** – Veškerá kompenzace bude připojena na stranu 22kV transformátoru TAB T101 a TAB T102;
- 2) **Varianta B** – Kompenzace bude rovnoměrně rozdělena mezi všechny transformátory oblasti Tábor.

Při ekonomickém řešení přetoků jalové energie z distribuční soustavy do soustavy přenosové budeme vycházet z předpokladů, že společnost vlastníci přenosovou sítí bude penalizovat distributora za dodávku jalové energie stejně, jak distributor penalizuje odběratele dle vyhlášky ERÚ (viz Příloha B). V současné době k žádné takové penalizaci nedochází. Konkrétní příklad případných finančních ztrát za dodávku jalového výkonu do přenosové sítě v místě předání Tábor, Dasný, Kočín a Čebín, je uveden v příloze (Příloha C). Při kompenzaci, kdy budeme předpokládat, že nebude do PS dodána žádná jalová energie, budou finanční ztráty, uvedeny v tabulce níže, považovány za budoucí příjmy.

Tab. 8.1: Finanční ztráty za nevyžádanou dodávku jalové energie do PS přes Tábor T201 (2012).

	Q_{kap} [MVarh]	Přirážka [Kč]
Leden	101,41	44 621
Únor	4,83	2 124
Březen	72,18	31 759
Duben	262,00	115 279
Květen	313,76	138 053
Červen	491,55	216 281
Červenec	38,25	16 829
Srpen	486,66	214 132
Září	716,48	315 252
Říjen	450,33	198 144
Listopad	346,60	152 503
Prosinec	871,36	383 397
Celkem	4 155,40	1 828 375

8.1 Metoda čisté současné hodnoty NPV

Jde o ukazatel, který počítá pouze a jen s budoucím peněžním tokem (cashflow), tedy hodnotí efektivnost investičních projektů. Říká, kolik peněz nám za zvolenou dobu životnosti projektu daný projekt vynesne nebo veme. NPV má za úkol rozhodnout, která z variant je ekonomicky výhodnější. Výpočet čisté současné hodnoty:

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (Kč; Kč; \% ; -)$$

kde CF_t Generovaný peněžní tok v daném roce (cashflow);
 r Diskontová míra;
 t Doba životnosti.

Z ekonomického pohledu lze za správnou hodnotu NPV považovat jakoukoliv nezápornou hodnotu. Nulová hodnota NPV nám říká, že daná investice nám z pohledu cashflow nic nepřinese ani neveme. V případě porovnání různých variant to bude ta, která má větší hodnotu NPV [9].

8.1.1 Diskont

Z výše uvedeného vztahu je vidět, že hodnota diskontu má velký vliv na výpočet hodnoty NPV. Z uvedeného vztahu vyplývá význam diskontu, který přepočítává budoucí peněžní toky na současnou hodnotu. Stanovení správné hodnoty diskontu bývá složitý problém. Nejlepší metodou stanovení diskontu je položit diskont rovný hodnotě WAAC (vážená cena vlastního a dlouhodobého cizího kapitálu). Tato hodnota je pro distributory elektřiny stanovena ERÚ, který takto reguluje výnos distribučních společností. Energetický regulační úřad stanovil hodnotu WAAC pro rok 2010 a 3. regulační období na hodnotu **7,923%** podle [10]. Tato hodnota se během jednotlivých regulačních let přepočítává z roku na rok. Daná hodnota je poměrně fixovaná v tom smyslu, že pokud se vypočítaná hodnota WAAC ve 2. a 5. roce 3. regulačního období nevychýlí oproti referenčnímu roku o více než $\pm 0,2\%$, bude v daném regulovaném roce platit hodnota WAAC referenčního roku 2010.

8.1.2 Stálé náklady na údržbu

Stálé výdaje obou z variant jsou určeny dle zkušeností zadavatele práce ve výši 2% z celkových investičních nákladů na výstavbu zařízení. Skutečnost, že tyto náklady nazýváme stálé, neznamená, že za celou dobu provozování zařízení se nebudou měnit. Stálá zůstane pouze jejich reálná část. Vzhledem k tomu že jsou tyto náklady tvořeny především výdaji na mzdy zaměstnanců, kteří budou provádět pravidelné kontroly a opravy, musí se z důvodů inflace jejich nominální hodnota každý rok zvyšovat o velikost indexu růstu mezd. Tím si platy zaměstnanců zachovají svoji kupní sílu.

Index růstu mezd, bude roven velikosti míry inflace. Česká národní banka vyhlásí na základě makroekonomických prognóz inflační cíl, který se v následujícím období snaží splnit. Inflační cíl České národní banky pro období minimálně do roku 2015 podle [11], je roven 2% s tolerančním pásmem $\pm 1\%$.

8.2 Finanční toky jednotlivých variant

Uvedené finanční položky jsou výsledkem porovnání průměrných nákladů na obdobná zařízení. Jde o přibližné hodnoty, které se blíží cenové situaci v elektroenergetice. Dobu životnosti dekompenzačních tlumiviek uvažujeme 30 let.

Tab. 8.2: Společné vstupní hodnoty k určení finančního toku pro obě varianty.

Úspora za nevyžádanou dodávku	[Kč/rok]	1 828 375
Náklady na údržbu	[%]	2
Inflace	[%]	2
Odpisová skupina	[-]	3
Odpisová metoda	[-]	Rovnoměrné odpisování
Doba odpisování	[let]	10
Roční odpisová sazba (1. rok)	[%]	5,5
Roční odpisová sazba (v dalších letech)	[%]	10,5
Daň ze zisku	[%]	19
Diskont	[%]	7,923
Doba životnosti zařízení	[let]	30

8.2.1 Varianta A

Tab. 8.3: Investiční náklady – Varianta A.

Investice	ks	Kč/ks	Kč
Pole 22kV	2	800 000 Kč	1 600 000 Kč
Stavební část	10	150 000 Kč	1 500 000 Kč
Dekompenzační tlumivka 22kV (0,5 MVar)	4	650 000 Kč	2 600 000 Kč
Dekompenzační tlumivka 22kV (1 MVar)	4	750 000 Kč	3 000 000 Kč
Dekompenzační tlumivka 22kV (2 MVar)	2	900 000 Kč	1 800 000 Kč
		Celkem	10 500 000 Kč

Investice „Pole 22kV“ zahrnuje: odpojovače, vypínače, měniče, ochrany, rozvaděč SF6, projekt, začlenění do SCADA.

Náklady na údržbu a provoz se zohledněním ročních změn o 2%, jak je popsáno v kapitole 8.1.2.

Tab. 8.4: Náklady na údržbu – Varianta A.

Náklady	[Kč]
1. rok	210 000
Celkem	8 519 297

8.2.2 Varianta B

Tab. 8.5: Investiční náklady – Varianta B.

Investice	ks	Kč/ks	Kč
Pole 22kV	8	450 000 Kč	3 600 000 Kč
Stavební část	11	150 000 Kč	1 650 000 Kč
Dekompenzační tlumivka 22kV (0,5 MVar)	3	650 000 Kč	1 950 000 Kč
Dekompenzační tlumivka 22kV (1 MVar)	8	750 000 Kč	6 000 000 Kč
		Celkem	13 200 000 Kč

Investice „Pole 22kV“ zahrnuje: odpojovače, měniče, rozvaděč SF6, projekt, začlenění do SCADA.

Náklady na údržbu a provoz se zohledněním ročních změn o 2%, jak je popsáno v kapitole 8.1.2.

Tab. 8.6: Náklady na údržbu – Varianta B.

Náklady	[Kč]
1. rok	269 280
Celkem	10 294 172

8.3 Ekonomické zhodnocení

Z níže uvedených výsledků jsou z ekonomického pohledu hodnocení různých variant na základě metody NPV výhodné obě varianty, avšak varianta A vykazuje rychlejší návratnost investic a celkově vyšší zisk za dobu jeho užívání. Výhodnost varianty A spočívá v nižších investičních nákladech a především v nižších nákladech na údržbu díky soustředění veškeré dekompenzační techniky do jednoho místa.

Z Ekonomického pohledu, bych na základě výsledků metody NPV, doporučil k výstavbě variantu A.

Tab. 8.7: Ekonomické zhodnocení možných variant umístění dekompenzačních tlumivek.

	Varianta A	Varianta B
Investiční náklady	10 500 000 Kč	13 200 000 Kč
Náklady na údržbu a provoz	8 519 297 Kč	10 294 172 Kč
Zisk	29 023 885 Kč	24 888 936 Kč
NPV	5 268 799 Kč	2 246 132 Kč
Návratnost projektu	7 let	9 let

Dílní výsledky jednotlivých variant jsou pro přehlednost shrnuty v přílohách - Příloha D a Příloha E.

8.4 Kalkulace ceny odběratele VN

Na pokyn zadavatele práce bude následující podkapitola věnována nedodržení účinníku a jalového výkonu NN odběratele. Zákazník má s distributorem sjednán produkt E.ON SimplePower. Pro názornost bude z měsíčních naměřených dat vyhotovena faktura, kde bude názorně popsána penalizace za nevyžádanou dodávku jalové energie do sítě a nedodržení účinníku ve stanovených mezích.

Stanovení cenové přírážky za nedodržení účinníku:

$$c_p = [P_{max} \cdot c_{rk} \cdot u] + [(c_{ps} + c_{se}) \cdot u \cdot W] \quad (K\check{c}; MW; \frac{K\check{c}}{MW}; \%; K\check{c}; K\check{c}; \%; MW) \quad (8.1)$$

kde: c_p - cenová přírážka [Kč];

P_{max} - nejvyšší naměřený čtvrt hodinový výkon za vyhodnocené období [MW];

c_{rk} - cena za rezervovanou kapacitu [Kč/MW];

u - procentní přírážka za nedodržení účinníku podle (Tab. 0.2);

c_{ps} - cena za použití sítě na příslušné napěťové hladině [Kč];

c_{se} - cena za silovou elektřinu podle tabulky (Tab. 0.3);

W - množství elektřiny za vyhodnocené období [MWh] [2].

$$c_p = [0,088 \cdot 116\,982 \cdot 0,1238] + [(66,37 + 1\,236,02) \cdot 0,1238 \cdot 15,05] = \mathbf{3\,701,04\,K\check{c}}$$

Stanovení ceny za nevyžádanou dodávku jalové energie:

$$c_n = Q_d * c_{qd} \quad (K\check{c}; MVA_{rh}; \frac{K\check{c}}{MVA_{rh}}) \quad (8.2)$$

kde: c_n - cena za nevyžádanou dodávku jalové energie do DS [Kč];

Q_d - množství dodané jalové energie do DS [MVA_{rh}];

c_{qd} - cena za jednotku nevyžádané dodané jalové energie [Kč/MVA_{rh}] [2].

$$c_n = 0,084 \cdot 440 = \mathbf{36,96\,K\check{c}}$$

Tab. 8.8: Měsíční naměřené hodnoty NN odběratele.

Nejvyšší naměřený čtvrt hodinový výkon [MW]	0,088
cosφ [-]	0,813
Přírážka [%]	12,380

V tabulkách (Tab. 8.8 a Tab. 8.9) jsou naměřené a vypočtené hodnoty NN odběratele. Ze zjištěných skutečností byly tomuto odběrateli, za nedodržení účinníku ve stanovených mezích účtovány přírážky 3 701,04Kč za nedodržení účinníku a 36,96Kč za dodání jalové energie do sítě distributora. Tyto částky jsou přičteny k ceně za měsíční odběr energie, jak je uvedeno v tabulce (Tab. 8.9).

Tab. 8.9: Kalkulace ceny za měsíc pro NN odběratele.

	Jednotka	Počet jednotek	Kč/jednotka	Celkem bez DPH (Kč)
Rezervovaná kapacita roční VN	MW	0,115	116 982,00	13 452,93
Použití sítě VN	MWh	15,050	94,69	1 425,08
Systémové služby VN	MWh	15,050	132,19	1 989,46
Částka za služby OZE, KVET a DZ	MWh	15,050	583,00	8 774,15
Částka za služby OTE	MWh	15,050	7,56	113,78
Přirážka za účíník	MWh	0,000	0,000	3 701,04
Nevyžádaná dodávka jalové energie	MVArh	0,084	440,00	36,96
Celkem za distribuci elektřiny a související služby	Kč			29 493,40
Činná spotřeba VT	MWh	15,050	1570	23 268,50
Daň z elektřiny	MWh	15,050	28,3	425,92
Celkem za dodávku elektřiny	Kč			24 054,42
Celkem	Kč			53 547,82

9 ZÁVĚR

Tato diplomová práce popisuje problematiku kompenzace jalového výkonu, což je oblast, kterou se zabývá celá elektrizační soustava od výroby po přenos a distribuci až k odběrateli. U odběratele jde o snížení nákladů za cenu elektřiny při dodržení účinníku v daných mezích, jak je popsáno v kapitole 4. Na straně distributora jde hlavně o technické problémy spojené s přenosem velkého jalového výkonu, který vede k neekonomickému provozování distribučních sítí. Jedná se o ztráty na venkovním vedení a špatné využití distribučních transformátorů.

Teoretická část této práce se věnuje popisu problému nedodržování účinníku a přenosu jalového výkonu. Jsou zde shrnuty možnosti kompenzace a zdroje jalového výkonu. V následující části práce, která se zabývá legislativou, je popsán způsob měření činného a jalového výkonu pro možnosti vyúčtování jednotlivých odběratelů a zjištění skutečnosti, kde dochází k porušování pravidel provozu v DS.

Praktická část práce je rozdělena do několika celků. V první části byl vytvořen zdrojový kód v programu Matlab, který umí načíst data dispečerského měření z jednotlivých transformátorů. Tyto data jsou následně programem zpracována a uživateli jsou nabídnuty možnosti pro zobrazení požadovaných dat formou grafů. Za pomoci tohoto programu autor vytvořil druhou praktickou část práce, která se zabývá analýzou toku jalového a činného výkonu v jednotlivých napěťových hladinách dle zadání firmy E.ON.

Analýza byla provedena ve vybraných oblastech jednotlivých napěťových hladin 440/110kV, 220/110kV, 110/22kV a 22/0,4kV. Tato analýza byla následně zkoumána z pohledu přetoku maximálního (zimního) a minimálního (letního) přetoku činného výkonu a maximálního přetoku jalového výkonu. Na základě této analýzy autor práce zjistil, že dochází k přetoku jalového výkonu z distribuční do přenosové sítě. V současné době není distributor ze strany přenosové společnosti penalizován za dodávku jalového výkonu. Tím distributor není nucen provádět nápravná opatření. Provozovatel přenosové sítě si provádí kompenzaci sám v osmnácti vybraných uzlech o celkovém výkonu 1 346,2MVar. Může však nastat situace, kdy tento kompenzační výkon nebude dostačující a bude zapotřebí začít provádět kompenzaci i v distribuční soustavě. Za tímto účelem provedl autor práce zhodnocení stavu sítě ve vybraných místech společnosti E.ON a učinil následující doporučení.

Na základě analýzy je autorem doporučeno společnosti E.ON, aby s vlastníkem elektrárny v Plané sjednal změnu účinníku výroby z kapacitního na induktivní. Dále by bylo vhodné do řídicího systému zdrojů na dispečinku PDS začlenit funkci regulaci jalového výkonu zdrojů v závislosti na účinníku v místě předání mezi přenosovou a distribuční sítí. Ze zjištěných skutečností v můstkovém zapojení rozvodu Dasný a Kočín, by bylo zapotřebí vyladit automatickou regulaci odboček transformátorů, které jsou ve vlastnictví přenosové společnosti ČEPS.

