

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh transformovny 110/22 kV letiště Ruzyně

vedoucí práce: Doc. Ing. Miloslava Tesařová, Ph.D.
autor: Bc. Pavla Jarošová

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavla JAROŠOVÁ**
Osobní číslo: **E10N0120P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh transformovny 110/22 kV letiště Ruzyně**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

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

1. Zmapujte stávající způsob připojení transformovny.
2. Sestavte bilanci zatížení včetně výhledu.
3. Uveďte spolehlivost zásobování elektrickou energií.
4. Navrhněte etapizaci výstavby transformovny 110/22 kV.
5. Proveďte ekonomické zhodnocení.



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

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Miloslava Tesařová, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

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



Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na návrh transformovny 110/22 kV letiště Ruzyně. Cílem práce je popsat stávající způsob připojení letiště a navrhnout transformovnu s ohledem na stupeň bezpečnosti dodávky, možností výstavby linek v dané lokalitě a bilanci zatížení s trendem 1% ročního nárůstu.

Klíčová slova

Transformační stanice, vypínač, odpojovač, transformátor, transformátor vlastní spotřeby, přístrojový transformátor, zkratové proudy, zkratový výkon.

Abstract

The master thesis presents the project of transformation station 110/22 kV of the Ruzyně airport. The aim of this thesis is to describe the current way of the connecting the airport and to design transformation station with regard to the degree of security of electricity supply, to the possibility of building lines in the area and with regard to the balance of the load with the trend of 1% annual increase.

Key words

Transformation station, switch, circuit breaker, transformer, own power transformer, instrument transformer, short circuit current, short circuit power.

Prohlášení

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

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

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

V Plzni dne 10.5.2012

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Miloslave Tesařové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych ráda poděkovala konzultantovi této práce Ing. Davidu Růžkovi za poskytnutí podkladů a nezbytných informací pro vypracování diplomové práce a svým rodičům za podporu a trpělivost v průběhu celého mého studia.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ	10
ÚVOD	11
1. STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB PŘIPOJENÍ TRANSFORMOVNY	12
1.1 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB PŘIPOJENÍ OSTATNÍCH ODBĚRŮ	14
1.1.1 TR Zličín (9910)	14
1.1.2 TR Červený Vrch (9946)	16
1.2 ZAŘAZENÍ TR ZLIČÍN A TR ČERVENÝ VRCH DO SÍTĚ	17
1.3 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB PŘIPOJENÍ PRO NAPÁJENÍ DŮLEŽITÝCH ODBĚRŮ	18
1.3.1 TR Dříň	18
1.3.2 TR Západ (9917)	18
1.4 ZAŘAZENÍ TR DŘÍŇ A TR ZÁPAD DO SÍTĚ	19
2. BILANCE ZATÍŽENÍ	20
2.1 NÁRŮST PŘÍKONŮ PRO ROK 2011 AŽ 2020	20
2.2 ZATÍŽITELNOST KABELŮ 22 KV	25
2.2.1 Kontrola na dovolené proudové zatížení	26
2.2.2 Kontrola na úbytek napětí	28
2.2.3 Kontrola na oteplení zkratovým proudem	30
3. SPOLEHLIVOST ZÁSOBOVÁNÍ ELEKTRICKOU ENERGIÍ	34
3.1 ODBĚRY S POŽADAVKEM NA 1. STUPEŇ ZAJIŠTĚNÍ DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE	34
3.2 OSTATNÍ ODBĚRY	35
4. ETAPIZACE VÝSTAVBY TRANSFORMOVNY	36
4.1 STUDIE ZÁSOBOVÁNÍ LETIŠTĚ RUZYŇE ELEKTRICKOU ENERGIÍ	36
4.2 ŘÍZENÍ KE ZMĚNĚ ÚZEMNÍHO PLÁNU	36
4.3 ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE K ŘÍZENÍ O VYDÁNÍ STAVEBNÍHO POVOLENÍ	36
4.4 ZPRACOVÁNÍ PROVÁDĚCÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	37
4.5 REALIZACE STAVBY	37
4.6 POSOUZENÍ VARIANT ZAŘAZENÍ TR LETIŠTĚ 110/22 KV DO SÍTĚ	38
4.6.1 Napájení z TR Červený Vrch a z TR Holešovice	38
4.6.2 Napájení z TR Červený Vrch a z TR Sever	38
4.6.3 Napájení dvěma liniemi z TR Červený Vrch	39
4.6.4 Další alternativní řešení zdrojů pro napájení LKPR	40
5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ – PŘECHOD NA NAPĚŤOVOU HLADINU 110 KV	41
5.1 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TRANSFORMOVNY 110/22 KV	41
5.2 STAVEBNÍ ČÁST	42
5.3 KABELOVÁ VEDENÍ 110 KV	44
5.3.1 Kabelový vývod z TR Holešovice	44
5.3.2 Kabelový vývod z TR Červený vrch	45
5.3.3 Parametry kabelů 110 kV	45
KABELOVÁ VEDENÍ 22 KV	46
5.4 DIMENZOVÁNÍ KABELŮ 22 KV	47
5.4.1 Kontrola na dovolené proudové zatížení	47
5.4.2 Kontrola na úbytek napětí	48

5.4.3	<i>Kontrola na oteplení zkratovým proudem</i>	49
5.5	KONTROLA ROZVADĚČŮ 22 kV LKPR NA ODOLNOST VŮČI I''_k [kA]	52
5.6	VARIANTA PŘEDSUNUTÝ TRANSFORMÁTOR	53
6.	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	55
6.1	NÁKLADY NA INVESTIČNÍ ZÁMĚR	55
6.2	PŘÍJMY PLYNOUCÍ Z INVESTICE.....	57
6.3	NÁVRATNOST INVESTICE	58
7.	ZÁVĚR	61
8.	POUŽITÁ LITERATURA	62
8.1	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63
8.2	SEZNAM TABULEK	63
8.3	SEZNAM GRAFŮ	64
8.4	SEZNAM PŘÍLOH.....	64
	PŘÍLOHY	65
	EVIDENČNÍ LIST	68

Seznam symbolů

<i>TR</i>	Transformovna
<i>RS</i>	Rozpínací stanice
<i>PREdi</i>	PREdistribuce, a. s.
<i>ED</i>	Energetický dispečink
<i>PO</i>	Primární odběr
<i>USM</i>	Universální skříň měření
<i>HTS</i>	Hlavní transformační stanice
<i>BSP</i>	Budova společných provozů
<i>LKPR</i>	Mezinárodní kódové označení letiště Praha Ruzyně podle ICAO
<i>K</i>	Označení kabelu
<i>V</i>	Označení venkovního vedení
<i>PTP</i>	Přístrojový transformátor proudu
<i>PTN</i>	Přístrojový transformátor napětí
<i>P[W]</i>	Činný výkon
<i>S [VA]</i>	Zdánlivý výkon
$\cos \varphi[-]$	Účinník
<i>I [A]</i>	Elektrický proud
<i>U [V]</i>	Elektrické napětí
<i>R [Ω]</i>	Činný odpor
<i>X [Ω]</i>	Indukční odpor
<i>Z[Ω]</i>	Impedance
$\Delta U[V]$	Úbytek napětí (fázový)
$\Delta u [%]$	Poměrný úbytek napětí
<i>S [mm²]</i>	Průřez vodiče
<i>S_{min} [mm²]</i>	Minimální průřez vodiče
<i>u_k [%]</i>	Napětí nakrátko transformátoru
$\Delta P_k[kW]$	Ztráty nakrátko transformátoru

Úvod

Elektrizační soustava sestává z výroben, rozvodu a spotřebičů elektrické energie. Základním spojovacím prvkem mezi výrobny, přenosovou a rozvodnou sítí, ve vlastní rozvodné síti mezi sítí a spotřebiči jsou elektrické stanice, jejichž hlavním úkolem je transformovat napětí, rozdělovat dodávku elektrické energie všech napěťových úrovní a ve specifických případech provádět přeměnu střídavého napětí na stejnosměrné a naopak. Důležitou funkcí elektrických stanic v elektrizační soustavě je sběr a předávání dat, realizace konfigurace sítě a rychlé řešení poruchových stavů. [1]

Transformační stanice projektovaného typu zajišťuje pro areál letiště dostatečnou výkonovou rezervu pro jeho další rozvoj a výstavbu. S ohledem na záměr vybudování druhé dráhy, plánovaný nárůst přepravních kapacit a s tím spojený růst infrastruktury, tj. terminály, celnice, hotely, parkoviště atd., lze předpokládat zvýšení odběru elektrické energie až o 100 % oproti stávajícímu stavu.

Stávající rezervovaná kapacita je 17 MW. Předpokládaný přírůstek zatížení zahrnuje:

- předpoklad pro rok 2015 – 2 MW v RS 7830 + 5 MW v ostatní (RS7900 + RS7710)
- předpoklad pro rok 2020 – 8 MW v ostatní (RS7900 + RS7710)
- 1% roční nárůst v ostatních odběrech, což ve výhledu 10 let znamená cca 2 MW ¹

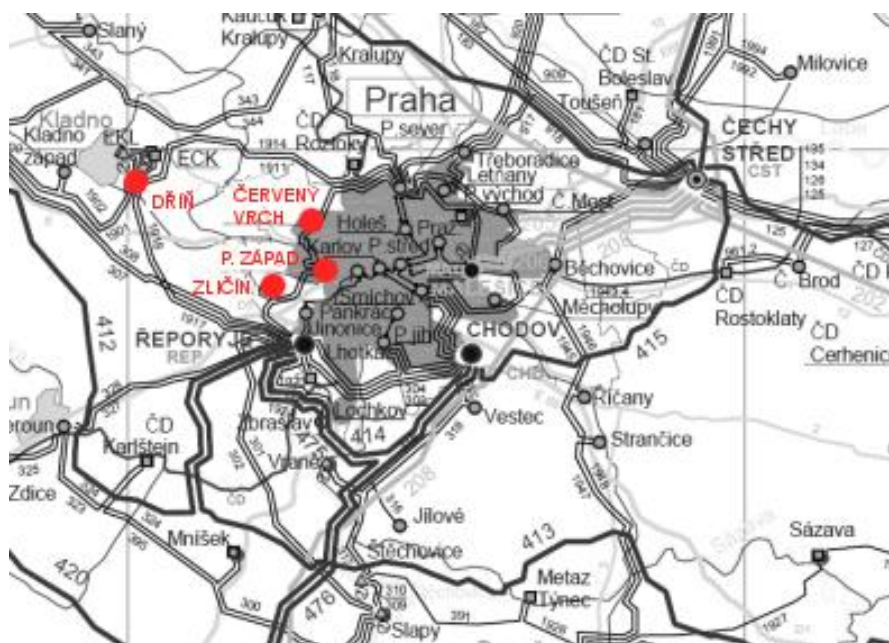
Vzhledem k důležitosti zásobování odběru RS 7830 bude při návrhu transformační stanice zohledněn příslušný stupeň zajištění dodávky, viz kapitola 5 *Technické řešení*. [2]

¹ RS7830 – napájí důležité odběry: navigace, dráhy, osvětlení drah

RS7900 a RS7710 – napájí ostatní odběry: terminály, celnice, hotely, parkoviště

1. Stávající způsob připojení transformovny

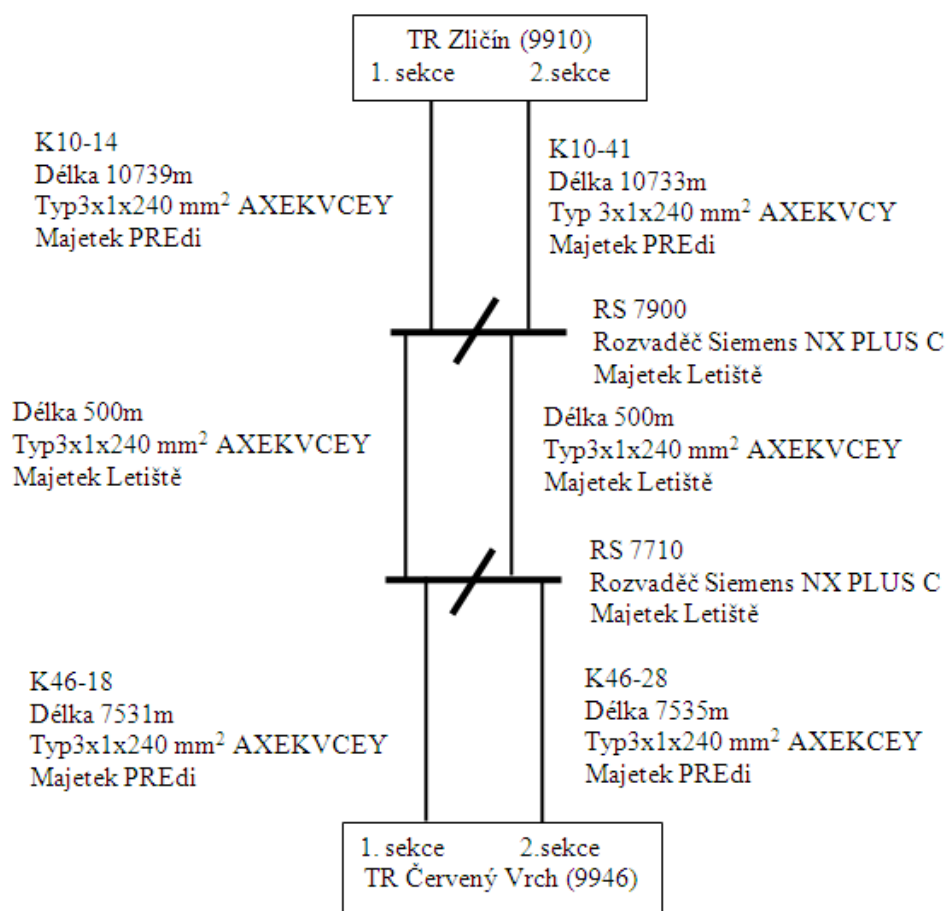
V současné době je areál letiště napájen ze sítě 22 kV z transformoven 110/22 kV Zličín, Červený Vrch, Západ a Dříň. Pro lepší přehlednost je jejich rozmístění naznačeno na následujícím obrázku.



Obr. 1.1 Situační plán transformoven 110/22 kV pro napájení letiště Ruzyně [3]

Vzájemné propojení mezi rozvodnami 22 kV a vlastními transformovny letiště z výše zmíněných transformoven 110/22 kV je členěno do sekcí. Sekcí se v tomto případě rozumí část rozvaděče 22 kV, která je oddělena od jiné sekce podélným dělením přípojnic. Sekce se skládá z jednotlivých kobek (vývod na transformátor vlastní spotřeby 22/0,4 kV, spínač přípojnic, měření na přípojnicích, podélné dělení). K jedné sekci přísluší jeden transformátor 110/22 kV. Zpravidla je do první sekce připojen transformátor 110/22 kV s označením T101 a analogicky do druhé sekce s označením T102. Toto rozdělení se využívá například v případě poruchy či revize na přípojnici, kdy je vypnuta celá sekce.

Uspořádání rozveden je znázorněno na níže uvedených schématech připojení 22 kV, tj. Obr. 1.2 Blokové schéma připojení pro napájení ostatních odběrů a Obr. 1.3 Blokové schéma připojení pro napájení důležitých odběrů.

