



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
K13115 - Katedra elektroenergetiky**

Návrh napájení VS průmyslové tepelné elektrárny 80MWe

Design Power HC industrial 80MW thermal power plant

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektroenergetika

Vedoucí práce: Ing. Stanislav Bouček

Bc. Martin Pavlíček

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Martin Pavlíček**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Elektroenergetika

Název tématu: **Návrh napájení VS průmyslové tepelné elektrárny 80MWe**

Pokyny pro vypracování:

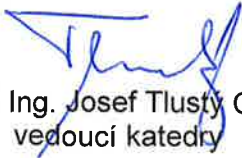
1. Návrh hlavního elektrického schéma na základě technologických zařízení analogických elektráren.
2. Návrh spotřebičů ve VS, jejich výkonu, koncepce napájení, rozdělení do rozvodů a rozváděčů, návrh kabelového propojení.
3. Výpočet zkratových poměrů ve vybraných uzlech z vypočtených náhradních reaktancí s uvažováním reaktancí navržených kabelů.
4. Návrh jistění systému VS včetně příslušného elektrického zařízení (vybavení rozváděčů).

Seznam odborné literatury:

- [1] ČSN 38 1120 – vlastní spotřeba tepelných elektráren a tepláren
- [2] ČSN EN 60909-0 - Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů
- [3] Další příslušné ČSN
- [4] Bouček S., Dočekal A. Elektrárny II - Přednášky, skripta ČVUT

Vedoucí: Ing. Stanislav Bouček

Platnost zadání: do konce letního semestru 2014/2015


prof. Ing. Josef Tlustý CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 6. 2. 2014



PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma „Návrh napájení VS průmyslové tepelné elektrárny 80MWe“ vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady, které cituji a uvádím v příloženém seznamu.

V Praze, dne 7. 5. 2014

.....

podpis



PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji panu Ing. Stanislavovi Boučkovi za odborné vedení a mé rodině za trpělivost, které bylo zapotřebí při přípravě diplomové práce.



ABSTRAKT:

Tato diplomová práce na téma „Návrh napájení VS průmyslové tepelné elektrárny 80MWe“ je zpracována v rozsahu návrhu systému vlastní spotřeby, kde koncepce vlastní spotřeby vychází z technologií analogických elektráren.

V práci je řešen výpočet zkratových poměrů, návrh kabelového propojení, výpočty úbytku napětí při přechodných stavech pro samonajíždění pohonů a najíždění největšího spotřebiče.

Součástí je dále návrh výkonů transformátorů, provedení VN rozvoden vlastní spotřeby a výkresová část, ve které jsou uvedeny přehledová a výpočtová schémata vč. výkresové části návrhu VN rozvoden.

ABSTRACT:

Diploma thesis “Design Power HC industrial 80MW thermal power plant” deals with a design of home consumption system that is based on home consumption concept of similar power plants technologies.

It includes calculation of short-circuit currents, cable wiring diagrams, calculations of voltage drops in transient states during automatic restart of drives and during start-up of the largest appliance.

The thesis also contains design of power transformers, home consumption high voltage substations and drawing schedule that specifies both overall and calculation drawings including high voltage sub-stations drawings.



KLÍČOVÁ SLOVA:

Zkrat, zkratový proud, počáteční souměrný rázový zkratový proud, nárazový zkratový proud, impedance, rezistance, reaktance, rázová reaktance synchronního stroje, ekvivalentní oteplovací proud.

KEYWORDS:

Short circuit, short-circuit current, initial symmetrical short-circuit current, peak short-circuit current, impedance, resistance, reactance, subtransient reactance of a synchronous machine, thermal equivalent short-circuit current.



OBSAH:

1	ÚVOD	1
2	POPIS ELEKTRÁRNY	1
2.1	Základní popis	1
2.2	Hlavní elektrická část.....	2
3	VLASTNÍ SPOTŘEBA ELEKTRÁRNY	2
3.1	Obecné	2
3.2	Spolehlivost provozu.....	3
3.3	Operativnost provozu.....	4
3.4	Hospodárnost schématu.....	4
4	POŽADAVKY NA ZDROJE	5
4.1	Volba pracovních zdrojů	5
4.2	Volba najížděcích a doběhových zdrojů	5
4.3	Volba rezervních zdrojů	5
4.4	Volba nouzových zdrojů.....	6
5	HLAVNÍ ELEKTRICKÉ SCHÉMA	7
5.1	Provozní stavy hlavní rozvodny	7
5.2	Provedení napájení rozvoden.....	9
5.3	Výkonová bilance rozvoden.....	10
5.4	Výpočty zkratových impedancí spotřebičů.....	12
5.4.1	Impedance ekvivalentního motoru.....	12
5.5	Návrh transformátorů pro VS.....	14



6	VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ	15
6.1	Všeobecné zásady pro výpočet	15
6.2	Schématický diagram zkratu	16
6.3	Dílčí výpočty zkratových poměrů	17
6.3.1	Síťový napaječ	17
6.3.2	Impedance vedení	18
6.3.3	Impedance transformátorů	19
6.3.4	Impedance generátorů	20
6.3.5	Rekapitulace dílčích výpočtů	20
6.4	Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.1	21
6.4.1	Zjednodušení výpočtového schéma	21
6.4.2	Počáteční souměrný rázový zkratový proud	22
6.4.3	Nárazový zkratový proud	23
6.4.4	Souměrný vypínací zkratový proud i_b	24
6.4.5	Stejnoseměrná složka i_{dc}	25
6.4.6	Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.1	26
6.5	Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.2	26
6.5.1	Zjednodušení výpočtového schéma	26
6.5.2	Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k	27
6.5.3	Nárazový zkratový proud i_p	28
6.5.4	Souměrný vypínací zkratový proud i_b	28
6.5.5	Stejnoseměrná složka i_{dc}	28
6.5.6	Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.2	29
6.6	Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.3	29



6.6.1	Zjednodušení výpočtového schéma	29
6.6.2	Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k	31
6.6.3	Nárazový zkratový proud i_p	31
6.6.4	Souměrný vypínací zkratový proud i_b	32
6.6.5	Stejnoseměrná složka i_{dc}	32
6.6.6	Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.3.....	32
6.7	Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.4.....	33
6.7.1	Zjednodušení výpočtového schéma	33
6.7.2	Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k	34
6.7.3	Nárazový zkratový proud i_p	35
6.7.4	Souměrný vypínací zkratový proud i_b	35
6.7.5	Stejnoseměrná složka i_{dc}	36
6.7.6	Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.4.....	36
6.8	Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.5.....	37
6.8.1	Zjednodušení výpočtového schéma	37
6.8.2	Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k	38
6.8.3	Nárazový zkratový proud i_p	39
6.8.4	Souměrný vypínací zkratový proud i_b	39
6.8.5	Stejnoseměrná složka i_{dc}	39
6.8.6	Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.5.....	40
7	KONTROLA NAVRŽENÝCH ZDROJŮ PŘI SAMONAJÍŽDĚNÍ SKUPINY ELEKTROMOTORŮ	40
7.1	Samonajíždění v úsekových rozvodnách VN.....	41
7.1.1	Výkonová bilance.....	42
7.1.2	Určení impedance jednotlivých prvků.....	42



7.2	Samonajždění v úsekových rozvodnách NN	45
8	KONTROLA NAVRŽENÝCH ZDROJŮ PŘI SPOUŠTĚNÍ NEJVĚTŠÍHO SPOTŘEBIČE	48
9	DIMENZOVÁNÍ ELEKTRICKÉHO VEDENÍ	50
9.1	Úbytek napětí	52
9.2	Vypínací časy v rozvodnách	54
9.3	Výpočet I_{ke}	54
10	NÁVRH VN ROZVODEN VS	56
10.1	Specifikace rozváděčových polí	57
10.1.1	Typ 1	57
10.1.2	Typ 2	58
10.1.3	Typ 3	58
10.1.4	Typ 4	59
10.1.5	Typ 5	59
10.2	Typové provedení rozváděčových polí	60
10.2.1	Skříň AD1	60
10.2.2	Skříň CL1-GL1	61
10.2.3	Skříň TT1	62
11	NÁVRH NN ROZVODEN VS	62
12	ZÁVĚR	64
13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
14	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	66
15	SEZNAM OBRÁZKŮ	69



16	SEZNAM TABULEK	71
17	SEZNAM PŘÍLOH	73



1 ÚVOD

Cílem diplomové práce, je návrh systému vlastní spotřeby v rozsahu zadání diplomové práce pro elektrárnu/ teplárnu (dále jen elektrárna) o výkonu 80 MWe. Návrh systému vlastní spotřeby a koncepce provedení vychází z technologie analogických elektráren podobného typu. V této práci se konkrétně jedná o elektrárnu, která je dodavatelem elektrické energie a tepelné energie, která je distribuována do přilehlých obcí a průmyslového závodu, v němž je elektrárna umístěna.

Příkony, výkony strojů a ostatních spotřebičů vychází ze specifikací skutečných přístrojů použitých v dané elektrárně.

V této práci uvažuji, že blokové transformátory včetně přívodu z VVN 110 kV rozvodny a hlavní rozvodna elektrárny jsou stávající.

Z vypočtených zkratových poměrů ve vybraných uzlech definuji pro systém vlastní spotřeby typ skříňových VN rozváděčů a jejich příslušné vybavení. U hlavních úsekových NN rozváděčů se omezují pouze na základní technické parametry z důvodů velké variability technického vybavení.

V rozsahu diplomové práce se omezují na silovou část systému vlastní spotřeby. Nezapomínám se řešením ovládní rozvodů a systémy zálohovaného napájení (jednotky UPS + diesel agregáty).

V dalších kapitolách řeším dimenzování kabelového propojení úsekových rozvodů ve spojení s hlavní rozvodnou a dále dimenzování kabeláže pro NN hlavní úsekové rozvodny.

2 POPIS ELEKTRÁRNY

2.1 Základní popis

Elektrárna areálu chemických výroby je dodavatelem elektrické a tepelné energie. Energie je dodávána vlastnímu průmyslovému areálu a přilehlým obcím. Elektrárna provozuje tři vysokotlaké parní kotle se třemi parními turbínami o výkonu 2x 40 MVA a 1x 0,72 MVA. Napájecí voda je pro parní kotle dopravována čtyřmi vysokotlakými čerpadly poháněnými



elektrickým motorem, a jedním vysokotlakým čerpadlem poháněným parní turbínou. Jako palivo pro všechny tři kotle je použit zemní plyn.

Zjednodušené technologické schéma je uvedeno v příloze č. 3.

2.2 Hlavní elektrická část

Elektrárna je vybavena hlavní rozvodnou $U_n = 6,3$ kV a jedná se o hlavní VN rozvodnu v areálu chemických výrob. Rozvodna je vybavena dvojitým systémem přípojnic, který je rozdělen na dvě sekce. Každou sekci tvoří 20 kobek. Sekce mohou být napájeny z vlastního zdroje tj. generátoru 40 MVA 6,3 kV nebo z transformátorů 110/6,3kV 40 MVA s přepínačem odboček, popřípadě z obou zdrojů současně. Jednotlivé sekce jsou vybaveny laditelnou kompenzační tlumivkou, která je připojena pomocí kompenzačního transformátoru pro kompenzaci poruchových proudů.

Prívod elektrické energie pro transformátory je zajištěn ze stávající VVN rozvodny 110 kV. Vedení je provedeno částečně vrchním vedením s přechodem do VVN kabelu ze samostatných linkových polí.

Hlavní rozvodna napájí veškeré VN elektrorozvodny/ trafostanice v jednotlivých výrobních technologiích v areálu chemických výrob.

3 VLASTNÍ SPOTŘEBA ELEKTRÁRNY

3.1 Obecné

Vlastní spotřeba je pojem, který je definován normou ČSN 38 1120 jako spotřeba elektrické energie při výrobě elektřiny a tepla ve výrobním zařízení a pomocných provozech, včetně ztrát v rozvodu. [1]

Základním úkolem elektrické části elektráren je spolehlivé vyvedení výkonu elektrárny do elektrizační soustavy. Stejně důležitý je spolehlivý provoz vlastní spotřeby elektrárny. Při návrhu musíme počítat, že selhání systému vlastní spotřeby může mít nepříznivé následky na provoz elektrárny, které mohou být spojeny i se značnými ekonomickými škodami. Vyvedení výkonu z elektrárny souvisí s propojením generátorů, blokových transformátorů, s řešením jednotlivých přípojnic a vedení a použitých přístrojů.



Způsob napájení a zajištění dodávky elektrické energie pro pomocná zařízení elektrárny jsou řešena v elektrickém schématu VS elektrárny. [2]

Pro volbu a návrh elektrických schémat platí obecně tyto platné zásady :

- Musí být v provozu spolehlivé.
- Musí vykazovat dostatečnou operativnost.
- Musí zajistit hospodárny provoz.
- Musí být přehledné.

3.2 Spolehlivost provozu

Požadavky na spolehlivost, jsou určeny především třemi stupni důležitosti dodávky elektřiny a souvisí s typem technologie resp. typem elektrárny.

Dodávka 1. stupně důležitosti

Jedná se o všechny spotřebiče, u nichž přerušení napájení má za následek ohrožení lidských životů, zničení výrobních zařízení, odstavení většího počtu výrobních jednotek. Ve VS jsou to např. motory pohánějící napájecí čerpadla kotlů a parních generátorů, chladicí čerpadla, oběhová čerpadla, zajišťovací pohony atd. Napájení uvedených spotřebičů musí být zajištěno nejméně ze dvou nezávislých zdrojů.

U spotřebičů zůstane vypínač, např. vypínač motoru při ztrátě nebo poklesu napětí zapnut. [2]

Dodávka 2. stupně důležitosti

Jedná se o všechny spotřebiče, u nichž přerušení napájení znamená podstatné snížení výroby. Ve VS elektráren patří do této skupiny méně důležité celky, u kterých přerušení dodávky nezpůsobí odstavení více velkých výrobních jednotek z chodu. Napájecí vývody těchto spotřebičů jsou vybaveny podpěťovou ochranou. Vypínače/ stykače mohou odpadnout, ale zapínají se automaticky s časovým zpožděním poté, kdy se rozběhly spotřebiče napájené 1. stupněm dodávky elektrické energie. [2]

Dodávka 3. stupně důležitosti

Jedná se o všechny spotřebiče, u nichž přerušení napájení nemá za následek větší hospodářské škody a přerušení je bez vlivu na výrobu elektřiny. Pro tento stupeň stačí dodávka elektřiny z jednoho zdroje. Spotřebiče z této oblasti bývají vybaveny nulovým vypínáním a zapínají se ručně nebo automaticky. [2]



Vzhledem k typu dané elektrárny a její strategické pozici, kde jako jediná zajišťuje napájení všech výrobních technologií v areálu, je provedena dodávka elektrické energie s 1. stupněm důležitosti pro napájení elektrorozvoden výrobních technologií a dále pro systém VS. V systému VS se na straně NN uplatní i dodávky 2. a 3. stupně.

3.3 Operativnost provozu

Pro zajištění operativnosti musí elektrické schéma vyhovovat normálnímu provozu technologie, uvádění do provozu, odstavování z provozu nebo při odstraňování poruchy v technologii. Dodávka elektrické energie musí být zajištěna i při mimořádných provozních stavech výrobního zařízení (např. mimořádná událost), ve VS elektrárny. Schéma musí umožňovat opravy a revize jednotlivých zařízení bez přerušení napájení ostatních spotřebičů. [2]

3.4 Hospodárnost schématu

Všechny požadavky na spolehlivost a operativnost schématu by měly být plněny s maximálním požadavkem na hospodárnost, tzn. provoz s minimálními investičními a provozními náklady při současném zajištění požadavků vyplývajících z předchozích bodů. Dále by elektrické schéma mělo počítat např. s výhledovým rozšířením. [2]

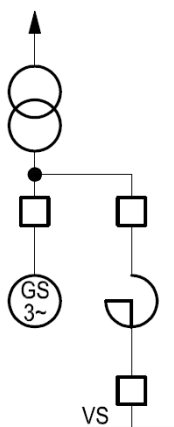


4 POŽADAVKY NA ZDROJE

4.1 Volba pracovních zdrojů

Pracovní zdroje vlastní spotřeby se navrhují pro dlouhodobý provoz. Jako pracovních zdrojů se používá rozvodna generátorového napětí, síťová rozvodna, odbočka generátoru, pomocný generátor.