V poslední části této práce autor vytvořil pomocí programu LUG výpočet ustáleného chodu sítě a provedl simulaci kompenzace jalového výkonu v předávacím místě mezi PS a DS v oblasti Tábor. Tato simulace zahrnuje dvě možnosti kompenzace přetoků jalového výkonu přes transformátor TAB T201 do PS. Tyto varianty byly porovnány jak z technického, tak

i ekonomického hlediska. Pro výstavbu je autorem doporučena varianta, kde veškerá kompenzace je soustředěna do rozvodny Tábor na transformátory 110/23kV T101 a T102. Tato varianta je jak z pohledu technického, tak i ekonomického výhodnější. Je však nutno podotknout, že budování dekompenzačních tlumivek na distribuční úrovni nemá v současné době smysl z důvodů stavebních nákladů a neexistujících sankcí za nevyžádanou dodávku jalového výkonu do PS. Tato možnost by přicházela v úvahu za předpokladu, že by dekompenzační výkon PS nestačil nebo kdyby PS účtovala sankce za dodávku jalového výkonu do přenosové sítě.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BLAŽEK, Vladimír. *Distribuce elektrické energie* [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/mod/resource/view.php?id=251101>. Studijní text.
- [2] Energetický regulační úřad: cenové rozhodnutí č.5/2013. [online]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/480760/ERV8_2013titul_konec_fin.pdf/133bfd09-2f67-4a08-844f-7ffce87b082a
- [3] CHMELA, Michal. *Ekonomika a řízení*. Brno, 2007. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/mod/resource/view.php?id=242016>
- [4] OTE. *Operátor trhu s elektřinou* [online]. 2010 [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: www.ote-cr.cz
- [5] PRE: Diagram zatížení s jalovým výkonem. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/velkoodberatele/produkty/servis/ucinik/diagramy-zatizeni-jalovym-vykonem.html>
- [6] TOMAN, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jaroslava ORSÁGOVÁ, Martin PAAR a David TOPOLÁNEK. *Provoz distribučních soustav*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 263 s. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [7] E.ON: Vyhláška č. 82/2011 Sb. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/file/edee/cs/o-spolecnosti/informace-pro-partnery/energeticka-legislativa/vyhlaska-82-2011-sb.pdf>
- [8] HALUZÍK, Evžen. *Řízení provozu elektrizačních soustav*. VUT Brno, 1983. číslo publikace 412-33426.
- [9] BusinessVize: Hodnocení investic [online]. 2011 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne>
- [10] Energetický regulační úřad. Závěrečná zpráva energetického regulačního úřadu o metodice regulace. Praha:ERÚ, 11. 11. 2009. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462856/Zaverecna_zprava_o_metodice_III_RO.pdf/d693576-03d8-41f7-9624-8ad2fe7b071f
- [11] ČNB: Zpráva o inflaci /I. In: [online]. 2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/cs/menova_politika/zpravy_o_inflaci/2014/2014_I/download/zoi_I_2014.pdf
- [12] PPDS: Pravidla pro paralelní provoz zdrojů. [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.eon-distribuce.cz/file/cs/electricity/regulations/PPDS_Dodatek_4_2011.pdf
- [13] Wikipedie: Elektrický výkon. [online]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_v%C3%BDkon

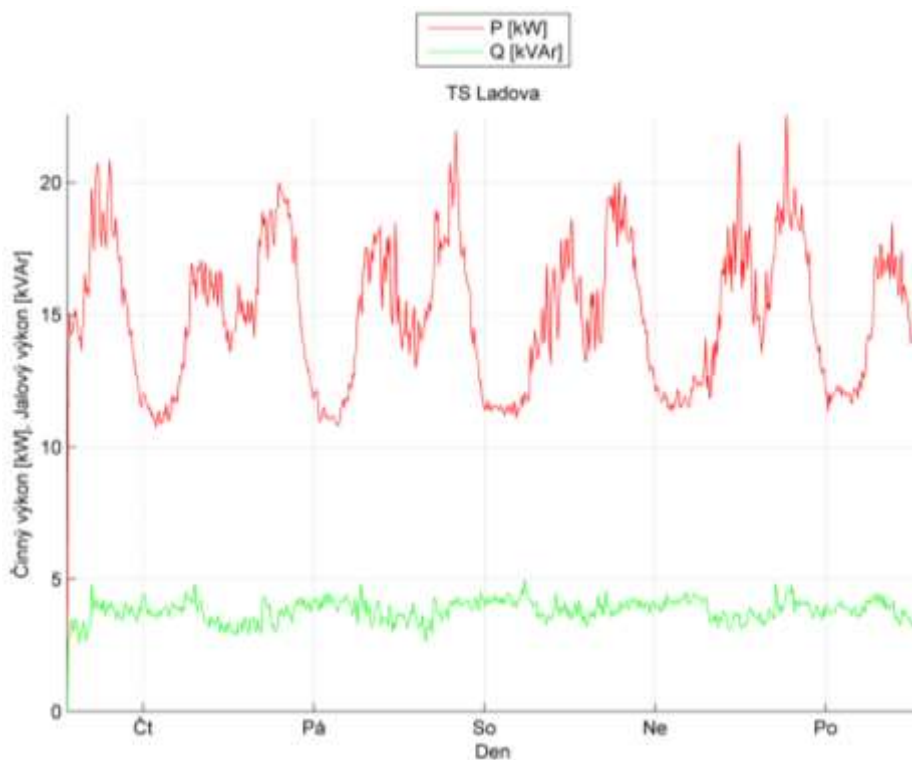
SEZNAM PŘÍLOH

<i>Příloha A: Analýza vybraných NN odběratelů.....</i>	<i>91</i>
<i>Příloha B: Maximální ceny jalové energie pro zákazníky.</i>	<i>104</i>
<i>Příloha C: Případné poplatky za nevyžádanou jalovou energii dodanou do PS.</i>	<i>106</i>
<i>Příloha D: Finanční rozpočet – Varianta A.....</i>	<i>107</i>
<i>Příloha E: Finanční rozpočet – Varianta B.</i>	<i>108</i>
<i>Příloha F: Zdrojový kód programu Matlab R2012a pro analýzu dat.....</i>	<i>109</i>
<i>Příloha G: Nastavení sítě ustáleného chodu oblasti Tábor (LUG).....</i>	<i>118</i>

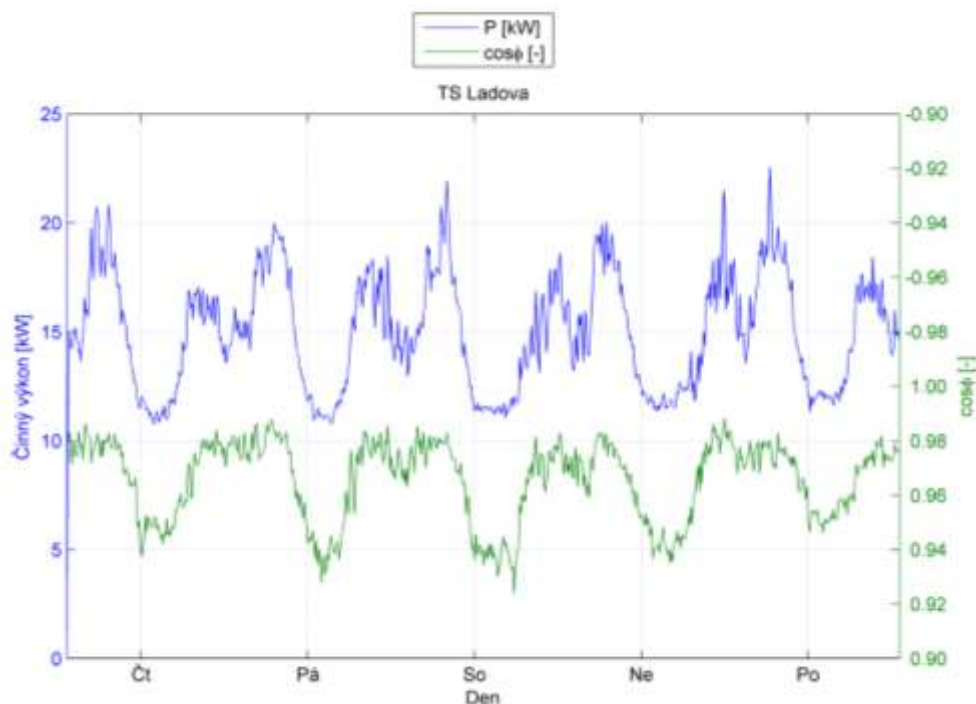
Příloha A: Analýza vybraných NN odběratelů.

TS Ladova 22. 1. – 27. 1. 2014

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	22,0	11,0	5,0	2,8	0,985	0,930
Víkend	22,5	12,0	5,0	3,0	0,985	0,925



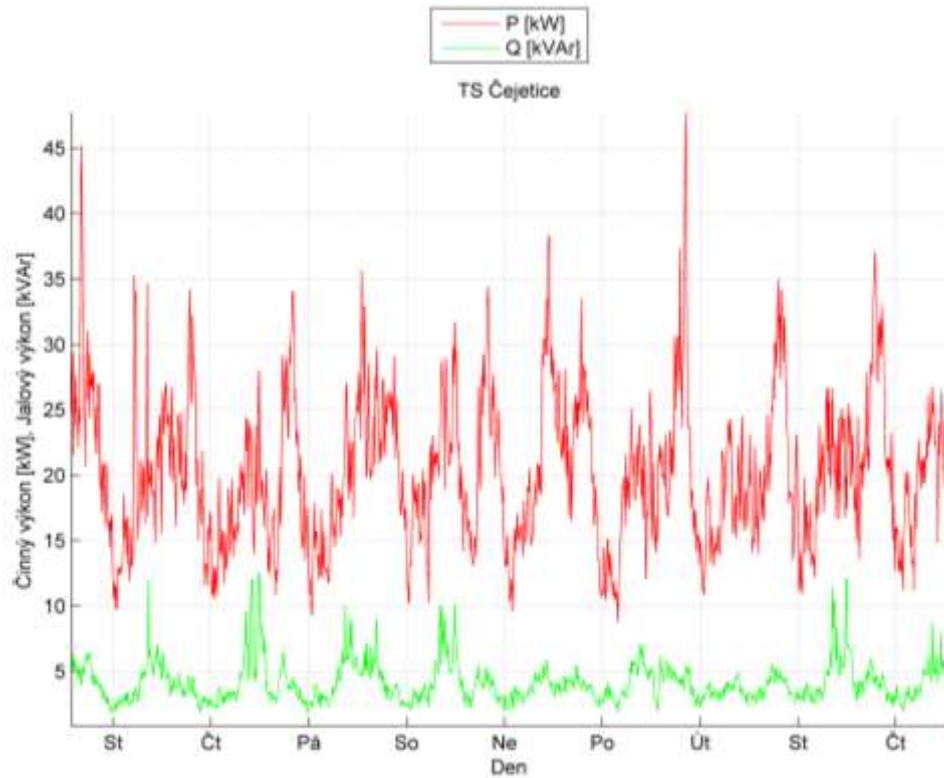
Graf 0.1: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN - TS Ladova.



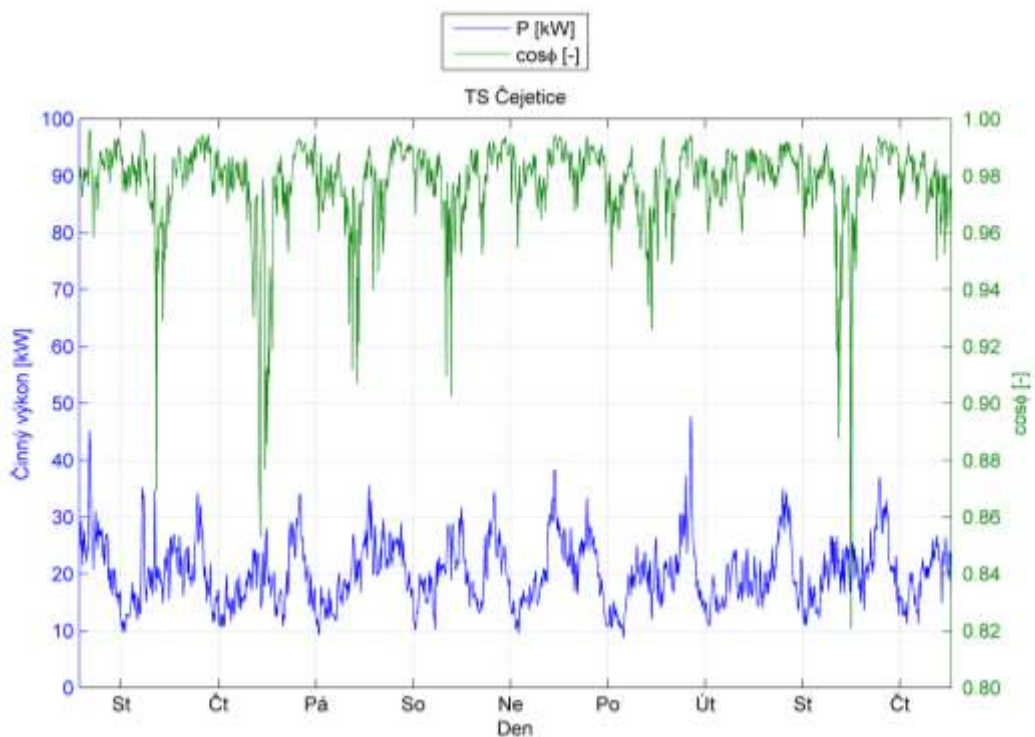
Graf 0.2: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Ladova.

TS Čejetice 4. 2. – 13. 2. 2014

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	48,0	8,5	12,0	2,5	0,995	0,820
Víkend	37,5	9,8	10,0	2,0	0,950	0,905



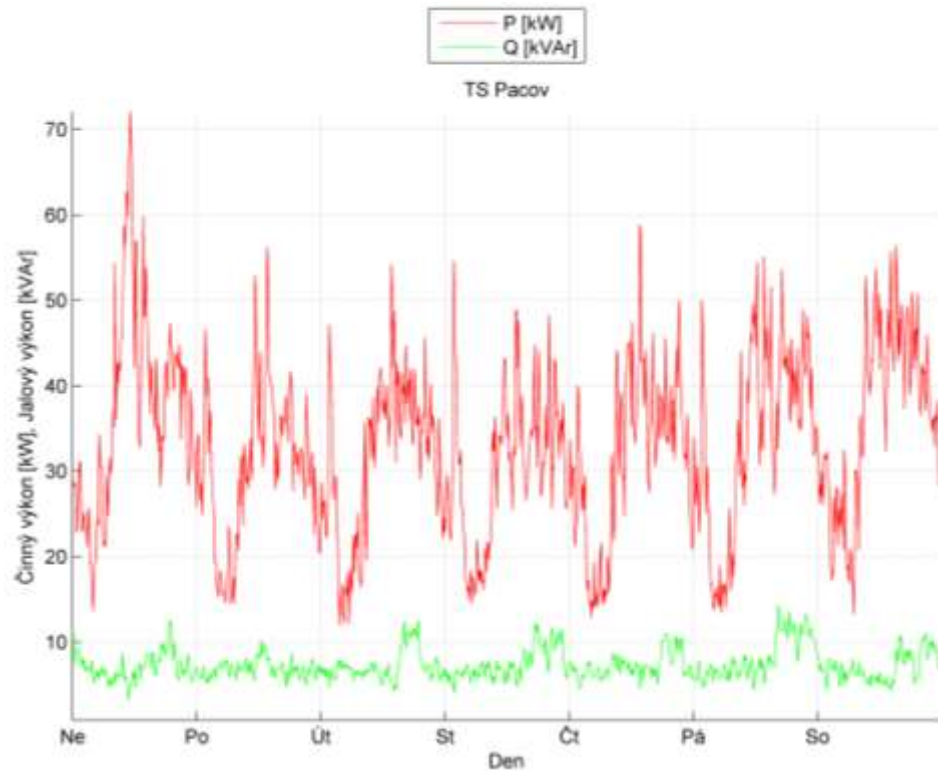
Graf 0.3: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Čejetice.



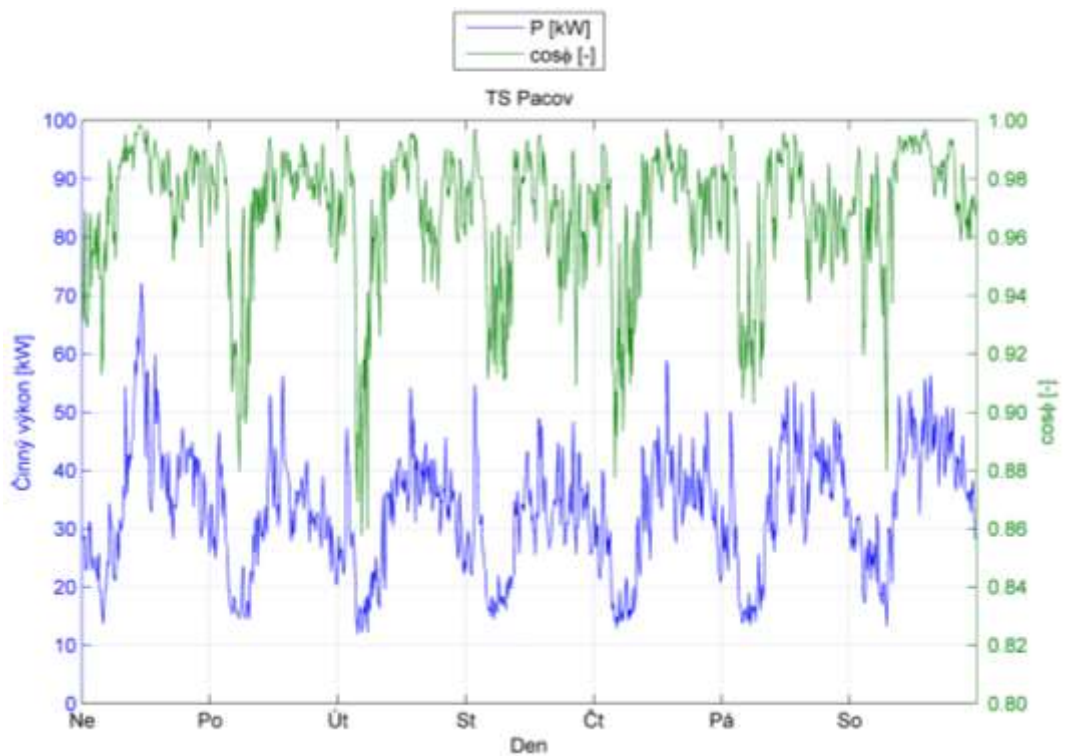
Graf 0.4: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Čejetice.