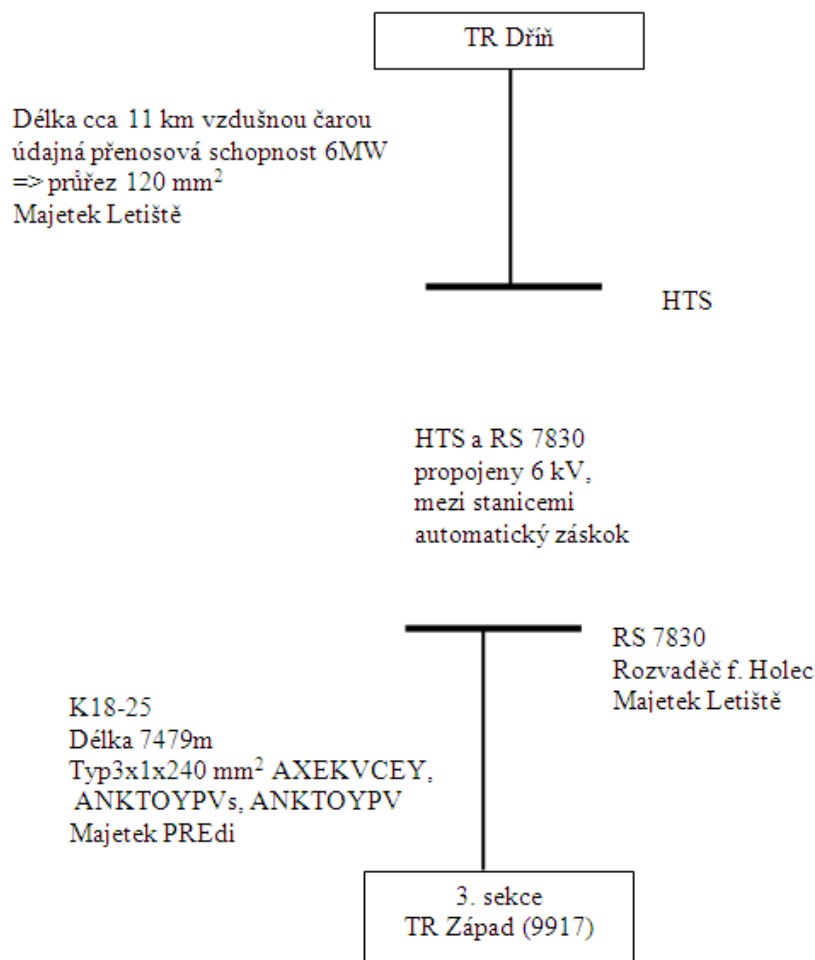


Max. rezervovaný příkon v RS 7900 – 11 MW

Max. rezervovaný příkon v RS 7710 – 11 MW

Obr. 1.2 Blokové schéma připojení pro napájení ostatních odběru² [2]

² Ve spodní části těchto schémat je zmíněn pojem „maximální rezervovaný příkon“, což je smluvní příkon v předávacím místě. Na každý měsíc si odběratel sjednává (rezervuje) kapacitu dle skutečného odběru. Pojem maximální rezervovaná kapacita, se kterým se setkáme i v dalším textu, představuje kapacitu, která je rovna rezervovanému příkonu. Pokud odběratel po dobu pěti let s rezervovanou kapacitou nedosáhne rezervovaného příkonu, tak je rezervovaný příkon snížen na velikost maximálně sjednané rezervované kapacity [19]



Rezervovaný příkon v RS 7830 – 3,5 MW

Obr. 1.3 Blokové schéma připojení pro napájení důležitých odběrů [2]

1.1 Stávající způsob připojení ostatních odběrů

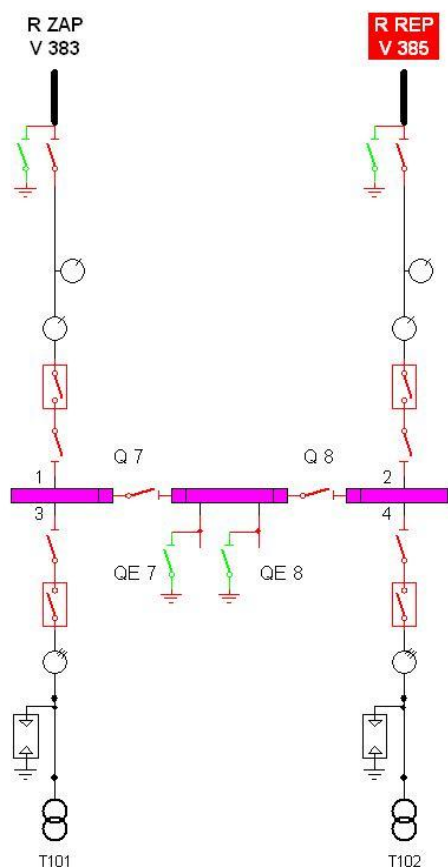
1.1.1 TR Zličín (9910)

Rozvodna 110 kV

Napájení je zajištěno linkou V385 z TR 400/110 kV Praha Řeporyje. Dále je zálohováno linkou 110 kV č. V383 z transformovny TR Západ. Vlastní rozvodna 110 kV TR Zličín je venkovní, typu H s podélným dělením přípojníc.

Na vstupní portál rozvodny jsou zakotvena vrchní vedení V 383 3x 670 AlFe 6 a V 385 3x 670 AlFe 6. Ze strany 110 kV je rozvodna členěna do 4 polí.

9910 - R Zličín 110kV



Obr. 1.4 Jednopolové schéma rozvodny
110 kV TR Zličín [2]

Rozvodna 22 kV

Z této rozvodny je zajištěno napájení dvěma kabelovými vývody 22 kV důležité pro HTS2 (RS7900 – severní část areálu letiště)

Rozvodna 22 kV je v přistavné budově navazující na stávající BSP a spojenou chodbou na severní straně BSP.

Rozvodna je skříňového provedení typu 8DC11 Duplex (Siemens). Rozvaděč je kovově krytý s pevně zabudovanými vakuovými vypínači, dvěma systémy přípojnic. Vypínače jsou zabudované v „hermeticky uzavřeném tlakovém systému“ naplněném plynem SF₆, kde tvoří jednu součást s přípojnicovými odpojovači a uzemňovači. Přípojnice jsou jednopólové, násuvného provedení, vyrobené z Cu, vzduchem izolovány.

Ovládání rozvodny 22 kV je možné provádět z místa pomocí jednotky SIPROTEC 4 (na každé skříni - jedná se o multifunkční ochranu s ovládáním), vzdáleně řídicím systémem SAT z dozorny nebo z ED PREDi – oblast VN Západ. V současnosti je vybudována I. a II. sekce.

Propojení v poli č. 1 a č. 2

Od vývodového odpojovače až na měřicí transformátor proudu je provedeno propojení trubkou A1 100/5. Odbočení na měřicí transformátor napětí je provedeno lanem AlFe 680/83, propojení od měřicích transformátorů na vypínač a od vypínače na odpojovač a na přípojnice je provedeno lanem A1Fe 680/83. Přípojnice jsou provedeny z Al trubky 100/5.

Propojení v poli č. 3 a č. 4

Silové propoje jsou provedeny lanem AlFe 680/83. Pouze nad transformátorem je provedeno propojení trubkou A1 100/5. Viz obrázek vlevo. [2]

Každá sekce obsahuje celkem 17 skříní, z toho jsou:

- 2 skříně Podélného dělení
- 1 skříň Spínače přípojnic (Příčný spínač)
- 1 skříň vývodu pro TVS
- 2 skříně vývodu pro transformátor 110/22 kV
- 11 skříní kabelových vývodů [2]

1.1.2 TR Červený Vrch (9946)

Rozvodna 110 kV

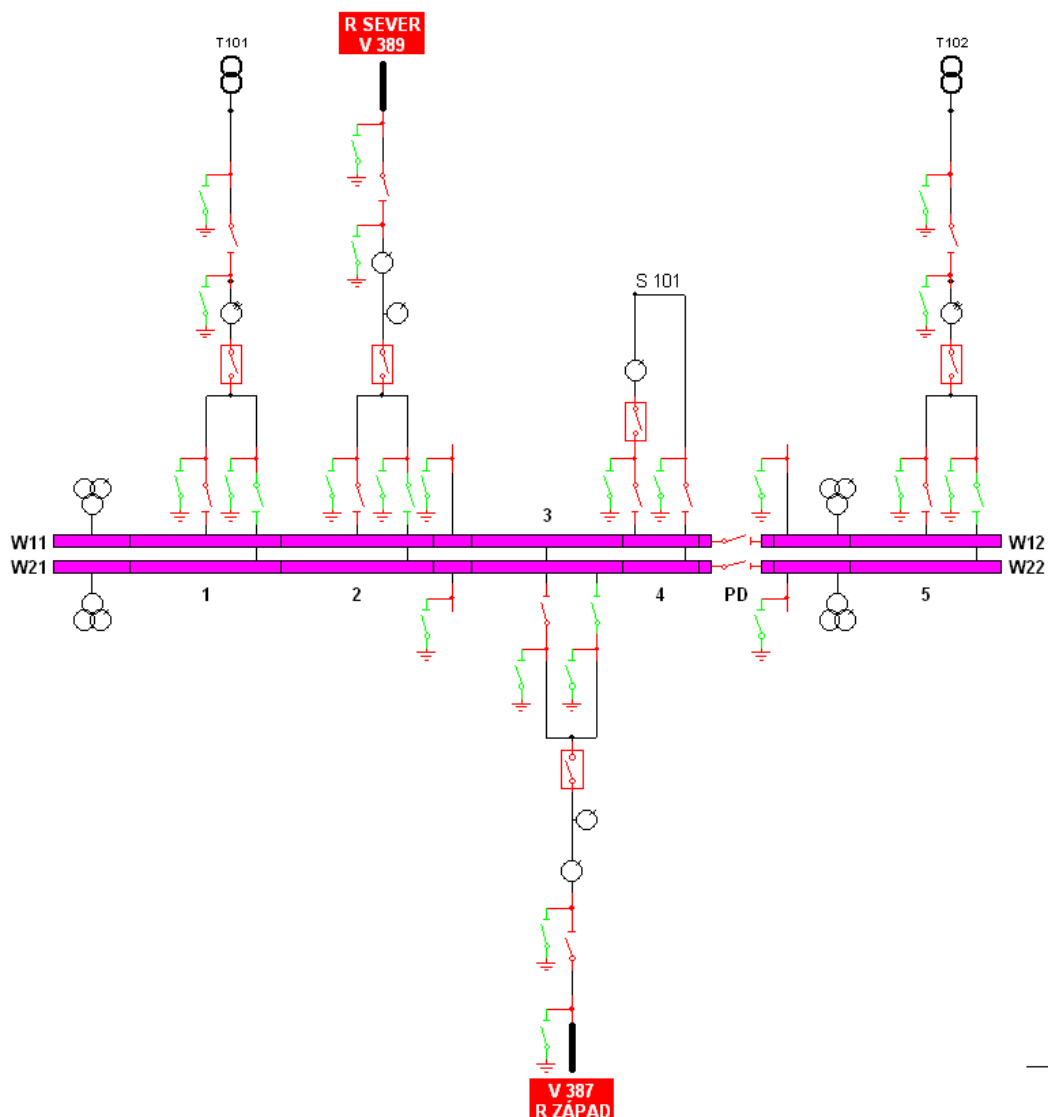
Ze strany 110 kV je tato rozvodna napájena z TR Západ (V387) a z TR Sever (V389). Rozvodna je vnitřního provedení, třípólově zapouzdřená, izolovaná plynem SF₆ s vypínači v polích vývodů a v polích transformátorů. Rozvodna je dvousystémová s příčným spínačem a podélným dělením.

Typ rozvodny je ELK-0, řada 04 výrobce ABB Calor Emag Schaltanlagen. Přístrojové transformátory proudu a napětí jsou též zapouzdřené s izolací SF₆. Pohony vypínačů jsou hydraulické a pohony odpojovačů jsou elektromotorické na stejnosměrné napětí. Rozvodna je členěna do 5 polí. V jednotlivých polích jsou třífázově zapouzdřené moduly. Popis jednotlivých polí je uveden níže, viz *Tabulka 1.1 Pole TR Červený Vrch 110 kV*.

Uspořádání rozvodny je vyznačeno na jednopólovém schématu, viz *Obr. 1.5 Jednopólové schéma TR Červený Vrch*. [2]

Číslo pole	Označení	Zařízení	Popis
01	T101	Transformátor	110/23/6,3 kV, 40 MVA
02	V387	TR Západ	Pole venkovních vývodů
03	V389	TR Sever	Pole venkovních vývodů
04	S101	Příčný spínač	Pole spínače přípojnic
05	PDE	Podélné dělení	-
	T102	Transformátor	110/23/6,3 kV, 40 MVA

Tabulka 1.1 Pole TR Červený Vrch 110 kV [2]



Obr. 1.5 Jednopolové schéma TR Červený Vrch [2]

1.2 Zařazení TR Zličín a TR Červený Vrch do sítě

Ze strany 22 kV TR Zličín jsou vyvedeny 2 kabelové vývody do RS 7900. Připojení do RS7900 (HTS 2) v 1. sekci je provedeno kabelem K10-14 v délce 10739 m, ve 2. sekci je provedeno kabelem K10-41 stejného typu, v délce 10733 m. Obdobným způsobem jsou vyvedeny 2 kabely z TR Červený vrch do RS7710 (TS 36), tzn. v 1. sekci kabelem K46-18, ve 2. sekci kabelem K 46-28.

Rozvodny RS7900 a RS7710 jsou v majetku letiště a jsou vybaveny plynem izolovaným rozvaděčem typu Siemens NX PLUS C s jednoduchým systémem přípojníc a podélným dělením.

RS7900 a RS7710 navzájem propojeny 2 kabelovými vývody délkách 500 m.

Použity jsou kabely typu 3x1x240 mm² AXEK(V)CEY. Jsou převážně uloženy v kopané trase. Uložení v tunelech je pouze ve vývodových tunelech z TR Zličín v délce cca 200m a z TR Červený Vrch v délce cca 620m.

1.3 Stávající způsob připojení pro napájení důležitých odběrů

1.3.1 TR Dříň

TR Dříň je napájena přímým vedením z TR Řeporyje (V1917/V1918) a z druhé strany z TR sever přes TR ČD Roztoky

Rozvodna 110 kV je venkovního provedení, rozvodna 22 kV je kobkového provedení. TR Dříň je v majetku ČEZ Distribuce, a. s..

Do budoucna se s touto transformovnou pro napájení letiště neuvažuje. A to zejména kvůli délce přírodního kabelu (cca 11 km) a z důvodu, že je mnohokrát spojován, dle odhadů PREDi a energetiků letiště Ruzyně v rozsahu 30 – 74 spojek, mezi těmito spojkami se liší i typy kabelů, které byly z důvodu poruchových stavů použity (olejové i moderní s umělohmotnou izolační hmotou). LKPR ani neuvažuje o vynaložení nákladů na jeho obnovu. . [2]

1.3.2 TR Západ (9917)

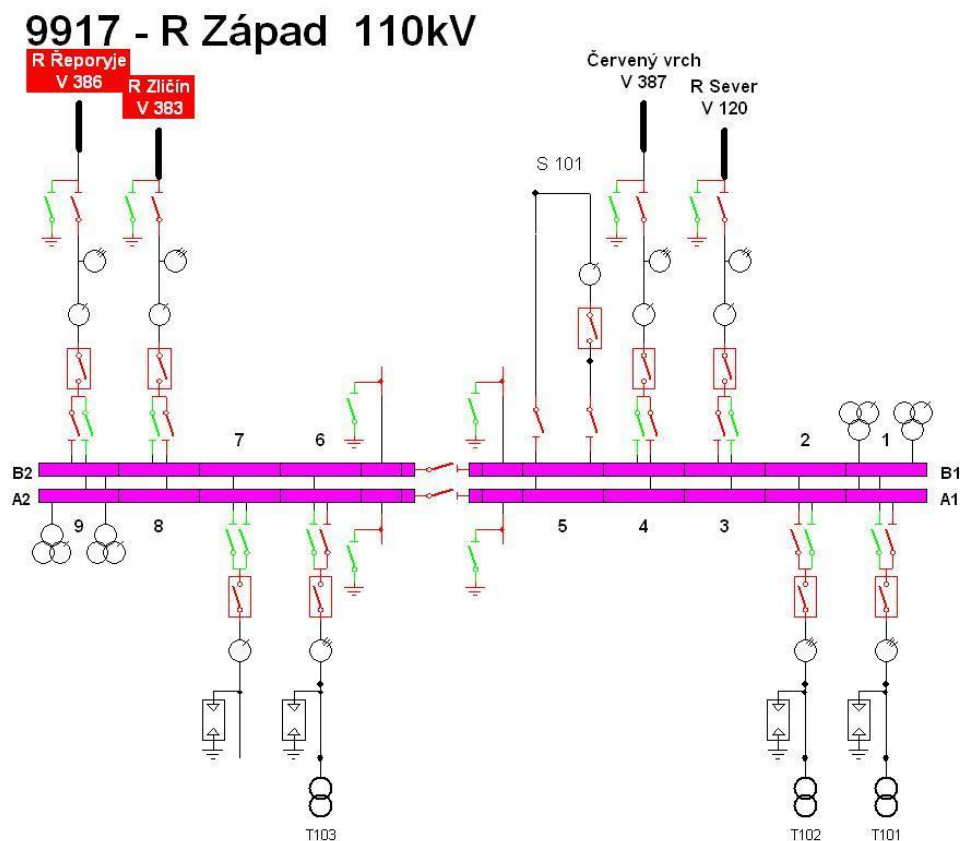
Transformovna je jedním z hlavních současných napájecích bodů pro areál letiště z hlediska důležitosti napájecích rozvodů (pro dráhové systémy a letecký provoz). Napájí na úrovni 22 kV transformovnu TS JIH (RS7830), která je situována na jihu areálu letiště.

Rozvodna 110 kV

Rozvodna 110 kV má dva systémy přípojnic, které jsou podélně dělené. Provedení je venkovní s nesenými trubkovými přípojnicemi. Zkratový výkon je 6000 MVA. Rozvodna je napájena venkovním vedením z TR Řeporyje (jedním přímým vedením a jedním přes TR Zličín) a z TR Praha – Sever (jedním přímým vedením a jedním přes TR Červený Vrch). Viz Obr. 1.6 Jednopolové schéma rozvodny 110 kV TR Západ.

Rozvodna 22 kV

Rozvodna 22 kV je řešena použitím otevřených chráněných rozvaděčů skříňového provedení 22 kV, typ IRODEL s vakuovými vypínači VD 4. Zásadní schéma je voleno tak, že vždy jeden transformátor pracuje do dvou samostatných hlavních přípojnic A a B, s možností provozu přes pomocnou přípojnicí dvěma paralelními vypínači. [2]



Obr. 1.6 Jednopolové schéma rozvodny 110 kV TR Západ [2]

1.4 Zařazení TR Dříň a TR Západ do sítě

Z rozvodny 22 kV TR Dříň je vyveden kabel v délce cca 11 km. Tímto přívodem je napájena transformovna 22/6 kV HTS (V majetku letiště).

Z rozvodny 22 kV TR Západ (9917) je vyveden kabel K 18-25 v délce 7,5 km typu 3x1x240 mm² AXEKVCEY, ANKTOYPVs, ANKTOYPV ze kterého je napájena transformovna 22/6 kV s označením RS 7830 (TS JIH)

Propojení HTS a RS 7830 je mezi stanicemi řešeno automatickým záskokem na úrovni 6 kV.

Uspořádání transformoven letiště, které jsou napájeny ze sítě 22 kV je evidentní z přehledového schématu, viz *Příloha 1*. Rozmístění transformoven přímo v areálu letiště je v situačním plánu transformoven 22 kV a 6 kV, viz *Příloha 2*.

2. Bilance zatížení

V dalším textu bude uveden nárůst příkonů a změny konfigurace pro rok 2011 – 2020 odběrů letiště na úrovni 22 kV. Na základě těchto údajů budou propočteny hodnoty kabelových vedení a zhodnoceno, zdali jejich parametry budou vyhovující pro napájení LKPR i v dalších letech.