U běžných průmyslových elektráren (tepláren) je použit pracovní zdroj pro napájení VS z hlavní, resp. síťové rozvodny. Při svorkovém napětí shodném s napětím VS se může provést odbočka s galvanickým spojením s vřazeným reaktorem viz Obr. 4.1.



Obr. 4.1.
Napájení VS odbočkou od generátoru

4.2 Volba najížděcích a doběhových zdrojů

Najížděcí a doběhové zdroje se navrhují na předpokládané doby provozu vyplývajících z jejich užití. Běžně se používá hlavní, resp. síťová rozvodna generátorového napětí jako najížděcí a doběhový zdroj. Najížděcí a doběhové zdroje se spalovacím motorem jsou používány výjimečně, např. pro jedinou elektrárnu v síti v rámci ostrovního provozu.

4.3 Volba rezervních zdrojů

Rezervní zdroje se navrhují na předpokládané výkony a doby provozu potřebné pro napájení vlastní spotřeby, popř. pro její dílčí části, při poruše pracovních zdrojů. Rezervní zdroje jsou převážně napájeny z oddělené části soustavy pro vyšší zabezpečení spolehlivosti dodávky elektrické energie.



V tomto případě se jako rezervní zdroj používá rozvodna generátorového napětí - síťová rozvodna.

4.4 Volba nouzových zdrojů

Nouzové zdroje se navrhují podle potřeby napájení zajišťovacích pohonů, spotřebičů, jejichž provoz je nutný k bezpečnému uvedení elektrárny do klidu, spotřebičů zajišťující odvrácení havárií a ohrožení osob, spotřebičů pro zajištění ovládání a spotřebičů k přenosu důležitých informací.

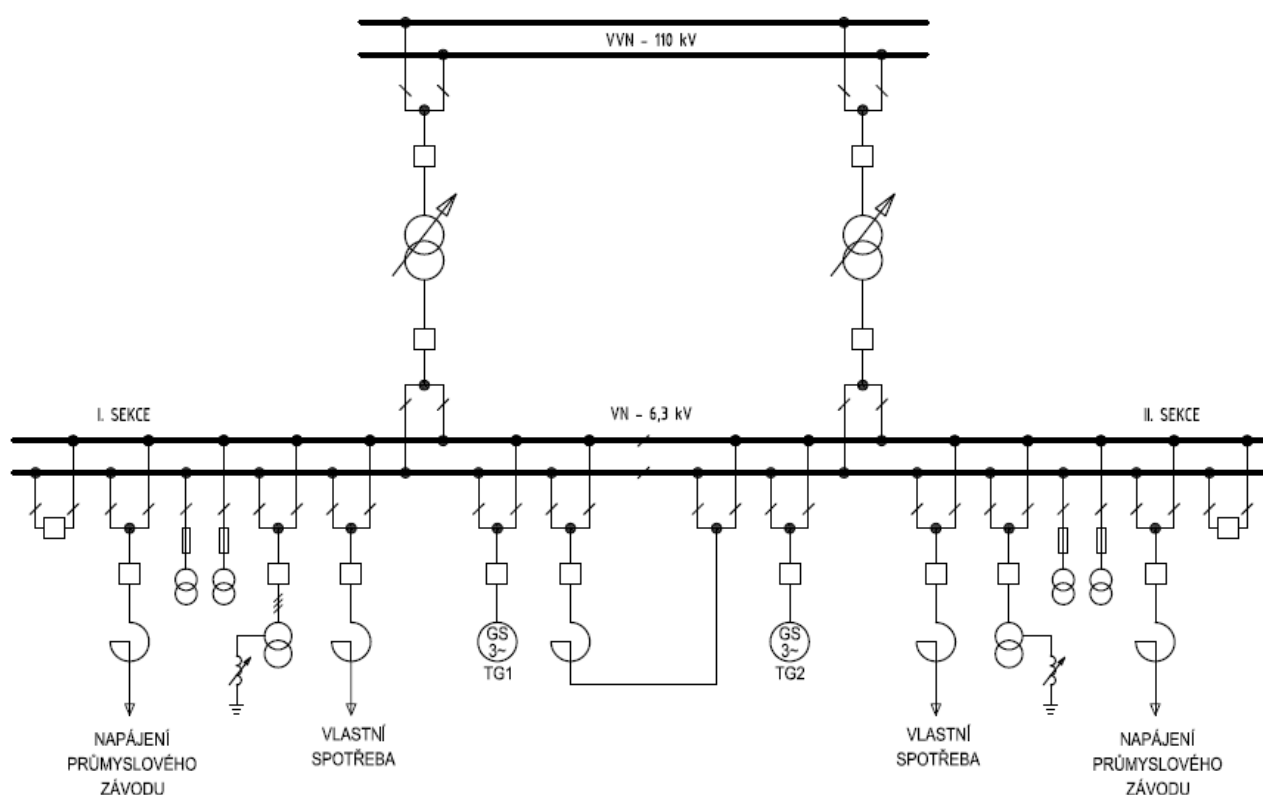
Pro tyto účely jsou používány zejména zdroje se spalovacím motorem a akumulátorové baterie.



5 HLAVNÍ ELEKTRICKÉ SCHÉMA

Hlavní elektrické schéma je uvedeno na Obr. 5.1. Ze schématu je patrné, že hlavní rozvodna je vybavena dvojitým systémem přípojnic. Dvojitý systém přípojnic je navržen pro možnou variabilitu zapojení vývodů, např. při provádění revizí, popř. poruše. Napájecí sekce jsou mezi sebou odděleny podélným odpojovačem/ podélným spínačem přípojnic s vřazeným reaktorem a dále v každé napájecí sekci příčným spínačem přípojnic.

Jednotlivé napájecí vývody mimo vývodů určených pro měření a kompenzaci poruchových proudů, jsou vybaveny reaktory pro omezení velikosti zkratových proudů.



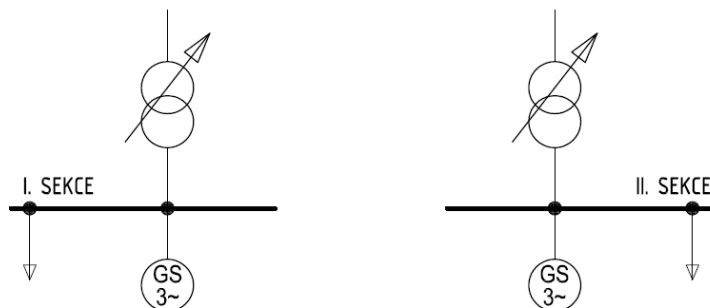
Obr. 5.1.
Hlavní elektrické schéma

5.1 Provozní stavy hlavní rozvodny

Provozní stavy hlavní rozvodny jsou odvozeny od počtu zdrojů, které pracují do přípojnic rozvodny. Níže uvádím nejčastěji možné stavy rozvodny.

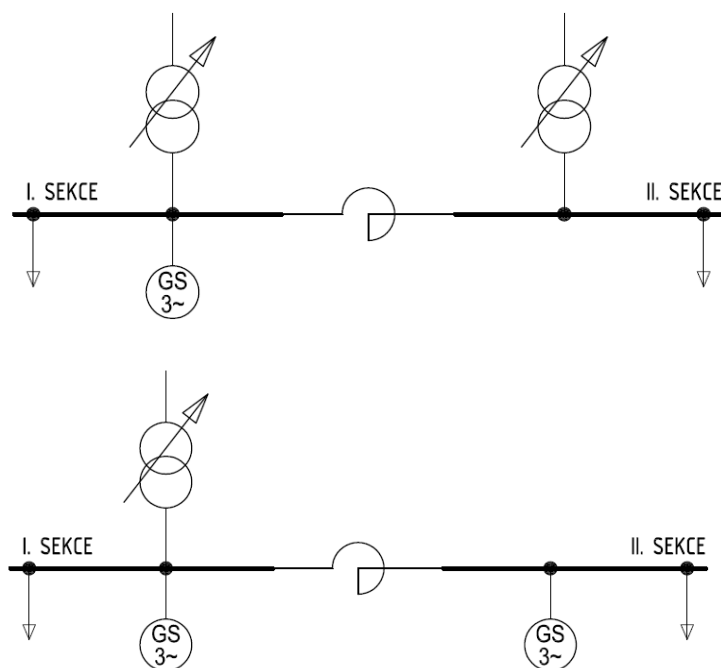


Základní stav rozvodny uvedený na Obr. 5.2, je stav, při němž jsou přípojnice rozděleny na dvě samostatné sekce, kde do každé sekce pracují 2 zdroje. Celkem jsou připojeny 4 zdroje.



Obr. 5.2.
Základní provozní stav hlavní rozvodny (4 zdroje)

Při práci 3 zdrojů, např. dvou blokových transformátorů a generátoru nebo dvou generátorů a transformátoru, jsou jednotlivé sekce podélně spojeny pomocí reaktoru.



Obr. 5.3. Základní provozní stav hlavní rozvodny (3 zdroje)



5.2 Provedení napájení rozvodn

Přívod napájení k jednotlivým úsekovým rozvodnám v areálu chemických výrob je proveden pomocí VN kabelů. Rozvodny jsou podélně děleny na 2 sekce, přičemž každá sekce je samostatně napájena z hlavní rozvodny elektrárny a samostatně napájecí sekce (napájecí sekce hlavní rozvodny označeny A a B).

Pomocí automatických přepínačů rezervy v úsekových rozvodnách, je možné zajistit podélné spojení přípojníc a zajistit tak trvalé napájení celé rozvodny v případě výpadku napájení jedním z hlavních napájecích přívodů.

Dělení úsekových rozvodn VS je provedeno na základě technologie výroby el. energie. Vzhledem k existenci tří vysokotlakých kotlů, rozdělují VN úsekové rozvodny na tři samostatné rozvodny. Rozvodny jsou ve skříňovém provedení s vypínači a stykači plněné plynem SF6.

Rozvodny jsou označeny R2.1, R2.2 a R2.3. Rozvodna R2.1 a R2.2 jsou primárně napájeny ze sekce hlavní rozvodny A a rozvodna R2.3 je primárně napájena se sekce hlavní rozvodny B. Tyto úsekové rozvodny jsou navrženy pro možné záskokové napájení vždy z protějších sekcí. Hlavní napájecí přívody jsou navrženy pro napájení všech tří rozvodn jedním přívodem.

Úsekové rozvodny NN jsou dále členěny na rozvodny uvedené v Tab. 5-1

Označení rozvodny	Popis rozvodny
SR3.1	Rozvodna osvětlení
R4.1	Úseková rozvodna napájení pro kotel K1
R4.2	Úseková rozvodna napájení pro kotel K2
R4.3	Úseková rozvodna napájení pro kotel K3
R4.4	Úseková rozvodna napájení pro kotel K1 Frekvenční měniče pohonů pro vzduchové a komínové ventilátory
R4.5	Úseková rozvodna napájení pro kotel K2 Frekvenční měniče pohonů pro vzduchové a komínové ventilátory
R4.6	Úseková rozvodna napájení pro kotel K3 Frekvenční měniče pohonů pro vzduchové a komínové ventilátory
R4.7	Úseková rozvodna napájení Výroba chemicky upravené vody (DEMI)



Označení rozvodny	Popis rozvodny
R4.81	Úseková rozvodna napájení Napájení strojovny elektrárny
R4.82	Úseková rozvodna napájení Napájení strojovny elektrárny

Tab. 5-1 Členění NN úsekových rozvodů

NN úsekové rozvodny jsou podélně děleny na 2 sekce, přičemž jednotlivé sekce jsou kabelově napájeny z úsekových VN rozvodů vlastní spotřeby. Pomocí automatických přepínačů rezervy, je možné napájecí sekce mezi sebou propojit v případě výpadku jednoho z hlavních napájecích přívodů.

5.3 Výkonová bilance rozvodů

Výkony jednotlivých strojů jsem získal na základě konzultací s techniky obdobné elektrárny. Jednotlivá data strojů jsou uvedena v tabulkách výkonových bilancí v příloze č. 1. Výpočty jmenovitých a současných příkonů byly provedeny dle rovnic (1) až (8).

Jmenovitý činný příkon současně připojených spotřebičů:

$$P_{pn} = \frac{P_{i, ks}}{\eta} \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

Jmenovitý jalový příkon současně připojených spotřebičů:

$$Q_{pn} = \frac{P_{i, ks}}{\eta} \cdot \text{tg}\varphi \quad [\text{kVAr}] \quad (2)$$

Jmenovitý zdánlivý příkon současně připojených spotřebičů:

$$S_{pn} = \frac{P_{pn}}{\cos\varphi} \quad [\text{kVA}] \quad (3)$$

Současný činný příkon:

$$P_{ps} = P_{pn} \cdot kv \quad [\text{kW}] \quad (4)$$



Současný jalový příkon:

$$Q_{ps} = P_{ps} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad [\text{kVAr}] \quad (5)$$

Současný zdánlivý příkon:

$$S_{ps} = \frac{P_{ps}}{\cos \varphi} \quad [\text{kVA}] \quad (6)$$

Celkový současný zdánlivý příkon:

$$S_{ps} = \sqrt{\left(\sum P_{ps}\right)^2 + \left(\sum Q_{ps}\right)^2} \quad [\text{kVA}] \quad (7)$$

Celkový jmenovitý příkon:

$$S_{pn} = \sqrt{\left(\sum P_{pn}\right)^2 + \left(\sum Q_{pn}\right)^2} \quad [\text{kVA}] \quad (8)$$



Výkonová bilance VN rozveden vlastní spotřeby.

Uvedená bilance vychází z výpočtů celkových jmenovitých příkonů a celkových současných příkonů úsekových NN rozveden. Celkové sumy příkonů jsou následně ideálně poníženy o ½ výkonu z důvodů podélného dělení přípojnic a napájení úsekových NN rozveden dvěma přívody vždy z různých VN úsekových rozveden VS.

Označení rozvodny	Napájecí vývod	S_{pn}	S_{ps}
		[kVA]	[kVA]
R2.1	Transformátor T2.11 – pro NN rozvodnu SR3.1	126,45	75,87
	Transformátor T2.12 - pro NN rozvodnu R4.1	144,54	92,13
	Transformátor T2.13 - pro NN rozvodnu R4.3 a R4.2	189,01	115,23
	Transformátor T2.14 - pro NN rozvodnu R4.4 a R4.5	570,28	294,85
	Transformátor T2.15 - pro NN rozvodnu R4.81 a R4.82	900,11	322,62
	Elektronapáječka EN1	1070,66	695,93
R2.2	Transformátor T2.21 - pro NN rozvodnu R4.1	144,54	92,13
	Transformátor T2.22 - pro NN rozvodnu R4.2	132,64	85,09
	Transformátor T2.23 - pro NN rozvodnu R4.5 a R4.6	570,28	294,85
	Transformátor T2.24 - pro NN rozvodnu R4.7	101,31	63,14
	Elektronapáječka EN2	1070,66	695,93
	Elektronapáječka EN3	1070,66	695,93
R2.3	Transformátor T2.31 - pro NN rozvodnu SR3.1	126,45	75,87
	Transformátor T2.32 - pro NN rozvodnu R4.3	57,11	36,40
	Transformátor T2.33 - pro NN rozvodnu R4.6 a R4.4	570,28	294,85
	Transformátor T2.34 - pro NN rozvodnu R4.7	101,31	63,14
	Transformátor T2.35 - pro NN rozvodnu R4.81 s R4.82	900,11	322,62
	Elektronapáječka EN4	1070,66	695,93
	Turbogenerátor TG3	904,20	904,20

Tab. 5-2 Výkonová bilance VN rozveden VS

5.4 Výpočty zkratových impedancí spotřebičů

5.4.1 Impedance ekvivalentního motoru

Motory připojené do jednoho uzlu sítě, nahrazují impedancí v podobě ekvivalentního motoru. Impedance tohoto motoru je dána paralelním řazením impedancí jednotlivých motorů vč. přípojovacích kabelů.