TS Pacov 7. 8. – 13. 8. 2011

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	59,0	12,0	14,5	4,5	0,998	0,859
Víkend	72,0	14,0	12,0	2,5	1,000	0,880



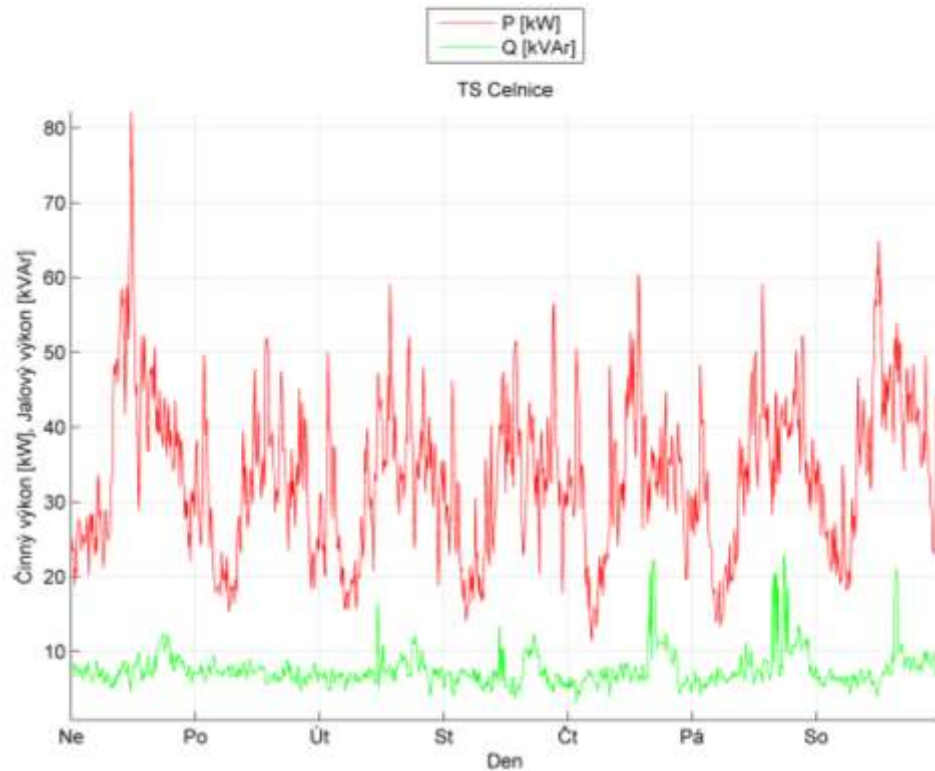
Graf 0.5: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Pacov.



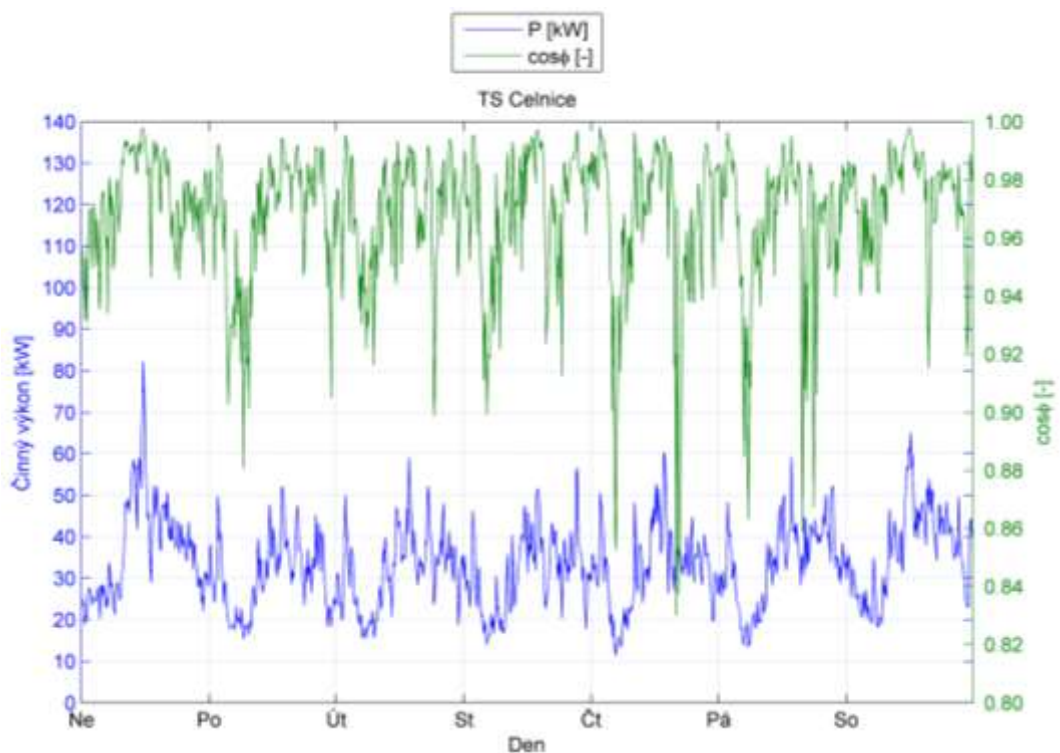
Graf 0.6: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Pacov.

TS Celnice 7. 8. – 13. 8. 2011

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	60,1	11,5	12,5	3,0	0,998	0,820
Víkend	82,0	19,0	20,5	3,5	0,998	0,920



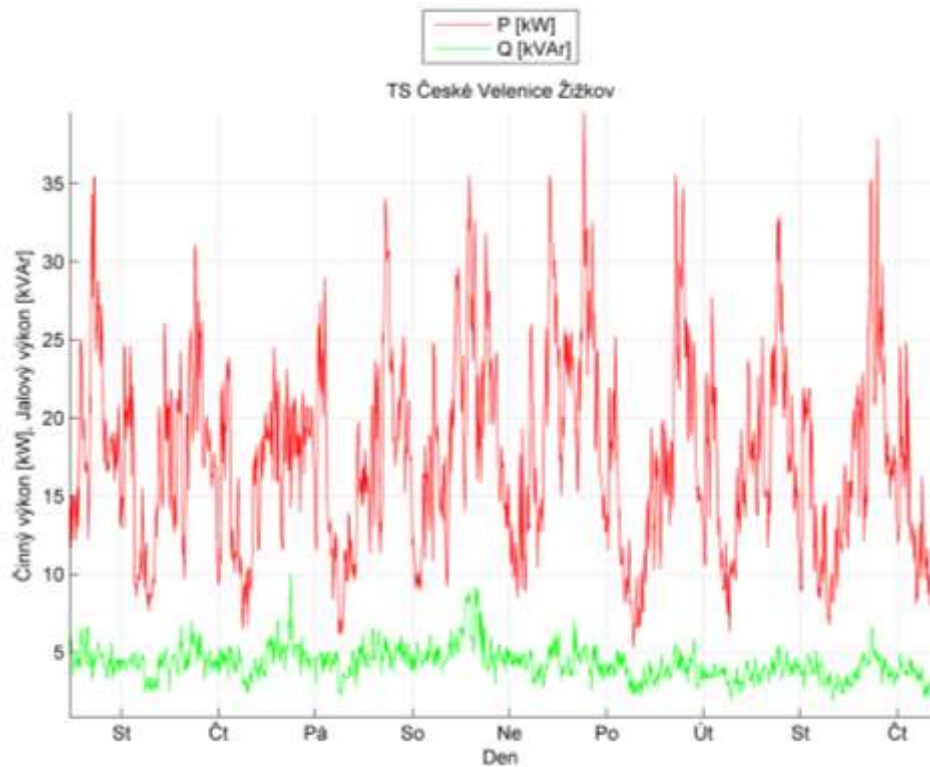
Graf 0.7: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Celnice.



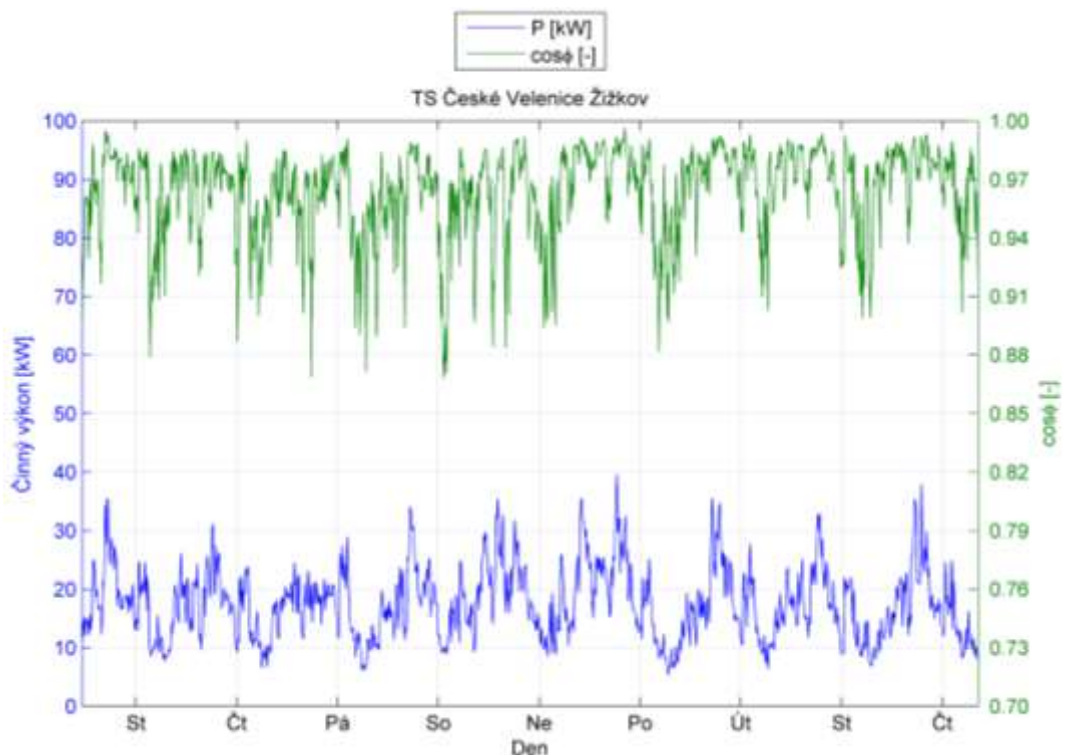
Graf 0.8: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Celnice.

TS České Velenice Žižkov 20. 8. – 29. 8. 2013

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	37,5	6,5	10,0	2,0	0,980	0,870
Víkend	39,0	8,0	8,0	2,3	0,985	0,865



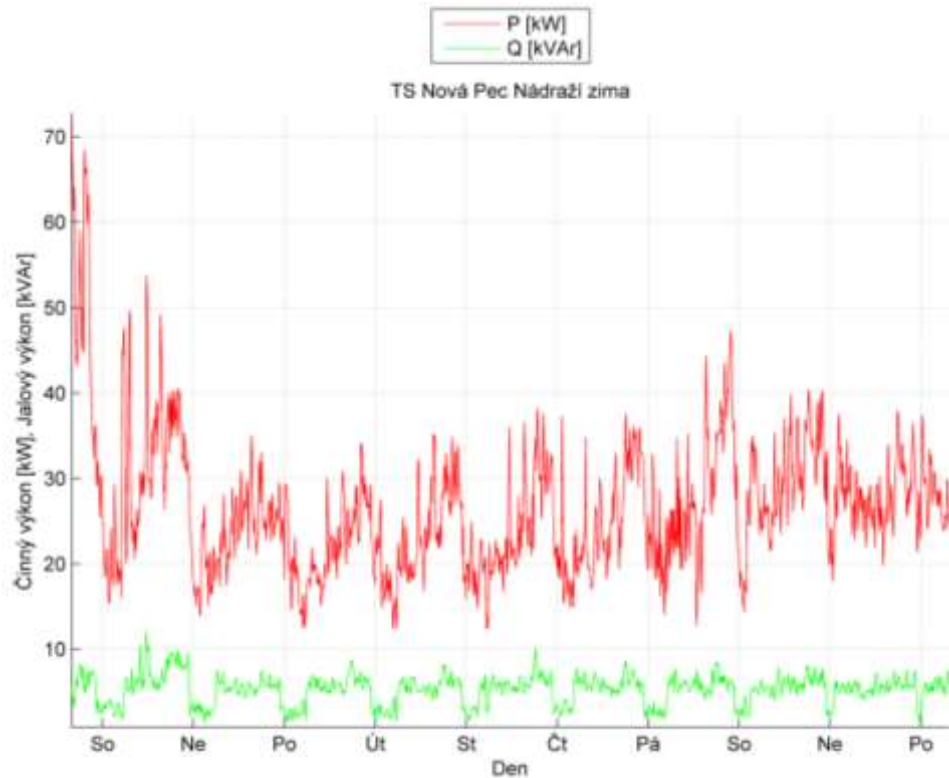
Graf 0.9: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS České Velenice Žižkov.



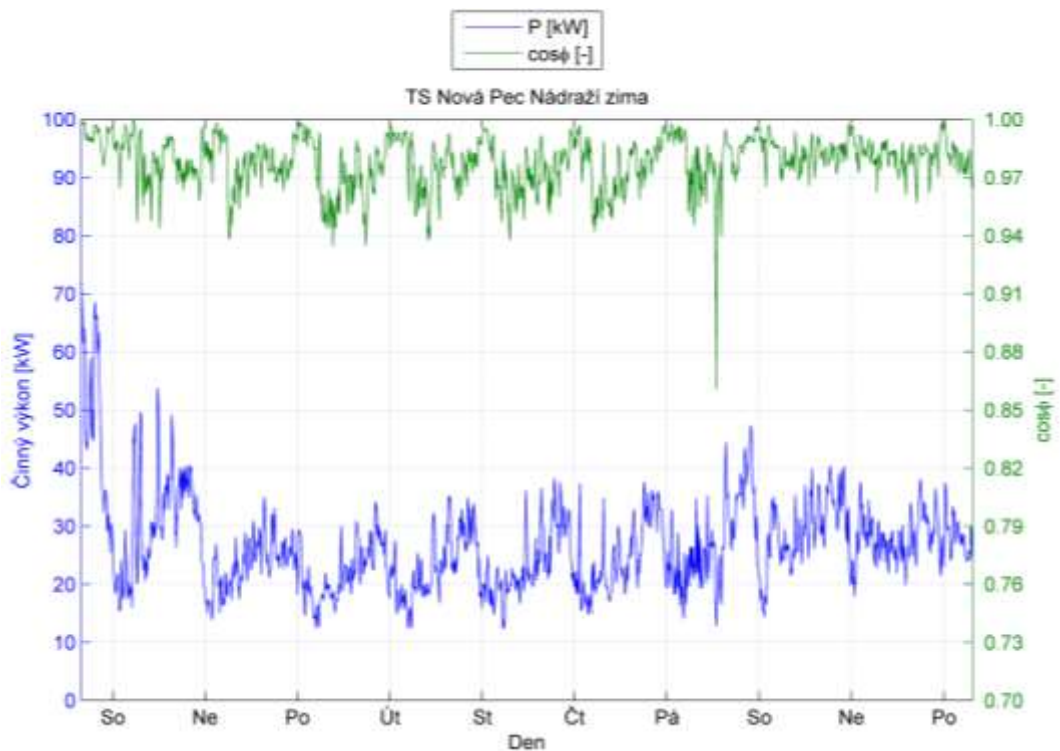
Graf 0.10: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS České Velenice Žižkov.

TS Nová Pec Nádraží zima 4. 1. – 14. 1. 2013

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	37,5	12,0	10,0	0,5	1,000	0,860
Víkend	73,0	15,0	11,5	0,5	1,000	0,940



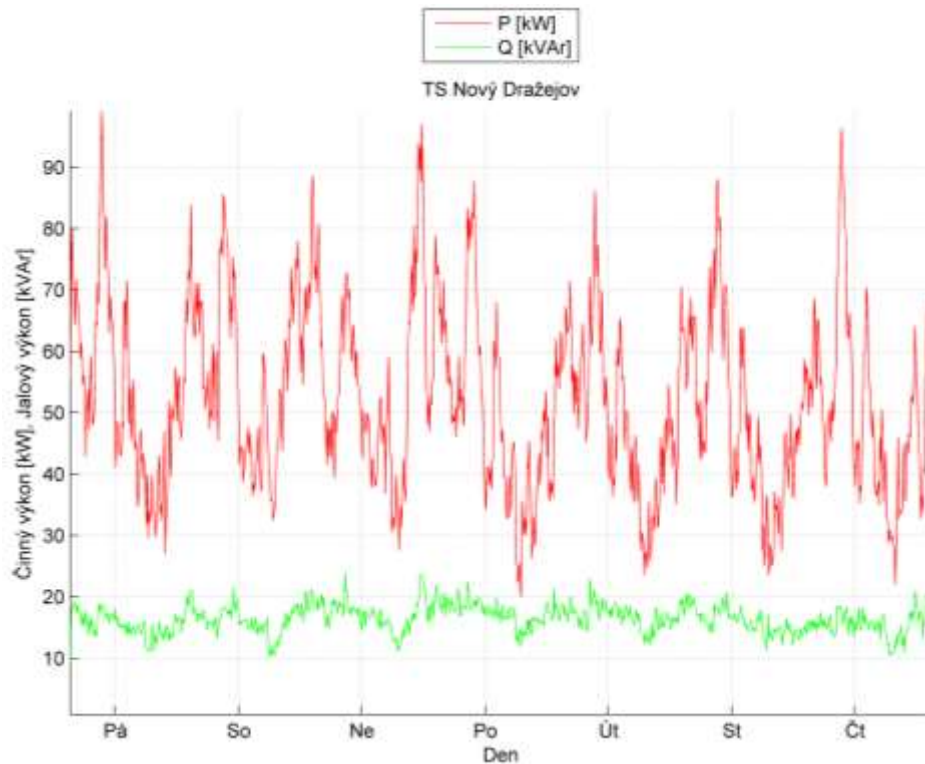
Graf 0.11: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Nová Pec Nádraží.