Pro lepší orientaci ve značení transformoven 22/6 kV je, v níže uvedené tabulce, jejich značení dle PREDi a značení dle LKPR.

Značení PREDi	Značení LKPR
RS 7830	TS JIH
RS 7710	TS 36
RS 7900	HTS 2
HTS	HTS

Tabulka 2.1 Značení transformoven 22/6 kV

2.1 Nárůst příkonů pro rok 2011 až 2020

V následujících tabulkách, které jsou převzaty ze Studie zásobování letiště Ruzyně elektrickou energií (z roku 2007), jsou uvedeny změny konfigurace a nárůst příkonů pro rok 2011 až 2020.

Modře označené akce jsou investičního charakteru. **Koeficient soudobosti je nastaven na 0,7.** [4]

Rok 2011

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
Rekonstrukce TS 36 (Výtopna SEVER)		-		TS36	-
Paralelní TWY A		50	53	TS12	/
Hotel v přednádraží SEVER		1 700	1 808	TS45	
TS60-přerozdělení výkonu		-277	-295	TS36	
TS63-přerozdělení výkonu		277	295	TS36	TS63
TS40-přidání odběru		139	148	HTS2	
Celkem	2011	1 889			

Tabulka 2.2 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2011 [4]

Rok 2012

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
Rozšíření Aviation Service		50	53	TS15	/
Rozšíření APRON D 1		20	21	TS63	/
Hala pro MMP 1		500	532	TS1	/
Hangár GA		1 200	1 276	TS JIH	TS17
Rozšíření APRON SOUTH a GA		20	21	TS JIH	TS17
TS40-přidání odběru		277	295	HTS2	
TS63-přidání odběru		170	181	TS36	TS63
TS8-přesun zátěží do TS23		-170	-181	HTS	
TS23-přesun zátěží z TS8		170	181	TS36	
Celkem	2012	2 237			

Tabulka 2.3 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2012 [4]

Rok 2013

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
c	2013				
Obvodová komunikace u THR 24	2013	20	21	TS23	/
Rozšíření ČOV a ČKV JIH	2013	100	106	HTS 2	TS16
Parking JIH	2013	500	532	TS JIH	/
Objekt LZS	2013	100	106	TS2	/
Komerční areál ČS APH (část)	2013	500	532	TS16	/
Pobočná stanice ZPS JIH	2013	50	53	TS2	/
Komerční areál u ČS APH(část)	2013	200	213	TS16	/
TS40-přidání odběru		200	213	HTS2	
Celkem	2013	1 670			

Tabulka 2.4 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2013 [4]

Rok 2014

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
	2014	-		-	-
Tunel Jeneč	2014	100	106	TS26A	/
Stanice PRAK	2014	800	851	HTS2	TS80
Hangár G	2014	1 470	1 563	HTS 2	TS71
Manipulační plocha před hg G	2014	30	32	TS17	/
Administrativní budova dopravců	2014	200	213	TS51	/
Kolektorizace JIH 1. část	2014	20	21	TS14	/
Kompenzační stání	2014	-			

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
Odloučené stání	2014	-			
Mezisklad podezřelých zavazadel	2014	50	53	TS26A	/
Komerční areál u ČS APH-část	2014	200	213	TS16	/
Komerční areál "Kytkovo pole" (část)	2014	500	532	TS JIH	TS18
Stání pro motorové zkoušky u hg F	2014	20	21	TS24	/
Kolektorizace SEVER 1. část	2014	30	32	HTS 2	/
Celkem	2014	3 420			

Tabulka 2.5 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2014 [4]

Rok 2015

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
	2015				
Objekt pro spoje	2015	100	106	TS1	/
Komerční areál v místě staré výtopny (část)	2015	500	532	TS JIH	/
Komerční areál "Kytkovo pole" (část)	2015	200	213	TS JIH	TS 75
Celkem	2015	800			

Tabulka 2.6 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2015 [4]

Rok 2016

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
	2016				
Hangár H	2016	1 200	1 276	HTS 2	TS 53
Manipulační plocha před hg H	2016	20	21	TS53	/
Rekonstrukce TS 39 (Cargo Menzies)	2016	-		-	-
RWY 06R/24L	2016	600	638	TS24	/
Odmrazování letadel pro RWY 06R/24L	2016	600	638	TS24A	/
TWY pro RWY 06R/24L 1.etapa	2016	100	106	TS25 TS26	/
Komerční areál v místě staré výtopny (část)	2016	200	213	TS JIH	TS 75
Celkem	2016	2 720			

Tabulka 2.7 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2016 [4]

Rok 2017

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
	2017				
Stanice kolejové dopravy	2017	300	319	TS36	TS 74
Komerční areál u ČS APH-část	2017	200	213	TS16	/
Prst D – 2.část	2017	1 100	1 170	TS36	TS63
Hangár malých dopravců 1	2017	600	638	TS24	TS 70
Prst D-1-část	2017	1 200	1 276	TS36	TS54
Celkem	2017	3 400			

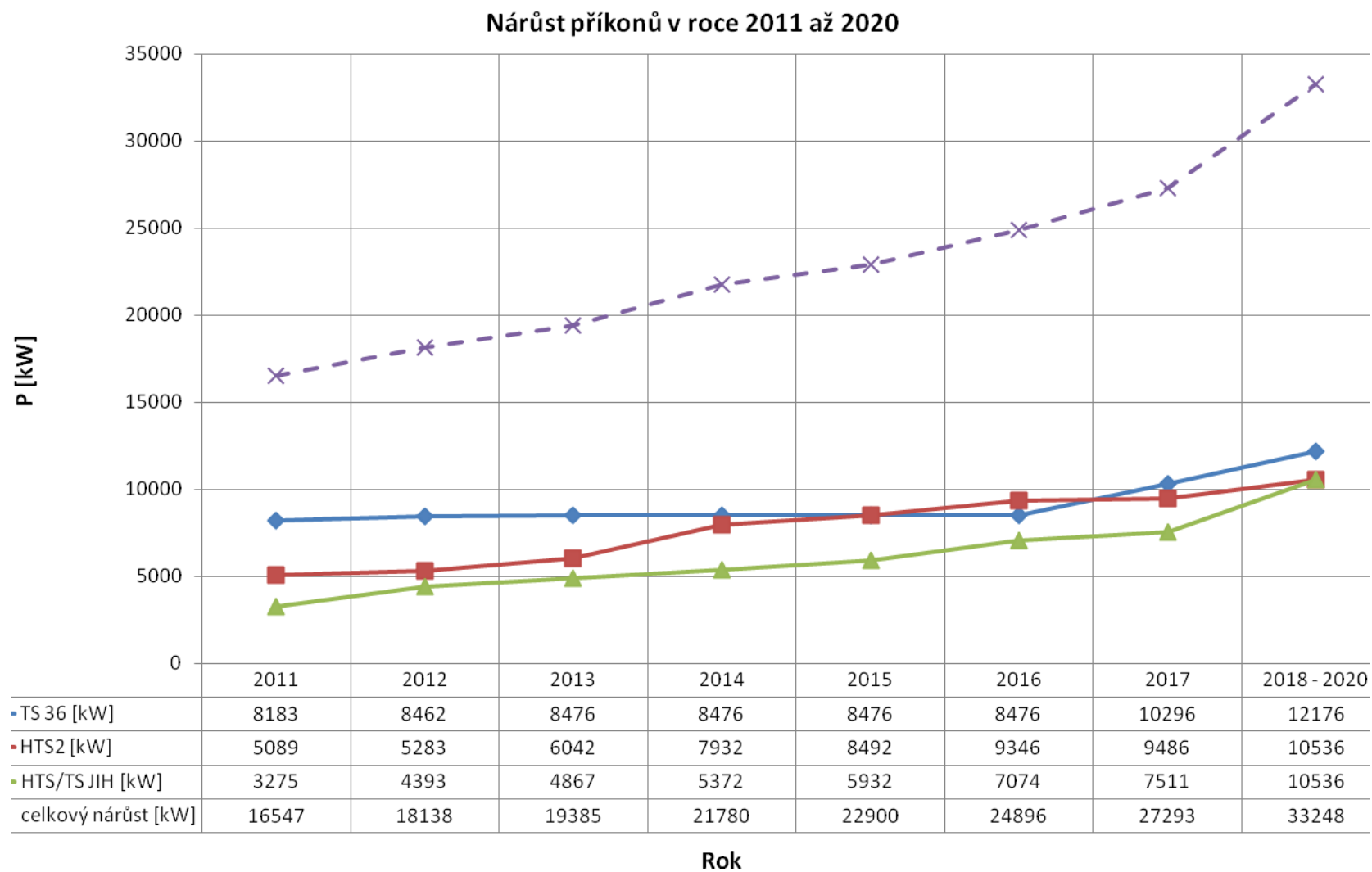
Tabulka 2.8 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2017 [4]

Rok 2018 – 2020

	Rok	Příkon (kW)	Proud na sek. Straně (A)	TS	TS v objektu
	2018-20				
Parking B		100	106	36	/
Další hangáry v jižní části letiště		850	904	TS JIH	TS 80,81
Hangár H		1 500	1 595	HTS 2	TS 82
Odbavovací Ostrov E		1 300	1 383	36	TS 83
Doplnění pojezdových drah		100	106	12 (25)	/
Celkem	2018-20	3 850			

Tabulka 2.9 Nárůst příkonů a změny konfigurace v roce 2018 – 2020 [4]

Na grafu 2.1 (Grafické znázornění nárůstu příkonů v roce 2011 až 2020, který je vytvořen na základě převzaté tabulky, uvedené ve Studii zásobování letiště Ruzyně elektrickou energií [4], je dobře viditelný nárůst příkonů v dílčích transformovnách i celkový nárůst příkonů LKPR. Viz následující stránka.



Graf 2.1 Grafické znázornění nárůstu příkonů v roce 2011 až 2020

2.2 Zatížitelnost kabelů 22 kV

Vzhledem k plánovanému nárůstu příkonů je potřeba zohlednit, zdali stávající rozvody a zařízení budou schopny tyto výkony přenášet. Nejužším místem jsou kabelové vývody, které jsou určujícím faktorem pro to, kdy bude nutné začít zajišťovat spotřebu z nového zdroje. Díky těmto kontrolám zjistíme, kdy již stávající kabely 22 kV nebudou dostačující a rok, ve kterém bude potřeba začít s přípravou na jiný způsob napájení letiště. V následujícím textu budou provedeny kontroly kabelů 22 kV na:

- Dovolené proudové zatížení
- Úbytek napětí
- Oteplení zkratovým proudem

Každá z těchto kontrol může při dimenzování vodičů znamenat jiný průřez, proto budou provedeny všechny.

Při dalších výpočtech se vychází z hodnot uvedených v grafu 2.1 a z hodnot, uvedených v tabulce 2.10. Dále je uvažováno uložení kabelu v zemi (způsob uložení D), typ kabelu 3x1x240 mm² AXEKVCEY a účinník $\cos \varphi=0,95$. [2]

Vzorový výpočet pro jednotlivé kontroly bude proveden pro kabel, který napájí transformovnu TS36 s hodnotami platnými pro rok 2011.

Parametr	TS 36	HTS2	HTS/TS JIH
I [km]	7,55	10,75	7,48
X_k [Ω/km]	0,113	0,113	0,113
R_k [Ω/km]	0,125	0,125	0,125
I_{NZ} [A]	417	417	417
U_{max} [kV]	40,5	40,5	40,5
S_{K''3} [MVA]	2757,18	3734,17	3670,56
t_k [s]	1,2	1,2	1,2
k_e [-]	1,009	1,009	1,009
K [-]	91	91	91
u_k [%]	12,3	11,2	16,7
S_N [MVA]	40	40	63
ΔP_K [kW]	160	217,24	341

Tabulka 2.10 Parametry transformátorů 110/22 kV a vedení 22 kV k příslušným transformovnám

2.2.1 Kontrola na dovolené proudové zatížení

Zatížitelnost vodiče závisí na jeho uložení. Výpočet tohoto proudu se provádí dle vzorce:

$$I_{dov} = k_1 * k_2 * k_3 * I_N > I_p [A] \quad 2.1$$

$I_{dov}[A]$... je dovolení proudové zatížení vodiče

$I_{NZ}[A]$... je jmenovitý proud vodičem pro uložení v zemi stanovený výrobcem [5]

$I_p[A]$... je výpočtový proud

$k_1 [-]$... je přepočítací součinitel proudové zatížitelnosti pro kabely uložené v zemi

$k_2 [-]$... je přepočítací součinitel pro seskupení několika kabelů uložených přímo zemi (způsob uložení D)

$k_3 [-]$... je přepočítací součinitel proudové zatížitelnosti pro půdu s měrným tepelným odporem $\sim 0,75 \text{ Km/W}$

Postup výpočtu:

- 1) Nejprve zjišťujeme výpočtový proud vodičem I_p , daný odebíraným příkonem v příslušném roce:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n * \cos\varphi} = \frac{8183}{\sqrt{3} * 22 * 0,95} = 226,1 [A] \quad 2.2$$

V tomto kroku jsme spočítali I_p odpovídající příkonu pro rok 2011 v TS 36, obdobným způsobem byly vypočteny hodnoty v tabulce 2.11.

rok	Ip [A]		
	TS 36	HTS2	HTS/TS JIH
2011	226,1	140,6	90,5
2012	233,8	145,9	121,4
2013	234,1	166,9	134,4
2014	234,1	219,1	148,4
2015	234,1	234,6	163,9
2016	234,1	258,2	195,4
2017	284,4	262,0	207,5
2018 - 2020	336,4	291,1	291,1

Tabulka 2.11 Výpočtový proud $I_p [A]$ 2011 -2020

- 2) Z hodnot, které jsme získali v předchozím výpočtu, nyní můžeme pomocí přepočítacích součinitelů odvodit hodnotu jmenovitého zatížení vodiče $I_N [A]$.

Nejprve určujeme koeficient k_1 :

-Typu izolace vodiče (zesítný PE), odpovídá nejvyšší dovolená provozní teplota 90°C, což je teplota, která nesmí být překročena ani při zkratu;

-Uvažujeme uložení kabelu při teplotě okolního prostředí 20 °C → $k_1 = 1 [-]$ [6]

Určení koeficientu k_2

-Při určení tohoto součinitele je určující počet kabelů a způsob jejich uložení. Pro seskupení 3 vodičů (kabely se dotýkají), způsob uložení D, přímo v zemi, volíme hodnotu $k_2 = 0,65 [-]$. [6]

Určení koeficientu k_3

-Uvažujeme uložení kabelu v hlinité půdě s obsahem 20 % - 30 % vlhkosti, kterému odpovídá měrný tepelný odpor ~ 0,75 Km/W

-Pro tyto podmínky a typ kabelu zvolíme hodnotu $k_3 = 0,98 [-]$. [6]

$$I_N = \frac{I_p}{k_1 * k_2 * k_3} = \frac{226,1}{1 * 0,65 * 0,98} = 354,9 [A] \quad 2.3$$

Dle rovnice 2.3 jsme analogicky získali hodnoty jmenovitého zatížení vodičů pro následující roky v příslušných transformovnách viz tabulka 2.12. Nyní je možno ověřit, kdy již kabely 22 kV nebudou schopny daný výkon přenášet. Proto platí podmínka:

$$I_N [A] < I_{NZ} [A] \quad 2.4$$

Pro vodiče 22 kV, kterými jsou v současné době napájeny transformovny letiště je výrobcem stanovena tato hodnota:

$$I_{NZ} = 417 [A] [7] \quad 2.5$$

Porovnáním hodnot v tabulce 2.12 s proudovou zatížitelností jsme zjistili, že kabel, K 46-18 (resp.K 46-28), který napájí TS36 bude při předpokládaném nárůstu příkonu a změnách konfigurace v roce 2017 značně přetížen. Totéž platí pro kabel K 10-14 (resp. K 10-41), který napájí HTS 2 a K 18-25, ze kterého je zásobována HTS/TS JIH v rozmezí let 2018 – 2020.

rok	Jmenovité proudové zatížení I_N [A]		
	TS 36	HTS2	HTS/TS JIH
2011	354,9	220,7	142,0
2012	367,0	229,1	190,5
2013	367,6	262,0	211,1
2014	367,6	344,0	233,0
2015	367,6	368,3	257,2
2016	367,6	405,3	306,8
2017	446,5	411,4	325,7
2018 - 2020	528,0	456,9	456,9

Tabulka 2.12 Potřebné proudové zatížení vodiče I_N [A] 2011 – 2020

2.2.2 Kontrola na úbytek napětí

V síti 22 kV se připouští dovolený úbytek napětí do výše 10% jmenovitého napětí U_N . Následující výpočet umožní zjistit, jakým způsobem ovlivní nárůst příkonů úbytek napětí ve stávajících kabelových rozvodech 22 kV. Kontrola je pro názornost provedena i pro kabely, které nevyhovují na dovolené proudové zatížení.