Ekvivalentním motorem nahrazují i veškeré ostatní spotřeby průmyslového podniku, které jsou připojeny k síti transformátorem 6,3/0,4 kV. Jedná se o smíšené spotřeby jalového i činného příkonu.



Impedance se určí přímo rovnicí (9) s použitím střední hodnoty i_z a součtu jmenovitých proudů I_{nM} . Vliv kompenzace jalového výkonu neuvažují. Pro ekvivalentní motory NN zahrnující vliv připojovacích kabelů uvažují záběrný proud $i_z = 5$. [5]

Pro motory opatřené polovodičovými měniči s možností rekuperace energie zpět do sítě se impedance motorů pro informativní účely určuje s $i_z = 3$ [5]. Ve výpočtech impedancí těchto motorů uvažují $i_z = 5$ z důvodů zachování výkonové rezervy napájecích rozvodů.

Pro ekvivalentní motory VN zahrnující vliv připojovacích kabelů uvažují záběrný proud $i_z=6$. Pro ekvivalentní VN motory, jejichž výkon je dán výkonem transformátorů v průmyslových VN rozvodnách, uvažují záběrný proud $i_z = 3$.

Impedance ekvivalentního motoru:

$$Z_M = \frac{1}{I_{LR}/I_{RM}} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}} \quad [\Omega] \quad (9)$$

kde:

I_{LR}/I_{rM} – poměr záběrného proudu ke jmenovitému proudu motoru při zabrzděném motoru

U_{rM}^2 – jmenovité napětí motoru [kV]

S_{rM} – jmenovitý zdánlivý výkon motoru (transformátoru) [kVA]

Reaktance ekvivalentního motoru:

$$X_M = 0,995 \cdot Z_M \quad [\Omega] \quad (10)$$

kde:

Z_M – impedance ekvivalentního motoru [Ω]

Rezistance ekvivalentního motoru:

$$R_M = 0,10 \cdot X_M \quad [\Omega] \quad (11)$$

kde:

X_M – reaktance ekvivalentního motoru [Ω]



Komplexní impedance ekvivalentního motoru:

$$Z_M = R_M + jX_M \quad [\Omega] \quad (12)$$

kde:

R_M – rezistance ekvivalentního motoru $[\Omega]$

jX_M – reaktance ekvivalentního motoru $[\Omega]$

Výsledky jednotlivých impedancí a postupné zjednodušování pro získání impedance potřebné k výpočtům zkratových poměrů uvádím v přílohách č. 5 až 9.

5.5 Návrh transformátorů pro VS

Pro komplexní návrh přehledového schématu, ze kterého je následně možné zahájit zjednodušující úpravy pro výpočty zkratových poměrů, navrhuji transformátory pro NN úsekové rozvodny VS.

Návrh transformátorů je proveden na základě výkonové bilance jednotlivých úsekových NN rozveden a je volen s ohledem na současný zdánlivý výkon S_{ps} . Výkon transformátorů je proveden s rezervou pro budoucí případné rozšíření nebo úpravy VS.

Rezerva výkonu je dále provedena pro lepší podmínky při přechodných stavech pro SN spotřebičů. Navržené transformátory jsou dvouvinutové, olejové v hermetickém provedení.

Při návrhu bylo zapotřebí stanovit impedanci (13) a rezistivitu (14) a reaktanci (15) transformátorů.

Impedance transformátoru:

$$Z_t = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} \quad [\Omega] \quad (13)$$

Rezistivita transformátoru:

$$R_t = \frac{P_k}{3 \cdot I_n^2} \quad [\Omega] \quad (14)$$

Reaktance transformátoru:

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} \quad [\Omega] \quad (15)$$



Označení TR	S_{ps} [kVA]	S_{rT} [kVA]	u_k [%]	U_n [V]	Z_t [Ω]	P_k [W]	I_n A	R_t [Ω]	X_t [Ω]
T2.11	160	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.12	200	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.13	240	400	4	6300	3,969	6250	37	1,55	3,65
T2.14	600	800	6	6300	2,97675	8500	73	0,53	2,93
T2.15	660	1 250	6	6300	1,90512	1350	115	0,03	1,90
T2.21	200	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.22	180	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.23	600	800	6	6300	2,97675	8500	73	0,53	2,93
T2.24	140	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.31	160	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.32	80	160	4	6300	9,9225	2350	15	3,64	9,23
T2.33	600	800	6	6300	2,97675	8500	73	0,53	2,93
T2.34	140	250	4	6300	6,3504	3250	23	2,06	6,01
T2.35	660	1 250	6	6300	1,90512	1350	115	0,03	1,90

Tab. 5-3 Návrh transformátorů pro NN rozvodny ve VS

6 VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ

Výpočty zkratových poměrů jsem provedl v souladu s normou ČSN EN60909-0 ve všech rozvodnách o napěťové úrovni 6,3kV. Postup výpočtu je proveden pro zjištění maximální hodnoty počátečního 3fázového souměrného zkratu, se zohledněním impedancí VN kabeláže.

Dále určuji nárazový zkratový proud i_p , souměrný vypínací zkratový proud i_b , stejnosměrnou složku i_{dc} a ekvivalentní oteplovací proud I_{ke} pro ověření návrhu kabelového propojení.

Pro jednotlivé výpočty zkratů navrhuji výpočtová schémata, která navazují na zjednodušená přehledová schémata uvedená v příloze č. 5 až č.9.

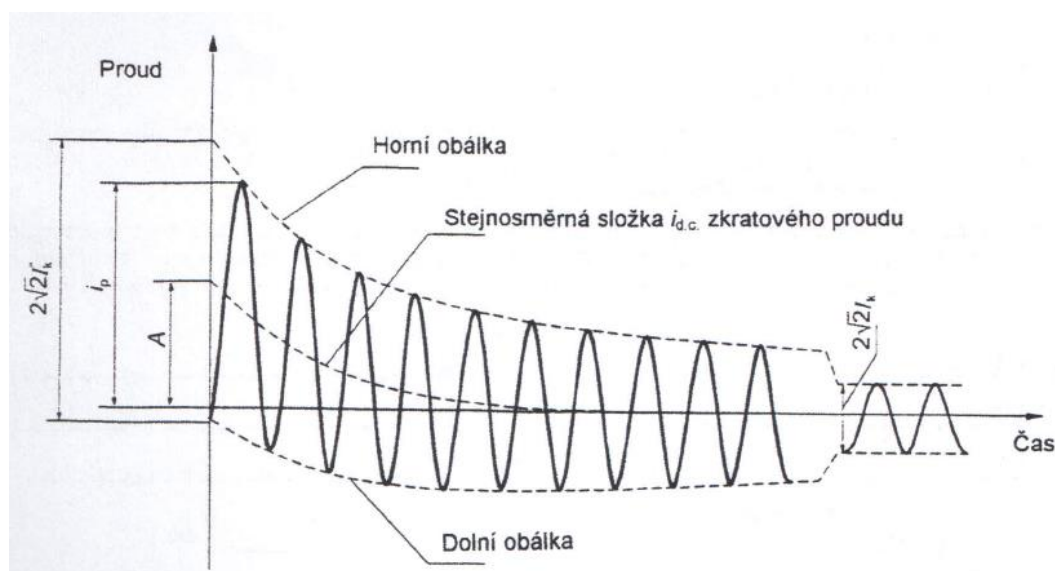
6.1 Všeobecné zásady pro výpočet

- Po dobu trvání zkratového proudu se nemění typ zkratu (tj. trojfázový zkrat zůstává trojfázovým).[5]
- Po dobu zkratu nedochází k žádné změně v síti. [5]



- c) Uvažují se impedance transformátorů pro přepínače odboček v základní poloze. [5]
- d) Impedance NN kabeláže se zanedbává. [5]
- e) Impedance VN kabeláže je počítána při teplotě 20°C. [5]
- f) Ve výpočtu uvažují příspěvky motorů, které jsou opatřeny polovodičovými měniči. Norma uvádí výpočet s minimálním $I_z = 3$, ale z důvodů výpočtové rezervy impedanci těchto příspěvků nadhodnocuji a počítám s $I_z = 5$.
- g) Impedanci ostatní motorové zátěže uvažují s $I_z = 5$.
- h) Impedance přepočítávám na napěťovou hladinu, ve které je počítán zkrat.

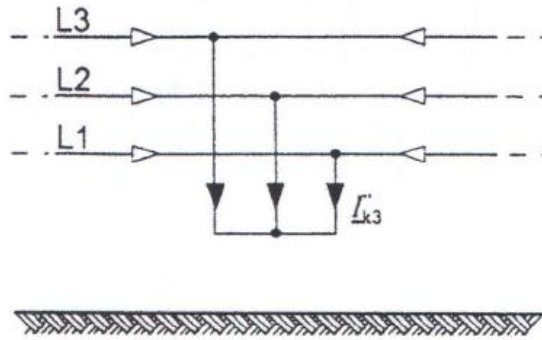
6.2 Schématický diagram zkratu



Obr. 6.1.

Schématický diagram pro zkratový proud el. blízkého zkratu s klesající střídavou složkou a maximální SS složkou [5]

- I_k'' - počáteční souměrný rázový zkratový proud
- I_p - nárazový zkratový proud
- I_k - ustálený zkratový proud
- i_{dc} - stejnosměrná složka zkratového proudu
- A - počáteční hodnota stejnosměrné složky i_{dc}



Obr. 6.2.
Souměrný trojfázový zkrat [5]

6.3 Dílčí výpočty zkratových poměrů

V této kapitole jsou uvedeny dílčí výpočty zkratových impedancí společných elektrických zařízení. Jedná se o:

- Síťový napaječ
- Potahové a kabelové vedení
- Blokované transformátory
- Synchronní generátory

6.3.1 Síťový napaječ

Ekvivalentní impedance sítě:

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} = \frac{1.1 \cdot 110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6.6 \cdot 10^3} = \mathbf{10.58} \quad [\Omega] \quad (16)$$

kde:

- c – Napěťový součinitel
- U_{nQ} – Jmenovité napětí sítě
- I''_{kQ} – Rázový zkratový proud sítě

Napěťový součinitel c je dle ČSN EN 60909-0 tabulka č.1 pro sítě o napětí > 35 kV roven hodnotě 1,1.



U síťových napáječů o napětí > 35kV, u kterých není známá rezistence sítě, lze uvažovat s vyjádřenou rezistancí dle (17) až (19).

$$\begin{aligned} R_Q &= 0,1 \cdot X_Q \\ \text{kde} \\ X_Q &= \mathbf{0,995 \cdot Z_Q} \end{aligned} \quad [\Omega] \quad (17)$$

Reaktance sítě:

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q = 0,995 \cdot 10,58 = \mathbf{10,53} \quad [\Omega] \quad (18)$$

Rezistance sítě:

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q = 0,1 \cdot 10,53 = \mathbf{1,053} \quad [\Omega] \quad (19)$$

Převod transformátorů T101 a T102:

$$t_R = \frac{U_{nQ}}{U_{Ts}} = \frac{110 \cdot 10^3}{6,3 \cdot 10^3} = \mathbf{17,43} \quad [-] \quad (20)$$

Komplexní impedance sítě přepočtená na napěťovou hladinu 6,3 kV:

$$Z_{Qi} = \frac{R_Q + jX_Q}{t_R^2} = \frac{1,053 + j10,53}{303,8} = \mathbf{0,003 + j0,035} \quad [\Omega] \quad (21)$$

6.3.2 Impedance vedení

Potah L_{1A} a L_{1B}:

$$Z_{L1} = l \cdot (R_L + jX_L) = 0,9 \cdot (0,141 + j0,358) = \mathbf{0,127 + j0,32} \quad [\Omega] \quad (22)$$

Kabelové vedení L_{2A} a L_{2B}:

$$\begin{aligned} Z_{L2} &= l \cdot (R_L + jX_L) = 0,33 \cdot (0,164 + j0,177) = \\ &= \mathbf{0,054 + j0,058} \end{aligned} \quad [\Omega] \quad (23)$$



6.3.3 Impedance transformátorů

Impedance transformátorů T101,T102:

$$Z_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{17,24}{100} \cdot \frac{(6,3 \cdot 10^3)^2}{40 \cdot 10^6} = \mathbf{0,171} \quad [\Omega] \quad (24)$$

Rezistence transformátorů T101,T102:

$$R_T = \frac{P_k}{3 \cdot I_{rT}^2} = \frac{150 \cdot 10^3}{3 \cdot 3666^2} = \mathbf{0,004} \quad [\Omega] \quad (25)$$

Reaktance transformátorů T101,T102:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{0,171^2 - 0,004^2} = \mathbf{0,170} \quad [\Omega] \quad (26)$$

Korekční součinitel pro impedanci síťových transformátorů T101,T102:

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0,6x_t}$$

Kde:

$$x_t = \frac{X_t}{\frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}} = \frac{0,170}{\frac{(6,3 \cdot 10^3)^2}{40 \cdot 10^6}} = \mathbf{0,171}$$

po doplnění x_t :

$$K_t = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + (0,6 \cdot 0,171)} = \mathbf{0,948} \quad [-] \quad (27)$$

Korigovaná komplexní impedance transformátorů T101,T102

$$\begin{aligned} Z_T &= K_T \cdot (R_T + jX_T) = 0,948 \cdot (0,004 + j0,171) = \\ &= \mathbf{0,0038 + j0,162} \quad [\Omega] \quad (28) \end{aligned}$$



6.3.4 Impedance generátorů

Při výpočtu souměrných rázových zkratových proudů v soustavě napájené přímo z generátorů bez použití blokového transformátoru, je zapotřebí provést výpočet dle rovnice (29). [5]

$$\begin{aligned} Z_G &= K_G \cdot (R_g + jX_d'') = \\ &= 1.173 \cdot \left[\left(0,07 \cdot \frac{12,2}{100} \right) + j \frac{12,2}{100} \right] = \mathbf{0.01 + j0.143} \quad [\Omega] \quad (29) \end{aligned}$$

kde:

- K_g - korekční součinitel a je definován dle (30)
 R_g - resistance generátoru je definována dle ČSN EN60909-0
 $R_g = 0,07$. X_d'' pro generátory s $U_{rG} > 1\text{kV}$ a $S_{rG} < 100\text{ MVA}$

$$\begin{aligned} K_G &= \frac{U_n}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x_d'' \cdot \sin \varphi_{rG}} = \\ &= \frac{6,3 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^6} \cdot \frac{1,1}{1 + 0,12 \cdot 0,6} = \mathbf{1,173} \quad [-] \quad (30) \end{aligned}$$

kde:

- x_d'' - poměrná rázová impedance dle (31)

$$x_d'' = \frac{X_d''}{Z_{rG}} = \frac{X_d''}{\frac{U_{rG}^2}{S_{rG}}} = \frac{\frac{12,2}{100}}{\frac{(6,3 \cdot 10^3)^2}{40 \cdot 10^6}} = \mathbf{0,12} \quad [-] \quad (31)$$