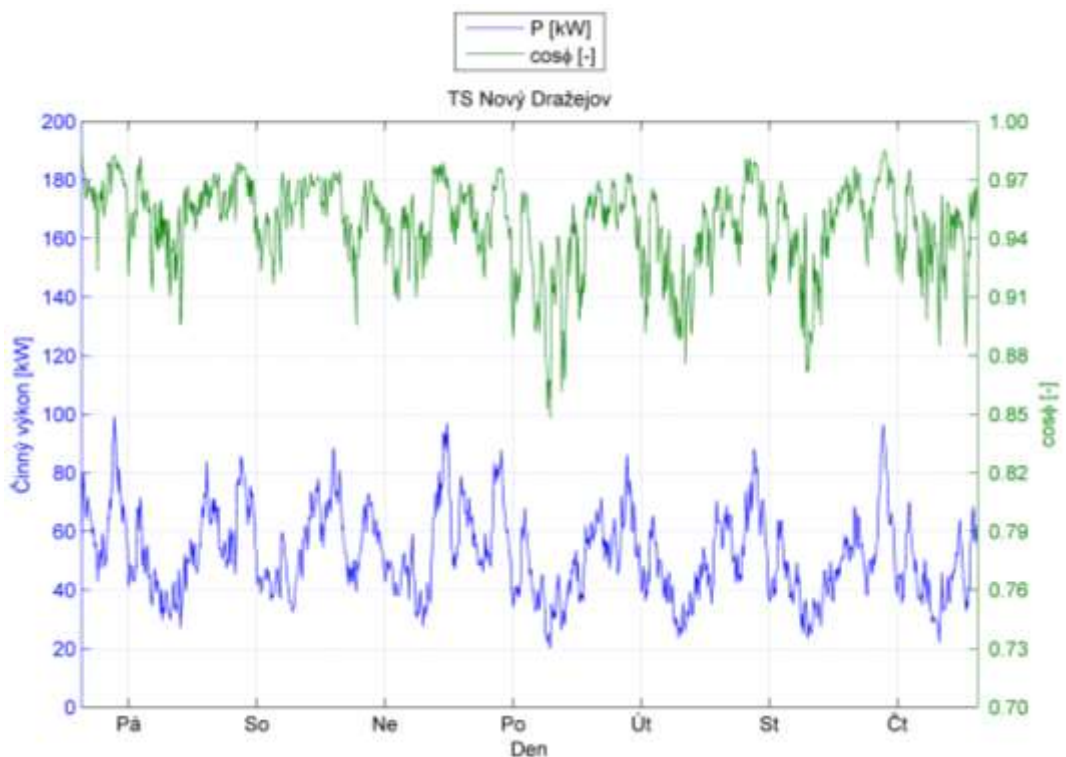
Graf 0.12: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Nová Pec Nádraží.

TS Nový Dražejov 19. 8. – 26. 8. 2010

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\phi_{\max}$ [-]	$\cos\phi_{\min}$ [-]
Všední dny	99,0	21,5	21,0	10,0	0,980	0,870
Víkend	98,0	28,0	23,0	10,0	0,975	0,890



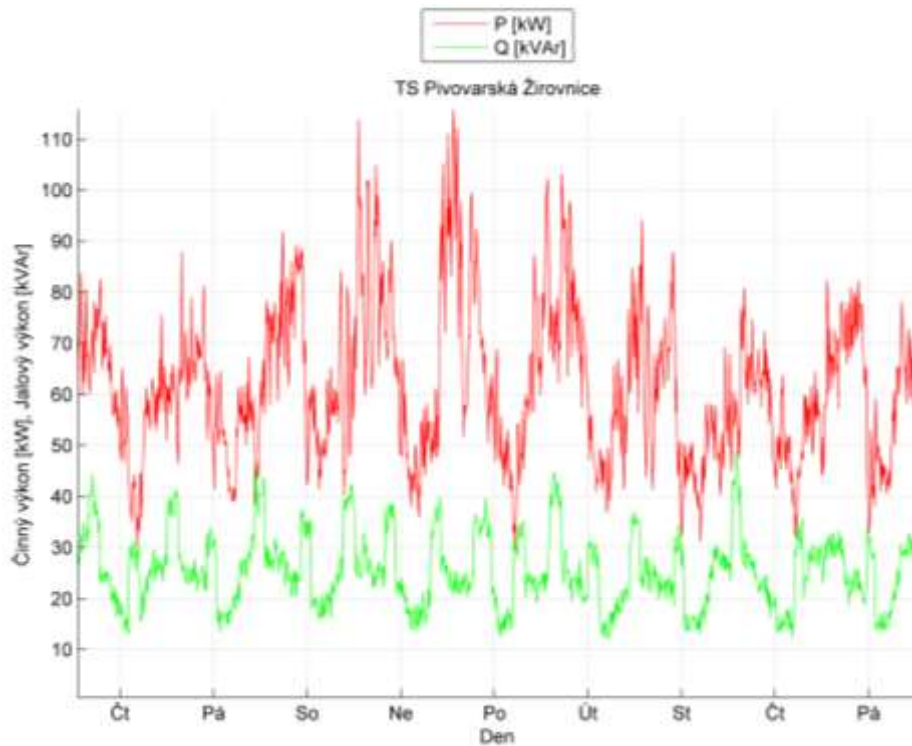
Graf 0.13: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Nový Dražejov.



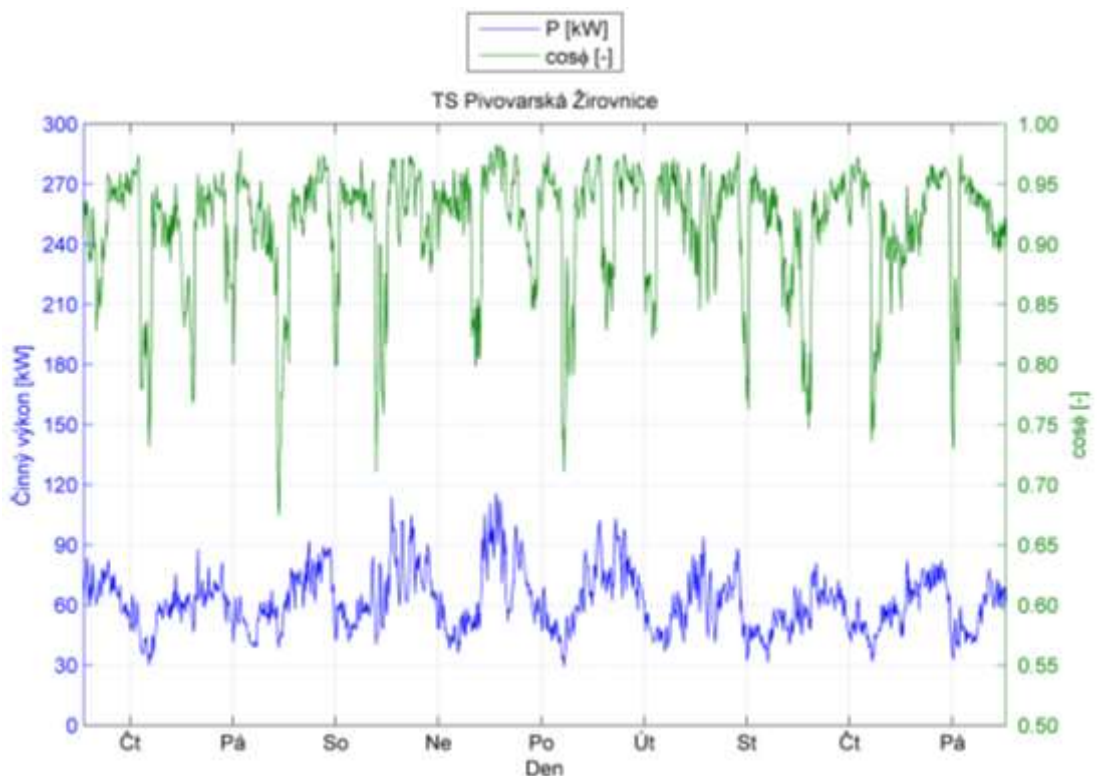
Graf 0.14: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Nový Dražejov.

TS Pivovarská Žirovnice 2. 5. – 11. 5. 2012

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ [-]	$\cos\varphi_{\min}$ [-]
Všední dny	102,0	30,0	49,0	12,0	0,970	0,670
Víkend	115,0	36,0	41,5	14,0	0,980	0,705



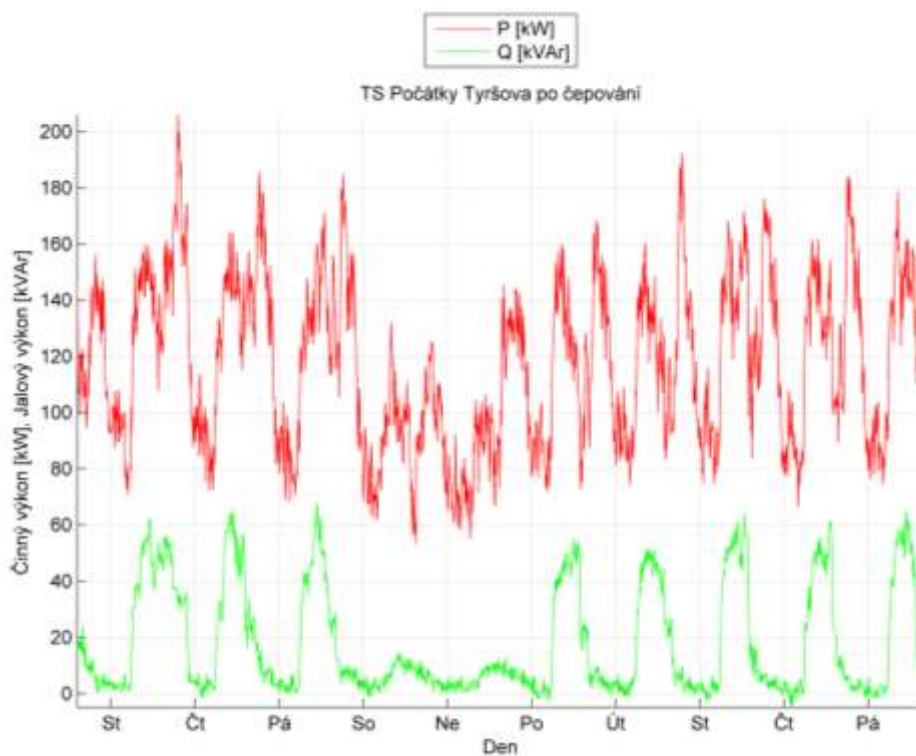
Graf 0.15: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Pivovarská Žirovnice.



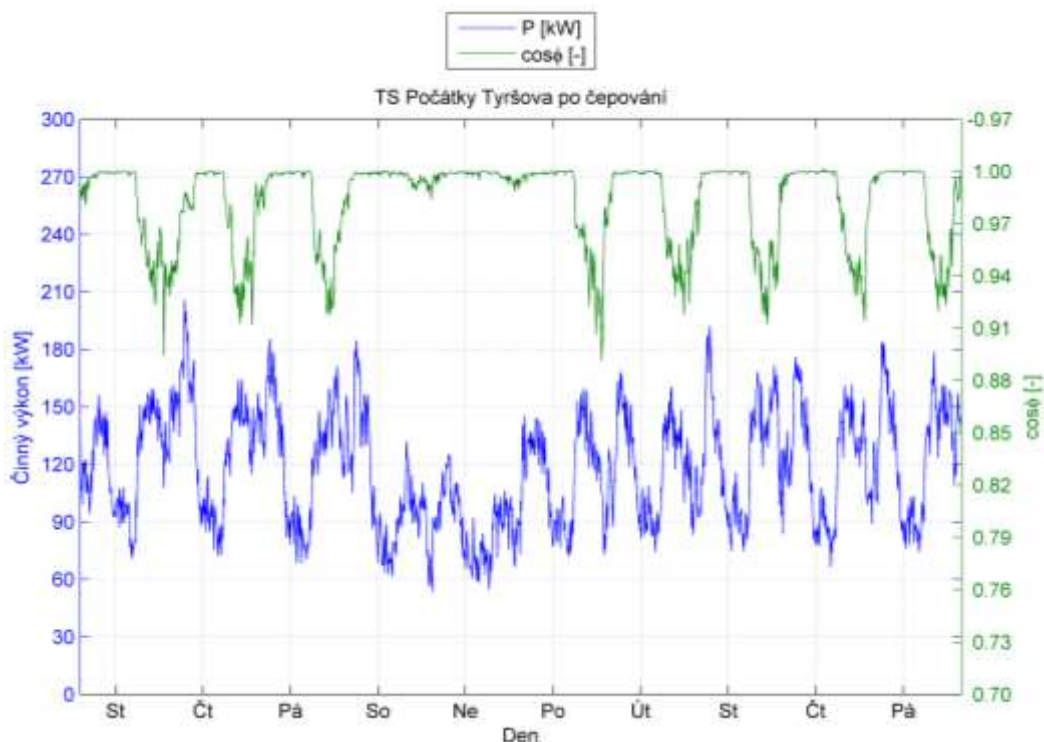
Graf 0.16: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Pivovarská Žirovnice.

TS Počátky Tyršova po čepování 24. 9. – 4. 10. 2013

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ KAP [-]
Všední dny	205	65	65	-3	1,000	0,900	-0,990
Víkend	131	55	12	-1	1,000	0,990	-0,990



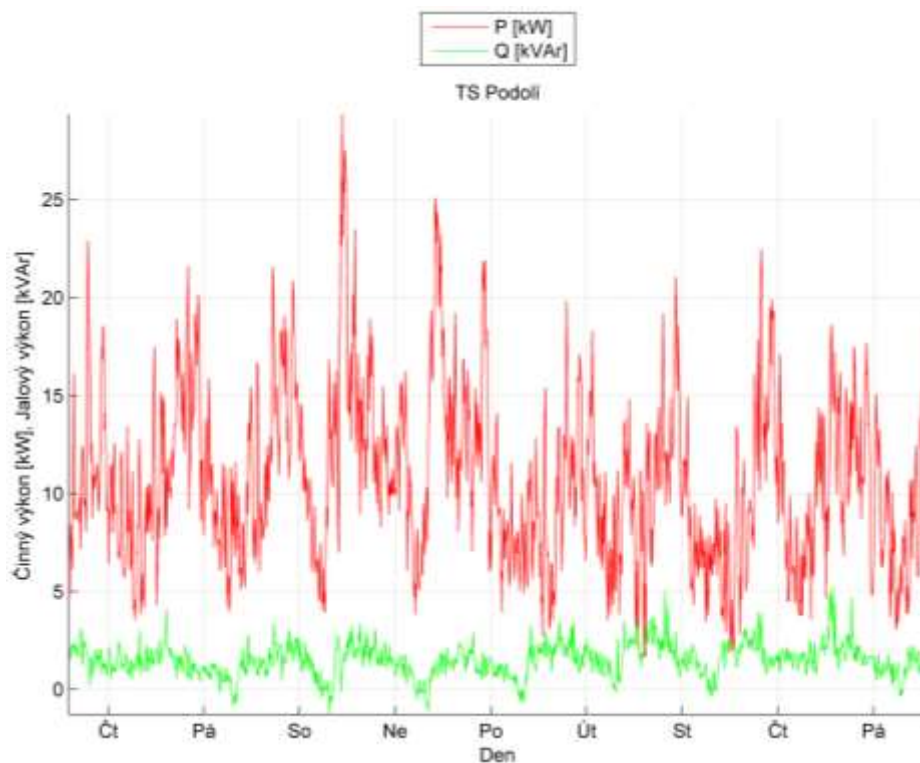
Graf 0.17: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Počátky Tyršova.



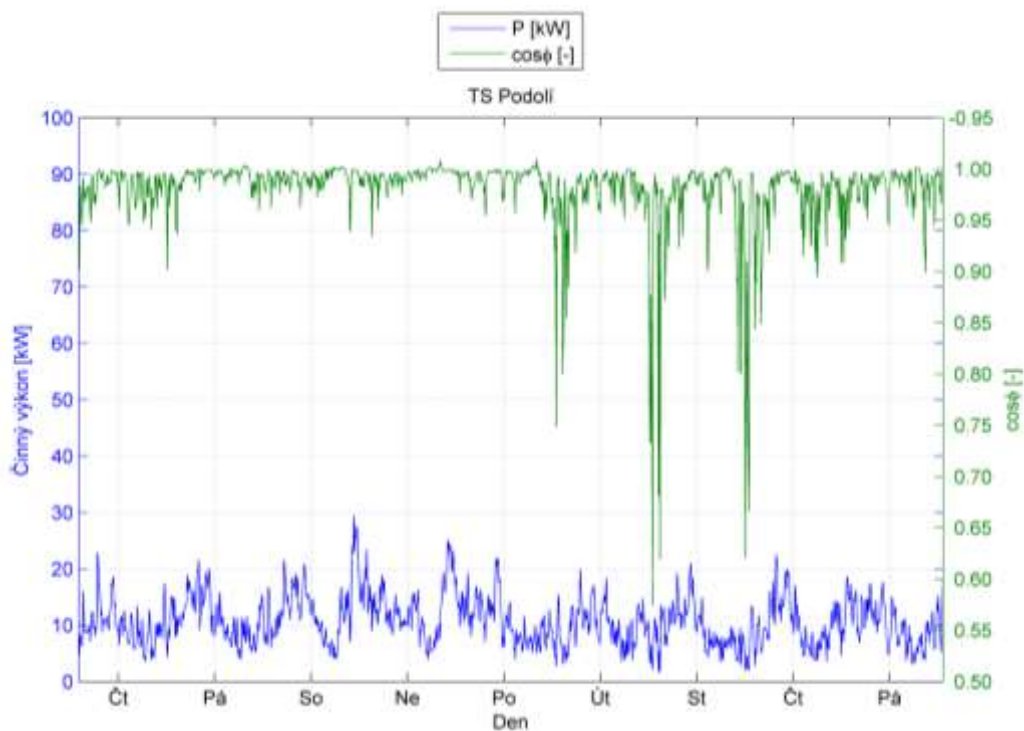
Graf 0.18: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Pivovarská Žirovnice.