Postup výpočtu:

- 1) Určení činného a indukčního odporu vedení

$$R = R_k * l = 0,125 * 7,55 = 0,944 [\Omega] \quad 2.6$$

$$X = X_k * l = 0,113 * 7,55 = 0,853 [\Omega] \quad 2.7$$

R [Ω] ... je činný odpor vedení

X [Ω] ... je indukční odpor vedení

R_k [Ω/km] ... je činný odpor kabelu udávaný výrobcem [5]

X_k [Ω/km] ... je indukční odpor kabelu udávaný výrobcem [5]

l [km] ... je délka kabelu

- 2) Výpočet $\sin\varphi$ [-]

$$\sin\varphi = \sin(\cos^{-1} 0,95) = 0,31 [-] \quad 2.8$$

3) Dosazení hodnot do rovnice pro ΔU

$$\begin{aligned}\Delta U &= R * I_p * \cos\varphi + X * I_p * \sin\varphi && 2.9 \\ &= 0,944 * 226,1 * 0,95 + 0,853 * 226,1 * 0,31 = 262,5 \text{ [V]}\end{aligned}$$

4) Poměrný úbytek napětí Δu [%]

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} * \Delta U}{U_N} * 100 = \frac{\sqrt{3} * 262,454}{22000} * 100 = 2,07 \text{ [%]} \quad 2.10$$

ΔU [V] ... je úbytek napětí (fázový)

Pomocí těchto rovnic jsme získali tabulku 2.13. Lze tedy konstatovat, že při plánovaném nárůstu příkonů bude úbytek napětí ve vedení v dovolených mezích, tj. do 10 % jmenovitého napětí sítě U_N na všech linkách 22 kV, které zásobují transformovny letiště.

rok	Δu [%]		
	TS 36	HTS2	HTS/TS JIH
2011	2,07	1,83	0,82
2012	2,08	1,90	1,10
2013	2,08	2,17	1,22
2014	2,08	2,85	1,34
2015	2,08	3,05	1,48
2016	2,08	3,36	1,77
2017	2,19	3,41	1,88
2018 - 2020	2,30	3,79	2,64

Tabulka 2.13 Poměrný úbytek napětí Δu [%]

2.2.3 Kontrola na oteplení zkratovým proudem

Při této kontrole vycházíme z následujícího vzorce:

$$S_{min} = \frac{I_{kE} * \sqrt{t_k}}{K} \leq S [mm^2] \quad 2.11$$

$S_{min} [mm^2]$... je minimální průřez vodiče, který odolá zkratovému proudu po dobu vypnutí

$t_k [s]$... doba vypnutí zkratu

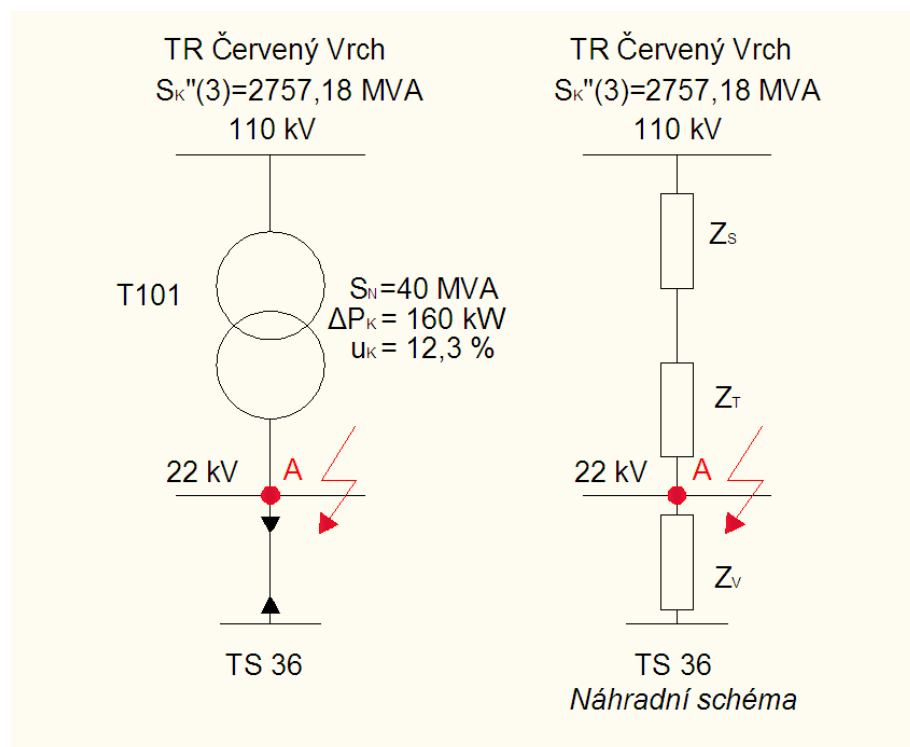
$I_{kE} [A]$... ekvivalentní oteplovací proud

$K [-]$... koeficient pro dimenzování podle tepelných účinků zkratového proudu

$S [mm^2]$... stávající průřez vodiče

Postup výpočtu

- 1) Stanovení počátečního rázového zkratového proudu I_k v bodě „A“ (uvažujeme sériové řazení prvků v náhradním schématu sítě 110/22 kV viz obrázek níže).



Obr. 2.1 Náhradní schéma sítě 110/22 kV

a) Určení impedance sítě $Z_s [\Omega]$:

$$Z_s = \frac{U_N^2 * c}{S k''_3} * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = \frac{110^2 * 1,1}{2757,18} * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 0,211 [\Omega] \quad 2.12$$

c ... napěťový součinitel pro výpočet zkratových proudů [8]

$S k''_3 [MVA]$... třífázový zkratový výkon v síti 22 kV na přípojnici 110 kV, s výhledem do roku 2020 [2]

p ... převod transformátoru

b) Určení reaktance sítě $X_s [\Omega]$:

$$X_s = 0,995 * Z_s = 0,995 * 0,211 = 0,210 [\Omega] \quad 2.13$$

0,995 [-] ... je poměr $X_s [\Omega]$ a $Z_s [\Omega]$

c) Určení činného odporu sítě $R_s [\Omega]$:

$$R_s = 0,1 * X_s = 0,1 * 0,210 = 0,021 [\Omega] \quad 2.14$$

0,1 [-] ... je poměr $R_s [\Omega]$ a $X_s [\Omega]$ [9]

d) Určení impedance transformátoru $Z_T [\Omega]$

$$Z_T = \frac{u_k}{100} * \frac{U_N^2}{S_N} * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = \frac{12,3}{100} * \frac{110^2}{40} * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 1,627 [\Omega] \quad 2.15$$

$u_k [\%]$... je napětí nakrátko transformátoru

$S_N [MVA]$... je jmenovitý výkon transformátoru

e) Určení činného odporu transformátoru $R_T [\Omega]$

$$R_T = \frac{\Delta Pk}{S_N} * \frac{U_N^2}{S_N} * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = \frac{160}{40 * 10^3} * \frac{110^2}{40} * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 0,053 [\Omega] \quad 2.16$$

$\Delta Pk [kW]$... ztráty nakrátko transformátoru

f) určení reaktance transformátoru $X_T [\Omega]$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{1,627^2 - 0,053^2} = 1,626 [\Omega] \quad 2.17$$

g) Zkratová impedance $Z_k [\Omega]$

$$Z_k = \sqrt{(R_s + R_T)^2 + (X_s + X_T)^2} = \sqrt{(0,021 + 0,053)^2 + (0,210 + 1,626)^2} = 1,837 [\Omega] \quad 2.18$$

h) Výpočet $I_k'' [kA]$

$$I_k'' = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_k} = \frac{1,1 * 22}{\sqrt{3} * 1,837} = 7,605 [kA] \quad 2.19$$

2) Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu $I_{k\varepsilon} [kA]$:

$$I_{k\varepsilon} = k_\varepsilon * I_k'' = 1,009 * 7,605 = 7,673 [kA] \quad 2.20$$

k_ε ... je součinitel pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu [10]

3) Výpočet minimálního průřezu vodiče $S_{min} [mm^2]$

$$S_{min} = \frac{I_{k\varepsilon} * \sqrt{t_k}}{K} = \frac{7673 * \sqrt{1,2}}{91} = 92,367 [mm^2] \quad 2.21$$

$K [-]$... je koeficient pro dimenzování podle tepelných účinků zkratového proudu [10]

Tímto výpočtem jsme získali minimální průřez kabelu, ze kterého je napájena rozvodna TS 36 Analogicky jsme získali minimální velikost průřezu kabelů, ze kterých jsou napájeny rozvodny 22 kV v HTS 2 a HTS/TS JIH viz tabulka 2.14.

parametry kabelů	TS 36	HTS2	HTS/TS JIH
$Z_s[\Omega]$	0,211	0,156	0,159
$X_s[\Omega]$	0,210	0,155	0,158
$R_s[\Omega]$	0,021	0,016	0,016
$Z_T[\Omega]$	1,627	1,481	1,402
$R_T[\Omega]$	0,053	0,072	0,045
$X_T[\Omega]$	1,626	1,479	1,402
$Z_k[\Omega]$	1,837	1,637	1,560
$I_k''[\text{kA}]$	7,605	8,536	8,954
$I_{ke}[\text{kA}]$	7,673	8,613	9,034
$S_{min}[\text{mm}^2]$	92,4	103,7	108,8

Tabulka 2.14 Parametry kabelů z hlediska kontroly na oteplení zkratovým proudem

Porovnáním hodnot minimálního a skutečného průřezu kabelů tj. 240 mm^2 , dle nerovnice:

$$S_{min}[\text{mm}^2] \leq S[\text{mm}^2] \quad 2.22$$

jsme zjistili, že minimální průřezy kabelů jsou v dovolených mezích a to s výhledem do roku 2020, neboť tento výpočet vychází ze zkratového výkonu $S_k''_3[\text{MVA}]$, který se stanovuje na několik let dopředu, v našem případě na 10 let.

Na základě předchozích kontrol lze konstatovat, že pokud předpokládaný nárůst odběrů bude skutečně reálný, tak již před rokem 2017 bude nutno začít připravovat na stavbu posílení napájecích bodů LKPR a to přechodem na napětíovou hladinu 110 kV, neboť stávající kabely 22 kV nebudou vyhovovat z hlediska dovoleného proudového zatížení. Dále viz kapitola 4 *Etapizace výstavby transformovny*.

3. Spolehlivost zásobování elektrickou energií

Podle důležitosti jednotlivých provozoven nebo jen jednotlivých pohonů jsou dodávky elektrické energie pro ně z hlediska spolehlivosti rozděleny do tří stupňů:

Dodávky 1. stupně jsou dodávky, které musí být zajištěny za každých okolností, jelikož jejich přerušení může způsobit buď ohrožení lidských životů, nebo velké národohospodářské ztráty znehodnocením výroby, zničením zařízení, zastavením důležitých strojů, sloužících k udržování technologického procesu, které značně převyšují náklady na zajištění dodávky 1. stupně.

Dodávky 2. stupně jsou dodávky, které mají být pokud možno zajištěny, jelikož jejich přerušení a zastavení důležitých strojů může způsobit jen podstatné zmenšení nebo zastavení výroby (aniž při tom nastane ohrožení osob)

Dodávky 3. stupně jsou dodávky, které nemusí být zajišťovány zvláštními opatřeními. Mohou být připojeny na jediný zdroj (přívod). [11]

3.1 Odběry s požadavkem na 1. stupeň zajištění dodávky elektrické energie

Z TS JIH jsou napájeny odběry vysoké důležitosti, jedná se o TS 8, TS 10 a TS 12 (viz *Příloha 1*) na úrovni 6 kV. Z těchto trafostanic jsou napájeny světelně zabezpečovací zařízení (osvětlení přistávací a pojezdové dráhy, sestupová návěstidla, informační znaky, apod.), navigační systémy a meteorostanice, které slouží pro účely informací pro letadla.

První stupeň dodávky je v tomto případě zajištěn napájením ze dvou na sobě nezávislých rozveden na úrovni 22 kV (TR Dřív a TR Západ) a to propojením na úrovni 6 kV automatickým záskokem mezi TS JIH (RS 7830) a HTS. Pro případ přerušení dodávky elektrické energie z těchto zdrojů jsou v TS 8, TS 10 a TS 12 umístěny motorové generátory (viz následující tabulka), které jsou zapojeny paralelně s UPS. Pokud dojde k výpadku elektřiny, po dobu než motorový generátor dosáhne potřebného výkonu, je odběrné zařízení napájeno z UPS. Díky tomu je odběr zásobován bez přerušení dodávky energie.

Výše zmíněné motorové generátory jsou z hlediska výkonu koncipovány tak, aby v případě závažné poruchy na dodávce elektřiny ze sítě, bylo možno zajistit bezpečné přistání a navigaci letadel. Doba, po kterou je možné tyto náhradní zdroje provozovat je minimálně 30 min.

Obdobným způsobem jsou záložní zdroje umístěny u dalších důležitých odběrů, i zde lze tedy hovořit o odběrech s 1. stupněm zajištění dodávky (viz *Tabulka 3.1 Přehled náhradních zdrojů LKPR*).

umístění	ks	Výkon [kW]	celkový výkon [kW]	rok zprovoznění	výrobce	typ	Spotřeba
TS 8	1	330	330	2003	Pilleri	UBRD 330	SZZ, navigační systémy, METEO, apod.
TS 10	1	220	220	2003	Pilleri	UBRD 220	SZZ, navigační systémy, METEO, apod.
TS 12	1	330	330	2003	Pilleri	UBRD 330	SZZ, navigační systémy, METEO, apod.
TS 40	4	450	1800	1997	Petbow	V 2360 S	důležité odběry Terminál Sever 1, UPS, apod.
TS 60	4	900	3600	2006	Catpillar	CAT 3412	důležité odběry Terminál Sever 2, UPS, apod.
TS Jih	1	225	225	1999	Catpillar	250F	administrativní budova Letiště Praha
PVS	1	150	150	2003	Bristol	Bristol 5G	pohraniční veterinární stanice
CS LPH	1	200	200	2004	Perkins	P 220E	centrální sklad LPH (milionky)
Vodárna Sever	1	110	110	2012	Catpillar	GEP 110	zásobování vodou areál Sever
Vodárna Jih	1	110	110	2012	Catpillar	GEP 110	zásobování vodou areál Jih
Celkem	16 ks		7075 kW				

Tabulka 3.1 Přehled náhradních zdrojů LKPR [12]

3.2 Ostatní odběry

U odběrů, které jsou napájeny z HTS 2 (RS 7900) nebo TS 36 (RS 7710) a nejsou zálohovány motorovým generátorem, lze hovořit o 2. stupni zajištění dodávky elektrické energie. Protože HTS 2 i TS36 jsou napájeny z jednoho kabelu, druhý kabel z transformovny 110/22 kV je pouze pod napětím (v HTS 2 resp. TS36 je vypnut). V případě poruchy je napájecí kabel vypnut nadproudovou ochranou (vypne vypínač v TR 110/22 kV). Dispečer dále vypne vadný kabel z druhé strany (v HTS 2 resp. TS36) a obnoví dodávku zapnutím druhého kabelu.

Při návrhu napájení letiště z transformovny 110/22 kV je důležité také zohlednit spolehlivost dodávky pro rozvodnu 110 kV. V současné době jsou všechny transformovny 110/22 kV, ze kterých je napájen areál letiště, připojeny k jediné transformovně 400/ 110 kV – TR Řeporyje, což by v případě havárie na této transformovně nebo přírodních linkách 400 kV pro tuto transformovnu mohlo znamenat delší časový výpadek dodávky elektrické energie. A to po dobu než by bylo možno obnovit dodávku z uzlové oblasti TR Malešice, přes rozvodnu 110 kV Praha Sever.

4. Etapizace výstavby transformovny

4.1 Studie zásobování letiště Ruzyně elektrickou energií

Při zpracování studie je potřeba zvážit technické možnosti z hlediska připojení nového odběru na straně 110 kV a z toho plynoucí nezbytné úpravy a doplnění napájecí rozvodny.

Formou zpracování studie jsou vytvořeny podmínky pro objektivní rozhodování provozovatele pro výběr napájecího schématu. Dominantní vliv na výběr varianty má skutečnost, že pouze transformovna TR Holešovice je na jedné přípojnici napájena ze systému 400 /110 kV Řeporyje a na druhé přípojnici z uzlové oblasti 220/110 kV Malešice.

4.2 Řízení ke změně územního plánu

V současné době je v územním plánu zahrnuta pouze TR Ruzyně, aby bylo možno vybranou variantu napájení realizovat, před zahájením výstavby je nutno zpracovat dokumentaci pro územní řízení. Tuto dokumentaci v jednotlivých krocích projednat se všemi dotčenými stranami a organizacemi státní správy.

Územně plánovací podklady tvoří územně analytické podklady, které zjišťují a vyhodnocují stav a vývoj území a územní studie, které ověřují možnosti a podmínky změn v území; slouží jako podklad k pořizování politiky územního rozvoje, územně plánovací dokumentace, jejich změně a pro rozhodování v území. [13]

4.3 Zpracování projektové dokumentace k řízení o vydání stavebního povolení

Dokumentace bude řešit výběr vhodné lokality včetně vytvoření dokumentace nezbytné pro projednání výstavby s vlastníky dotčených pozemků. Po odsouhlasení této dokumentace provozovatelem z hlediska umístění, rozsahu a zapojení do stávající VN sítě provozovatele musí být dokumentace odsouhlasena dotčenými stranami (z hlediska životního prostředí, vlastníci pozemků, atd.). V případě úspěšnosti se přistoupí k dalšímu projektovému stupni nebo se dokumentace upraví dle požadavků dotčených stran tak, aby byl projekt realizovatelný.

4.4 Zpracování prováděcí projektové dokumentace

Prováděcí dokumentaci předchází vypracování dokumentace pro výběr technologie (transformátoru, rozvoden 110 kV a 22 kV, kabelového vývodu 110 kV) a vypracování dokumentace pro výběr zhotovitele stavební části a technologie (tzv. tendrová dokumentace)

Samotná prováděcí dokumentace bude řešit výstavbu s ohledem na minimální provozní omezení stávajících odběrů. Bude zahrnovat:

- a) Řešení liniových staveb na úrovni 110 kV;
- b) Řešení liniových staveb provozovatele na úrovni 22 kV (napojení na síť LKPR);
- c) Projekt transformovny 110/22 kV zahrnující řešení polí VVN a vývodového rozvaděče VN včetně příslušenství (ochrany, měření, dálkový dohled atd.);
- d) Řešení úprav nebo náhrady stávajících rozvoden 22 kV LKPR zahrnujících minimálně rozšíření stávajícího schématu o jedno pole a řízení záskoku mezi napájením ze stávajících linek 22 kV a nového přívodu z TR letiště 110/22 kV;
- e) Úprava softwaru a schémat dispečinku LKPR.