6.3.5 Rekapitulace dílčích výpočtů

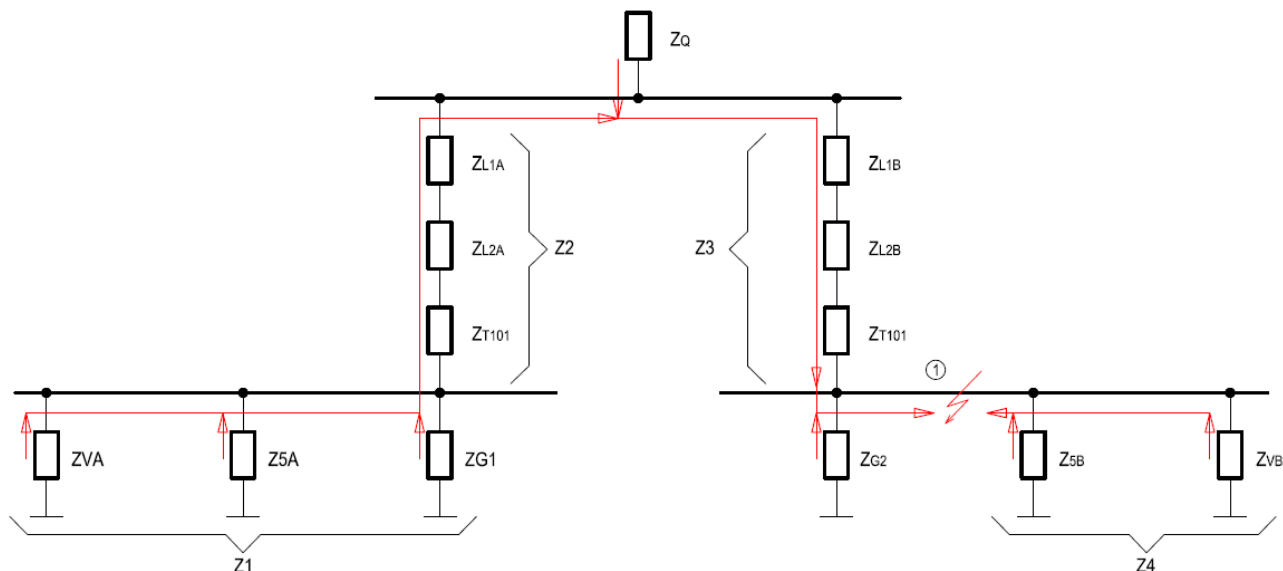
Označení	Popis	R [Ω]	X [Ω]
Z_Q	Komplexní impedance síťového napáječe	0,060	j0,603
Z_{L1A}, Z_{L1B}	Komplexní impedance VVN potahového vedení	0,127	j0,322
Z_{L2A}, Z_{L2B}	Komplexní impedance VVN kabelového vedení	0,054	j0,058
Z_{T101}, Z_{T102}	Komplexní impedance blokových transformátorů	0,004	j0,162
Z_{G1}, Z_{G2}	Komplexní impedance turbogenerátorů	0,010	j0,143

Tab. 6-1 Rekapitulace dílčích výpočtů



6.4 Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.1

Jedná se o výpočet zkratu, který je proveden na přípojnici v hlavní rozvodně R1 v sekci B. Pro následné výpočty slouží výpočtové schéma Obr. 6.3, ve kterém jsou znázorněny již částečně zjednodušené impedance jednotlivých vývodů, které byly provedeny v předchozích kapitolách.



Obr. 6.3.
Výpočtové schéma č.1

Poznámka k Obr. 6.3:

- Jednotlivé dílčí impedance pro Z_2 , Z_3 , Z_Q , Z_{G1} a Z_{G2} , jsou uvedeny v kapitole 6.3.5 v Tab. 6-1.
- Ostatní impedance Z_{VA} , Z_{5A} , Z_{5B} a Z_{VB} jsou uvedeny v příloze č. 7 až č. 9.

6.4.1 Zjednodušení výpočtového schéma

Pro účely výpočtu souměrného zkratového třífázového proudu provádím zjednodušující výpočet jednotlivých impedancí tak, aby bylo možno postup výpočtu zpřehlednit a definovat hlavní dílčí příspěvky zkratového proudu. Výpočtové schéma zjednoduší na dvě samostatné impedance Z_A a Z_B , ze kterých následně vypočítávám jednotlivé příspěvky zkratového proudu dle rovnice (38). Zjednodušující postup je uveden i pro následující výpočty zkratů č. 2 – 5.



$$Z_1 = Z_{VA} \parallel Z_{5A} \parallel Z_{G1} = \mathbf{0,008 + j0,097} \quad [\Omega] \quad (32)$$

$$Z_2 = Z_{T101} + Z_{L2A} + Z_{L1A} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (33)$$

$$Z_3 = Z_{T102} + Z_{L2B} + Z_{L1B} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (34)$$

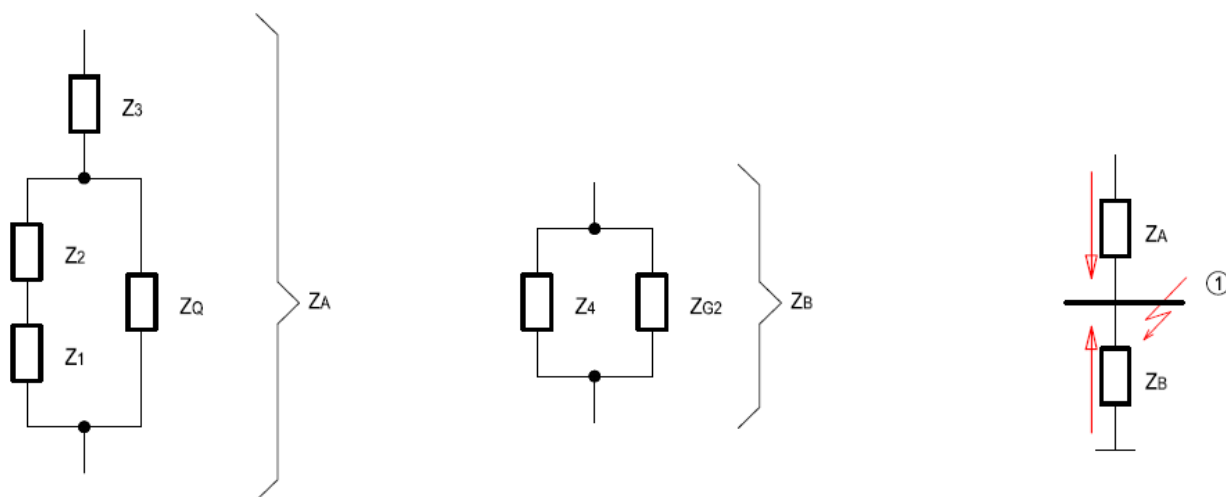
$$Z_4 = Z_{VB} \parallel Z_{5B} = \mathbf{0,041 + j0,349} \quad [\Omega] \quad (35)$$

$$Z_A = [(Z_1 + Z_2) \parallel Z_Q] + Z_3 = \mathbf{0,246 + j0,853}$$

$$|Z_A| = \mathbf{0,888} \quad [\Omega] \quad (36)$$

$$Z_B = Z_4 \parallel Z_{G2} = \mathbf{0,008 + j0,101}$$

$$|Z_B| = \mathbf{0,101} \quad [\Omega] \quad (37)$$



Obr. 6.4.
Výpočtové zjednodušené schéma č.1

6.4.2 Počáteční souměrný rázový zkratový proud

Pro stanovení celkového zkratového proudu provádím součet absolutních hodnot jednotlivých příspěvků dle rovnice (39).

Počáteční souměrný rázový zkratový proud I_k'' (pro jednotlivé příspěvky):

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_k|} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_k^2 + jX_k^2}} \quad [A] \quad (38)$$



Celkový počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k :

$$I''_k = \sum_i I''_{ki} \quad [A] \quad (39)$$

Zkratové příspěvky od Z_A a Z_B :

$$I''_{kZA} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_A|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,888} = 4\,508 \quad [A] \quad (40)$$

$$I''_{kZB} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_B|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,101} = 39\,285 \quad [A] \quad (41)$$

Celkový počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k dle výpočtového schéma č.1:

$$I''_k = \sum_i I''_{ki} = I''_{kZA} + I''_{kZB} = 43\,739 \quad [A] \quad (42)$$

6.4.3 Nárazový zkratový proud

Pro trojfázové zkraty je příspěvek nárazového zkratového proudu vyjádřen dle rovnice (43).

$$i_p = K\sqrt{2} \cdot I''_k \quad [A] \quad (43)$$

kde:

K - Součinitel pro poměr R/X a je počítán dle rovnice (44) a hodnot v Tab. 6-3

Označení zkratového příspěvku	I''_k [A]	i_p [A]
I''_{kZA}	4 508	9 135
I''_{kZB}	39 285	99 034

Tab. 6-2 Zkratové příspěvky

Součinitel K pro poměr R/X:

$$K = 1,02 + 0,98e^{-3R/X} \quad [-] \quad (44)$$



Označení impedance	Rezistance R [Ω]	Reaktance X [Ω]	R/X [-]	K [-]
Z_A	0,246	0,853	0,288	1,43
Z_B	0,008	0,101	0,084	1,78
$Z_A \parallel Z_B$	0,009	0,091	0,098	1,75

Tab. 6-3 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K

Celkový nárazový proud jednotlivých příspěvků zkratových proudů dle:

$$i_p = \sum_i i_{pi} \quad [A] \quad (45)$$

$$i_p = ip_{ZA} + ip_{ZB} = \mathbf{108\ 169} \quad [A] \quad (46)$$

6.4.4 Souměrný vypínací zkratový proud i_b

Vypínací zkratový proud v místě zkratu se skládá ze symetrického zkratového proudu i_b a stejnosměrné složky zkratového proudu i_{dc} v čase t_{min} . Nejkratší doba vypnutí t_{min} je daná součtem nejkratší možné doby působení ochrany (tj. bez časového zpoždění) a nejkratší doby vypnutí spínacího přístroje. [5]

Výpočet souměrného vypínacího zkratového proudu:

$$i_b = \mu \cdot I_k'' = 1.44500 = \mathbf{43\ 793} \quad [A] \quad (47)$$

kde:

μ - Součinitel závislý na minimální době vypnutí T_{min} a poměru I_{kG}''/I_{rG} kde I_{rG} je jmenovitý proud generátoru ($i_{rG} = 3666$ A)

Poznámka k výpočtu: jeli μ dle (50) rovno 1 potom platí $i_b = I_k''$

$$I_{kG}'' = \frac{cU_{rG}}{\sqrt{3} \cdot K_{G,S} \cdot Z_G} \quad [A] \quad (48)$$

kde:

c - Napěťový součinitel 1,1

Z_g - Rázová impedance generátoru $Z_g = R_g + jX_d$ dle (29)

R_g - Resistence generátoru je definována dle ČSN EN60909-0



$R_g = 0,07$. X''_d pro generátory s $U_{rG} > 1\text{kV}$ a $S_{rG} < 100\text{ MVA}$

K_g - Korekční součinitel a je definován dle (30)

$$I''_{kG} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,173 \cdot \left[\left(0,07 \cdot \frac{12,2}{100} \right) + j \frac{12,2}{100} \right]} =$$
$$= \frac{6930}{2,034} = \mathbf{3\ 407} \quad [\text{A}] \quad (49)$$

Výpočet μ platný pro $t_{\min} \geq 0,25\text{ s}$:

$$\mu = 0,56 + 0,94e^{-38 \cdot I''_{kG} / I_{rG}} =$$
$$= 0,56 + 0,94e^{-38 \cdot 3407 / 3666} = \mathbf{0,56} \quad [-] \quad (50)$$

kde:

I''_{kG} - Zkratový příspěvek generátoru dle (49)

I_{rG} - Jmenovitý proud generátoru

Poznámka k výpočtu: pokud poměr I''_{kG} / I_{rG} není větší než 2, platí, že μ je rovno 1

6.4.5 Stejnosemřná složka i_{dc}

Výpočet stejnosměrné složky i_{dc} zkratového proudu:

$$i_{dc} = \sqrt{2} \cdot I''_k \cdot e^{-\frac{2\pi f t R}{X}} =$$
$$= \sqrt{2} \cdot 43\ 739 \cdot e^{-2\pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 0,098} = \mathbf{28,2} \quad [\text{A}] \quad (51)$$

kde:

I''_k - Počáteční souměrný zkratový proud [A]

f - Jmenovitý kmitočet [Hz]

t - Vypínací čas 0,25 [s]

R/X - Poměr celkové impedance (Z_A || Z_B) uveden v 6.4.3 v Tab. 6-3



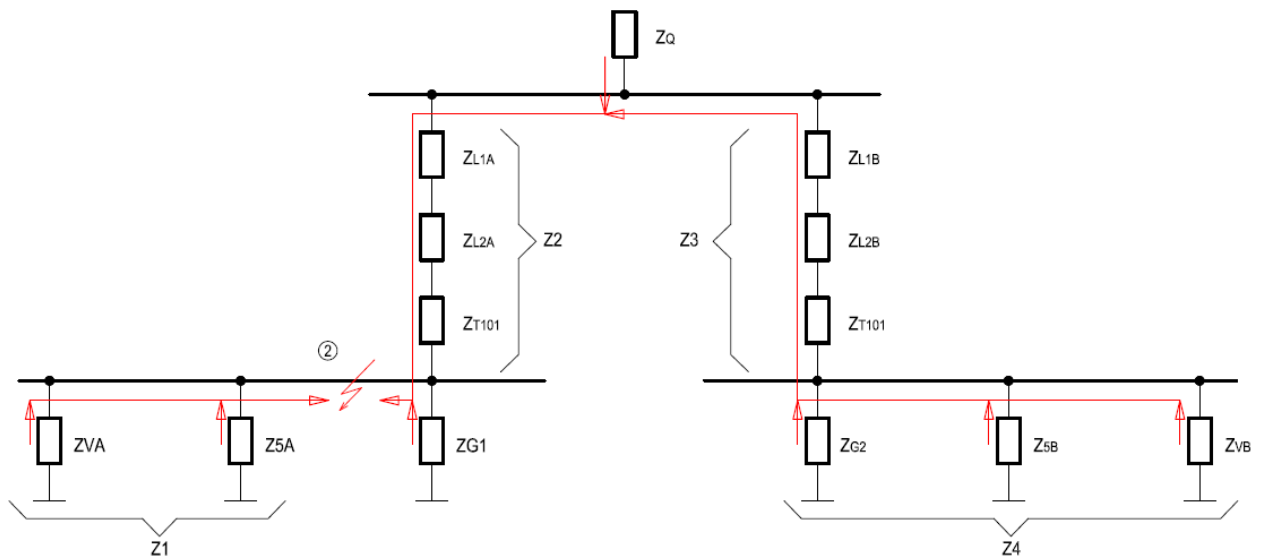
6.4.6 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.1

Typ proudu	Hodnota [kA]
I''_k	43,79
i_p	108,17
i_b	43,79
i_{dc}	0,0282

Tab. 6-4 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 1

6.5 Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.2

Jedná se o výpočet zkratu, který je proveden na přípojnici v hlavní rozvodně R1 v sekci A. Pro následné výpočty slouží výpočtové schéma Obr. 6.5, ve kterém jsou znázorněny již částečně zjednodušené impedance jednotlivých vývodů, které byly provedeny v předchozích kapitolách.