TS Podolí 22. 6. – 1. 7. 2011

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ KAP [-]
Všední dny	22,5	3,0	5,1	-1,0	1,000	0,570	-0,995
Víkend	29,0	4,0	2,5	-1,5	1,000	0,945	-0,990



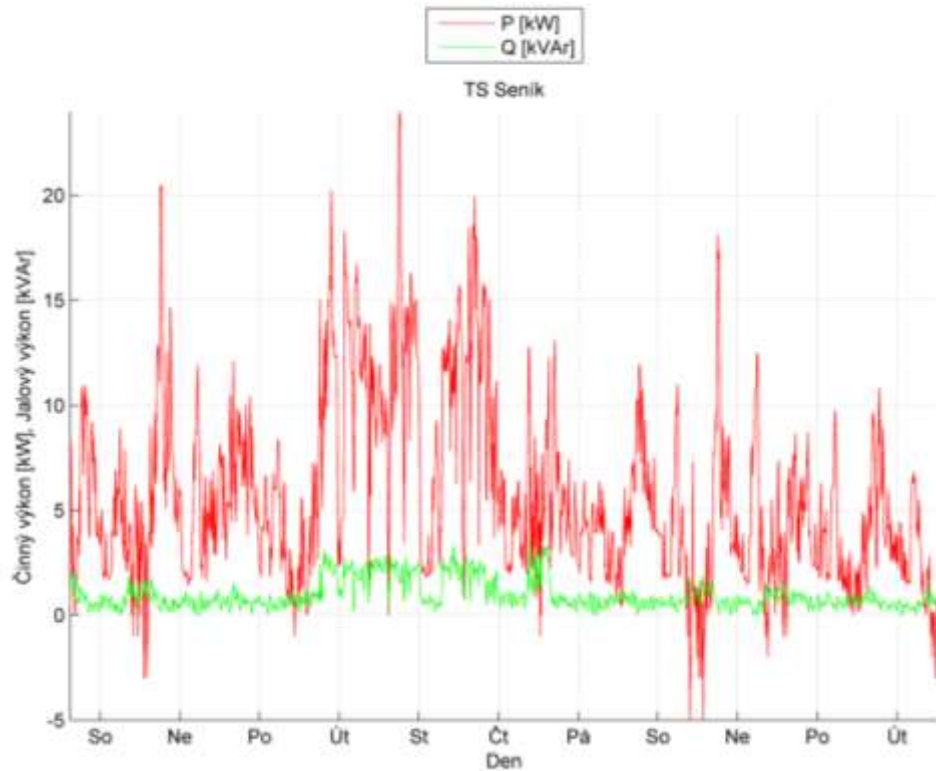
Graf 0.19: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Podolí.



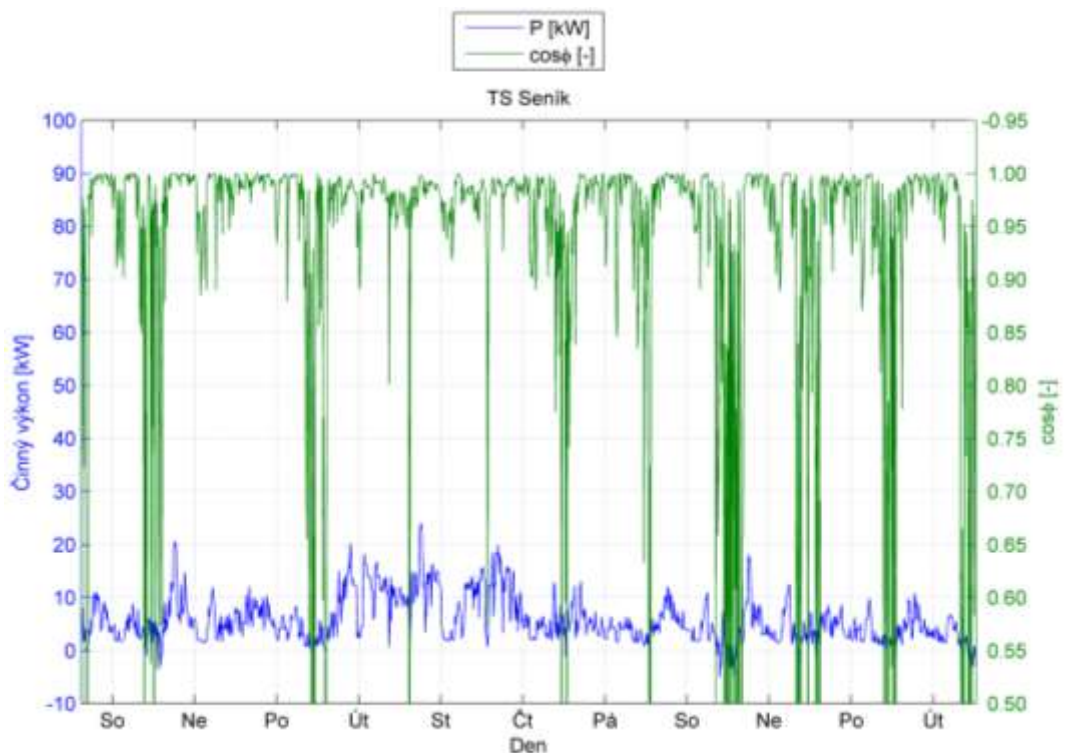
Graf 0.20: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Podolí.

TS Seník 26. 4. – 7. 5. 2013

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ IND [-]
Všední dny	28	-3	2,5	0,1	1,000	0,000
Víkend	20,5	-5	2	0	1,000	0,000



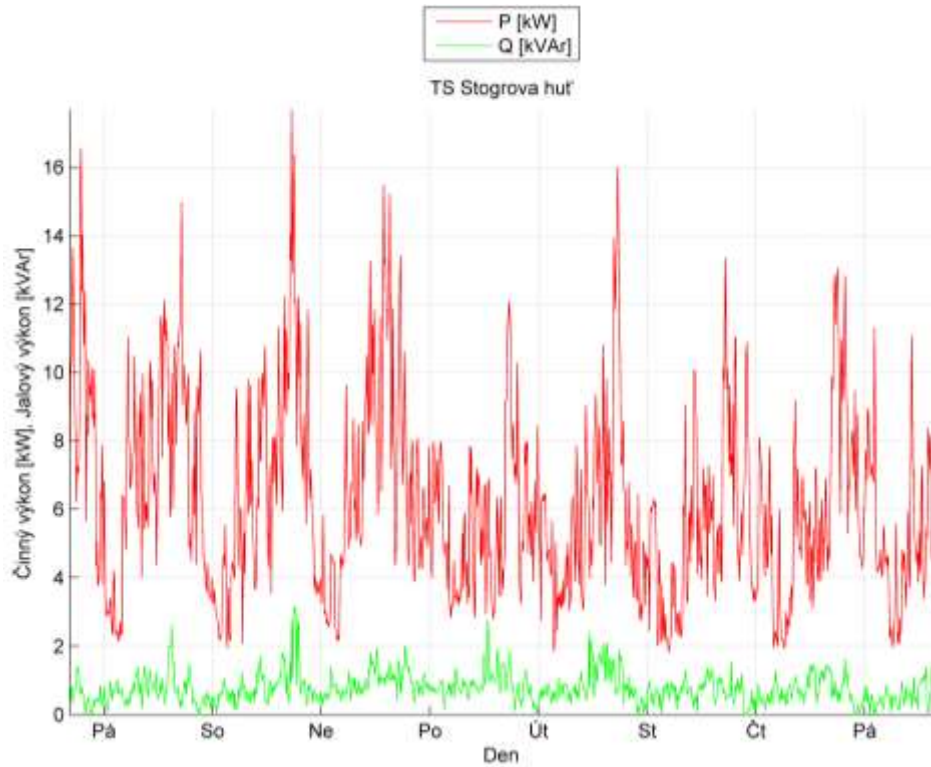
Graf 0.21: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Seník.



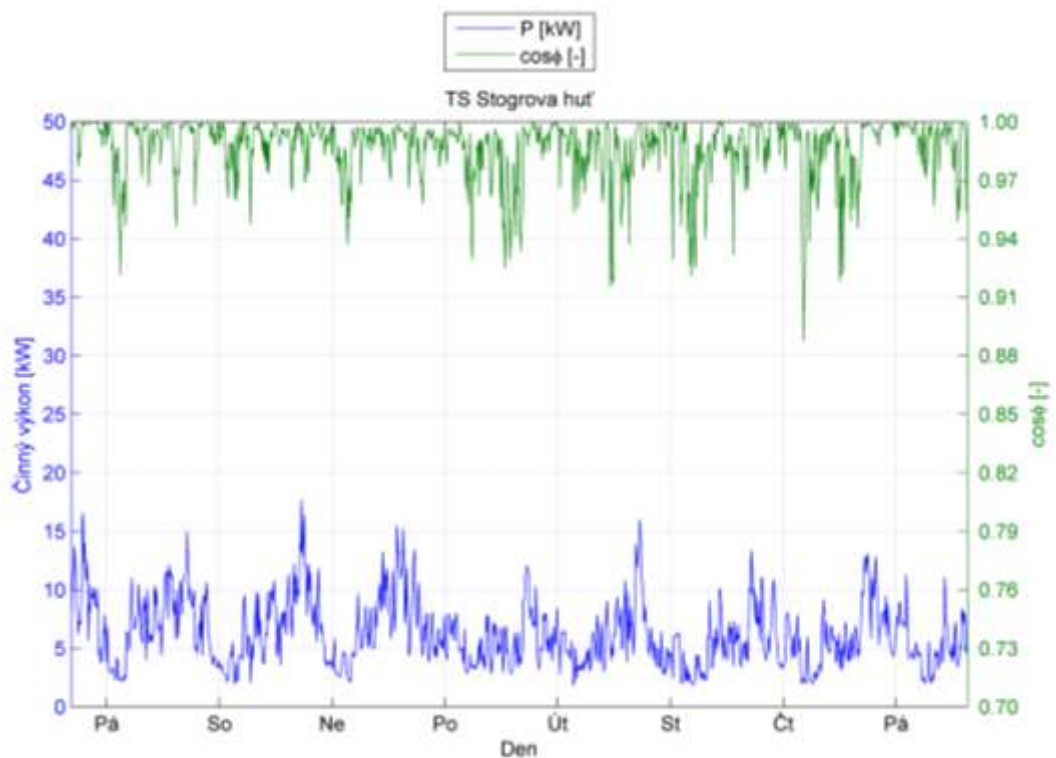
Graf 0.22: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Seník.

TS Stogrova huť 4. 7. – 12. 7. 2013

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ IND [-]
Všední dny	16,5	1,9	2,5	0	1,000	0,885
Víkend	17,5	2	3	0	1,000	0,935



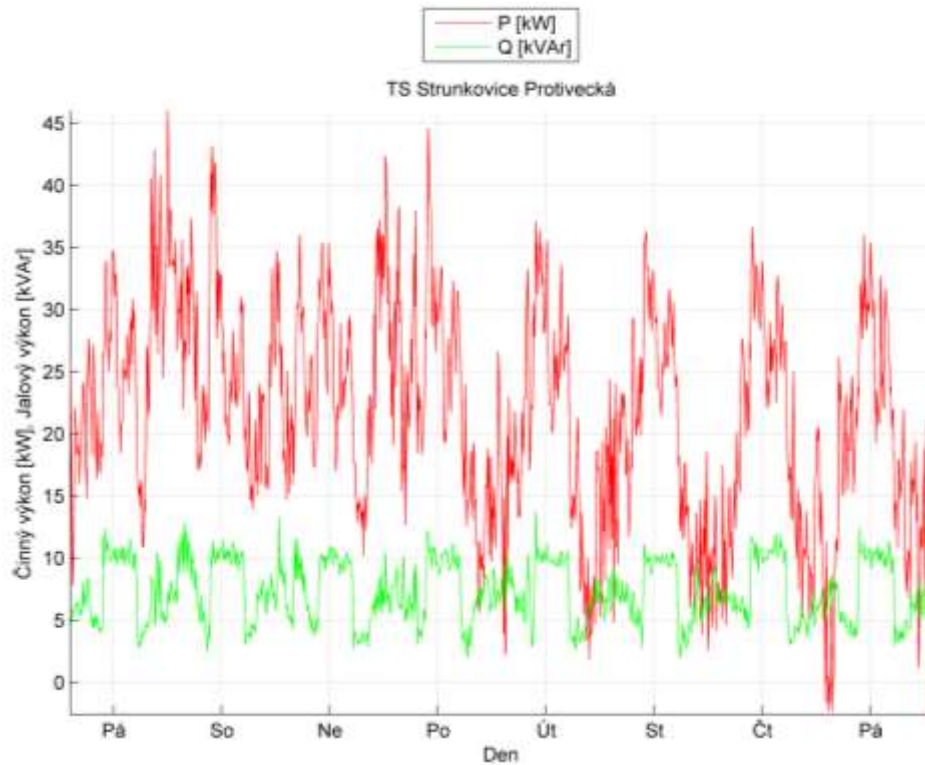
Graf 0.23: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Stogrova Huť.



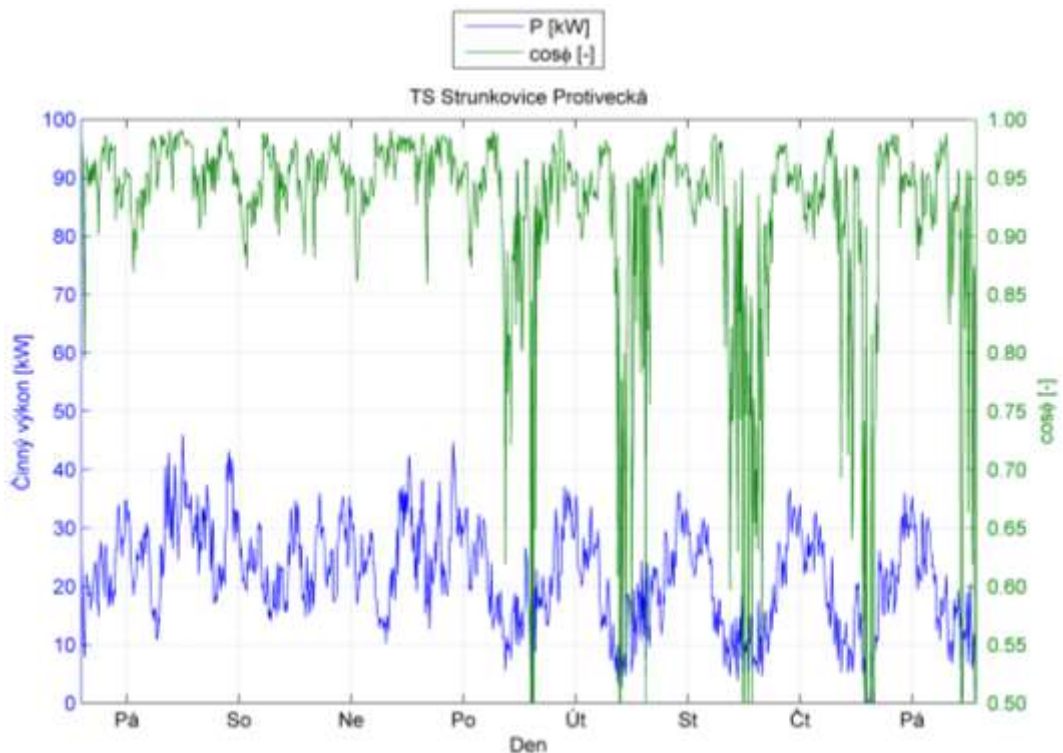
Graf 0.24: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Stogrova Huť.

TS Strunkovice Protivecká 4. 7. – 12. 7. 2013.

	P_{\max} [kW]	P_{\min} [kW]	Q_{\max} [kVAr]	Q_{\min} [kVAr]	$\cos\varphi_{\max}$ IND [-]	$\cos\varphi_{\min}$ IND [-]
Všední dny	46,0	-2,5	14,0	2,5	0,990	0,000
Víkend	44,8	10,0	13,0	3,0	0,985	0,860



Graf 0.25: Průběh činného a jalového výkonu odběratele NN – TS Strunkovice Protivecká.



Graf 0.26: Průběh činného výkonu a účinníku odběratele NN - TS Strunkovice Protivecká.

Příloha B: Maximální ceny jalové energie pro zákazníky.

Ceny distribučních služeb uvedené v cenovém rozhodnutí jsou stanoveny za předpokladu, že dodávky elektřiny s ohledem na zjištění technické bezpečnosti a provozu ES jsou uskutečňovány s hodnotou induktivního účinníku 0,95 – 1,00, za předpokladu, že se zákazník s provozovatelem dané distribuční soustavy nedohodne jinak. Účinník se vyhodnocuje v každém odběrovém místě, ve kterém dochází k odběru elektrické energie z distribuční soustavy na napěťových hladinách VVN a VN.

Pro měření jalové energie a k následnému výpočtu účinníku $\cos \varphi$ se používají hodnoty měření činného a jalového výkonu ve shodných časových úsecích. Pro stanovení časového úseku u odběrných míst s měřením typu A nebo B podle vyhlášky popsané v kapitole 5, která upravuje měření elektrické energie, se použijí hodnoty průběhového 15 minutového měření činné a jalové energie. Vyhodnocení účinníku pro výše uvedené typy měření se provádí po dobu 24 hodin každý den. V místě odběru vybaveném měřením typu C podle vyhlášky, kterou se stanoví podrobnosti měření elektřiny a předávání technických údajů, se účinník vyhodnocuje v době stanoveném provozovatelem distribuční soustavy.

Zpětná dodávka jalové energie se měří po dobu 24 hodin každý den.

Z naměřených hodnot činné energie v kWh a jalové energie v kVAh za vyhodnocované období v příslušném pásmu průběhového měření popsané v této kapitole se vypočte:

$$tg\varphi = \frac{kVAh}{kWh} (-) \quad (0.1)$$

a tomu odpovídající $\cos \varphi$.