4.5 Realizace stavby

Stavba rozvodny může být rozdělena do samostatných etap, které se musí vzájemně provázat v termínech umožňujících uvedení příslušné etapy do provozu po ukončení. Jednotlivé etapy lze rozdělit:

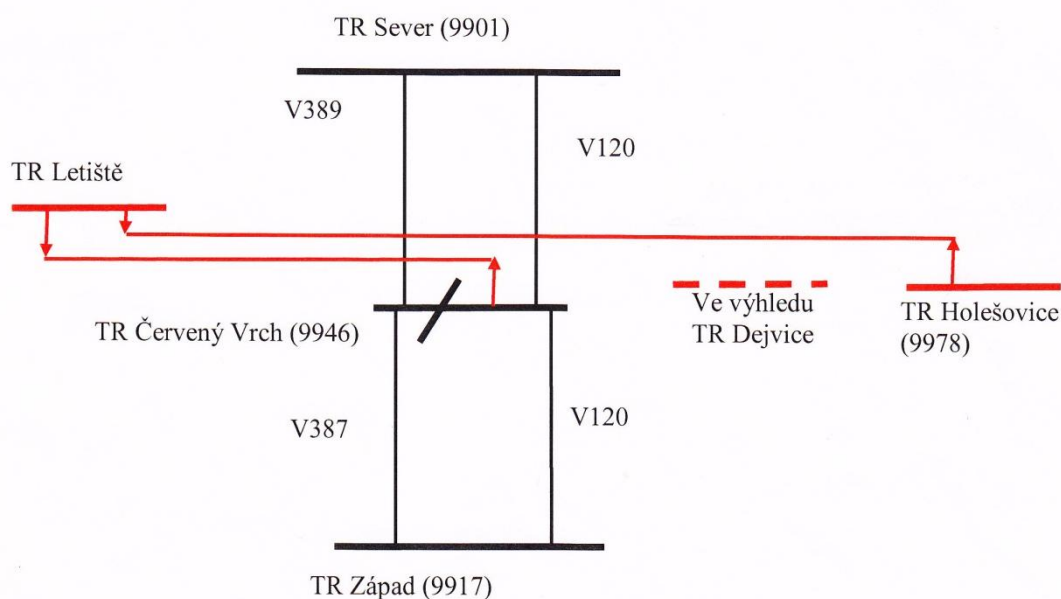
- a) Výběr dodavatelů;
- b) Příprava či nákup pozemků nezbytných pro realizaci liniových staveb a TR 110/22 kV. Tato příprava zahrnuje například výkupy pozemků, zřízení staveniště oplocením a vybudováním staveništního zázemí atp.;
- c) Doplnění nebo přestavba stávajících rozvoden 22 kV LKPR;
- d) Výstavba liniových vedení 22 kV mezi novou TR 110/22 kV a rozvodnami LKPR;
- e) Výstavba TR letiště 110/22 kV včetně BSP;
- f) Výstavba liniových vedení na straně 110 kV dle zvolené varianty (viz níže);
- g) Zprovoznění sítě 22 kV včetně začlenění do systému řízení a monitoringu na straně PREDi a provozovatele;
- h) Zprovoznění sítě 110 kV a úprava vazeb z hlediska automatických záskoků mezi novým systémem napájení a stávajícími liniemi 22 kV, které budou nadále sloužit jako záložní přívody;

4.6 Posouzení variant zařazení TR letiště 110/22 kV do sítě

4.6.1 Napájení z TR Červený Vrch a z TR Holešovice

Výhodou tohoto řešení je skutečnost, že pouze transformovna TR Holešovice je na jedné přípojnici napájena ze systému 400 /110 kV Řeporyje a na druhé přípojnici z uzlové oblasti 220/110 kV Malešice. V dlouhodobém výhledu by bylo možné zasmyčkovat plánovanou TR Dejvice. Dále je také přínosné, že přes poměrně velký rozsah této liniové stavby mohou být kabely umístěny již ve stávajících kabelových tunelech nebo veřejných komunikacích.

Nevýhodou je obtížná průchodnost kabelových vedení územím hlavního města Prahy a zejména jeho délka, což má významný dopad na celkovou cenu výstavby nového zdroje napájení.

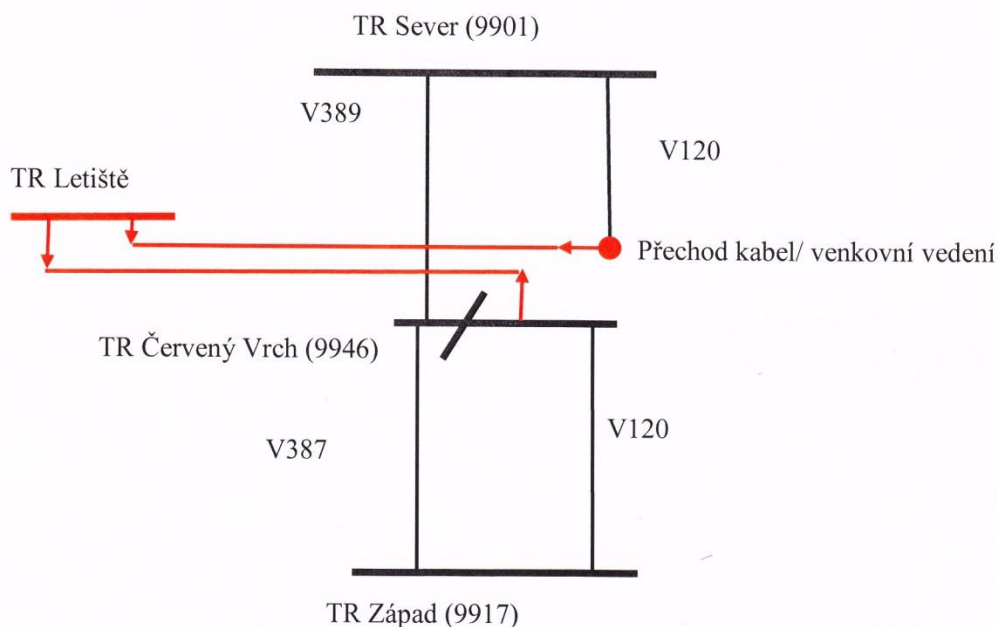


Obr. 4.1 Napájení z TR Červený vrch a z TR Holešovice [2]

4.6.2 Napájení z TR Červený Vrch a z TR Sever

Výhodou této varianty je využití části vrchního vedení V120 napojením do nově budované rozvodny a dostavba nového kabelového propoje z TR letiště do rozvodny TR Červený Vrch. Rozvodna Sever má jednu přípojnici napájenou z uzlové oblasti Malešice, ostatní přípojnice jsou napájeny z uzlové oblasti 400/110 kV Řeporyje.

Nevýhodou řešení je napojení obou napájecích bodů na nadřazenou rozvodnu 400/110 kV TR Řeporyje. V případě havárie na TR Řeporyje by bylo možné napájet z uzlové oblasti Malešice, avšak bylo by nutné provést manipulační úkony na rozvodně, dodávka elektrické energie by tedy byla dočasně přerušena.

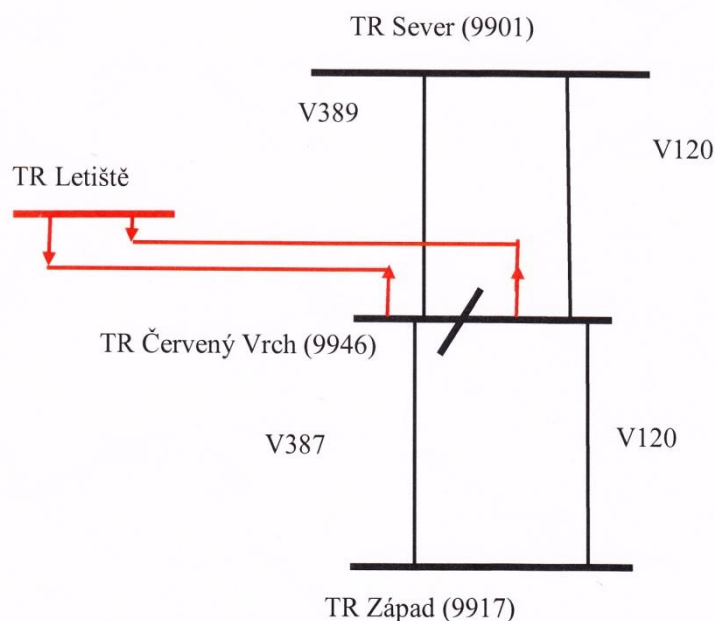


Obr. 4.2 Napájení z TR Červený Vrch a TR Sever [2]

4.6.3 Napájení dvěma liniemi z TR Červený Vrch

Zásadní výhodou tohoto řešení jsou ekonomické ukazatele. Varianta je na první pohled jednoznačně nejméně nákladná. A z hlediska průchodnosti liniové stavby terénem je nejjednodušší.

Nevýhodou tohoto řešení je napájení TR letiště z jedné transformovny a dále to, že tato rozvodna 110 kV TR Červený Vrch je napájena z oblasti TR 400 kV Řeporyje, například při požáru v rozvodně 110 kV na TR Červený vrch by TR letiště přišlo o napájení ze sítě 110 kV a obnova nebo nouzové zprovoznění (kabel napojit na linku) by trvalo delší dobu.



Obr. 4.3 Napájení dvěma liniemi z TR Červený Vrch [2]

4.6.4 Další alternativní řešení zdrojů pro napájení LKPR

Alternativním řešením zajištění elektrické energie je vybudování vlastních zdrojů. Vzhledem k charakteru provozu letiště **nepřipadá v úvahu** výstavba větrných elektráren ani výstavba FVE na pozemcích a plochých střechách LKPR, teoretickou možností může být využití stávající plynové kotelny k vybudování paroplynného cyklu.

Zásadní nevýhodou těchto variant může být ovlivnění provozu letiště působením těchto zdrojů. U paroplynného cyklu může negativně působit tvorba kondenzátu z vypouštěných emisí a pokud by byl využit pouze plyný cyklus, měl by tento zdroj nižší účinnost a z hlediska ekonomického zhodnocení by tato varianta byla méně výhodná.

FVE i větrné elektrárny jsou nepredikovatelnými zdroji elektrické energie, nelze o nich uvažovat jako o náhradním energetickém zdroji. FVE je závislá na momentálních meteorologických podmínkách, elektrickou energii vyrábí pouze v průběhu dne, a také může mít negativní vliv odraz slunečních paprsků a oslňování pilotů letadel.

5. Technické řešení – přechod na napět'ovou hladinu 110 kV

Z hlediska zajištění co nejvyšší spolehlivosti dodávky elektrické energie je možným východiskem zásobování letiště z transformovny 110/22 kV, jejíž přívodní kabely budou napájeny z rozvodn 110 kV TR Červený Vrch a TR Holešovice, čili varianta 4.6.1. Která bude rozpracována v následujícím textu. Posílení napájení z přilehlých TR 110/22 kV nepřipadá v úvahu z důvodu vyčerpání energetických kapacit, technických dispozic a také velkých vzdáleností těchto transformoven od LKPR.

5.1 Technické řešení transformovny 110/22 kV

Nová distribuční transformovna bude dvousystémová, s podélným dělením a příčnou spojkou přípojnic. Vlastní transformátor 110/22 kV by napájel novou rozvodnu 22 kV se dvěma systémy přípojnic a příčnou spojkou přípojnic, ze které by byly zásobovány transformovny HTS, TS Jih, HTS2 a TS36.

Dvojitý systém přípojnic se užívá zejména tam, kde není přípustné při revizi přípojnic ani krátkodobé přerušování dodávky. Musí být vybaven příčným spínačem, aby se přepojování odboček na druhý systém mohlo provozovat bez přerušování provozu. Manipulovat s přípojnicovými odpojovači druhého přípojnicového systému při zapnutých odbočkách lze pak pouze při zapnutém spínači přípojnic [1]. Samotný návrh řešení TR Letiště je na obrázku 5.1.

Předpokládá se, že bude provozován pouze jeden transformátor 110/22 kV, paralelní chod transformátorů bude v provozních stavech jako je např. přenos zátěže mezi těmito transformátory. Určení jmenovitého výkonu transformátoru:

$$S_{20} = \frac{P_{20}}{\cos \varphi} = \frac{33,248}{0,95} = 34,998 \text{ [MVA]} \rightarrow \text{zvolen } S_n = 40 \text{ [MVA]} \quad 5.1$$

$P_{20} [MW]$...činný příkon letiště v roce 2018 -2020

$S_{20} [MVA]$...zdánlivý příkon letiště v roce 2018 - 2020

$S_n [MVA]$...jmenovitý výkon transformátoru

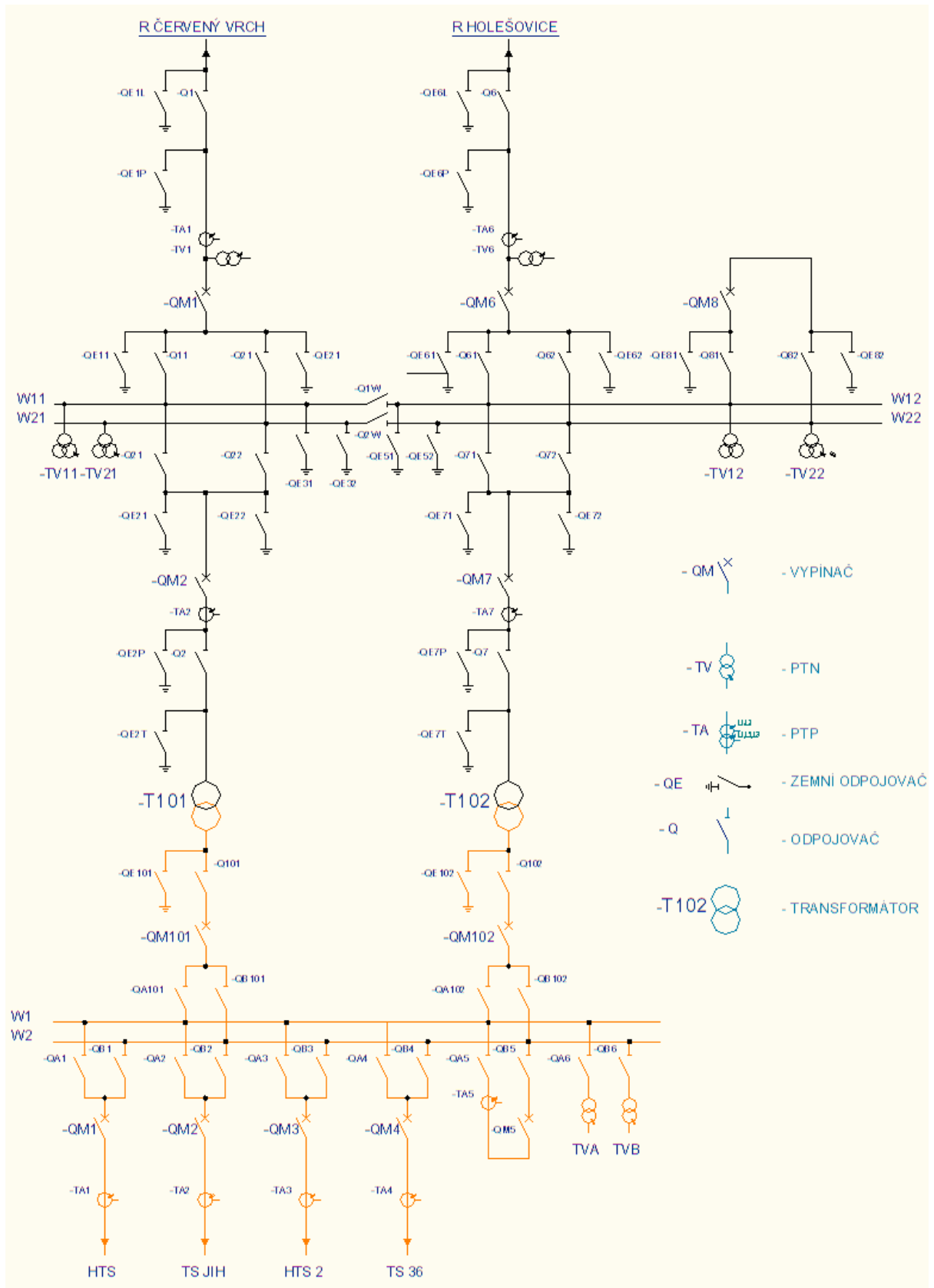
Jmenovitý výkon transformátoru T101 (resp. T102) byl zvolen jako nejbližší vyšší výkon v normalizované řadě výkonů trojfázových transformátorů z tabulky vybraných transformátorů [1]. V rozmezí let 2018 – 2020 by byl transformátor zatížen na 87,5 %, Předpokladem pro volbu tohoto transformátoru je fakt, že hodnota příkonu $P_{20} [MW]$ je uvažována jako maximální možná a dále to, že při běžném provozu by se zatížení transformátoru pohybovalo v optimálních mezích tj. 60% -70 %. Pokud by však předpokládaný nárůst příkonů byl vyšší, bylo by možné při špičkovém zatížení částečně napájet ze stávajících přívodů 22 kV, eventuelně nahradit transformátory za jiné s vyšším jmenovitým výkonem např. 63 MVA.