Obr. 6.5.
Výpočtové schéma č.2

6.5.1 Zjednodušení výpočtového schéma

$$Z_1 = Z_{VA} \parallel Z_{5A} = \mathbf{0,035 + j0,302} \quad [\Omega] \quad (52)$$

$$Z_2 = Z_{T101} + Z_{L2A} + Z_{L1A} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (53)$$

$$Z_3 = Z_{T102} + Z_{L2B} + Z_{L1B} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (54)$$

$$Z_4 = Z_{VB} \parallel Z_{5B} \parallel Z_{G2} = \mathbf{0,008 + j0,101} \quad [\Omega] \quad (55)$$

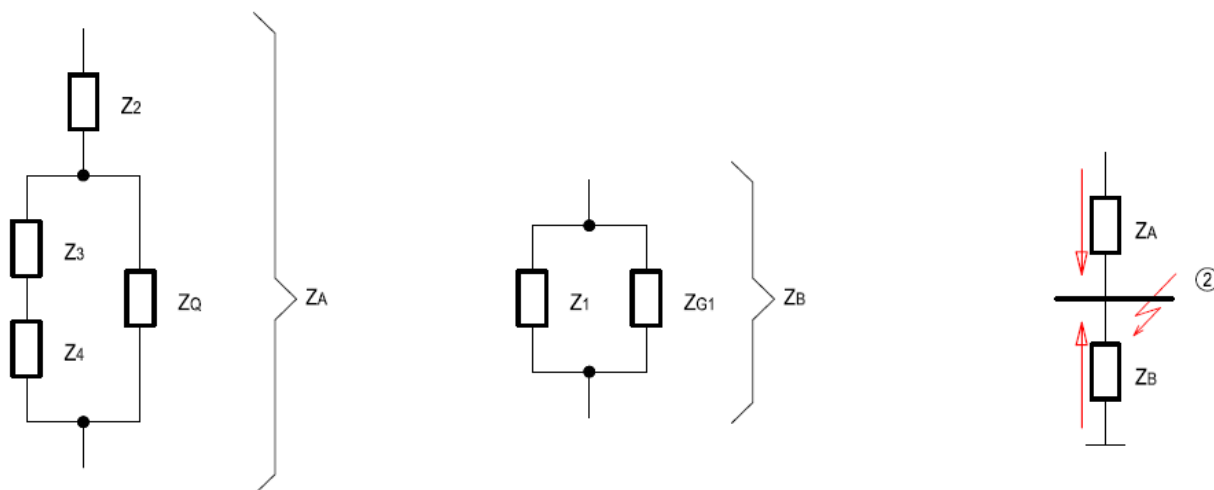


$$\mathbf{Z}_A = [(Z_3 + Z_4) \parallel Z_Q] + Z_2 = \mathbf{0,245} + \mathbf{j0,853}$$

$$|\mathbf{Z}_A| = \mathbf{0,888} \quad [\Omega] \quad (56)$$

$$\mathbf{Z}_B = Z_1 \parallel Z_{G1} = \mathbf{0,008} + \mathbf{j0,097}$$

$$|\mathbf{Z}_B| = \mathbf{0,097} \quad [\Omega] \quad (57)$$



Obr. 6.6.
Výpočtové zjednodušené schéma č.2

6.5.2 Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k

Pro stanovení celkového zkratového proudu provádím součet absolutních hodnot jednotlivých příspěvků dle rovnice (39).

Zkratové příspěvky od Z_A a Z_B :

$$I''_{kZ_A} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_A|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,888} = \mathbf{4\ 503} \quad [\text{A}] \quad (58)$$

$$I''_{kZ_B} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_B|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,097} = \mathbf{41\ 050} \quad [\text{A}] \quad (59)$$

Celkový počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k dle výpočtového schéma č.2:

$$I''_k = \sum_i I''_{ki} = I''_{kZ_A} + I''_{kZ_B} = \mathbf{45\ 553} \quad [\text{A}] \quad (60)$$



6.5.3 Nárazový zkratový proud i_p

Pro trojfázové zkraty je příspěvek nárazového zkratového proudu vyjádřen dle rovnice (43).

Označení zkratového příspěvku	I''_k [A]	i_p [A]
I''_{kZA}	4 503	9 130
I''_{kZB}	41 050	103 288

Tab. 6-5 Zkratové příspěvky

Označení impedance	Rezistance R [Ω]	Reaktance X [Ω]	R/X [-]	K [-]
Z_A	0,246	0,854	0,288	1,43
Z_B	0,008	0,097	0,085	1,78
$Z_A \parallel Z_B$	0,009	0,088	0,102	1,74

Tab. 6-6 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K

Celkový nárazový proud jednotlivých příspěvků zkratových proudů:

$$i_p = ip_{ZA} + ip_{ZB} = 122\,419 \quad [A] \quad (61)$$

6.5.4 Souměrný vypínací zkratový proud i_b

Výpočet souměrného vypínacího zkratového proudu:

$$i_b = \mu \cdot I''_k = 1.45\,553 = 45\,553 \quad [A] \quad (62)$$

Kde:

μ - Výpočet součinitele v 6.4.4

6.5.5 Stejnosemnná složka i_{dc}

Výpočet stejnosměrné složky i_{dc} zkratového proudu:

$$i_{dc} = \sqrt{2} \cdot I''_k \cdot e^{-\frac{2\pi f t R}{X}} =$$

$$= \sqrt{2} \cdot 45\,553 \cdot e^{-2\pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 0,102} = 21,46 \quad [A] \quad (63)$$

Kde:

I''_k - Počáteční souměrný zkratový proud [A]



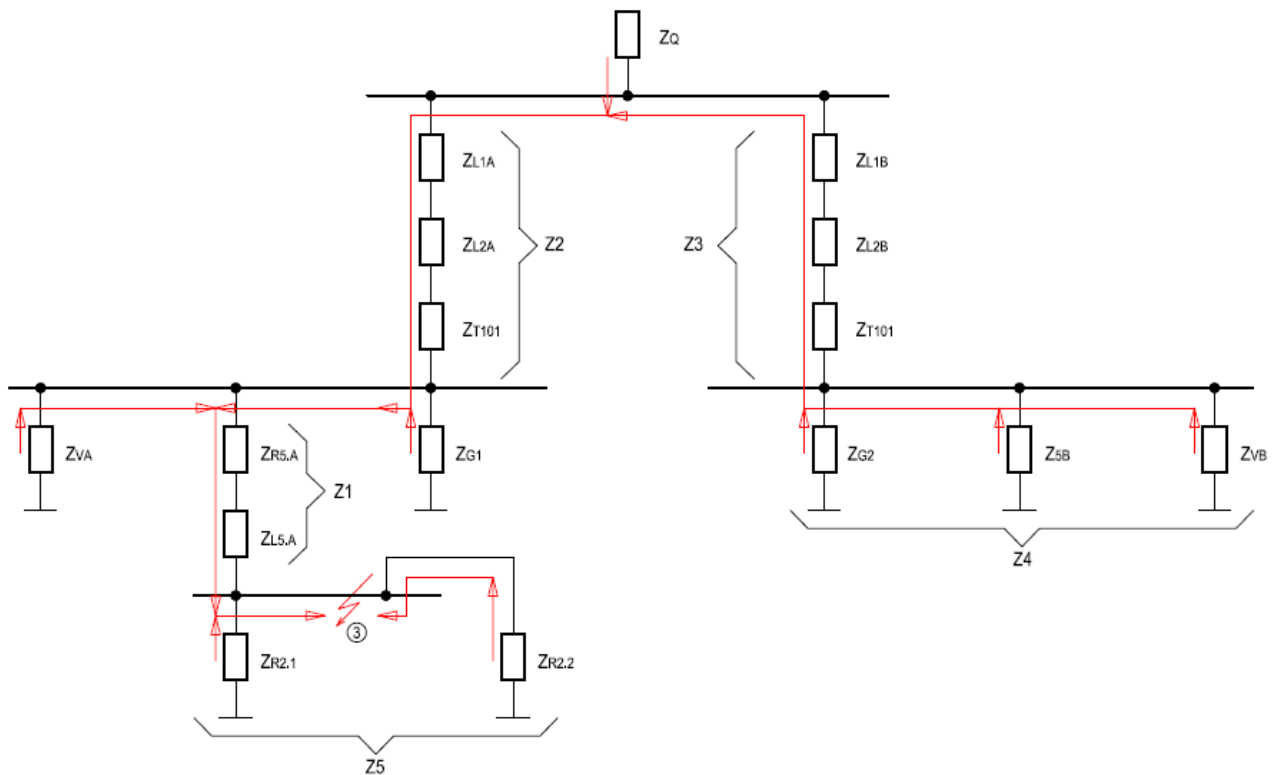
- f - Jmenovitý kmitočet [Hz]
 t - Vypínací čas 0,25 [s]
 R/X - Poměr uveden v Tab. 6-6

6.5.6 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.2

Typ proudu	Hodnota [kA]
I''_k	45,55
i_p	112,42
i_b	45,55
i_{dc}	0,0215

Tab. 6-7 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 2

6.6 Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.3



Obr. 6.7.
 Výpočtové schéma č.3

6.6.1 Zjednodušení výpočtového schéma

$$Z_1 = Z_{R5A} + Z_{L5A} = j0,182 \quad [\Omega] \quad (64)$$

$$Z_2 = Z_{T101} + Z_{L2A} + Z_{L1A} = 0,185 + j0,54 \quad [\Omega] \quad (65)$$



$$Z_3 = Z_{T102} + Z_{L2B} + Z_{L1B} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (66)$$

$$Z_4 = Z_{VB} \parallel Z_{5B} \parallel Z_{G2} = \mathbf{0,008 + j0,101} \quad [\Omega] \quad (67)$$

$$Z_5 = Z_{R2.1} \parallel Z_{R2.2} = \mathbf{0,121 + j0,552} \quad [\Omega] \quad (68)$$

$$Z_{A.1} = \{[(Z_3 + Z_4) \parallel Z_Q] + Z_2\} = \mathbf{0,246 + j0,854} \quad [\Omega] \quad (69)$$

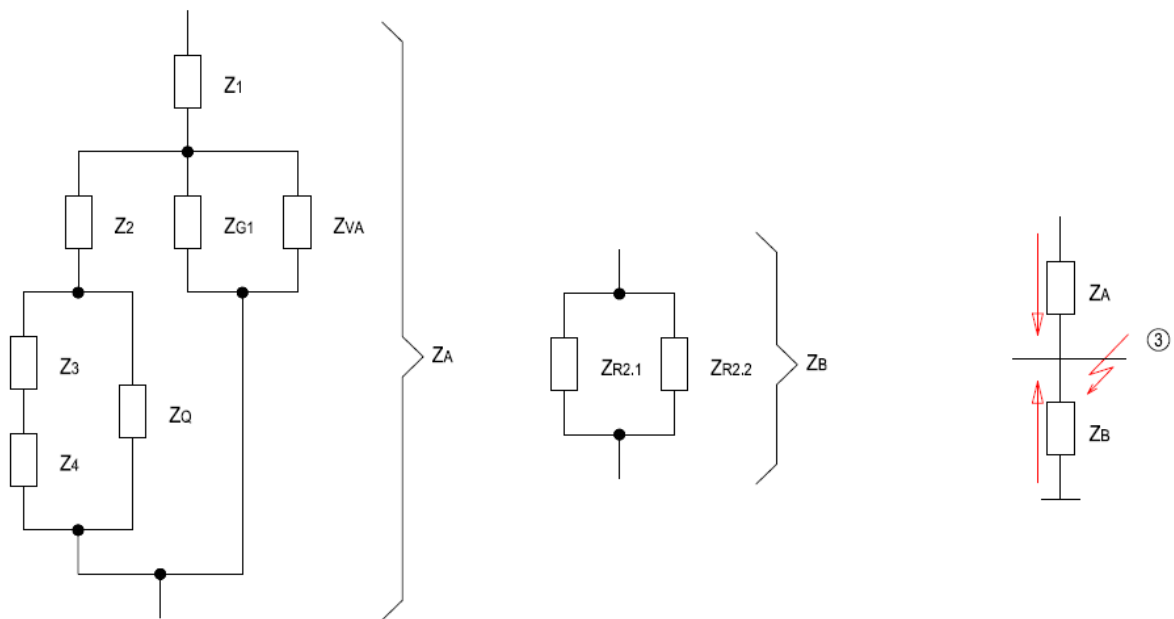
$$Z_{A.2} = (Z_{VA} \parallel Z_{G1}) = \mathbf{0,008 - j0,109} \quad [\Omega] \quad (70)$$

$$Z_A = (Z_{A.1} \parallel Z_{A.2}) + Z_1 = \mathbf{0,009 + j0,279} \quad [\Omega] \quad (71)$$

$$|Z_A| = \mathbf{0,279}$$

$$Z_B = Z_5 = \mathbf{0,121 + j0,552} \quad [\Omega] \quad (72)$$

$$|Z_B| = \mathbf{0,565}$$



Obr. 6.8.
Výpočtové zjednodušené schéma č.3



6.6.2 Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k

Pro stanovení celkového zkratového proudu provádím součet absolutních hodnot jednotlivých příspěvků dle rovnice (39).

Zkratové příspěvky od Z_A a Z_B :

$$I''_{kZA} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_A|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,278} = \mathbf{14\ 353} \quad [\text{A}] \quad (73)$$

$$I''_{kZB} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_B|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,565} = \mathbf{7\ 081} \quad [\text{A}] \quad (74)$$

Celkový počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k dle výpočtového schéma č.3:

$$I''_k = \sum_i I''_{ki} = I''_{kZA} + I''_{kZB} = \mathbf{21\ 433} \quad [\text{A}] \quad (75)$$

6.6.3 Nárazový zkratový proud i_p

Pro trojfázové zkraty je příspěvek nárazového zkratového proudu vyjádřen dle rovnice (43).

Označení zkratového příspěvku	I''_k [A]	i_p [A]
I''_{kZA}	14 353	38 595
I''_{kZB}	7 081	15 287

Tab. 6-8 Zkratové příspěvky

Označení impedance	Rezistance R [Ω]	Reaktance X [Ω]	R/X [-]	K [-]
Z_A	0,010	0,279	0,035	1,9
Z_B	0,121	0,552	0,22	1,53
$Z_A \parallel Z_B$	0,018	0,187	0,096	1,75

Tab. 6-9 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K

Celkový nárazový proud jednotlivých příspěvků zkratových proudů:

$$i_p = ip_{ZA} + ip_{ZB} = \mathbf{53\ 883} \quad [\text{A}] \quad (76)$$



6.6.4 Souměrný vypínací zkratový proud i_b

Výpočet souměrného vypínacího zkratového proudu:

$$i_b = \mu \cdot I_k'' = 1,21433 = 21433 \quad [\text{A}] \quad (77)$$

kde:

μ - Výpočet součinitele v 6.4.4

6.6.5 Stejnoseměrná složka i_{dc}

Výpočet stejnosměrné složky i_{dc} zkratového proudu:

$$\begin{aligned} i_{dc} &= \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot e^{-\frac{2\pi f t R}{X}} = \\ &= \sqrt{2} \cdot 21433 \cdot e^{-2\pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 0,096} = 16,17 \quad [\text{A}] \quad (78) \end{aligned}$$

kde:

I_k'' - Počáteční souměrný zkratový proud [A]

f - Jmenovitý kmitočet [Hz]

t - Vypínací čas 0,25 [s]

R/X - Poměr uveden v 0 v Tab. 6-9

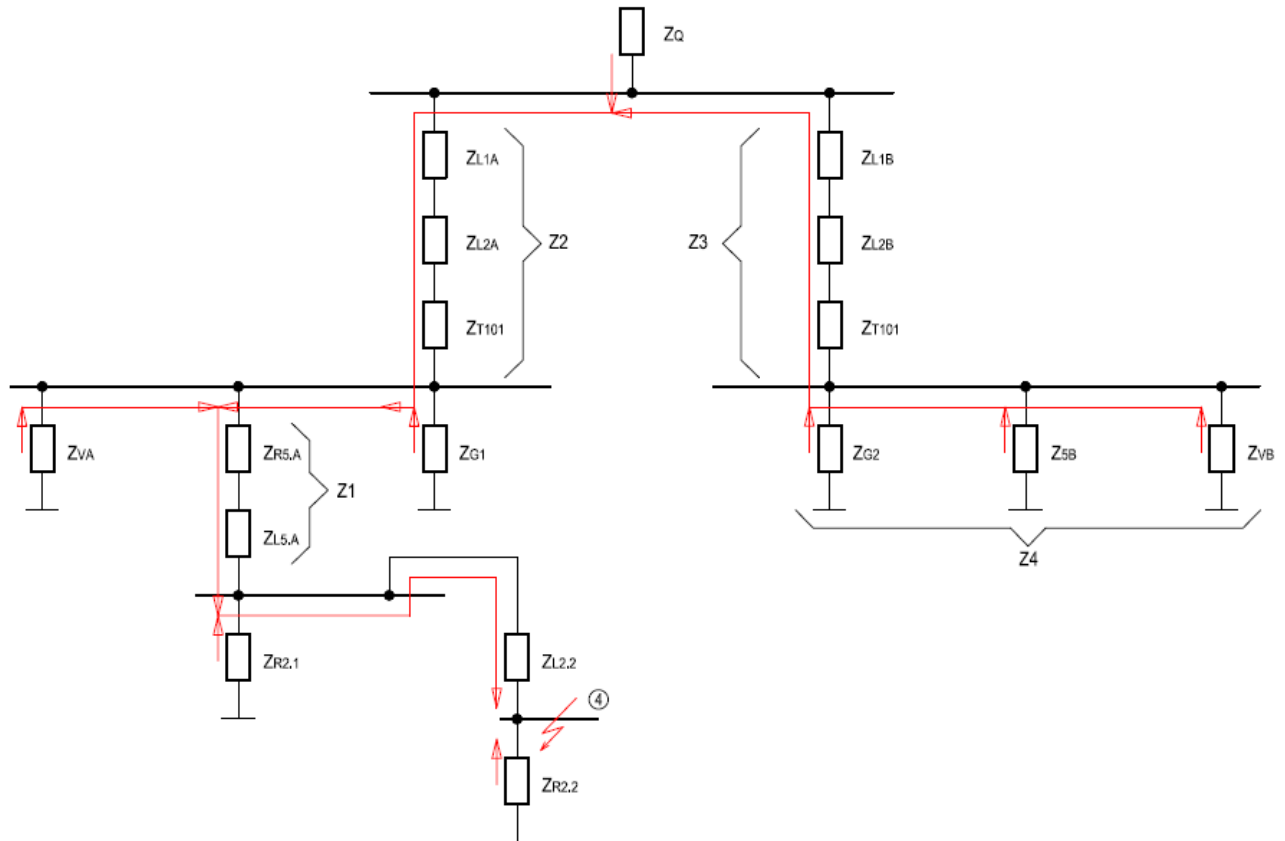
6.6.6 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.3