K takto naměřeným hodnotám induktivní jalové energie se připočtou jalové ztráty transformátoru naprázdno v kVAh uvedené v následující tabulce a k činné energii činné ztráty transformátoru při umístění měření na sekundární straně transformátoru.

Tab. 0.1: Jalové ztráty transformátoru naprázdno dle jeho výkonu, převzato z [2].

Jmenovitý výkon transformátoru [kVA]	Měsíční hodnota jalových transformačních ztrát v pásmu 1 hodiny [kVAh]		
	Do 22 kV	35 kV	110 kV
Menší než 250	-	-	-
250	145	160	-
400	183	207	-
630	230	249	-
1 000	289	320	-
1 600	365	404	-
2 500	989	989	-
4 000	1 339	1 339	-
6 300	1 918	1 918	-
10 000	2 739	2 739	2 739
16 000	4 140	4 140	4 140
25 000	6 088	6 088	5 707
40 000	7 914	7 914	7 917
63 000	-	-	11 505

Hodnoty uvedené v tabulce (Tab. 0.1), se vynásobí počtem hodin měření odběru jalové energie. Pokud není hodnota jmenovitého výkonu transformátoru uvedena v tabulce, použije se hodnota jalových ztrát transformátoru o jmenovitém výkonu blízkému nejnižší.

Pokud je $\cos \varphi$ v mezích 0,95 – 1,00, neplatí zákazník žádnou cenovou přírážku. Pokud je vypočtený účinník menší než 0,95, platí zákazník provozovateli distribuční soustavy cenovou přírážku stanovenou podle následující tabulky (Tab. 0.2):

Tab. 0.2: Cenová přírážka v procentech při nedodržení účinníku, převzato z [2].

Pásma účinníku	tg φ min	tg φ max	cos φ min	cos φ max	Přírážka
	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
1	0,000	0,328	0,95	1,000	0,00
2	0,329	0,484	0,90	0,949	2,85
3	0,485	0,750	0,80	0,899	12,38
4	0,751	1,020	0,70	0,799	28,07
5	1,021	1,333	0,60	0,699	48,58
6	1,334	a více	0,00	0,599	100,00

Cenová přírážka se stanoví jako součin hodnot nejvyššího naměřeného 15 minutového výkonu za vyhodnocované období, ceny za rezervovanou kapacitu na příslušné napěťové hladině a odpovídající hodnoty přírážky a jako součet ceny za použití sítí na příslušné napěťové hladině a ceny za silovou elektřinu podle následující tabulky, vynásobeny odpovídající hodnotou přírážky a množstvím odebrané elektřiny za vyhodnocované období.

Tab. 0.3: Pevná cena silové elektřiny v Kč/MWh pro vyhodnocení cenové přírážky za nedodržení smluvené hodnoty účinníku, převzato z [2].

Provozovatel distribuční soustavy	Pevná cena silové elektřiny v Kč/MWh pro vyhodnocení cenové přírážky za nedodržení smluvené hodnoty účinníku
ČEZ Distribuce, a.s.	1205,98
E.ON Distribuce, a.s.	1236,02
PRE distribuce, a.s.	1243,51
LDS Sever spol. s.r.o.	1175,00

Za nevyžádanou dodávku jalové energie do sítě DS účtuje provozovatel DS zákazníkovi cenu ve výši **440 Kč/MVArh**. Tato platba se nevyžaduje v případě krátkodobé nevyžádané dodávky jalové energie do sítě provozovatele distribuční soustavy, v pásmu kapacitního účinníku 0,999 – 1, přičemž krátkodobá nevyžádaná dodávka jalové energie do sítě provozovatele distribuční soustavy nesmí trvat déle než 90 sekund [2].

Příloha C: Případné poplatky za nevyžádanou jalovou energii dodanou do PS.

	Dasný T402, T403 Kočín T401, T402		Čebín T402		Čebín T401		Tábor T201	
	[Kč]	Q _{kap} [MVArh]	[Kč]	Q _{kap} [MVArh]	[Kč]	Q _{kap} [MVArh]	[Kč]	Q _{kap} [MVArh]
Leden	5 899 080	13 407,00	8 778 440	19 951,00	898 524	2 042,10	44 621	101,41
Únor	5 078 480	11 542,00	9 142 760	20 779,00	697 972	1 586,30	2 124	4,83
Březen	6 439 400	14 635,00	9 495 640	21 581,00	1 078 528	2 451,20	31 759	72,18
Duben	7 251 640	16 481,00	7 098 520	16 133,00	1 389 960	3 159,00	115 279	262,00
Květen	7 522 240	17 096,00	7 978 080	18 132,00	1 459 480	3 317,00	138 053	313,76
Červen	7 529 720	17 113,00	6 321 040	14 366,00	1 159 136	2 634,40	216 281	491,55
Červenec	6 464 480	14 692,00	2 385 636	5 421,90	4 506 480	10 242,00	16 829	38,25
Srpen	6 019 200	13 680,00	3 854 400	8 760,00	4 490 640	10 206,00	214 132	486,66
Září	7 754 560	17 624,00	6 435 000	14 625,00	2 213 068	5 029,70	315 252	716,48
Říjen	7 006 120	15 923,00	6 370 760	14 479,00	1 474 352	3 350,80	198 144	450,33
Listopad	6 842 000	15 550,00	3 624 852	8 238,30	1 921 040	4 366,00	152 503	346,60
Prosinec	9 894 280	22 487,00	6 301 680	14 322,00	1 177 440	2 676,00	383 397	871,36
Celkem	83 701 200	190 230,00	77 786 808	176 788,20	22 466 620	51 060,50	1 828 375	4 155,40

Příloha D: Finanční rozpočet – Varianta A.

Rok	Cashflow	Navratnost	Peněžní příjem	Čistý zisk	Daň ze zisku	Hrubý zisk	Odpisy	Nákl. na údržbu	Tržba
0	-10 500 000 Kč	-10 500 000 Kč	-10 500 000 Kč	0	0	0	0	0	0
1	1 316 317 Kč	-9 079 391 Kč	1 420 609 Kč	843 109 Kč	197 766 Kč	1 040 875 Kč	577 500 Kč	210 000 Kč	1 828 375 Kč
2	1 302 402 Kč	-7 562 434 Kč	1 516 957 Kč	414 457 Kč	97 218 Kč	511 675 Kč	1 102 500 Kč	214 200 Kč	1 828 375 Kč
3	1 204 028 Kč	-6 048 947 Kč	1 513 487 Kč	410 987 Kč	96 404 Kč	507 391 Kč	1 102 500 Kč	218 484 Kč	1 828 375 Kč
4	1 113 027 Kč	-4 539 000 Kč	1 509 947 Kč	407 447 Kč	95 574 Kč	503 021 Kč	1 102 500 Kč	222 854 Kč	1 828 375 Kč
5	1 028 850 Kč	-3 032 663 Kč	1 506 337 Kč	403 837 Kč	94 727 Kč	498 564 Kč	1 102 500 Kč	227 311 Kč	1 828 375 Kč
6	950 988 Kč	-1 530 008 Kč	1 502 655 Kč	400 155 Kč	93 863 Kč	494 018 Kč	1 102 500 Kč	231 857 Kč	1 828 375 Kč
7	878 970 Kč	-31 110 Kč	1 498 899 Kč	396 399 Kč	92 982 Kč	489 381 Kč	1 102 500 Kč	236 494 Kč	1 828 375 Kč
8	812 360 Kč	1 463 958 Kč	1 495 067 Kč	392 567 Kč	92 084 Kč	484 651 Kč	1 102 500 Kč	241 224 Kč	1 828 375 Kč
9	750 755 Kč	2 955 117 Kč	1 491 160 Kč	388 660 Kč	91 167 Kč	479 827 Kč	1 102 500 Kč	246 048 Kč	1 828 375 Kč
10	693 780 Kč	4 442 291 Kč	1 487 174 Kč	384 674 Kč	90 232 Kč	474 906 Kč	1 102 500 Kč	250 969 Kč	1 828 375 Kč
11	550 542 Kč	5 715 924 Kč	1 273 633 Kč	1 273 633 Kč	298 753 Kč	1 572 386 Kč	0 Kč	255 989 Kč	1 828 375 Kč
12	508 463 Kč	6 985 410 Kč	1 269 486 Kč	1 269 486 Kč	297 781 Kč	1 567 267 Kč	0 Kč	261 109 Kč	1 828 375 Kč
13	469 566 Kč	8 250 666 Kč	1 265 256 Kč	1 265 256 Kč	296 788 Kč	1 562 044 Kč	0 Kč	266 331 Kč	1 828 375 Kč
14	433 609 Kč	9 511 607 Kč	1 260 941 Kč	1 260 941 Kč	295 776 Kč	1 556 718 Kč	0 Kč	271 657 Kč	1 828 375 Kč
15	400 374 Kč	10 768 147 Kč	1 256 541 Kč	1 256 541 Kč	294 744 Kč	1 551 285 Kč	0 Kč	277 091 Kč	1 828 375 Kč
16	369 656 Kč	12 020 199 Kč	1 252 052 Kč	1 252 052 Kč	293 691 Kč	1 545 743 Kč	0 Kč	282 632 Kč	1 828 375 Kč
17	341 266 Kč	13 267 672 Kč	1 247 473 Kč	1 247 473 Kč	292 617 Kč	1 540 090 Kč	0 Kč	288 285 Kč	1 828 375 Kč
18	315 029 Kč	14 510 475 Kč	1 242 803 Kč	1 242 803 Kč	291 522 Kč	1 534 324 Kč	0 Kč	294 051 Kč	1 828 375 Kč
19	290 782 Kč	15 748 514 Kč	1 238 039 Kč	1 238 039 Kč	290 404 Kč	1 528 443 Kč	0 Kč	299 932 Kč	1 828 375 Kč
20	268 378 Kč	16 981 694 Kč	1 233 180 Kč	1 233 180 Kč	289 265 Kč	1 522 445 Kč	0 Kč	305 930 Kč	1 828 375 Kč
21	247 676 Kč	18 209 919 Kč	1 228 224 Kč	1 228 224 Kč	288 102 Kč	1 516 326 Kč	0 Kč	312 049 Kč	1 828 375 Kč
22	228 548 Kč	19 433 088 Kč	1 223 169 Kč	1 223 169 Kč	286 916 Kč	1 510 085 Kč	0 Kč	318 290 Kč	1 828 375 Kč
23	210 877 Kč	20 651 100 Kč	1 218 013 Kč	1 218 013 Kč	285 707 Kč	1 503 719 Kč	0 Kč	324 656 Kč	1 828 375 Kč
24	194 552 Kč	21 863 854 Kč	1 212 753 Kč	1 212 753 Kč	284 473 Kč	1 497 226 Kč	0 Kč	331 149 Kč	1 828 375 Kč
25	179 472 Kč	23 071 242 Kč	1 207 389 Kč	1 207 389 Kč	283 215 Kč	1 490 603 Kč	0 Kč	337 772 Kč	1 828 375 Kč
26	165 543 Kč	24 273 159 Kč	1 201 917 Kč	1 201 917 Kč	281 931 Kč	1 483 848 Kč	0 Kč	344 527 Kč	1 828 375 Kč
27	152 677 Kč	25 469 494 Kč	1 196 335 Kč	1 196 335 Kč	280 622 Kč	1 476 957 Kč	0 Kč	351 418 Kč	1 828 375 Kč
28	140 796 Kč	26 660 137 Kč	1 190 642 Kč	1 190 642 Kč	279 287 Kč	1 469 929 Kč	0 Kč	358 446 Kč	1 828 375 Kč
29	129 823 Kč	27 844 972 Kč	1 184 836 Kč	1 184 836 Kč	277 924 Kč	1 462 760 Kč	0 Kč	365 615 Kč	1 828 375 Kč
30	119 691 Kč	29 023 885 Kč	1 178 913 Kč	1 178 913 Kč	276 535 Kč	1 455 448 Kč	0 Kč	372 927 Kč	1 828 375 Kč
Celkem	-	-	29 023 885 Kč	29 023 885 Kč	6 808 072 Kč	35 831 957 Kč	10 500 000 Kč	8 519 297 Kč	54 851 254 Kč

Příloha E: Finanční rozpočet – Varianta B.

Rok	Cashflow	Navratnost	Peněžní příjem	Čistý zisk	Daň ze zisku	Hrubý zisk	Odpisy	Nák na údržbu	Tržba
0	-13 200 000 Kč	-13 200 000 Kč	-13 200 000 Kč	0	0	0	0	0	0
1	1 297 969 Kč	-11 799 193 Kč	1 400 807 Kč	674 807 Kč	158 288 Kč	833 095 Kč	726 000 Kč	269 280 Kč	1 828 375 Kč
2	1 306 599 Kč	-10 277 348 Kč	1 521 845 Kč	135 845 Kč	31 865 Kč	167 710 Kč	1 386 000 Kč	274 666 Kč	1 828 375 Kč
3	1 207 137 Kč	-8 759 953 Kč	1 517 395 Kč	131 395 Kč	30 821 Kč	162 216 Kč	1 386 000 Kč	280 159 Kč	1 828 375 Kč
4	1 115 172 Kč	-7 247 097 Kč	1 512 857 Kč	126 857 Kč	29 756 Kč	156 613 Kč	1 386 000 Kč	285 762 Kč	1 828 375 Kč
5	1 030 141 Kč	-5 738 869 Kč	1 508 227 Kč	122 227 Kč	28 671 Kč	150 898 Kč	1 386 000 Kč	291 477 Kč	1 828 375 Kč
6	951 527 Kč	-4 235 364 Kč	1 503 505 Kč	117 505 Kč	27 563 Kč	145 068 Kč	1 386 000 Kč	297 307 Kč	1 828 375 Kč
7	878 847 Kč	-2 736 675 Kč	1 498 689 Kč	112 689 Kč	26 433 Kč	139 122 Kč	1 386 000 Kč	303 253 Kč	1 828 375 Kč
8	811 659 Kč	-1 242 899 Kč	1 493 776 Kč	107 776 Kč	25 281 Kč	133 057 Kč	1 386 000 Kč	309 318 Kč	1 828 375 Kč
9	749 549 Kč	245 866 Kč	1 488 765 Kč	102 765 Kč	24 105 Kč	126 871 Kč	1 386 000 Kč	315 504 Kč	1 828 375 Kč
10	692 138 Kč	1 729 520 Kč	1 483 654 Kč	97 654 Kč	22 907 Kč	120 561 Kč	1 386 000 Kč	321 815 Kč	1 828 375 Kč
11	525 240 Kč	2 944 621 Kč	1 215 101 Kč	1 215 101 Kč	285 024 Kč	1 500 124 Kč	0 Kč	328 251 Kč	1 828 375 Kč
12	484 551 Kč	4 154 404 Kč	1 209 783 Kč	1 209 783 Kč	283 776 Kč	1 493 559 Kč	0 Kč	334 816 Kč	1 828 375 Kč
13	446 965 Kč	5 358 763 Kč	1 204 359 Kč	1 204 359 Kč	282 504 Kč	1 486 863 Kč	0 Kč	341 512 Kč	1 828 375 Kč
14	412 250 Kč	6 557 590 Kč	1 198 827 Kč	1 198 827 Kč	281 206 Kč	1 480 033 Kč	0 Kč	348 342 Kč	1 828 375 Kč
15	380 187 Kč	7 750 773 Kč	1 193 183 Kč	1 193 183 Kč	279 883 Kč	1 473 066 Kč	0 Kč	355 309 Kč	1 828 375 Kč
16	350 577 Kč	8 938 200 Kč	1 187 427 Kč	1 187 427 Kč	278 532 Kč	1 465 960 Kč	0 Kč	362 415 Kč	1 828 375 Kč
17	323 233 Kč	10 119 757 Kč	1 181 556 Kč	1 181 556 Kč	277 155 Kč	1 458 711 Kč	0 Kč	369 664 Kč	1 828 375 Kč
18	297 986 Kč	11 295 324 Kč	1 175 568 Kč	1 175 568 Kč	275 750 Kč	1 451 318 Kč	0 Kč	377 057 Kč	1 828 375 Kč
19	274 675 Kč	12 464 784 Kč	1 169 459 Kč	1 169 459 Kč	274 318 Kč	1 443 777 Kč	0 Kč	384 598 Kč	1 828 375 Kč
20	253 154 Kč	13 628 012 Kč	1 163 229 Kč	1 163 229 Kč	272 856 Kč	1 436 085 Kč	0 Kč	392 290 Kč	1 828 375 Kč
21	233 288 Kč	14 784 886 Kč	1 156 874 Kč	1 156 874 Kč	271 365 Kč	1 428 239 Kč	0 Kč	400 136 Kč	1 828 375 Kč
22	214 950 Kč	15 935 278 Kč	1 150 392 Kč	1 150 392 Kč	269 845 Kč	1 420 236 Kč	0 Kč	408 139 Kč	1 828 375 Kč
23	198 025 Kč	17 079 057 Kč	1 143 780 Kč	1 143 780 Kč	268 294 Kč	1 412 074 Kč	0 Kč	416 301 Kč	1 828 375 Kč
24	182 405 Kč	18 216 093 Kč	1 137 036 Kč	1 137 036 Kč	266 712 Kč	1 403 748 Kč	0 Kč	424 627 Kč	1 828 375 Kč
25	167 992 Kč	19 346 250 Kč	1 130 157 Kč	1 130 157 Kč	265 098 Kč	1 395 255 Kč	0 Kč	433 120 Kč	1 828 375 Kč
26	154 693 Kč	20 469 390 Kč	1 123 140 Kč	1 123 140 Kč	263 453 Kč	1 386 593 Kč	0 Kč	441 782 Kč	1 828 375 Kč
27	142 423 Kč	21 585 373 Kč	1 115 983 Kč	1 115 983 Kč	261 774 Kč	1 377 757 Kč	0 Kč	450 618 Kč	1 828 375 Kč
28	131 104 Kč	22 694 056 Kč	1 108 683 Kč	1 108 683 Kč	260 061 Kč	1 368 745 Kč	0 Kč	459 630 Kč	1 828 375 Kč
29	120 663 Kč	23 795 294 Kč	1 101 237 Kč	1 101 237 Kč	258 315 Kč	1 359 552 Kč	0 Kč	468 823 Kč	1 828 375 Kč
30	111 034 Kč	24 888 936 Kč	1 093 642 Kč	1 093 642 Kč	256 533 Kč	1 350 176 Kč	0 Kč	478 199 Kč	1 828 375 Kč
Celkem	-	-	24 888 936 Kč	24 888 936 Kč	5 838 145 Kč	30 727 081 Kč	13 200 000 Kč	10 924 172 Kč	54 851 254 Kč