5.2 Stavební část

Rozvodny 110 kV a 22 kV budou situovány ve společné budově v severní části areálu LKPR, v blízkosti HTS a HTS 2 (viz *Příloha 2* – vyznačeno červeně)

Rozvodna 110 kV bude vnitřního provedení, třípólově zapouzdrěná, izolovaná plynem SF6 s vypínači v polích vývodů a v polích transformátorů. Rozvodna bude dvousystémová s podélným dělením a příčnou spojkou přípojnic.

Rozvodna 22 kV bude skříňového provedení, dvousystémová s příčnou spojkou přípojnic. Toto provedení transformoven je voleno z důvodu charakteru provozu a omezených prostorových možností.

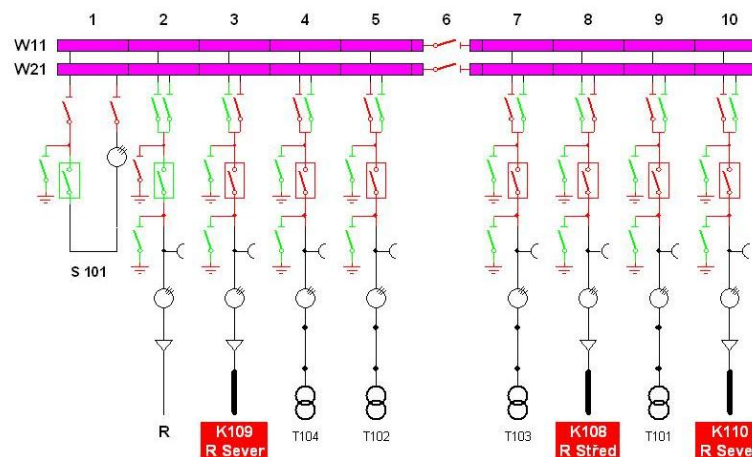


Obr. 5.1 Návrh TR Letiště 110/22 kV

5.3 Kabelová vedení 110 kV

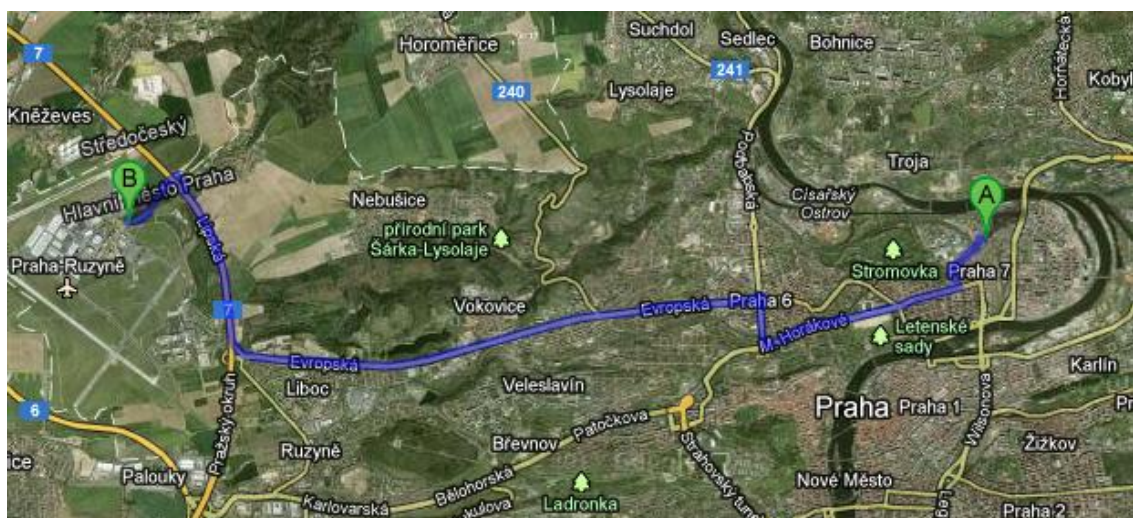
5.3.1 Kabelový vývod z TR Holešovice

Kabelový vývod bude realizován z rozvodny 110 kV TR Holešovice, z rezervního pole (číslo 2) viz obrázek 5.2. Celková odhadovaná délka tohoto kabelového vývodu je cca 15 km (podél dopravních komunikací) viz obrázek 5.3.



Obr. 5.2 Rozvodna 110 kV TR Holešovice [2]

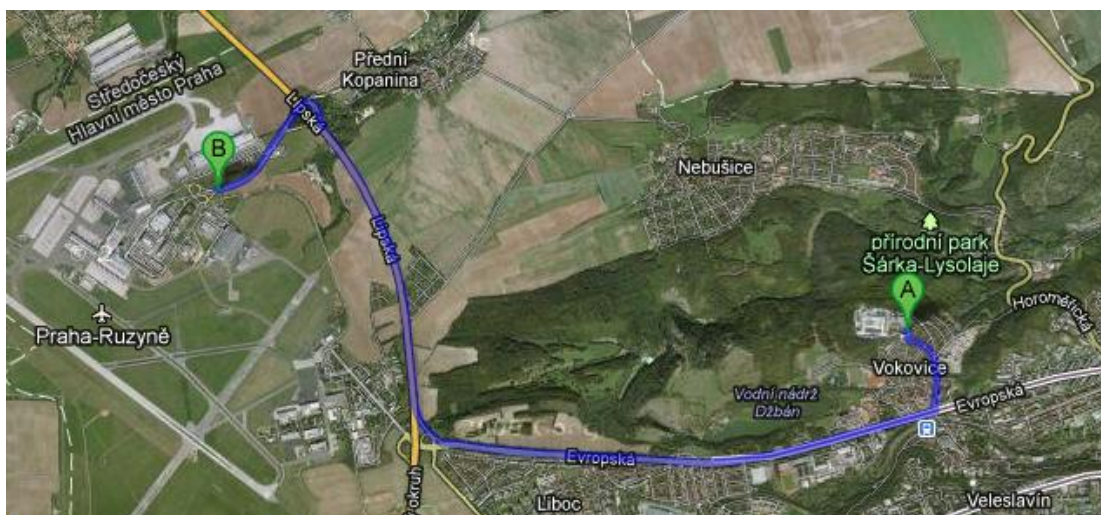
Z hlediska uložení kabelů se v Holešovicích využije vývodový tunel z TR Holešovice v délce cca 800m. Jinak bude zbytek tvořit kopanou trasu. Pro kopanou trasu musí projektant najít vhodné (volné) chodníky, pozemky. Pozemky na pokládku kabelů se nekupují. Na kabel se zřizuje věcné břemeno, které je běžně kolem 200Kč/bm. Převážná většina chodníků patří hlavnímu městu. V případě, že chodník popř. pozemek patří soukromému vlastníkovi, může být cena za věcné břemeno vyšší. [2]



Obr. 5.3 Trasa pro kabel 110 kV z TR Holešovice [14]

5.3.2 Kabelový vývod z TR Červený vrch

Kabelový vývod bude realizován z rozvodny 110 kV TR Červený Vrch. V této rozvodně není k dispozici rezervní pole, a proto by tuto zapouzdřenou rozvodnu bylo nutné dozbrojit. Z hlediska uložení kabelů, bude kabel v kopané trase. Celková délka činní odhadem 7,8 km (podél dopravních komunikací)



Obr. 5.4 Trasa pro kabel 110 kV z TR Červený Vrch [14]

5.3.3 Parametry kabelů 110 kV

Pro kabely 110 kV z TR Holešovice a z TR Červený vrch je ze strany PREDi požadavek na minimální přenosovou schopnost kabelu $P = 200$ [MW], $I_N = 1$ [kA]. Je to z důvodu, že síť 110 kV při stávajícím způsobu připojení, tvoří okruh, který je napájen z TR Řeporyje. Zjednodušeně by ho bylo možné popsat: TR Řeporyje - TR Zličín - TR Západ - TR Červený Vrch - TR Sever - TR ČD Rožtoky - TR Dříň - TR Řeporyje (viz Příloha 3). Skutečný výkon přenášený na úrovni 110 kV může být tedy mnohonásobně vyšší, než je výkon odebíraný na úrovni 22 kV. V případě zařazení nové TR Letiště by se tento okruh rozšířil o napájení z uzlové oblasti TR Malešice 220/110 kV.

Každý kabel 110 kV je vyráběn na přání zákazníka, který zadá základní parametry (způsob uložení, přenášený výkon, požadovaný materiál jádra, izolace, atd.). PREDi využívá na úrovni 110 kV kabely typu A2XS(FL)2Y, čili kabely s hliníkovým jádrem a izolací XLPE.

Pro uložení v kopané trase, způsob uložení D (kabely se dotýkají) se užívá kabel o průřezu 1600 mm^2 , pro uložení v kabelovém tunelu, na perforované látce, kabely uložené

vedle sebe (kabely se dotýkají), se užívají kabely o průřezu 1400 mm². [2]

V následující tabulce je přehled parametrů kabelových vývodů 110 kV z TR Červený Vrch a z TR Holešovice do nové TR Letiště 110/22 kV:

Kabelový vývod z	TR Holešovice		TR Červený vrch
Typ kabelu	3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y	3x1x1400 mm ² A2XS(FL)2Y	3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y
Parametr			
l [km]	14,2	0,8	7,8
I _{NZ} [A]	1075	1096	1075
X _k [Ω/km]	0,103	0,105	0,103
R _k [Ω/km]	0,0244	0,0277	0,0244

Tabulka 5.1 Parametry kabelových vývodů 110 kV z TR Červený Vrch a z TR Holešovice [15]

Kabelová vedení 22 kV

Kabelové vývody z rozvodny 22 kV TR Letiště budou areálu LKPR uloženy v kopané trase, způsob uložení D (kabely se dotýkají). Přibližné trasy mezi stávajícími rozvodnami letiště a novou rozvodnou 22 kV TR Letiště jsou uvedeny na obrázku 5.5, jejich délka je uvedena v tabulce 5.2.



Obr. 5.5 Trasy kabelů 22 kV z TR letiště do HTS, HTS 2 a TS 36 [16]

5.4 Dimenzování kabelů 22 kV

Obdobným způsobem jako v kapitole 2.2 *Zatížitelnost kabelů 22 kV* nyní zjišťujeme vhodný průřez kabelových vývodů z TR Letiště na úrovni 22 kV. Pro dimenzování kabelových vývodů k HTS a TS Jih, bereme v potaz fakt, že mezi těmito transformačními stanicemi je automatický záskok na úrovni 6 kV, každý z těchto kabelů musí tedy přenést v případě poruchy součtový příkon obou transformačních stanic.

V dalších výpočtech vycházíme z hodnot plánovaného nárůstu příkonů LKPR v roce 2018 – 2020 a dále uvažujeme kabel typu 22-AXEKVCEY.

V následujícím textu budou provedeny kontroly kabelů na:

- Dovolené proudové zatížení
- Úbytek napětí
- Oteplení zkratovým proudem

Postup výpočtu u jednotlivých kontrol bude uveden na příkladu transformační stanice HTS.

5.4.1 Kontrola na dovolené proudové zatížení

Neboť se způsob ani podmínky uložení u nových kabelových vývodů oproti kapitole 2.2 nezmění, můžeme pro další výpočty použít hodnoty I_P [A] a I_N [A] z tabulky 2.11 a 2.12, které odpovídají příkonu v roce 2018 - 2020.

Aby byla splněna podmínka:

$$I_N [A] < I_{Nz} [A] \quad 5.2$$

Zvolili jsme z katalogu výrobce příslušné průřezy kabelů, viz tabulka 5.2. [7]

Kabelový vývod do	HTS	HTS 2(RS 7900)	TS36(RS 7710)	TS JIH(RS 7830)
Parametry				
l [km]	0,2	0,2	0,6	2,1
P [kW]	10536	10536	12176	10536
cos φ	0,95	0,95	0,95	0,95
I_P [A]	291,1	291,1	336,4	291,1
I_N [A]	456,9	456,9	528,0	456,9
I_{NZ} [A]	514	514	585	514
S[mm²]	400	400	500	400
X_K[Ω/km]	0,110	0,110	0,104	0,110
R_K[Ω/km]	0,078	0,078	0,060	0,078

Tabulka 5.2 Parametry kabelových vývodů 22 kV z TR letiště

5.4.2 Kontrola na úbytek napětí

Nyní zkontrolujeme zvolené průřezy z hlediska dovoleného úbytku napětí (vycházíme z hodnot v tabulce 5.1.). Maximální $\Delta u = 10$ [%]. [2]

Postup výpočtu:

- 1) Určení činného a indukčního odporu vedení

$$R = R_k \cdot l = 0,078 \cdot 0,2 = 0,016 \text{ } [\Omega] \quad 5.3$$

$$X = X_k \cdot l = 0,110 \cdot 0,2 = 0,022 \text{ } [\Omega] \quad 5.4$$

- 2) Výpočet $\sin\varphi$ [-]

$$\sin\varphi = \sin(\cos^{-1} 0,95) = 0,31 \text{ } [-] \quad 5.5$$

- 3) Dosazení hodnot do rovnice pro ΔU

$$\begin{aligned} \Delta U &= R \cdot I_p \cdot \cos\varphi + X \cdot I_p \cdot \sin\varphi \\ &= 0,016 \cdot 291,1 \cdot 0,95 + 0,022 \cdot 291,1 \cdot 0,31 = 6,3 \text{ } [V] \end{aligned} \quad \begin{array}{l} 5. \\ 6 \end{array}$$

4) Poměrný úbytek napětí Δu [%]

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} * \Delta U}{U_N} * 100 = \frac{\sqrt{3} * 6,298}{22000} * 100 = 0,05 \text{ [%]} \quad 5.7$$

Tímto výpočtem jsme získali hodnoty poměrného úbytku napětí na kabelových vývodech k příslušným transformovnám. Z tabulky uvedené níže, je zjevné, že hodnota Δu [%] je u všech kabelů v dovolených mezích.

Kabelový vývod do	HTS	HTS 2(RS 7900)	TS36(RS 7710)	TS JIH(RS 7830)
parametr				
ΔU [V]	6,3	6,3	18,0	66,1
Δu [%]	0,05	0,05	0,14	0,52

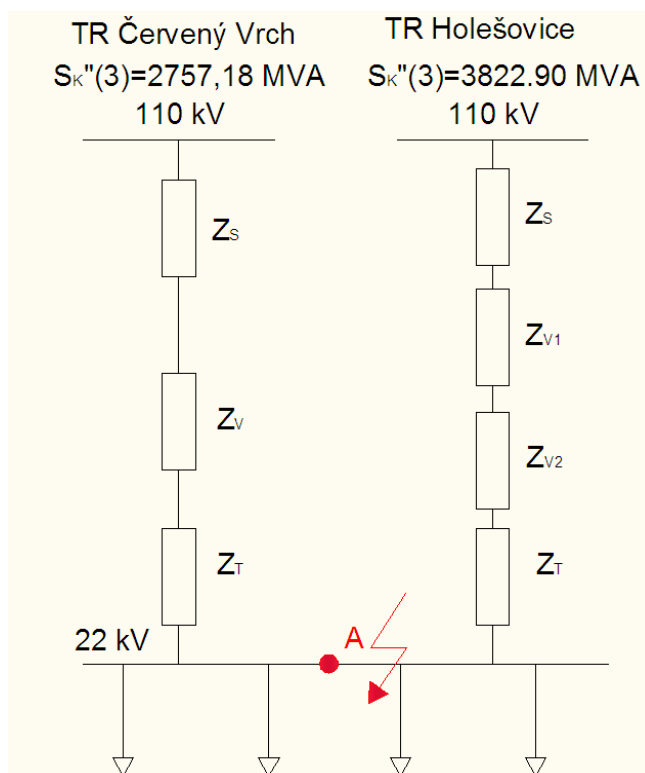
Tabulka 5.3 Poměrný úbytek napětí Δu [%]

5.4.3 Kontrola na oteplení zkratovým proudem

Při této kontrole vycházíme z náhradního schéma sítě 110/22 kV a tabulky 5.4 , dále uvažujeme napájení pouze z 1 kabelového vývodu na úrovni 110 kV. Parametry transformátorů převzaty z tabulky vybraných transformátorů [1].

Kabelový vývod z	TR Holešovice		TR Červený vrch
	3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y	3x1x1400 mm ² A2XS(FL)2Y	3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y
l [km]	14,2	0,8	7,8
X_k [Ω/km]	0,103	0,105	0,103
R_k [Ω/km]	0,0244	0,0277	0,0244
Transformátor			
S_N [MVA]	40		40
u_K [%]	9		9
ΔP_K [%]	270		270
Zkratový výkon na přípojnici 110 kV			
SK“₃ MVA]	3822,90		2757,18

Tabulka 5.4 Parametry pro výpočet zkratového proudu



Obr. 5.6 Náhradní schéma sítě 110/22 kV

Postup výpočtu

- 1) Stanovení počátečního rázového zkratového proudu I_k v bodě „A“ při napájení z TR Holešovice, viz obrázek 5.6.
 - a) Činný odpor a reaktanci transformátoru a nadřazené sítě určujeme dle postupu uvedeného v rovnicích 2.12 až 2.17. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.5.