Typ proudu	Hodnota [kA]
I_k''	21,43
i_p	53,88
i_b	21,43
i_{dc}	0,0162

Tab. 6-10 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 3



6.7 Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.4



Obr. 6.9.
Výpočtové schéma č.4

6.7.1 Zjednodušení výpočtového schéma

$$Z_1 = Z_{R5A} + Z_{L5A} = \mathbf{j0,182} \quad [\Omega] \quad (79)$$

$$Z_2 = Z_{T101} + Z_{L2A} + Z_{L1A} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (80)$$

$$Z_3 = Z_{T102} + Z_{L2B} + Z_{L1B} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (81)$$

$$Z_4 = Z_{VB} \parallel Z_{5B} \parallel Z_{G2} = \mathbf{0,008 + j0,101} \quad [\Omega] \quad (82)$$

$$Z_{A.1} = \{[(Z_3 + Z_4) \parallel Z_Q] + Z_2\} = \mathbf{0,246 + j0,854} \quad [\Omega] \quad (83)$$

$$Z_{A.2} = (Z_{VA} \parallel Z_{G1}) = \mathbf{0,009 + j0,109} \quad [\Omega] \quad (84)$$

$$Z_A = \{[(Z_{A.1} \parallel Z_{A.2}) + Z_1] \parallel Z_{R2.1}\} + Z_{LR2.2} = \\ = \mathbf{0,017 + j0,219}$$

$$|Z_A| = \mathbf{0,218} \quad [\Omega] \quad (85)$$

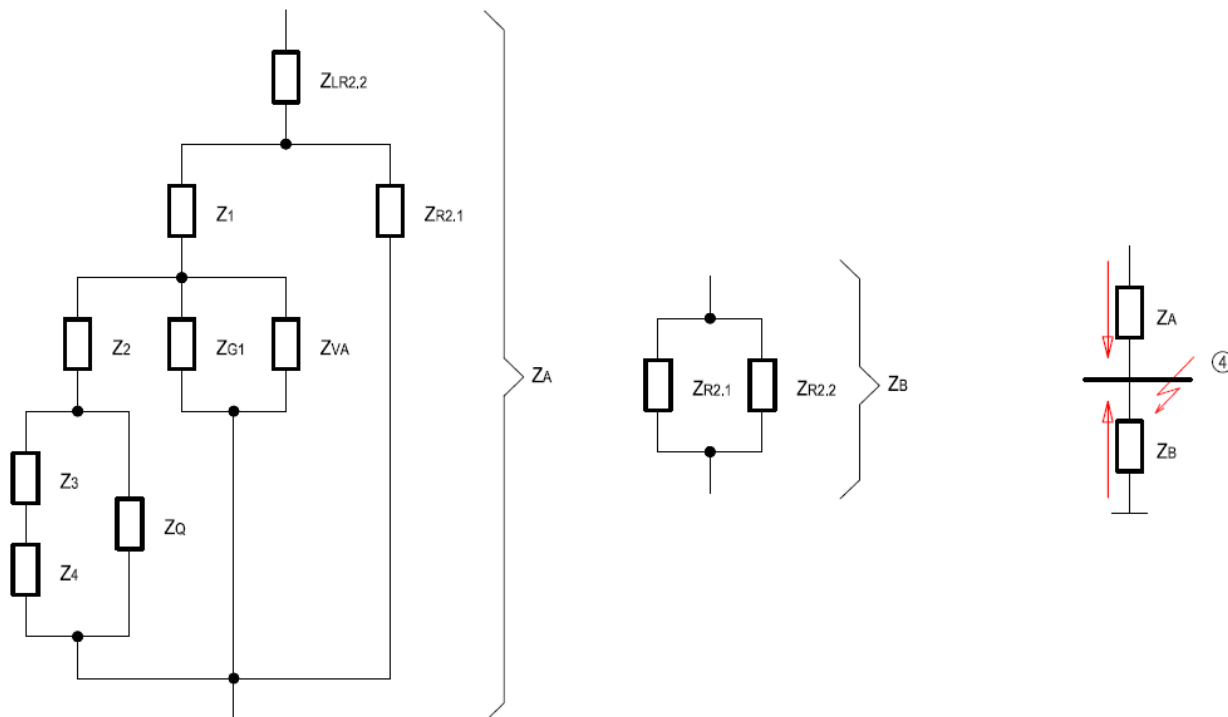


$$\mathbf{Z}_B = \mathbf{Z}_{R2.2} = \mathbf{0,27 + j1,28}$$

$$|\mathbf{Z}_B| = 1,308$$

[Ω]

(86)



Obr. 6.10.
Výpočtové zjednodušené schéma č.4

6.7.2 Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k

Pro stanovení celkového zkratového proudu provádím součet absolutních hodnot jednotlivých příspěvků dle rovnice (39).

Zkratové příspěvky od Z_A a Z_B :

$$I''_{kZA} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_A|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,218} = \mathbf{18\,320} \quad [\text{A}] \quad (87)$$

$$I''_{kZB} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_B|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,308} = \mathbf{3\,059} \quad [\text{A}] \quad (88)$$



Celkový počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k dle výpočtového schéma č.4:

$$I''_k = \sum_i I''_{ki} = I''_{kZA} + I''_{kZB} = 21\,378 \quad [\text{A}] \quad (89)$$

6.7.3 Nárazový zkratový proud i_p

Pro trojfázové zkraty je příspěvek nárazového zkratového proudu vyjádřen dle rovnice (43).

Označení zkratového příspěvku	I''_k [A]	i_p [A]
I''_{kZA}	18 320	46 613
I''_{kZB}	3 058	6 663

Tab. 6-11 Zkratové příspěvky

Označení impedance	Rezistance R [Ω]	Reaktance X [Ω]	R/X [-]	K [-]
Z_A	0,017	0,218	0,076	1,80
Z_B	0,27	1,28	0,21	1,54
$Z_A \parallel Z_B$	0,018	0,186	0,097	1,75

Tab. 6-12 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K

Celkový nárazový proud jednotlivých příspěvků zkratových proudů:

$$i_p = ip_{ZA} + ip_{ZB} = 53\,278 \quad [\text{A}] \quad (90)$$

6.7.4 Souměrný vypínací zkratový proud i_b

Výpočet souměrného vypínacího zkratového proudu:

$$i_b = \mu \cdot I''_k = 1.21\,460 = 21\,378 \quad [\text{A}] \quad (91)$$

kde:

μ - Výpočet součinitele v 6.4.4



6.7.5 Stejnosečná složka i_{dc}

Výpočet stejnosměrné složky i_{dc} zkratového proudu:

$$i_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot e^{-\frac{2\pi f t R}{X}} =$$
$$= \sqrt{2} \cdot 21\,378 \cdot e^{-2\pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 0,097} = \mathbf{14,91} \quad [A] \quad (92)$$

kde:

- I_k'' - Počáteční souměrný zkratový proud [A]
f - Jmenovitý kmitočet [Hz]
t - Vypínací čas 0,25 [s]
R/X - Poměr uveden v 6.7.3 v Tab. 6-12

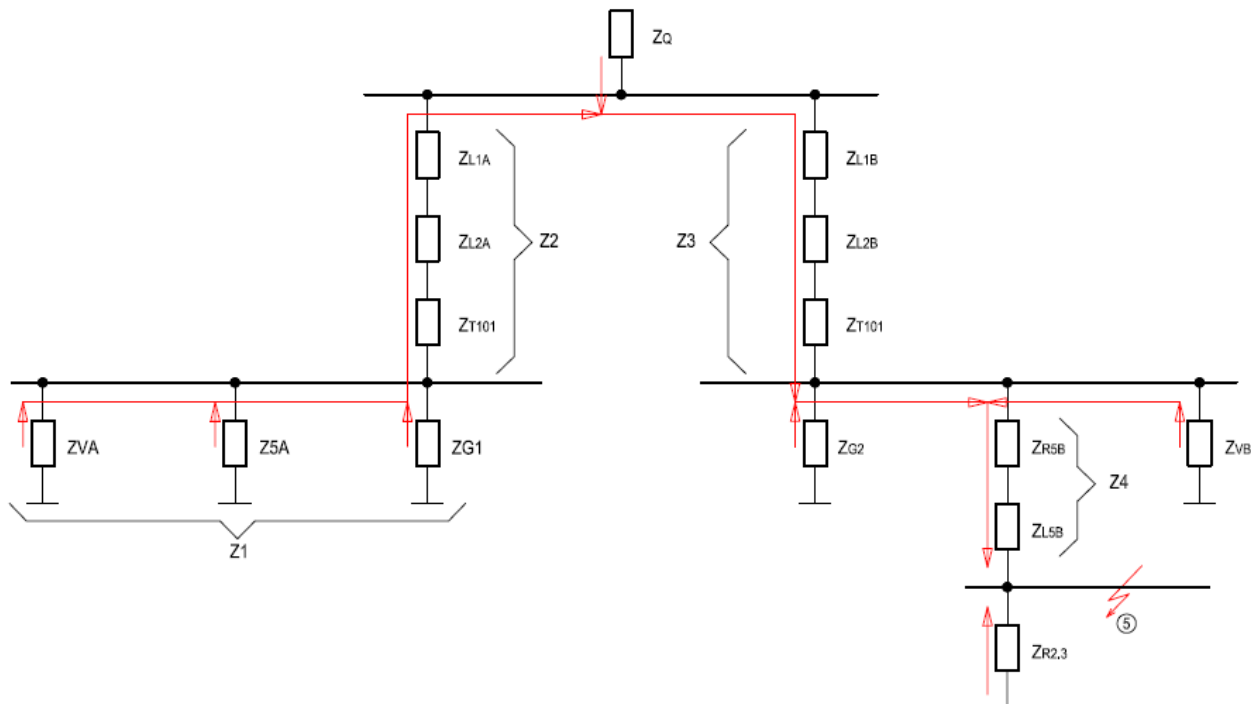
6.7.6 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.4

Typ proudu	Hodnota [kA]
I_k''	21,38
i_p	53,28
i_b	21,38
i_{dc}	0,0149

Tab. 6-13 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 4



6.8 Výpočet zkratových poměrů pro zkrat č.5



Obr. 6.11.
Výpočtové schéma č.5

6.8.1 Zjednodušení výpočtového schéma

$$Z_1 = Z_{VA} \parallel Z_{5A} \parallel Z_{G1} = \mathbf{0,008 + j0,097} \quad [\Omega] \quad (93)$$

$$Z_2 = Z_{T101} + Z_{L2A} + Z_{L1A} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (94)$$

$$Z_3 = Z_{T102} + Z_{L2B} + Z_{L1B} = \mathbf{0,185 + j0,54} \quad [\Omega] \quad (95)$$

$$Z_4 = Z_{R5B} + Z_{L5B} = \mathbf{j0,182} \quad [\Omega] \quad (96)$$

$$Z_{A.1} = \{[(Z_1 + Z_2) \parallel Z_Q] + Z_3\} = \mathbf{0,184 + j0,59} \quad [\Omega] \quad (97)$$

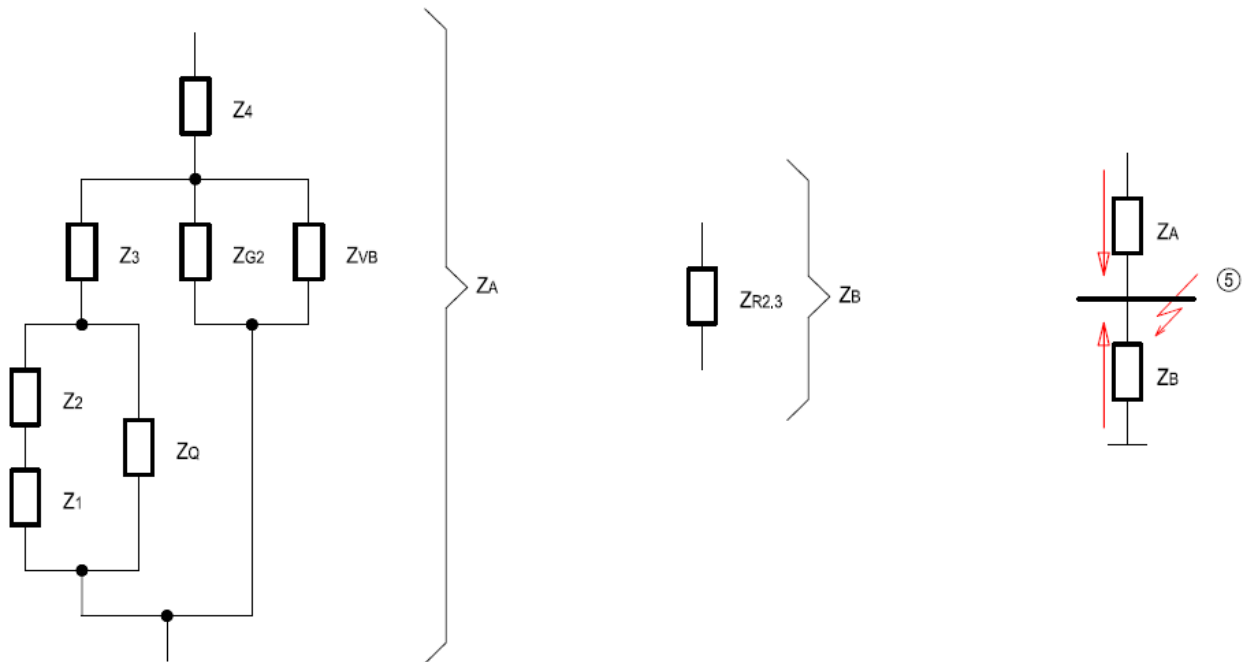
$$Z_{A.2} = (Z_{VB} \parallel Z_{G2}) = \mathbf{0,008 + j0,105} \quad [\Omega] \quad (98)$$

$$Z_A = (Z_{A.1} \parallel Z_{A.2}) + Z_4 = \mathbf{0,009 + j0,271}$$

$$|Z_A| = \mathbf{0,272} \quad [\Omega] \quad (99)$$

$$Z_B = Z_{R2.3} = \mathbf{0,81 + j3,27}$$

$$|Z_B| = \mathbf{3,369} \quad [\Omega] \quad (100)$$



Obr. 6.12.
Výpočtové zjednodušené schéma č.5

6.8.2 Počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k

Pro stanovení celkového zkratového proud provádím součet absolutních hodnot jednotlivých příspěvků dle rovnice (39).