Příloha F: Zdrojový kód programu Matlab R2012a pro analýzu dat.

```

clc
clear all
close all
[Data] = xlsread('file1.xls','Report'); %Vybere z exelu číselné hodnoty
[~,txt] = xlsread('file1.xls','Report','3:3'); %Vybere z exelu jména sloupců (traf)
Hlavicka=txt;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Začátek zpracování a výběr všech sloupců
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
num_nazvy=size(txt,2);
poradi_nazvy=(1:(num_nazvy-2));
% Odstranění buněk bez názvu a s datem
for i = 1:(num_nazvy-2);
    nazvy_1(i,:)=(txt(1,i+1));
end
%Zadání hledané veličiny
hodnota_veliciny=input('Hledaná veličina [(1)V, (2)A, (3)W, (4)VAr, (5)S, (6)cosfi, (7)Bilance, (8)Q201 a Qsum, (9)RC, (10)Q110sitě];');
%Do proměnné "velicina" bude nastavena hledaná veličina
if hodnota_veliciny==1;
    velicina='_UV_';
    osay='Napětí [kV]';
end
if hodnota_veliciny==2;
    velicina='_UA_';
    osay='Proud [A]';
end
if hodnota_veliciny==3;
    velicina='_UW_';
    osay='Činný výkon [MW]';
end
if hodnota_veliciny==4;
    velicina='_UVAr_';
    osay='Jalový výkon [MVA]';
end
if hodnota_veliciny==5;
    velicina='_UW_';
    osay='Zdánlivý výkon [MVA]';
end
if hodnota_veliciny==6;
    velicina='_UA_';
    osay='Cosfi [-]';
end
if hodnota_veliciny==7;
    velicina='_UW_';
    osay='Činný výkon [MW]';
end
if hodnota_veliciny==8;
    velicina='_UVAr_';
    osay='Jalový výkon [MVA]';
end
if hodnota_veliciny==9;
    velicina='RC';
    osay='Jalový výkon [MVA]';
end
if hodnota_veliciny==10;
    velicina='_UVAr_';
    osay='Jalový výkon [MVA]';
end
% Vybere všechny názvy obsahující název "velicina"
index = strfind(nazvy_1, velicina);
index = find(~cellfun(@isempty,index));
pocet=size(index, 1);
%Vypíše názvy vybraných sloupců
for j=1:pocet;
    nazvy(j,1)=nazvy_1((index(j,1),1));
end
% Odstranění názvu Flag z exelu
cislo=0;
for i=1:length(nazvy);

```

```

pomoc=cell2mat(nazvy(i));
if length(pomoc)~=4;
    cislo=cislo+1;
    jmena(cislo)=nazvy(i);
    poradí_jmena(cislo)=i;
end
end
clc
%Vypíše názvy sloupce a přiřadí k nim číslo určující ve kterém sloupci se
%nachází
for i=1:length(jmena);
    vypis(i,:)=[index(i), 'jmena(i),'];%#ok
end
disp(vypis);
%Zadáním čísla u názvu trafa vybere do konečné proměnné všechny žádané sloupce.
vyber_sloupc=input('Výběr traf ( [1 12 62 191] nebo (Vše) : ');
if isempty(vyber_sloupc);
    vyber_sloupc=index';
end
clear txt
pocet_vyber=size(vyber_sloupc, 2);
%Vypíše číselné hodnoty vybraných názvů a zapíše do veličiny "sloupc"
if hodnota_veliciny == 1|2|3|4;
    for l=1:pocet_vyber;
        sloupc(:,l)=Data(:,vyber_sloupc(:,l));
    end
end
%Pro zdánlivý výkon mezi soubou násobíme sloupc s napětím a proudem
if hodnota_veliciny == 5;
    for l=1:pocet_vyber;
        sloupc(:,l)=sqrt((Data(:,vyber_sloupc(:,l)).^2)+(Data(:,vyber_sloupc(:,l)+2).^2));
    end
end
%Pro cosfi vypereme spouce činného a jalového výkonu a přepočítáme přes
%goniometrické punkce
if hodnota_veliciny == 6;
    for l=1:pocet_vyber;
        sloupc(:,l)=cos(atan(Data(:,vyber_sloupc(:,l)+4)./Data(:,vyber_sloupc(:,l)+2)));
    end
end
%Výkonová bilance
k=size(Data,1);
if hodnota_veliciny == 7;
    for l=1:pocet_vyber;
        bilance(:,l)=Data(:,vyber_sloupc(:,l));
    end
    for s=1:k;
        sloupc_bilance(s,1)=bilance(s,1)-sum(bilance(s,2:15));
    end
    sloupc=sloupc_bilance(:,1);
    legenda={'Výkonová bilance'};
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Q201 a Qsum
k=size(Data,1);
if hodnota_veliciny == 8;
    for l=1:pocet_vyber;
        bilance(:,l)=Data(:,vyber_sloupc(:,l));
    end
    for s=1:k;
        sloupc_bilance(s,1)=bilance(s,1);
        sloupc_bilance_1(s,1)=sum(bilance(s,2:15));
    end
    sloupc=[sloupc_bilance(:,1) sloupc_bilance_1(:,1)];
    legenda={'Q T201' ; 'Q T201suma - suma odběratele Q110kV a Q110/22kV'};
end
%Q110sítě
k=size(Data,1);
if hodnota_veliciny == 10;
    for l=1:pocet_vyber;
        bilance(:,l)=Data(:,vyber_sloupc(:,l));
    end
end

```

```

for s=1:k;
    sloupce_bilance(s,1)=bilance(s,1);
    sloupce_bilance_1(s,1)=sum(bilance(s,2:15));
end
sloupce=sloupce_bilance(:,1)- sloupce_bilance_1(:,1)
legenda={'Q_sítě_110kV'};
end
%Společný graf P,Q,cosφ
k=size(Data,1);
if hodnota_veliciny == 9;
    for s=1:k;
        sloupce_P(s,1)=Data(s,5);
        sloupce_Q(s,1)=Data(s,7);
        sloupce_cos(s,1)=cos(atan(Data(s,7)./Data(s,5)));
    end
    sloupce=[sloupce_P(:,1) sloupce_Q(:,1) sloupce_cos(:,1)];
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Do proměnné "vybrane_nazvy" se zapíše vybrané názvy
for i=1:pocet_vyber;
    vybrane_nazvy(i,:)=nazvy_1(vyber_sloupce(i,:));
end
clc
%Vypíše vybrané názvy
disp('Vybrané trafa:');
disp(vybrane_nazvy);
%Podle počtu vybraných sloupců je vytvořen stejný počet odstínů barev pro
%rozlišení v grafu
colorVec = hsv(size(sloupce, 2));
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Začátek zpracování a výběr všech sloupců
%Výběr sloupce s datem a časem
[~,txt] = xlsread('file1.xls','Report','C:C'); % ctení sloupce C
l=txt;
%Převod stringu na matici
y = str2mat(l);
[PocetDat,q]=size(y);
%Odstranění první buňky s obsahem "Date/Time" (cell array)
y=y([2:PocetDat],[1:19]);
%Vstupní formát pro datum (den.měsíc.rok hodina)
formatIn = 'dd.mm.yyyy HH' ;
%Vytvoření cyklu pro přidání času v půlnoční hodinu
for k=1:PocetDat-1;
    for l=9:12;
        B(1,1)=(y(k,l)==' ');
        B(1,2)=(y(k,l+1)==' ');
        if (B(1,1)==1 & B(1,2)==1)==1;
            y(k,l+8)='00:00:00';
        end
    end
end
end
%Vytvoření matice "time" z datumu
time=datevec(y,formatIn);
Generace dnů v týdnu z datumu.
T=datestr(time);
[D, W] = weekday(T);
N=weeknum(T);
%Tvorba výsledné matice obsahující všechny řádky s datem a vybrané
%sloupce s veličinama
[PocetDat,PocetSloupcu]=size(Data);
A=(1:1:PocetDat)';
B=[time sloupce];
data=[A B];
data=[D data];
data=[N data];
[sloupce_1]=size(Hlavicka);
pokus=char(Hlavicka(1,2:2:sloupce_1(1,2)));
[sloupcepokus]=size(pokus);
pocet_sloupcu_data=size(data,2);
%Výběr řádků matice (datum) a zpracování grafů
% Vstupní hodnota pro tyg grafu
Typ=input('Zadej typ grafu [n[Roční(1),Měsíční(2),Týdení(3),Dení(4),Ručně(5)]: ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Roční typ grafu
if Typ==1;
    Rok=input('Zadejte hledaný rok: ');

    j=1;
    for k=1:PocetDat;
        if data(k,4)==Rok;
            rok(j,:)=(data(k,:));
            j=j+1;
        end
    end
    figure(4)
    hold on
    for i=10:1:pocet_sloupcu_data;
        h=plot(rok(:,3),rok(:,i),'Color',colorVec(i-9,:));
        set(gca,'XTick',[1:732:max(rok(:,3))]);
        months = ['Jan';
                  'Feb';
                  'Mar';
                  'Apr';
                  'May';
                  'Jun';
                  'Jul';
                  'Aug';
                  'Sep';
                  'Oct';
                  'Nov';
                  'Dec'];
        set(gca,'XTickLabel',months);
        x = get(h,'XData'); % get the plotted data
        y = get(h,'YData');
        imin = find(min(y) == y); % find the index of the min and max
        imax = find(max(y) == y);
        xlabel('Měsíc');
        ylabel(sprintf('osay'));
        grid on;
        if hodnota_veliciny==3

            maximum=max(max(rok(:,10:pocet_sloupcu_data)));
            minimum=min(min(rok(:,10:pocet_sloupcu_data)));

            if maximum>0 & minimum<0
                text(max(rok(:,3)),0, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
                text(max(rok(:,3)),0, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

            elseif maximum>0 ;
                text(max(rok(:,3)),minimum, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
            else
                text(max(rok(:,3)),maximum, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
            end
        end

        if hodnota_veliciny==4

            maximum=max(max(rok(:,10:pocet_sloupcu_data)));
            minimum=min(min(rok(:,10:pocet_sloupcu_data)));

            if maximum>0 & minimum<0
                text(max(rok(:,3)),0, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
                text(max(rok(:,3)),0, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

            elseif maximum>0 ;
                text(max(rok(:,3)),minimum, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
            else
                text(max(rok(:,3)),maximum, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
            end
        end
    end
    axis([min(rok(:,3)) max(rok(:,3)) min(min(rok(:,10:1:pocet_sloupcu_data))) max(max(rok(:,10:1:pocet_sloupcu_data)))]);
    legend('Výkonová bilance', 'location', 'NorthOutside')% vybrane_nazvy, 'Interpreter', 'none', 'location', 'EastOutside');

```


end

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Měsíční typ grafu
if Typ==2;
    Rok=input('Hledaný rok: ');
    Mesic=input('Zadejte hledaný měsíc [1-12]: ');
    j=1;
    for k=1:PocetDat;
        if (data(k,5)==Mesic & data(k,4)==Rok); %#ok<AND2>
            mesic(j,:)=(data(k,:));
            j=j+1;
        end

    end

    disp('Žádaný měsíc: ');
    calendar(Rok, Mesic);
    disp('Týdny:');
    disp(min(mesic(:,1)):max(mesic(:,1)));
    [pocetradku,pocetsloupcu]=size(mesic);
    pocetdni=(min(mesic(:,6)):max(mesic(:,6))');
    day=num2str(pocetdni);
    figure (6)
    hold on
    for i=10:1:pocet_sloupcu_data;
        h=plot(mesic(:,3),mesic(:,i), 'Color', colorVec(i-9,:));
        axis auto;
        set(gca,'XTick',min(mesic(:,3)):24:max(mesic(:,3)));
        set(gca,'XTickLabel',day);
        x = get(h,'XData'); % get the plotted data
        y = get(h,'YData');
        imin = find(min(y) == y); % find the index of the min and max
        imax = find(max(y) == y);
        if hodnota_veliciny == 6;
            text(x(imax),y(imax),['Maximum =
',num2str(y(imax))], 'VerticalAlignment','bottom', 'HorizontalAlignment','left', 'FontSize',10);
        end
        xlabel('Den');
        ylabel(sprintf('osay'));
        grid on;
        if hodnota_veliciny==3

            maximum=max(max(mesic(:,10:pocet_sloupcu_data)));
            minimum=min(min(mesic(:,10:pocet_sloupcu_data)));

            if maximum>0 & minimum<0
                text(max(mesic(:,3)),0, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
                text(max(mesic(:,3)),0, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

            elseif maximum>0 ;
                text(max(mesic(:,3)),minimum, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
            else
                text(max(mesic(:,3)),maximum, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
            end

        end

    end

    if hodnota_veliciny==4

        maximum=max(max(mesic(:,10:pocet_sloupcu_data)));
        minimum=min(min(mesic(:,10:pocet_sloupcu_data)));

        if maximum>0 & minimum<0
            text(max(mesic(:,3)),0, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
            text(max(mesic(:,3)),0, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

        elseif maximum>0 ;
            text(max(mesic(:,3)),minimum, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
        else
            text(max(mesic(:,3)),maximum, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
        end

    end
end

```

```

        end
    end
    axis([min(mesic(:,3)) max(mesic(:,3)) min(min(mesic(:,10:1:pocet_sloupcu_data))
max(max(mesic(:,10:1:pocet_sloupcu_data))))
    legend(vybrane_nazvy, 'Interpreter', 'none', 'location', 'EastOutside');
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Týdení typ grafu
if Typ==3;
    Rok=input('Hledaný rok: ');
    Mesic=input('Zadejte hledaný měsíc: ');
    j=1;
    for k=1:PocetDat;
        if (data(k,4)==Rok & data(k,5)==Mesic); %#ok<AND2>
            tydenx(j,:)=(data(k,:));
            j=j+1;
        end
    end
    disp('Žádaný měsíc: ');
    calendar(Rok, Mesic);
    disp('Výběr z týdnů: ');
    disp(min(tydenx(:,1)):max(tydenx(:,1)));
    Tyden=input('Zadejte hledaný týden: ');
    j=1;
    for k=1:size(tydenx, 1);
        if (tydenx(k,1)==Tyden);
            tyden(j,:)=(tydenx(k,:));
            j=j+1;
        end
    end

    week=['Ne';
        'Po';
        'Út';
        'St';
        'Čt';
        'Pá';
        'So'];

    hold on
    for i=10:1:pocet_sloupcu_data;
        h=plot(tyden(:,3),tyden(:,i), 'Color', colorVec(i-9,:));

        set(gca,'Xtick',min(tyden(:,3)):24:max(tyden(:,3)));
        set(gca,'XTickLabel',week);
        x = get(h,'XData'); % get the plotted data
        y = get(h,'YData');
        imin = find(min(y) == y);% find the index of the min and max
        imax = find(max(y) == y);
        xlabel(sprintf('Týden %d', Tyden));
        ylabel(sprintf('osay'));
        grid on;
        if hodnota_veliciny==3

            maximum=max(max(tyden(:,10:pocet_sloupcu_data)));
            minimum=min(min(tyden(:,10:pocet_sloupcu_data)));

            if maximum>0 & minimum<0
                text(max(tyden(:,3)),0, ['\uparrow Odběr', 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left'])
                text(max(tyden(:,3)),0, ['\downarrow Dodávka', 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left'])

            elseif maximum>0 ;
                text(max(tyden(:,3)),minimum, ['\uparrow Odběr', 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left']);
            else
                text(max(tyden(:,3)),maximum, ['\downarrow Dodávka', 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left']);
            end
        end

    end

    if hodnota_veliciny==4

        maximum=max(max(tyden(:,10:pocet_sloupcu_data)));
        minimum=min(min(tyden(:,10:pocet_sloupcu_data)));

```