Kabelový vývod z	TR Holešovice	TR Červený vrch
Parametr		
Z_s [Ω]	0,152	0,211
X_s [Ω]	0,151	0,210
R_s [Ω]	0,015	0,021
Z_T [Ω]	1,190	1,190
R_T [Ω]	0,089	0,089
X_T [Ω]	1,187	1,187

Tabulka 5.5 Hodnoty sítě 110 kV a TR 110/22 kV

b) Při určení činného odporu a induktivní reaktance kabelového vývodu z TR Holešovice $R_{V1,2}[\Omega]$ $X_{V1,2}[\Omega]$ je potřeba zohlednit odlišné parametry dvou různých průřezů tohoto kabelu:

– 0,8 km v kabelovém tunelu, $S = 1400 \text{ mm}^2$; (Z_{V1})

– 14,2 km v kopané trase, $S = 1600 \text{ mm}^2$; (Z_{V2})

$$R_{V1} = R_k * l * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = 0,0277 * 0,8 * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 0,001 [\Omega] \quad 5.8$$

$$R_{V2} = R_k * l * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = 0,0244 * 14,2 * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 0,015 [\Omega] \quad 5.9$$

$$X_{V1} = X_k * l * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = 0,105 * 0,8 * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 0,004 [\Omega] \quad 5.10$$

$$X_{V2} = X_k * l * \left(\frac{1}{p}\right)^2 = 0,103 * 14,2 * \left(\frac{1}{\frac{110}{23}}\right)^2 = 0,064 [\Omega] \quad 5.11$$

c) Zkratová impedance $Z_k[\Omega]$

$$Z_k = \sqrt{(R_s + R_{V1} + R_{V2} + R_T)^2 + (X_s + X_{V1} + X_{V2} + X_T)^2} = \sqrt{(0,015 + 0,001 + 0,015 + 0,089)^2 + (0,210 + 0,004 + 0,064 + 1,187)^2} = 1,411[\Omega] \quad 5.12$$

Kabelový vývod z	TR Holešovice		TR Červený vrch
Typ kabelu	3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y	3x1x1400 mm ² A2XS(FL)2Y	3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y
Parametr			
X _v [Ω]	0,064	0,004	0,035
R _v [Ω]	0,015	0,001	0,008
Z _k [Ω]	1,411		1,437

Tabulka 5.6 Hodnoty pro výpočet I''_k [kA]

d) Výpočet $I_k'' [kA]$

$$I_k'' = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_k} = \frac{1,1 * 22}{\sqrt{3} * 1,411} = 9,901 [kA] \quad 5.13$$

2) Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu $I_{ke} [kA]$:

$$I_{ke} = k_e * I_k'' = 1,009 * 9,901 = 9,990 [kA] \quad 5.14$$

3) Výpočet minimálního průřezu vodiče $S_{min} [mm^2]$

$$S_{min} = \frac{I_{ke} * \sqrt{t_k}}{K} = \frac{9990 * \sqrt{1,2}}{91} = 120,3 [mm^2] \quad 5.15$$

Tímto výpočtem jsme získali minimální průřez kabelů, ze kterého mohou být napájeny HTS, HTS2, TS Jih a TS 36. Porovnáním zvolených průřezů tj 400 mm² a 500 mm² s hodnotou $S_{min} [mm^2]$, můžeme konstatovat, že zvolené průřezy jsou vyhovující, viz tabulka 5.7.

Napájení z	TR Holešovice	TR Červený vrch
$I_k'' [kA]$	9,901	9,724
$I_{ke} [kA]$	9,990	9,811
$S_{min} [mm^2]$	120,3	118,1

Tabulka 5.7 $S_{min} [mm^2]$

5.5 Kontrola rozvaděčů 22 kV LKPR na odolnost vůči $I_k'' [kA]$

Z pohledu ekonomické náročnosti je důležité zjistit, zdali v případě výstavby nové transformovny 110/22 kV v areálu LKPR budou nutné další investice na dozbrojení případně výměnu stávajících rozveden na úrovni 22 kV LKPR.

Stávající vstupní trafostanice LKPR mají štítkové hodnoty:

- $I_k'' [kA]$ v rozmezí 16 kA až 63 kA,
- $I_N [A]$ v rozmezí 630A až 1250 A

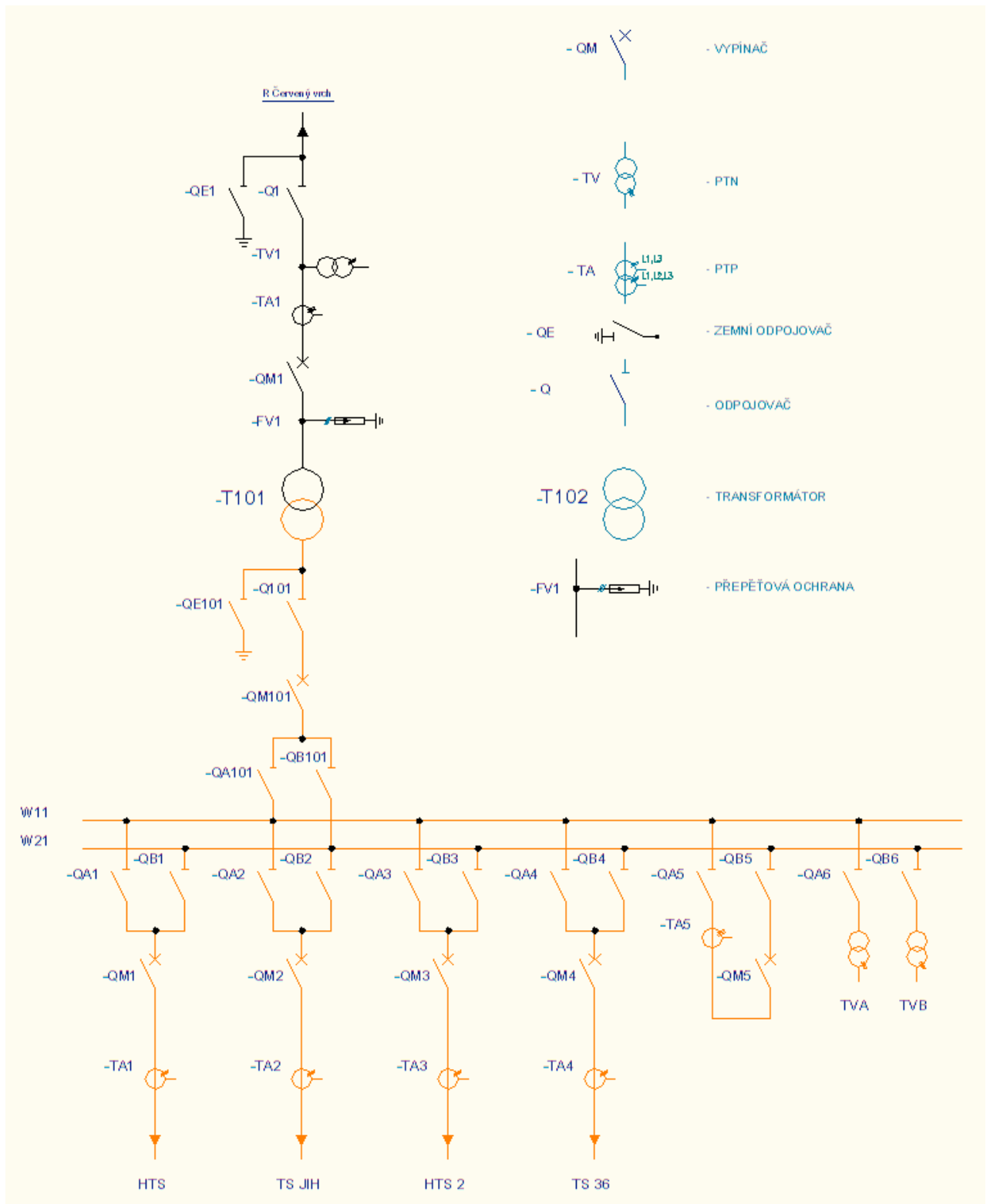
Po porovnání maximálních vypočtených hodnot na úrovni 22 kV se štítkovými hodnotami vstupních trafostanic, lze konstatovat, že transformovny jsou dimenzovány

dostatečně, a v případě přechodu na napětovou hladinu 110 kV by nebyly nutné další investice na jejich obnovu či dozbrojení, neboť je zde i dostatek rezervních polí pro připojení k novému zdroji elektrické energie.

5.6 Varianta předsunutý transformátor

Pojem předsunutý (vysunutý) transformátor, znamená, že v našem případě bude v TR Letiště mezi transformátorem a přívodním kabelem 110 kV osazen odpojovač se zemniči z obou stran. Tento odpojovač není nutné osazovat. Osazením odpojovače se zjednoduší zajištění pracoviště, zvýší se bezpečnost zajištění (nemusí se věšet zkratovací soupravy v transformátorovém stání). Na kabel 110 kV mezi transformátorem a odpojovačem se osadí návlečné PTP (přístrojové transformátory proudu) pro rozdílovou ochranu transformátoru a srovnávací ochranu přívodního kabelu 110 kV z TR Červený vrch. Na TR Červený vrch bude dozbrojeno pole se všemi prvky potřebnými pro kabelový vývod. Předsunutý transformátor tedy znamená, že ochrany transformátoru v TR Letiště dávají povel na vypnutí na vypínač v TR Červený Vrch (viz obrázek 5.7).

K této variantě by bylo možno přistoupit v případě, že by bylo potřeba urychlit výstavbu například z důvodu rychlejšího nárůstu příkonů. Následně by se transformovna kompletně dostavěla, včetně technologií. [2]



Obr. 5.7 Návrh TR Letiště – varianta předsunutý transformát

6. Ekonomické zhodnocení

Předpokládá se, že investorem tohoto projektu bude PREDi, což by zahrnovalo financování přívodních kabelů 110 kV, celé transformovny 110/22 kV a vývodových kabelů 22 kV do předávacích míst v areálu LKPR.

6.1 Náklady na investiční záměr

V rámci kalkulace celkových nákladů je zahrnuta varianta předsunutý transformátor, při jejíž realizaci by byla dokončena stavební příprava na celou transformovnu 110/22 kV. Doplněním předsunutého transformátoru o rozvodnu 110 kV, druhý transformátor 40 MVA a kabelové vedení 110 kV z TR Holešovice bude dokončena stavba plnohodnotné TR Letiště.

V kalkulaci nákladů je dále zohledněna trasa obou kabelových vedení 110 kV mimo zástavbu (5 km), zbývající část uložena v kopané trase v občanské zástavbě.

Doba výstavby předsunutého transformátoru lze odhadovat na 2 roky, dostavbu kompletní transformovny na 2,5 až 3 roky, za předpokladu, že výstavba kabelových linek bude probíhat souběžně s výstavbou transformovny.

Stavební/technologický celek	Náklady [tis. Kč]	Časová náročnost [měsíce]
Výstavba kabelového vedení 110 kV		
Kabelové vedení z TR Červený Vrch 7,8 km, 3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y	70 000	4-6
Kabelové vedení z TR Holešovice 14,2 km, 3x1x1600 mm ² A2XS(FL)2Y 0,8 km, 3x1x1400 mm ² A2XS(FL)2Y	350 000 3 200	6-9
Dozbrojení rozvodny 110 kV TR Červený Vrch	5 000	3-4

Stavební/technologický celek	Náklady [tis. Kč]	Časová náročnost [měsíce]
Výstavba kabelového vedení 22 kV		
Kabelové vedení k TS 36 0,6 km, 3x1x500 mm ² AXEKVCEY	2 100	3-6
Kabelové vedení k HTS 0,2 km, 3x1x400 mm ² AXEKVCEY	670	
Kabelové vedení k HTS2 0,2 km, 3x1x400 mm ² AXEKVCEY	670	
Kabelové vedení do TS Jih 2,1 km, 3x1x400 mm ² AXEKVCEY	7 035	
Předsunutý transformátor		
Stavební část kompletní	110 000	12
Technologie - Transformátor 40 MVA; - Rozvodna 22 kV;	72 000	12
Dostavba zapouzdřené rozvodny 110 kV		
Technologie - Transformátor 40 MVA; - Rozvodna 110 kV;	78 000	6
Celkové náklady [tis. Kč] varianta předsunutý transformátor	267 475	
Celkové náklady [tis. Kč] kompletní transformovna 110/22 kV	698 675	

Tabulka 6.1 Investiční náklady [2]

Dále je potřeba zahrnout i náklady potřebné na opravy a údržbu, které se stanovují ve výši 1 % z celkové hodnoty investice a náklady na krytí provozních ztrát v rozvodné síti, které jsou oceněny částkou 2002,00 Kč/MWh [2].

Roční provozní náklady [tis. Kč] varianta předsunutý transformátor	2 675
Roční provozní náklady [tis. Kč] kompletní transformovna 110/22 kV	6 987

Tabulka 6.2 Provozní náklady

Napájení z	R 110 kV Červený Vrch		R 110 kV Holešovice
Roční provozní ztráty v roce	2017	2018 a později	2018 a později
ΔP [MWh]	1233,2	1538,6	1577,4
Roční náklady na krytí provozních ztrát [tis. Kč]	2 469	3 080	3 158

Tabulka 6.3 Náklady na krytí provozních ztrát ΔP [MWh]

Výpočtem ztrát ve vedení 110 kV, na transformátoru 110/22 kV a vedeních 22 kV při přenosu elektrické energie byly zjištěny předpokládané roční náklady na krytí těchto ztrát. Při výpočtu se vychází z předpokladu, že skutečná spotřeba bude odpovídat cca 70 % z vypočteného nárůstu příkonů (viz tabulka 6.3).

6.2 Příjmy plynoucí z investice

Příjmy plynoucí PREDi jsou z regulovaných plateb a na základě těchto plateb bude přepočtena návratnost z investice.

Regulované platby představují poplatky za dopravu elektřiny k jednotlivým zákazníkům, tj. poplatky za použití rozvodné sítě (distribuce). Tyto platby jsou každoročně stanovovány cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu a zahrnují následující složky [17]:

měsíční cena za roční rezervovanou kapacitu 93085,00 Kč/MW

cena za použití provozovatele distribuční soustavy nad 1 kV 31,30 Kč/MWh

Tyto položky jsou sniženy o poplatky, které PREDi odvádí provozovateli přenosové soustavy [18]. Dále je potřeba zahrnout platbu za navýšení rezervovaného příkonu, která je ve výši 800 000 Kč/MW [19].

Pokud průběh typového diagramu zatížení LKPR zůstane nezměněn, potom průměrná roční spotřeba bude odpovídat cca 70% z vypočteného nárůstu příkonů (kde jsou zohledněny doby výkonového maxima).

Což představuje přibližnou roční spotřebu:

- v roce 2017 167.361 MWh (předpokládaný příkon 27.293 kW)
- v roce 2018 – 2020 203.877 MWh (předpokládaný příkon 33.248 kW)

Platba za	hodnota	Příjem [tis. Kč]
Roční rezervovaná kapacita	28 MW	31 277
Použití provozovatele distribuční soustavy nad 1 kV	167 361 MWh	5 240
Souhrn ročních plateb pro rok 2017		36517
Jednorázová platba za navýšení rezervovaného příkonu	11 MW	8 800

Tabulka 6.4 Předpokládané příjmy PREDi pro rok 2017

Platba za	hodnota	Příjem [tis. Kč]
Roční rezervovaná kapacita	34 MW	37 979
použití provozovatele distribuční soustavy nad 1 kV	203 877 MWh	6 383
Souhrn ročních plateb pro rozmezí let 2018 - 2020		44 362
Jednorázová platba za navýšení rezervovaného příkonu	6 MW	4 800

Tabulka 6.5 Předpokládané roční příjmy PREDi v rozmezí let 2018 -2020

6.3 Návratnost investice

Při výpočtu ekonomické návratnosti se vychází z předpokladu, že rok 2017 by znamenal přechod na variantu předstunutý transformátor, a od roku 2027 by byla provozována plnohodnotná transformovna 110/22 kV TR Letiště. Přičemž od roku 2021 se předpokládá velikost odběru LKPR obdobná jako v rozmezí let 2018-2020. Doba životnosti zařízení je stanovena na 25 let.

Provoz varianty předsunutý transformátor**1. rok provozu**

$$\begin{aligned}
 X_{2017} &= IN - CF = 267\,475 - [(36517 + 8800) - (2675 + 2469)] \\
 &= 227\,302 [\text{tis. Kč}]
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

2. rok provozu

$$\begin{aligned}
 X_{2018} &= X_{2017} - CF = 255\,973 - [(9548 + 4800) - (2675 + 3080)] \\
 &= 183\,896 [\text{tis. Kč}]
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

Celková návratnost

$$T_S = \frac{X_{2018}}{CF} = \frac{183\,896}{(44362 - (3080 + 2675))} + 2 = 6,8 [\text{roku}]
 \tag{6.3}$$

kde jsou

IN	investiční, jednorázové náklady
V	výnosy z realizace
N _p	roční provozní náklady
CF = V - N _p	roční úspory v peněžní podobě [20]
X	Zůstatkové náklady na investici (snížené o roční úspory v peněžní podobě)

Výpočtem jsme zjistili, že investice do předsunutého transformátoru se navrátí v 7. roce jeho provozu.

Přechod na plnohodnotnou TR Letiště

V následujícím výpočtu jsou zahrnuty průměrné náklady na krytí provozních ztrát ΔP [MWh], předpokládá se, že napájení plnohodnotné TR Letiště bude zajišťováno rovnoměrně buď z R110 kV Červený Vrch nebo z R110 kV Holešovice. Dále jsou uvažovány investiční náklady na dobudování technologie (R110 kV, TR 40MVA) a kabelového vedení 110 kV z R110 kV Holešovice, neboť zbývající část je již zahrnuta v rámci varianty představený transformátor.

$$T_s = \frac{IN}{CF} = \frac{431200}{(44362 - (3119 + 6.987))} = 12,6 \text{ [roku]} \quad 6.4$$

Z rovnice 6.4 jsme zjistili, že pokud by byla dobudována TR Letiště, která by byla napájena z TR Holešovice a TR Červený Vrch, doba její návratnosti by činila necelých 13 let.

Další alternativou jak snížit provozní náklady a zkrátit dobu návratnosti je využití dvojice paralelních kabelů AXEKVCEY o průřezu 120 mm² nebo 240 mm² v síti VN, namísto jednoho kabelu o průřezu 400 mm² a 500 mm². Použití průřezu 400 mm² nebo 500 mm² může mít negativní dopad na provoz a provozní náklady (ve skladu držet na opravy rezervní kabel, spojky atp.) Případně je možností napájení z jiné rozvodny 110 kV než z R 110 kV Holešovice, neboť náklady na tuto investici značně navyšuje délka kabelových vývodů na úrovni 110 kV.