Zkratové příspěvky od Z_A a Z_B

$$I''_{kZ_A} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_A|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,272} = \mathbf{14\ 734} \quad [\text{A}] \quad (101)$$

$$I''_{kZ_B} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_B|} = \frac{1,1 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 3,369} = \mathbf{1\ 187} \quad [\text{A}] \quad (102)$$

Celkový počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_k dle výpočtového schéma č.5

$$I''_k = \sum_i I''_{ki} = I''_{kZ_A} + I''_{kZ_B} = \mathbf{15\ 922} \quad [\text{A}] \quad (103)$$



6.8.3 Nárazový zkratový proud i_p

Pro trojfázové zkraty je příspěvek nárazového zkratového proudu vyjádřen dle rovnice (43).

Označení zkratového příspěvku	I''_k [A]	i_p [A]
I''_{kZA}	14 734	39 549
I''_{kZB}	1 187	2 496

Tab. 6-14 Zkratové příspěvky

Označení impedance	Rezistance R [Ω]	Reaktance X [Ω]	R/X [-]	K [-]
Z_A	0,010	0,271	0,037	1,90
Z_B	0,810	3,270	0,248	1,49
$Z_A + Z_B$	0,013	0,251	0,052	1,86

Tab. 6-15 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K

Celkový nárazový proud jednotlivých příspěvků zkratových proudů:

$$i_p = ip_{ZA} + ip_{ZB} = 42\,045 \quad [A] \quad (104)$$

6.8.4 Souměrný vypínací zkratový proud i_b

Výpočet souměrného vypínacího zkratového proudu:

$$i_b = \mu \cdot I''_k = 1.15\,922 = 15\,922 \quad [A] \quad (105)$$

kde:

μ - Výpočet součinitele v 6.4.4

6.8.5 Stejnosemnná složka i_{dc}

Výpočet stejnosměrné složky i_{dc} zkratového proudu:

$$i_{dc} = \sqrt{2} \cdot I''_k \cdot e^{-\frac{2\pi f t R}{X}} = \\ = \sqrt{2} \cdot 15\,922 \cdot e^{-2\pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 0,05} = 379,9 \quad [A] \quad (106)$$

kde:

I''_k - Počáteční souměrný zkratový proud [A]

f - Jmenovitý kmitočet [Hz]



t	-	Vypínací čas 0,25	[s]
R/X	-	Poměr uveden v 6.8.3 v Tab. 6-15	

6.8.6 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č.5

Typ proudu	Hodnota [kA]
I''_k	15,92
i_p	42,05
i_b	15,92
i_{dc}	0,380

Tab. 6-16 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 5

7 KONTROLA NAVRŽENÝCH ZDROJŮ PŘI SAMONAJÍŽDĚNÍ SKUPINY ELEKTROMOTORŮ

Při samonajíždění je výpočtově kontrolován úbytek napětí na přípojnicích, ze kterých jsou napájeny spotřebiče ve stavu samonajíždění. Úbytek napětí nesmí klesnout pod přípustnou hodnotu hodnotu 65% U_n . Uvedená hodnota úzce souvisí s kritickým napětím asynchronních motorů, což je napětí, při němž se motor zatížený jmenovitým momentem zastaví a stojící motor se již nerozběhne.[2]

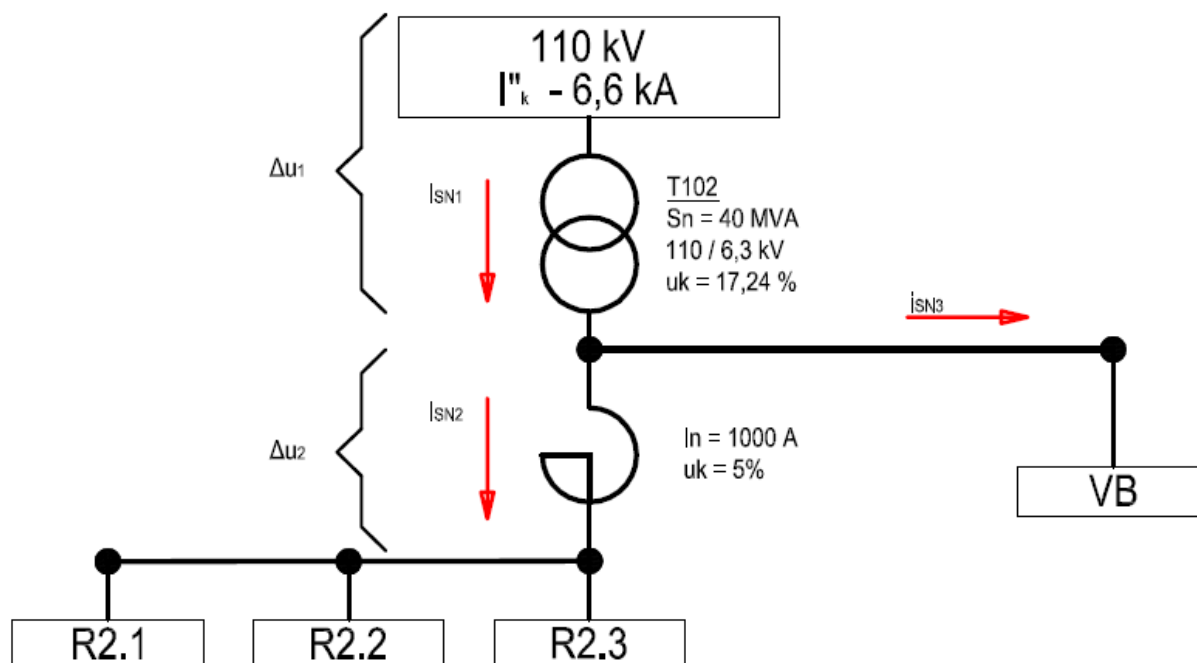
Výpočty provádím za následujících předpokladů:

- Otáčky motorů během automatického přepínání na rezervní zdroj a obráceně klesnou na nulu, ačkoliv tento případ nastává jen zřídka.[2]
- Při výpočtech uvažuji se jmenovitými příkony S_{pn} pro část zátěže podléhající SN.
- Při výpočtech uvažuji i zatížení ostatních zařízení, která nepodléhají samonajíždění, ale vzhledem k příkonům přispívají k úbytkům napětí. Při výpočtech pro tyto zařízení uvažuji se současným příkonem S_{ps} .
- Výkon turbogenerátoru není uvažován.
- Pro výpočet volím soustavu vztažných veličin.



7.1 Samonajíždění v úsekových rozvodnách VN

Kontrolu pro samonajíždění provádím v úsekových VN rozvodnách vlastní spotřeby. Pro přípravu výpočtového schéma předpokládám nejnepříznivější stav, a to přepnutí rozvoden R2.1 a R2.2 na rezervní zdroj. V tomto případě dojde k odpojení od pracovního zdroje, tj. přívodu z hlavního VN rozvodny (vývod 5A) a připojení k rezervnímu zdroji z hlavní VN rozvodny (vývod 5B). Rezervní přívod je proveden smyčkou z rozvodny R2.3.



Obr. 7.1.
Výpočtové schéma SN1



7.1.1 Výkonová bilance

Při výpočtech uvažují se jmenovitým zatížením S_{pn} u rozveden podléhající SN a dále s celkovým současným zatížením S_{ps} u vývodů, které přechodnému stavu SN nepodléhají, ale přispívají k úbytkům napětí. Hodnoty zatížení uvádím v Tab. 7-1.

Označení spotřeby	S_{pn} [kVA]	I_z [I_z/I_N]	S_{ps} [kVA]
VN Rozvodna (R2.1)	1930	5	
	1071	6	
VN Rozvodna (R2.2)	949	5	
	2142	6	
VN Rozvodna (R2.3)			1488
Průmyslový závod (VB)			25578

Tab. 7-1 Výkonová bilance pro SN

7.1.2 Určení impedance jednotlivých prvků

Výpočty provádím v poměrných jednotkách. Jako vztažný výkon volím $S_v = 40$ MVA.

Zdroj X_q :

$$x_q = \frac{S_v}{S_q} = \frac{40 \cdot 10^6}{6,6 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^3} = \mathbf{0,055} \quad [-] \quad (107)$$

Transformátor T_{102} :

$$x_t = U_k \frac{S_v}{S_{nt}} = \frac{17,24}{100} \cdot \frac{40 \cdot 10^6}{40 \cdot 10^6} = \mathbf{0,1724} \quad [-] \quad (108)$$

Reaktor vývodu 5_B :

$$x_r = U_k \frac{S_v}{S_{nr}} = \frac{5}{100} \cdot \frac{40 \cdot 10^6}{10^3 \cdot 6,3 \cdot 10^3} = \mathbf{0,317} \quad [-] \quad (109)$$



Poměrná reaktance všech spotřebičů:

$$\begin{aligned}x_{SN1} &= \frac{S_v}{\sum_i i_{zi} \cdot S_{pni} + S_{psR2.3} + S_{psVB}} = \\&= \frac{40 \cdot 10^6}{5.1930 \cdot 10^3 + 6.1071 \cdot 10^3 + 5.949 \cdot 10^3 + 2.6 \cdot 1071 \cdot 10^3 + 1488 \cdot 10^3 + 25578 \cdot 10^3} = \\&= \frac{40 \cdot 10^6}{60,74 \cdot 10^6} = \mathbf{0,65} \quad [-] \quad (110)\end{aligned}$$

Poměrná reaktance spotřebičů bez zařízení průmyslového závodu:

$$\begin{aligned}x_{SN2} &= \frac{S_v}{\sum_i i_{zi} \cdot S_{pni} + S_{psR2.3}} = \\&= \frac{40 \cdot 10^6}{5.1930 \cdot 10^3 + 6.1071 \cdot 10^3 + 5.949 \cdot 10^3 + 2.6 \cdot 1071 \cdot 10^3 + 1488 \cdot 10^3} = \mathbf{1,137} \quad [-] \quad (111)\end{aligned}$$

Poměrná reaktance spotřebičů průmyslového závodu:

$$x_{SN3} = \frac{S_v}{S_{psVB}} = \mathbf{1,56} \quad [-] \quad (112)$$

Poměrný proud při SN:

$$i_{SN1} = \frac{U_c}{x_{SN1} + x_q + x_t} = \frac{1}{0,65 + 0,05 + 0,1724} = \mathbf{1,146} \quad [-] \quad (113)$$

$$i_{SN3} = \frac{U_c}{x_{SN3} + x_q + x_t} = \frac{1}{1,56 + 0,05 + 0,1724} = \mathbf{0,56} \quad [-] \quad (114)$$

$$i_{SN2} = i_{SN1} - i_{SN3} = \mathbf{0,586} \quad [-] \quad (115)$$

Poměrný úbytek napětí při SN:

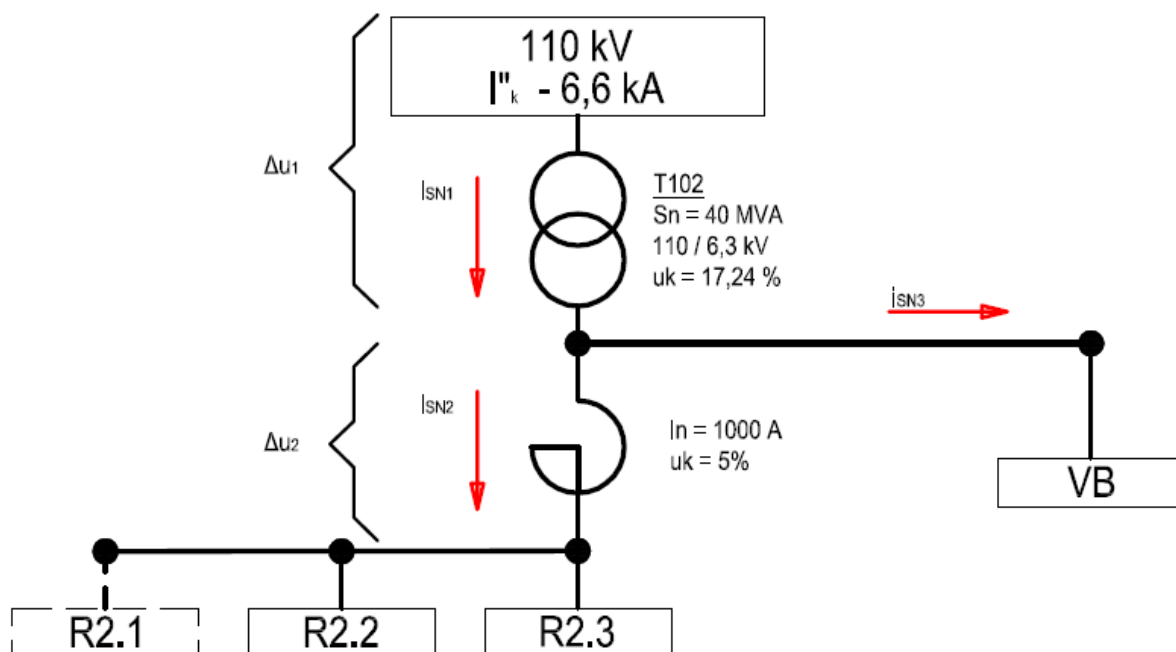
$$\Delta u_1 = i_{SN1} \cdot (x_q + x_T) = 1,146 \cdot (0,05 + 0,1724) = \mathbf{0,254} \quad [-] \quad (116)$$

$$\Delta u_2 = i_{SN2} \cdot x_R = 0,586 \cdot 0,317 = \mathbf{0,18} \quad [-] \quad (117)$$

$$\Delta u_C = \Delta u_1 + \Delta u_2 = 0,254 + 0,18 = \mathbf{0,43} \quad [-] \quad (118)$$



Výpočtem byl stanoven pokles napětí na hodnotu 43%. Tento pokles napětí není přijatelný, a proto je výpočet opakován pro SN jen rozvodny R2.2 dle výpočtového schématu Obr. 7.2.



Obr. 7.2.
Výpočtové schéma SN2

Poměrná reaktance všech spotřebičů bez zařízení rozvodny R2.1:

$$x_{SN1} = \frac{S_v}{\sum_i i_{zi} \cdot S_{pni} + S_{psR2.3} + S_{psVB}} =$$
$$= \frac{40 \cdot 10^6}{5.949 \cdot 10^3 + 2.6 \cdot 1071 \cdot 10^3 + 1488 \cdot 10^3 + 25578 \cdot 10^3} = 0,895 \quad [-] \quad (119)$$

Poměrná reaktance všech spotřebičů bez zařízení rozvodny R2.1 a zařízení průmyslového závodu :

$$x_{SN2} = \frac{S_v}{\sum_i i_{zi} \cdot S_{pni} + S_{psR2.3}} =$$
$$= \frac{40 \cdot 10^6}{5.949 \cdot 10^3 + 2.6 \cdot 1071 \cdot 10^3 + 1488 \cdot 10^3} = 2,095 \quad [-] \quad (120)$$



Poměrný proud při SN:

$$i_{SN1} = \frac{U_c}{x_{SN1} + x_q + x_t} = \frac{1}{0,895 + 0,05 + 0,1724} = \mathbf{0,894} \quad [-] \quad (121)$$

$$i_{SN2} = i_{SN1} - i_{SN3} = 0,894 - 0,56 = \mathbf{0,33} \quad [-] \quad (122)$$

kde:

i_{sn3} - Hodnota vypočítaná v (114)

Poměrný úbytek napětí při SN:

$$\Delta u_1 = i_{SN1} \cdot (x_q + x_T) = 0,894 \cdot (0,05 + 0,1724) = \mathbf{0,1988} \quad [-] \quad (123)$$

$$\Delta u_2 = i_{SN2} \cdot x_R = 0,33 \cdot 0,317 = \mathbf{0,1} \quad [-] \quad (124)$$

$$\Delta u_c = \Delta u_1 + \Delta u_2 = 0,1988 + 0,1 = \mathbf{0,298} \quad [-] \quad (125)$$

Výpočet při uvažování SN pouze rozvodny R2.2 je příznivější a úbytek napětí činí 29,8%.