```

if maximum>0 & minimum<0
text(max(tyden(:,3)),0, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
text(max(tyden(:,3)),0, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

elseif maximum>0 ;
text(max(tyden(:,3)),minimum, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
else
text(max(tyden(:,3)),maximum, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
end
end
end
axis([min(tyden(:,3)) max(tyden(:,3)) min(min(tyden(:,10:1:pocet_sloupcu_data)) max(max(tyden(:,10:1:pocet_sloupcu_data))))])
if hodnota_veliciny==7/8;
legend(legenda, 'Interpreter', 'none', 'location', 'NorthOutside');
else
legend(vybrane_nazvy, 'Interpreter', 'none', 'location', 'NorthOutside');
end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Dení typ grafu
if Typ==4;
Rok=input('Hledaný rok: ');
Mesic=input('Zadejte hledaný měsíc [1-12]: ');
j=1;
for k=1:PocetDat;
if (data(k,5)==Mesic & data(k,4)==Rok);
denden(j,:)=(data(k,:));
j=j+1;
end
end
Den=input(sprintf('Zadejte hledaný den [1-%d]: ',max(denden(:,6))));
[PocetDat,PocetSloupcu]=size(denden);
j=1;
for k=1:PocetDat;
if (denden(k,6)==Den);
den(j,:)=(denden(k,:));
j=j+1;
end
end

disp('Žádaný měsíc: ');
calendar(Rok, Mesic);
disp('Týden:');
disp(min(den(:,1)):max(den(:,1)));

pocethodin=(0:23);
hour=num2str(pocethodin);

hold on
for i=10:1:pocet_sloupcu_data;
h=plot(den(:,3),den(:,i), 'Color', colorVec(i-9,:));
axis auto;
set(gca,'XTick',min(den(:,3)):1:max(den(:,3)));
set(gca,'XTickLabel',hour);
x = get(h,'XData'); % get the plotted data
y = get(h,'YData');
imin = find(min(y) == y);% find the index of the min and max
imax = find(max(y) == y);
xlabel('Hodina');
ylabel(sprintf('osay'));
grid on;
if hodnota_veliciny==3

maximum=max(max(den(:,10:pocet_sloupcu_data)));
minimum=min(min(den(:,10:pocet_sloupcu_data)));

if maximum>0 & minimum<0
text(max(den(:,3)),0, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
text(max(den(:,3)),0, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

elseif maximum>0 ;

```

```

    text(max(den(:,3)),minimum, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
else
    text(max(den(:,3)),maximum, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
end
end

if hodnota_veliciny==4

    maximum=max(max(den(:,10:pocet_sloupcu_data)));
    minimum=min(min(den(:,10:pocet_sloupcu_data)));

    if maximum>0 & minimum<0
        text(max(den(:,3)),0, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
        text(max(den(:,3)),0, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

    elseif maximum>0 ;
        text(max(den(:,3)),minimum, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
    else
        text(max(den(:,3)),maximum, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
    end
end

axis([min(den(:,3)) max(den(:,3)) min(min(den(:,10:1:pocet_sloupcu_data))) max(max(den(:,10:1:pocet_sloupcu_data)))])
legend(vybrane_nazvy, 'Interpreter', 'none', 'location', 'EastOutside');
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Ručně zadaný typ grafu
if Typ==5;
% vstupní proměně
r1=input('Zadejte hledaný rok: ');
m1=input('Zadejte hledaný měsíc: ');
d1=input('Zadejte hledaný den: ');
h1=input('Zadejte hledanou hodinu: ');
startcas = [r1,m1,d1,h1,0,0];
r2=input('Konec hledaného času.\nZadejte hledaný rok: ');
m2=input('Zadejte hledaný měsíc: ');
d2=input('Zadejte hledaný den: ');
h2=input('Zadejte hledanou hodinu: ');
endcas = [r2,m2,d2,h2,0,0];
for k=1:PocetDat;
    if(time(k,)==startcas);
        StartIndex=k;
    end
    if(time(k,)==endcas);
        EndIndex=k;
    end
end
end

vyber=data(StartIndex:EndIndex,:);
pocetmereni=EndIndex-StartIndex+1;

if (pocetmereni<=25);
    pocethodin=(0:23);
    osa=num2str(pocethodin);
    posun=1;
    osax= 'Hodin';
else
    osa=((1-StartIndex:24:EndIndex)/24);
    osa=num2str(osa);
    posun=24;
    osax= 'Den';
end
end
week=['St';
      'Čt';
      'Pa';
      'So';
      'Ne';
      'Po';
      'Út'];
hold on
for i=10:1:pocet_sloupcu_data;

```

```

h=plot(vyber(:,3),vyber(:,i), 'Color', colorVec(i-9,:));
axis auto;
set(gca,'XTick',min(vyber(:,3)):posun:max(vyber(:,3)));
set(gca,'XTickLabel',week);%osa
x = get(h,'XData'); % get the plotted data
y = get(h,'YData');
imin = find(min(y) == y);% find the index of the min and max
imax = find(max(y) == y);
xlabel(sprintf('%s', osax));
ylabel(sprintf(osay));
grid on;
if hodnota_veliciny==3

    maximum=max(max(vyber(:,10:pocet_sloupcu_data)));
    minimum=min(min(vyber(:,10:pocet_sloupcu_data)));

    if maximum>0 & minimum<0
        text(max(vyber(:,3)),0, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
        text(max(vyber(:,3)),0, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

    elseif maximum>0 ;
        text(max(vyber(:,3)),minimum, ['\uparrow Odběr'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
    else
        text(max(vyber(:,3)),maximum, ['\downarrow Dodávka'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
    end
end

if hodnota_veliciny==4

    maximum=max(max(vyber(:,10:pocet_sloupcu_data)));
    minimum=min(min(vyber(:,10:pocet_sloupcu_data)));

    if maximum>0 & minimum<0
        text(max(vyber(:,3)),0, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left')
        text(max(vyber(:,3)),0, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left')

    elseif maximum>0 ;
        text(max(vyber(:,3)),minimum, ['\uparrow Induktivní'], 'VerticalAlignment', 'Baseline', 'HorizontalAlignment', 'Left');
    else
        text(max(vyber(:,3)),maximum, ['\downarrow Kapacitní'], 'VerticalAlignment', 'top', 'HorizontalAlignment', 'Left');
    end
end
axis([min(vyber(:,3)) max(vyber(:,3)) min(min(vyber(:,10:1:pocet_sloupcu_data)))
max(max(vyber(:,10:1:pocet_sloupcu_data)))])
% if hodnota_veliciny==7|8;
% legend(legenda, 'Interpreter', 'none', 'location', 'NorthOutside');
% else
legend(vybrane_nazvy, 'Interpreter', 'none', 'location', 'NorthOutside');
% end
end

save=input('Zadejte název obrázku: ','s');
print(gcf,'-r600','-dpng',save);

```

Příloha G: Nastavení sítě ustáleného chodu oblasti Tábor (LUG).

*TYPY		Rv/km	Xv/km	Bv/km	Idov	Gv/km		
0	SPINAC	0.0000	0.0100	0.000	0.000	0.000		
1	120_CU	0.1460	0.4080	2.900	431.000	0.000		
2	95_ALFE	0.3190	0.4280	2.690	310.000	0.000		
3	120_ALFE	0.2250	0.4110	2.750	362.000	0.000		
4	150_ALFE	0.2010	0.4030	2.850	420.000	0.000		
5	185_ALFE	0.1560	0.4060	2.910	455.000	0.000		
6	210_ALFE	0.1300	0.4000	2.900	500.000	0.000		
7	240_ALFE	0.1250	0.4030	2.869	530.000	0.000		
8	350_ALFE	0.0850	0.3940	3.050	680.000	0.000		
9	450_ALFE	0.0650	0.3870	3.150	820.000	0.000		
10	670_ALFE	0.0420	0.3190	3.100	1040.000	0.000		
11	2X95_ALFE	0.1560	0.3240	3.570	620.000	0.000		
12	2X240_ALFE	0.0650	0.2035	5.634	1144.000	0.000		
13	2X350_ALFE	0.0425	0.1970	6.100	1448.000	0.000		
14	2X670_ALFE	0.0210	0.1600	6.200	2200.000	0.000		
15	K_300_AL	0.1480	0.1420	48.000	370.000	0.000		
16	K_630_AL	0.1000	0.1550	100.000	590.000	0.000		
17	K_800_AL	0.0480	0.1760	174.600	790.000	0.000		
18	K_1000_AL	0.0525	0.1750	154.900	1000.000	0.000		
19	K_1200_AL	0.0323	0.1040	80.700	1110.000	0.000		
20	K_1400_AL	0.0220	0.0800	70.000	1200.000	0.000		
21	210_ALFE_SLIT	0.1300	0.4000	2.900	700.000	0.000		
22	185_31_ALFE	0.1560	0.4060	2.910	451.000	0.000		
23	185_4_ALFE	0.1560	0.4060	2.910	465.000	0.000		
24	185_6_ALFE	0.1560	0.4060	2.910	459.000	0.000		
25	210_3_ALFE	0.1300	0.4000	2.900	542.000	0.000		
26	240_39_ALFE	0.1250	0.4030	2.869	546.000	0.000		
27	240_6_ALFE	0.1250	0.4030	2.869	535.000	0.000		
28	450_6_ALFE	0.0650	0.3870	3.150	852.000	0.000		
29	K_480_EGU	0.1480	0.1420	48.000	550.000	0.000		
30	670_8_ALFE	0.0420	0.3190	3.100	1128.000	0.000		
31	3X450/6	0.0217	0.2989	3.687	2000.000	0.000		
32	3X350/6	0.0283	0.3153	3.671	1740.000	0.000		
33	2X450/6	0.0325	0.1935	6.100	1650.000	0.000		
34	XLPE	0.0300	0.1680	73.000	1000.000	0.000		
*OBLAST	Tabor	0.0						
*UZLY	Typ	U	Uhel	Podb	Qodb			
TAB_220	3	220.000	-0.056	-35.844	9.472			
TAB_110	1	110.000	0					
TAB_22_1	1	23.100	0	6.887	0.086			
TAB_22_2	1	23.100	0	1.863	-1.208			
PLA_110	1	110.000	0					
PLA_22_3	1	23.100	0	4.973	-0.594			
PLA_22_4	1	23.100	0	2.865	-0.881			
VES_110	1	110.000	0	0	0.286			
VES_22_1	1	23.000	0	5.882	0.070			
VES_22_2	1	23.100	0	5.252	0.337			
TTX_110	1	110.000	0	0.073	0			
PAC_110	1	110.000	0					
PAC_22_1	1	23.100	0	2.673	0			
PAC_22_2	1	23.100	0	7.478	1.082			
U1	1	110.000	0					
U2	1	110.000	0					
U3	1	110.000	0					
U4	1	110.000	0					
AES1	1	110.000	0	-2.500	-1.421			
AES2	1	110.000	0	0.001	0.001			
*R_VEDENI			Usek1	Typ1	Usek2	Typ2	-Menic1	-Menic2
V1382	TAB_110	PLA_110	8.000	5	185_ALFE			
V1398	PLA_110	VES_110	21.100	5	185_ALFE			
V1381	TAB_110	VES_110	26.900	5	185_ALFE			
V1356	TAB_110	TTX_110	12.300	7	240_ALFE			
V1357A	TTX_110	U1	7.300	7	240_ALFE			
V1357B	U1	U2	21.600	4	150_ALFE			
V1357C	U2	PAC_110	7.800	9	450_ALFE			
V1339A	VES_110	U3	13.500	8	350_ALFE			
V1339B	U3	U4	16.100	5	185_ALFE			
V_AES2	PLA_110	AES2	2.000	34	XLPE			
V_AES1	PLA_110	AES1	2.000	34	XLPE			

*R_TRANSFORMATORY				Sn	Ek	Dpo	Dpk	Io	Un1	Un2	Krok	Uhel	+
- Akt	R A	Uvzt	Tol Komp										
-4	-3	1 0	TAB_T201 TAB_220 TAB_110	200.00	9.70	80.00	206.00	0.150	231.00	121.00	1.000	0.0	4
-4	4	1 0	TAB_T101 TAB_110 TAB_22_1	40.00	10.80	40.00	207.00	0.180	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	4	1 0	TAB_T102 TAB_110 TAB_22_2	40.00	10.80	40.00	207.00	0.180	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	4	1 0	PLA_T103 PLA_110 PLA_22_3	25.00	11.50	16.00	120.00	0.230	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	4	1 0	PLA_T104 PLA_110 PLA_22_4	25.00	11.50	16.00	120.00	0.230	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	3	1 0	VES_T101 VES_110 VES_22_1	25.00	11.50	16.00	120.00	0.230	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	3	1 0	VES_T102 VES_110 VES_22_2	25.00	11.50	16.00	120.00	0.230	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	3	1 0	PAC_T101 PAC_110 PAC_22_1	25.00	11.50	16.00	120.00	0.230	110.00	23.00	2.000	0.0	4
-4	3	1 0	PAC_T102 PAC_110 PAC_22_2	25.00	11.50	16.00	120.00	0.230	110.00	23.00	2.000	0.0	4

Navez		Uzel	Z A C A T E K		V E D E N I		K O N E C		V E D E N I		Ztraty	
Pom.zat	Idov	Menic1	Napeti	C.vyk.	J.vyk.	Proud	Uzel	Napeti	C.vyk.	J.vyk.	Proud	Ztraty
[%]	[A]	[A]	[kV]	[MW]	[MVA]	[A]		[kV]	[MW]	[MVA]	[A]	[MW]
13.0	455	TAB_110	119.3	-10.0	7.0	59	PLA_110	119.4	10.0	-6.7	58	0.013
5.0	455	PLA_110	119.4	-4.6	-0.1	22	VES_110	119.2	4.6	0.9	23	0.005
7.4	455	TAB_110	119.3	-6.6	2.2	34	VES_110	119.2	6.6	-1.1	32	0.014
9.4	530	TAB_110	119.3	-10.3	0.4	50	TTX_110	119.2	10.3	0.1	50	0.012
9.4	530	TTX_110	119.2	-10.2	-0.1	50	U1	119.1	10.2	0.3	50	0.007
11.9	420	U1	119.1	-10.2	-0.3	50	U2	118.7	10.2	1.1	50	0.032
6.1	820	U2	118.7	-10.2	-1.1	50	PAC_110	118.6	10.2	1.5	50	0.004
0.9	680	VES_110	119.2	-0.0	1.3	6	U3	119.3	0.0	-0.7	3	0.000
0.7	455	U3	119.3	-0.0	0.7	3	U4	119.3	0.0	-0.0	0	0.000
1.0	1000	PLA_110	119.4	-0.0	2.1	10	AES2	119.4	0.0	0.0	0	0.000
2.1	1000	PLA_110	119.4	2.5	3.5	21	AES1	119.4	-2.5	-1.4	14	0.000

Celkove ztraty : 0.086 MW

>>> D V O J V I N U T O V E T R A N S F O R M A T O R Y <<<												
Navez		Uzel	Z A C A T E K		T R A F A		K O N E C		T R A F A		Ztraty	
Pom.zat			Napeti	C.vyk.	J.vyk.	Proud	Uzel	Napeti	C.vyk.	J.vyk.	Proud	Ztraty
[%]			[kV]	[MW]	[MVA]	[A]		[kV]	[MW]	[MVA]	[A]	[MW]
18.6	TAB_T201	TAB_220	220.0	-35.9	9.5	97	TAB_110	119.3	35.8	-10.5	180	0.081
17.4	TAB_T101	TAB_110	119.3	-6.9	-0.3	34	TAB_22_1	22.9	6.9	0.1	173	0.052
5.6	TAB_T102	TAB_110	119.3	-1.9	1.1	11	TAB_22_2	23.0	1.9	-1.2	56	0.048
20.1	PLA_T103	PLA_110	119.4	-5.0	0.4	24	PLA_22_3	23.0	5.0	-0.6	126	0.023
12.0	PLA_T104	PLA_110	119.4	-2.9	0.8	14	PLA_22_4	23.0	2.9	-0.9	75	0.020
23.7	VES_T101	VES_110	119.2	-5.9	-0.3	29	VES_22_1	23.4	5.9	0.1	145	0.024
21.2	VES_T102	VES_110	119.2	-5.3	-0.5	26	VES_22_2	23.4	5.3	0.3	130	0.023
10.8	PAC_T101	PAC_110	118.6	-2.7	-0.1	13	PAC_22_1	23.3	2.7	0.0	66	0.020
30.5	PAC_T102	PAC_110	118.6	-7.5	-1.4	37	PAC_22_2	23.2	7.5	1.1	188	0.028

Celkove ztraty : 0.320 MW

PRICNE VODIVOSTI se v siti nevyskytuji

Uzel	Typ	N A P E T I		C I N N E		- MW DP	J A L O V E		- MVar DQ
		Modul	Uhel	Podb	Pgen		Qodb	Qgen	
TAB_220	UD	220.000	-0.06	-35.8	0.0	0.009	9.5	0.0	-0.004
TAB_110	PQ	119.303	-1.15	0.0	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
TAB_22_1	PQ	22.923	-2.06	6.9	0.0	0.000	0.1	0.0	-0.000
TAB_22_2	PQ	23.006	-1.41	1.9	0.0	0.000	-1.2	0.0	-0.000
PLA_110	PQ	119.385	-1.32	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	-0.000
PLA_22_3	PQ	22.993	-2.43	5.0	0.0	0.000	-0.6	0.0	-0.000
PLA_22_4	PQ	23.029	-1.96	2.9	0.0	0.000	-0.9	0.0	-0.000
VES_110	PQ	119.222	-1.47	0.0	0.0	0.000	0.3	0.0	-0.000
VES_22_1	PQ	23.394	-2.79	5.9	0.0	0.000	0.1	0.0	-0.000
VES_22_2	PQ	23.373	-2.65	5.3	0.0	0.000	0.3	0.0	-0.000
TTX_110	PQ	119.177	-1.36	0.1	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
PAC_110	PQ	118.589	-1.95	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	-0.000
PAC_22_1	PQ	23.293	-2.56	2.7	0.0	0.000	0.0	0.0	-0.000
PAC_22_2	PQ	23.166	-3.65	7.5	0.0	-0.000	1.1	0.0	0.000
U1	PQ	119.093	-1.48	0.0	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
U2	PQ	118.665	-1.83	0.0	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
U3	PQ	119.265	-1.47	0.0	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
U4	PQ	119.283	-1.48	0.0	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
AES1	PQ	119.393	-1.31	-2.5	0.0	-0.000	-1.4	0.0	0.000
AES2	PQ	119.388	-1.32	0.0	0.0	-0.000	0.0	0.0	0.000
Celkem :				-0.4	0.0	0.009	7.2	0.0	-0.004

Maximalni rozdíl uhlu napeti : 3.65 stupnu