Potom je však důležité zvážit, nakolik velký vliv by jiná varianta měla na zajištění spolehlivosti dodávky elektrické energie pro LKPR.

7. Závěr

Návrh transformovny 110/22 kV je možné pojmout v technické a ekonomické rovině z různých úhlů pohledu. Rozhodující pro finální řešení bude vzájemná shoda a vyhodnocení záměrů rozvoje letiště jako dominantního odběratele v daném uzlu a rozvoje oblasti z pohledu dodavatele elektrické energie PREDi pro všechny možné odběratele v dané lokalitě.

Výše uvedené řešení respektuje základní předpoklady rozvoje LKPR a požadavky na napájení bez ohledu na další rozvoj oblasti a záměry PREDi. V případě začlenění rozvojových záměrů PREDi, přichází v úvahu možnost zabývat se výstavbou dvousystémové R 110 kV s větším počtem distribučních transformátorů pro napájení dalších odběrů.

Investiční náklady na výstavbu transformační stanice tolerují možnosti technicko-ekonomického řešení dle charakteru lokality letiště a podmiňují řešení celé výstavby transformovny v zapouzdřeném provedení a přívodních vedení formou kabelových vývodů.

Celý návrh v dané oblasti je velmi specifický z hlediska napájení, ekonomiky, technických řešení. V případě realizace projektu se bude jednat o velmi zajímavý a komplexní úkol.

8. Použitá literatura

- [1] J. Mertlová a L. Noháčová, Elektrické stanice a vedení, Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008.
- [2] Podnikové materiály, Praha: PREDistribuce, a. s..
- [3] Schéma sítí ES ČR, Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz>, EGÚ Brno, a. s., 2011.
- [4] J. Kroupa, Studie zásobování letiště Ruzyně elektrickou energií, Praha: EGE - montáže, spol. s r. o., 2007.
- [5] Katalog kabelů pro vysoké napětí, Dostupné z: www.draka.cz.
- [6] ČSN 33 2000-5-523: Elektrická zařízení, výběr a stavba elektrických zařízení, dovolené proudy, 1994.
- [7] Katalog vn kabelů a příslušenství do 50 kV, Dostupné z: <http://www.nktcables.cz/>.
- [8] ČSN EN 60909-0: Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů.
- [9] M. Kříž, Dimenzování a jištění elektrických zařízení - tabulky a příklady, Praha: IN-EL, spol. s r. o., 2001.
- [10] ČSN 33 3020: Výpočet poměrů při zkratech v trojfázové elektrizační soustavě.
- [11] ČSN 34 1610: Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách, Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1963.
- [12] Podnikové materiály Letiště Praha, a. s., 2011.
- [13] Stavební zákon a jeho prováděcí předpisy 183/2006 Sb., Praha: ČKAIT, s. r. o., 2007.
- [14] Satelitní snímky Prahy, Dostupné z: <http://maps.google.cz/>.
- [15] Katalog kabelů 110 kV, TELE_FONIKA Kable Sp. z o. o. S. K. A..
- [16] Mapa dopravy v oblasti areálu LKPR, Dostupné z: www.mapy.cz.
- [17] Složky ceny elektřiny, Dostupné z: www.cezdistribuce.cz, ČEZ Distribuce, a. s. .
- [18] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 5/2011, Dostupné z: www.eru.cz, Energetický regulační úřad, 2011.
- [19] vyhláška č. 81/2010 Sb..
- [20] J. Vašíček, Zásady ekonomického hodnocení energetických projektů, Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>, ČVUT FEL, katedra ekonomiky, 2005.

8.1 Seznam obrázků

<i>OBR. 1.1</i> SITUAČNÍ PLÁN TRANSFORMOVEN 110/22 kV PRO NAPÁJENÍ LETIŠTĚ RUZYŇĚ [3]	12
<i>OBR. 1.2</i> BLOKOVÉ SCHÉMA PŘIPOJENÍ PRO NAPÁJENÍ OSTATNÍCH ODBĚRŮ [2]	13
<i>OBR. 1.3</i> BLOKOVÉ SCHÉMA PŘIPOJENÍ PRO NAPÁJENÍ DŮLEŽITÝCH ODBĚRŮ [2]	14
<i>OBR. 1.4</i> JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA ROZVODNY	15
<i>OBR. 1.5</i> JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA TR ČERVENÝ VRCH [2]	17
<i>OBR. 1.6</i> JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA ROZVODNY 110 kV TR ZÁPAD [2]	19
<i>OBR. 2.1</i> NÁHRADNÍ SCHÉMA SÍTĚ 110/22 kV	30
<i>OBR. 4.1</i> NAPÁJENÍ Z TR ČERVENÝ VRCH A Z TR HOLEŠOVICE [2]	38
<i>OBR. 4.2</i> NAPÁJENÍ Z TR ČERVENÝ VRCH A TR SEVER [2]	39
<i>OBR. 4.3</i> NAPÁJENÍ DVĚMA LINIEMI Z TR ČERVENÝ VRCH [2]	40
<i>OBR. 5.1</i> NÁVRH TR LETIŠTĚ 110/22 kV	43
<i>OBR. 5.2</i> ROZVODNA 110 kV TR HOLEŠOVICE [2]	44
<i>OBR. 5.3</i> TRASA PRO KABEL 110 kV Z TR HOLEŠOVICE [14]	44
<i>OBR. 5.4</i> TRASA PRO KABEL 110 kV Z TR ČERVENÝ VRCH [14]	45
<i>OBR. 5.5</i> TRASY KABELŮ 22 kV Z TR LETIŠTĚ DO HTS, HTS 2 A TS 36 [16]	46
<i>OBR. 5.6</i> NÁHRADNÍ SCHÉMA SÍTĚ 110/22 kV	50
<i>OBR. 5.7</i> NÁVRH TR LETIŠTĚ – VARIANTA PŘEDSUNUTÝ TRANSFORMÁT	54

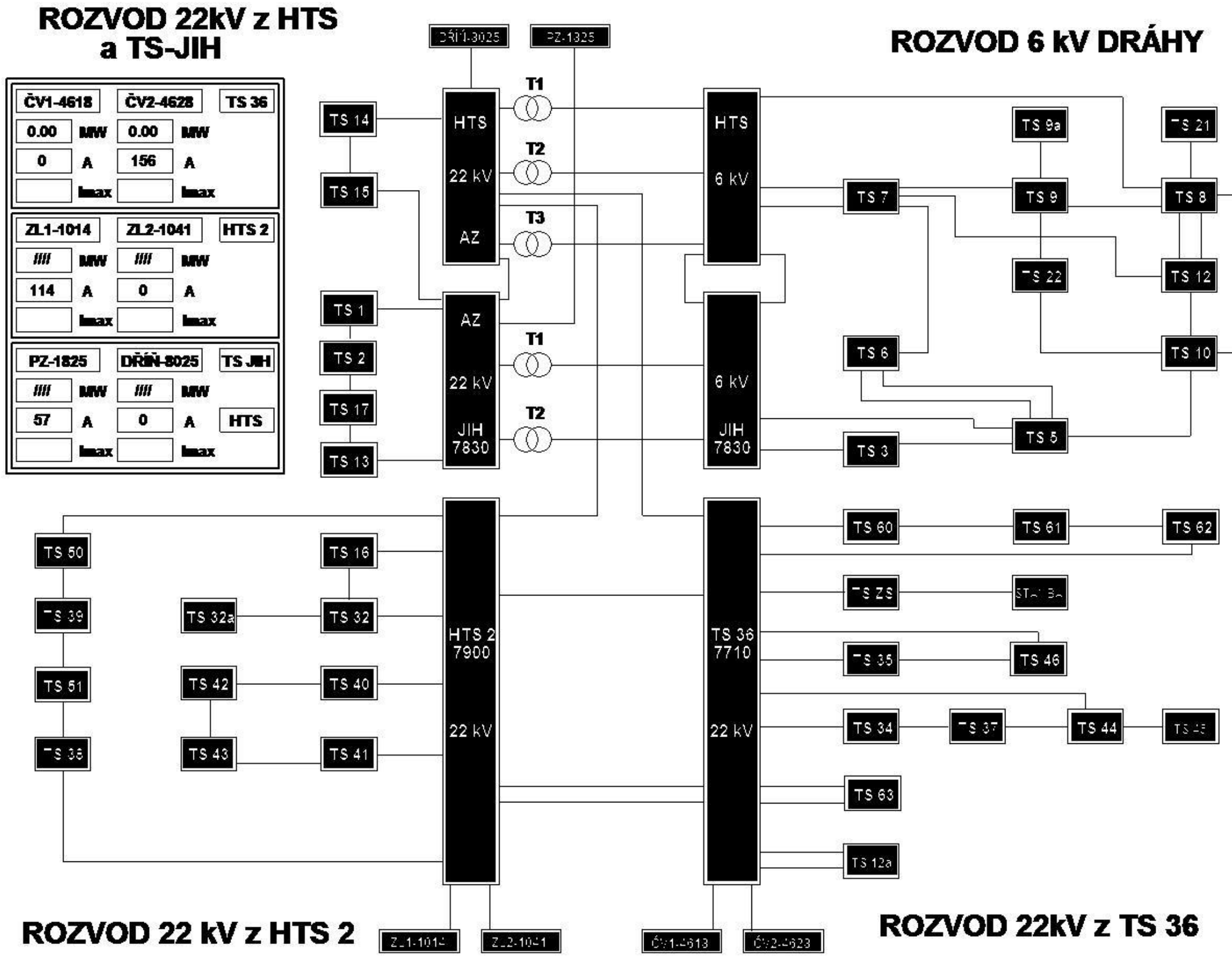
8.2 Seznam tabulek

<i>TABULKA 1.1</i> POLE TR ČERVENÝ VRCH 110 kV [2]	16
<i>TABULKA 2.1</i> ZNAČENÍ TRANSFORMOVEN 22/6 kV	20
<i>TABULKA 2.2</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2011 [4]	20
<i>TABULKA 2.3</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2012 [4]	21
<i>TABULKA 2.4</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2013 [4]	21
<i>TABULKA 2.5</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2014 [4]	22
<i>TABULKA 2.6</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2015 [4]	22
<i>TABULKA 2.7</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2016 [4]	22
<i>TABULKA 2.8</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2017 [4]	23
<i>TABULKA 2.9</i> NÁRŮST PŘÍKONŮ A ZMĚNY KONFIGURACE V ROCE 2018 – 2020 [4]	23
<i>TABULKA 2.10</i> PARAMETRY TRANSFORMÁTORŮ 110/22 kV A VEDENÍ 22 kV K PŘÍSLUŠNÝM TRANSFORMOVNÁM	25
<i>TABULKA 2.11</i> VÝPOČTOVÝ PROUD IP A 2011 -2020	26
<i>TABULKA 2.12</i> POTŘEBNÉ PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ VODIČE $I_N A$ 2011 – 2020	28

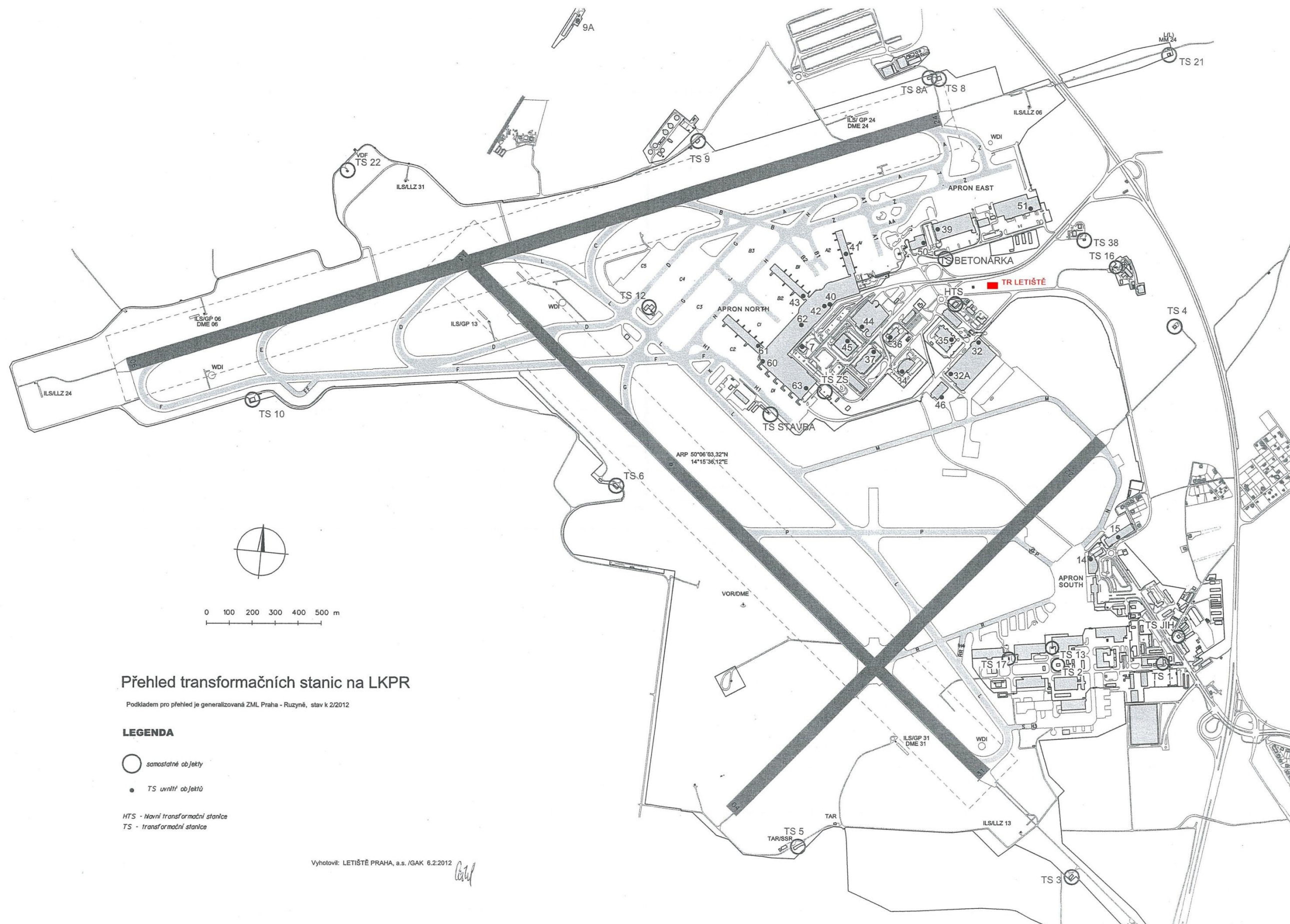
TABULKA 2.13 POMĚRNÝ ÚBYTEK NAPĚTÍ $\Delta u\%$	29
TABULKA 2.14 PARAMETRY KABELŮ Z HLEDISKA KONTROLY NA OTEPLENÍ.....	33
TABULKA 3.1 PŘEHLED NÁHRADNÍCH ZDROJŮ LKPR [12]	35
TABULKA 5.1 PARAMETRY KABELOVÝCH VÝVODŮ 110 kV Z TR ČERVENÝ VRCH A Z TR HOLEŠOVICE [15].....	46
TABULKA 5.2 PARAMETRY KABELOVÝCH VÝVODŮ 22 kV Z TR LETIŠTĚ	48
TABULKA 5.3 POMĚRNÝ ÚBYTEK NAPĚTÍ $\Delta u\%$	49
TABULKA 5.4 PARAMETRY PRO VÝPOČET ZKRATOVÉHO PROUDU	49
TABULKA 5.5 HODNOTY SÍTĚ 110 kV A TR 110/22 kV.....	50
TABULKA 5.6 HODNOTY PRO VÝPOČET I''_k [KA].....	51
TABULKA 5.7 S_{MIN} [MM ²]	52
TABULKA 6.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY [2].....	56
TABULKA 6.2 PROVOZNÍ NÁKLADY	57
TABULKA 6.3 NÁKLADY NA KRYTÍ PROVOZNÍCH ZTRÁT ΔP [MWH]	57
TABULKA 6.4 PŘEDPOKLÁDANÉ PŘÍJMY PŘEDI PRO ROK 2017.....	58
TABULKA 6.5 PŘEDPOKLÁDANÉ ROČNÍ PŘÍJMY PŘEDI V ROZMEZÍ LET 2018 -2020	58
8.3 Seznam grafů	
GRAF 2.1 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ NÁRŮSTU PŘÍKONŮ V ROCE 2011 AŽ 2020	24
8.4 Seznam příloh	
PŘÍLOHA 1 PŘEHLEDOVÉ SCHÉMA TRANSFORMAČNÍCH STANIC LETIŠTĚ [12]	65
PŘÍLOHA 2 SITUAČNÍ PLÁN TRANSFORMOVEN 22 kV A 6 kV [12].....	66
PŘÍLOHA 3 SCHÉMA SÍTĚ 110 kV [2]	67

Přílohy

Příloha 1 Přehledové schéma transformačních stanic letiště [12]



Příloha 2 Situační plán transformoven 22 kV a 6 kV [12]



Přehled transformačních stanic na LKPR

Podkladem pro přehled je generalizovaná ZML Praha - Ruzyně, stav k 2/2012

LEGENDA

- samostatné objekty
- TS uvnitř objektů

HTS - hlavní transformační stanice
 TS - transformační stanice

Vyhotovil: LETIŠTĚ PRAHA, a.s. /GAK 6.2/2012

Příloha 3 Schéma sítě 110 kV [2]