Z uvedených výsledků plyne, že pro režim SN je zapotřebí přijmout technická opatření, např. v podobě sekvenčního SN pro jednotlivé VN rozvodny, kdy toto zpoždění bude stanoveno podle doby rozběhu asynchronních motorů.

Vzhledem k tomu, že k úsekovým VN rozvodnám jsou připojeny úsekové NN rozvodny, je zbývající napěťová rezerva pro SN u NN rozveden nedostatečná a rozvodny NN je zapotřebí vyzbrojit zařízením pro podpěťové odpojení napájecích vývodů.

Bližší popis je zmíněn v kapitole 7.2.

7.2 Samonajíždění v úsekových rozvodnách NN

Samonajíždění úsekových NN rozveden je dvojího typu. V prvním případě se jedná o SN při provedeném přepnutí napájení v úsekových VN rozvodnách na rezervní zdroj z důvodu výpadku pracovního zdroje.

V druhém případě se jedná o výpadek pracovního zdroje jen pro část úsekové NN rozvodny a následné přepojení této postižené rozvodny na rezervní zdroj.



V prvním případě bude úbytek napětí způsobený nejen najížděním spotřebičů dané NN rozvodny, ale také způsobený najížděním ostatních spotřebičů, u kterých vlivem přepnutí na rezervní zdroj v části VN došlo ke stavu samonajíždění.

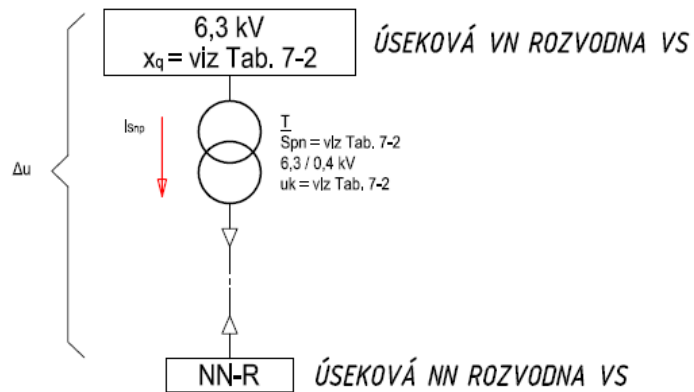
Budu-li navazovat na případ, který je počítán v kapitole 7.1, bude v některých případech úbytek napětí překračovat dovolenou hranici $0,35 U_n$ na přípojnicích v rozvodnách NN. V tomto případě je zapotřebí realizovat přiměřené technické opatření, např. instalaci podpěťových relé, na méně důležité vývody, které při sníženém U_n zapůsobí a odpojí daný vývod od napětí. Následně při zvýšení napětí nad mez $>0,8 U_n$ připojí daný vývod a je pokračováno v SN dalších spotřebičů.

V druhém případě se jedná o běžný způsob samonajíždění, který je k úbytku napětí příznivější a nehrozí tak snížení napětí na přípojnicích NN rozvodny o $>0,35 U_n$.

Kontrola úbytku napětí v úsekových rozvodnách NN je provedena při stavu, kdy polovina rozvodny je přepojena na rezervní zdroj, tedy podléhá stavu samonajíždění při předpokladu záběrných proudů pro start točivých strojů z nulových otáček a druhá polovina rozvodny je ve výpočtu výkonově uvažována se současným příkonem.

Pro názornost uvádím postup výpočtu pouze pro jednu rozvodnu, pro napájecí přívod z T2.12. Výsledky pro jednotlivé zdroje jsou vloženy do Tab. 7-2. Záměrně vynechávám výpočet samonajíždění pro zdroje k rozvodně RS3.1 (osvětlení), jelikož tato rozvodna tomuto stavu nepodléhá.

Ve výpočtech uvažuji rezistenci NN přívodní kabeláže. Pro zjednodušení výpočtu SN v rozvodnách NN, jsem úsekové VN rozvodny uvažoval jako jediný výpočtový zdroj. Provedl jsem výpočet zkratového výkonu, ze kterého jsem vyjádřil poměrným přepočtem reaktanci napájecího zdroje. Vztažné výkony pro jednotlivé výpočty volím vždy dle jmenovitého zdánlivého výkonu transformátorů.



Obr. 7.3. Výpočtové schéma SN3

Reaktance zdroje X_q :

$$x_q = \frac{S_v}{S_q} = \frac{250 \cdot 10^3}{135,1 \cdot 10^6} = \mathbf{0,002} \quad [-] \quad (126)$$

Reaktance transformátoru T2.12:

$$x_t = U_k \frac{S_v}{S_{nT}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{250 \cdot 10^3}{250 \cdot 10^3} = \mathbf{0,04} \quad [-] \quad (127)$$

Reaktance kabelového vedení z T2.12:

$$x_L = R_V \frac{S_v}{U_n^2} = 0,039 \cdot \frac{250 \cdot 10^3}{400^2} = \mathbf{0,06} \quad [-] \quad (128)$$

Reaktance spotřebičů:

$$x_{SN} = \frac{S_v}{\sum_i i_{zi} \cdot S_{pni} + S_{ps}} = \frac{250 \cdot 10^3}{5.145 \cdot 10^3 + 92,13 \cdot 10^3} = \mathbf{0,31} \quad [-] \quad (129)$$

Poměrný proud při SN:

$$i_{SN} = \frac{U_c}{x_{SN} + x_q + x_t + x_l} = \frac{1}{0,31 + 0,002 + 0,04 + 0,06} = \mathbf{2,45} \quad [-] \quad (130)$$



Poměrný úbytek napětí při SN:

$$\Delta u_1 = i_{SN} \cdot (x_q + x_t + x_l) = 2,45 \cdot (0,002 + 0,04 + 0,06) = \mathbf{0,251} \quad [-] \quad (131)$$

Označení TR	Označení připojené rozvodny	S_q	S_T	U_k	U_{nm}	R_v	S_{pn}	S_{ps}	I_z	x_q	x_T	x_{sn}	x_L	i_{sn}	Δu
		[MVA]	[kVA]	[%]											
T2.12	R4.1	135,1	250	4	400	0,039	145	92,13	5	0,002	0,04	0,31	0,06	2,45	25,1
T2.13	R4.3 + R4.2	135,1	400	4	400	0,025	57,2	115,23	5	0,003	0,04	1,00	0,06	0,91	9,6
T2.14	R4.4 + 1/2 R4.5	135,1	800	4	400	0,008	285	294,85	5	0,006	0,04	0,47	0,04	1,81	15,6
T2.15	R4.81 + R4.82	135,1	1250	6	400	0,006	900	564,27	5	0,009	0,06	0,25	0,05	2,76	32,0
T2.21	R4.1	134,8	250	4	400	0,039	145	92,13	5	0,002	0,04	0,31	0,06	2,45	25,1
T2.22	R4.2	134,8	250	4	400	0,039	133	85,09	5	0,002	0,04	0,33	0,06	2,29	23,6
T2.23	R4.5 + 1/2 R4.6	134,8	800	6	400	0,008	285	294,85	5	0,006	0,06	0,47	0,04	1,75	18,5
T2.24	R4.7	134,8	800	6	400	0,039	101	63,14	5	0,006	0,06	1,41	0,20	0,60	15,6
T2.32	R4.3	100,2	160	4	400	0,039	57	36,4	5	0,002	0,04	0,50	0,04	1,73	13,9
T2.33	R4.6 + 1/2 R4.4	100,2	800	6	400	0,008	285	294,85	5	0,008	0,06	0,47	0,04	1,74	18,8
T2.34	R4.7	100,2	250	4	400	0,039	101	63,14	5	0,002	0,04	0,44	0,06	1,84	19,0
T2.35	R4.81 + R4.82	100,2	1250	6	400	0,006	900	564,27	5	0,01	0,06	0,25	0,05	2,73	32,6

Tab. 7-2 Výpočet úbytku napětí při SN v NN rozvodnách VS

Z uvedené tabulky plyne, že úbytek napětí není vyšší než 35% U_n , a proto lze konstatovat, že návrh zdrojů je pro režim SN vyhovující.

8 KONTROLA NAVRŽENÝCH ZDROJŮ PŘI SPOUŠTĚNÍ NEJVĚTŠÍHO SPOTŘEBIČE

V tomto případě vycházím ze situace, kdy na přípojnicích jsou připojeny všechny asynchronní motory a spotřebiče vlastní spotřeby a spouštím rezervní asynchronní motor o největším výkonu. V tomto případě volím napáječku EN3.

Pro nejméně příznivou situaci budu počítat se jmenovitým zatížením napájecí sekce.



Kontrola napěťových poměrů na přípojnicích při SP souvisí s velkým záběrným proudem spouštěného největšího elektromotoru. Pokud by napětí kleslo pod přípustnou hodnotu, mohla by být ohrožena činnost zařízení VS.

Především se jedná o činnost asynchronních motorů (pohonů), u kterých je velikost momentu závislá na druhé mocnině poměru napětí a spouštěný motor by se nemusel rozběhnout.

Při normálním spouštění jednotlivých elektromotorů nemá napětí na přípojnicích klesnout pod 85% jmenovitého napětí a nesmí klesnout pod 80% jmenovitého napětí.

Výpočty provádím za následujících předpokladů:

- Použiji jen reaktanci předběžné zátěže, jejíž zdánlivý příkon je S_{pn} .
Vzhledem k počtu připojených zařízení v úsekových NN rozvodnách, vycházím z celkové zátěže S_{np} pro daný napájecí vývod dané úsekové VN rozvodny a středního $\sin \varphi$, který je průměrem všech spotřebičů v úsekových NN rozvodnách.
- Všechny motory pracují se jmenovitým zdánlivým příkonem a jmenovitým účínkem.
- Pro výpočet volím soustavu vztažných veličin.

Poměrná reaktance elektronapáječky EN3:

$$x_m = \frac{1}{I_z} \cdot \frac{S_v}{S_{rM}} = \frac{40 \cdot 10^6}{\frac{6.1600 \cdot 10^3}{0,8}} = 3,33 \quad [-] \quad (132)$$

Celková poměrná reaktance předběžného zatížení bez největšího spotřebiče:

$$x_p = \frac{S_v}{\sum_i \sin \varphi \cdot S_{pniVA} + \sum_i \sin \varphi \cdot S_{pniR2.1} + \sum_i \sin \varphi \cdot S_{pniR2.2}} =$$
$$= \frac{40 \cdot 10^6}{11987,8 \cdot 10^3 + 1742,7 \cdot 10^3 + 1183,2 \cdot 10^3} = 2,68 \quad [-] \quad (133)$$



Celková poměrná reaktance vč. napájecího zdroje a transformátoru:

$$x_c = x_q + x_t + \frac{x_m \cdot x_p}{x_m + x_p} = 0,055 + 0,1724 + \frac{3,33 \cdot 2,68}{3,33 + 2,68} = 1,72 \quad [-] \quad (134)$$

kde:

x_q - Reaktance napájecího zdroje při stejném S_v viz rovnice (107)

x_t - Reaktance transformátoru T102 při stejném S_v viz rovnice (108)

Reaktance transformátoru T102 = T101

Celkový poměrný proud:

$$i_c = \frac{1}{x_c} = \frac{1}{1,72} = 0,58 \quad [-] \quad (135)$$

Poměrný úbytek napětí:

$$\Delta u = i_c \cdot (x_q + x_t) = 0,58 \cdot (0,055 + 0,1724) = 0,13 \quad [-] \quad (136)$$

Z výše uvedeného výpočtu (136) plyne, že při spouštění největšího spotřebiče vznikne úbytek napětí na přípojnicích rozvodny VS 13% U_n .

9 DIMENZOVÁNÍ ELEKTRICKÉHO VEDENÍ

Při návrhu dimenzování elektrického vedení musí být určen maximální výpočtový odběr proudu. Při určování odběrového proudu vycházím z výpočtového zatížení, které je dáno sumou zdánlivého jmenovitého příkonu, který je definován dle rovnice (137). Výpočtový proud je pak určen dle rovnice (139).

Jmenovitý zdánlivý příkon současně připojených spotřebičů:

$$S_{pn} = \frac{P_{pn}}{\cos\varphi} \quad [\text{kVA}] \quad (137)$$

Jmenovitý činný příkon současně připojených spotřebičů:

$$P_{pn} = \frac{P_{i.kS}}{\eta} \quad [\text{kW}] \quad (138)$$



kde:

P_i	-	Instalovaný příkon	[kW]
η	-	Účinnosti zařízení	[-]
k_s	-	Koeficient soudobosti	[-]

Výpočtový proud:

$$I_d = \frac{S_{pn} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad [\text{A}] \quad (139)$$

kde:

U_n	-	Jmenovité sdružené napětí	[V]
-------	---	---------------------------	-----

Dimenzování vedení je provedeno dále s ohledem na hospodárnost. Toto kritérium má zajistit, aby provozní náklady na vedení byly nejmenší. Jedná se o způsob, jak nalézt hospodárný průřez vedení, kterému odpovídá minimum celkových nákladů a dále předpokládané zatížení.

Hospodárný průřez vedení (140):

$$s = k_2 \cdot I_d \sqrt{T} \quad [\text{mm}^2] \quad (140)$$

kde:

s	-	Průřez jedné fáze vedení	[mm ²]
k_2	-	Součinitel dle tabulky č. 1 viz ČSN 341610	
I_d	-	Výpočtový proud	[A]
T	-	Doba plných ztrát za rok dle (141)	[h]

$$T = t \cdot (0,2\zeta + 0,8\zeta^2) \quad [\text{h}] \quad (141)$$

kde:

t	-	Počet provozních hodin zařízení	[h]
ζ	-	Zatěžovatel dle (142)	

$$\zeta = \frac{A_1}{P_p \cdot t} \quad [-] \quad (142)$$

kde:

A_1	-	Energie přenesená vedením za rok	[kWh]
-------	---	----------------------------------	-------



P_p	-	Výpočtové zatížení	[kW]
t	-	Počet provozních hodin za rok	[h]

Návrh jednotlivé kabeláže dle uvedeného postupu uvádím v tabulce v příloze č. 2.

9.1 Úbytek napětí

Při dimenzování kabelového vedení musí být dále pamatováno na úbytek napětí, kde vlivem impedance vedení Z a protékáním proudem dochází k úbytku napětí. U střídavých vedení při účinníku $\cos\varphi > 0.5$ je úbytek fázového napětí určen dle (143). Úbytek napětí je počítán pro rezistivitu kabeláže při 60°C .

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos\varphi + X \cdot I \cdot \sin\varphi \quad [\text{V}] \quad (143)$$

kde:

R	-	Činný odpor při teplotě 60°C	$[\Omega]$
X	-	Indukční odpor	$[\Omega]$

Výpočet činného odporu kabelu při 60°C :

$$R_{60} = R_{20}[1 + \alpha(60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] \quad [\Omega] \quad (144)$$

kde:

R_{20}	-	Činný odpor vodiče při 20°C	$[\Omega]$
α	-	Teplotní součinitel odporu $\text{Al} = 4 \cdot 10^{-3}$, $\text{Cu} = 9 \cdot 10^{-3}$	$[\text{K}^{-1}]$

Při návrhu musí být dále ověřeno, že navržený průřez vodiče odpovídá výpočtu tepelného namáhání zkratovými proudy.

Vyjádření minimálního průřezu vodiče, který vyhoví z hlediska tepelného namáhání je provedeno dle (145).

$$A_2 = \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{K_2} \quad [\text{mm}^2] \quad (145)$$

kde:

I_{ke}	-	Ekvivalentní oteplovací proud dle (146)	[A]
t_k	-	Doba trvání zkratu	[s]
K_2	-	Materiálová konstanta dle (147)	[-]



Ekvivalentní oteplovací proud:

$$I_{ke} = k_e \cdot I_k'' \quad [A] \quad (146)$$

kde:

k_e - Činitel dle Tab. 9-1 [-]

I_k'' - Počáteční souměrný rázový proud [A]

$$K_2 = \sqrt{\frac{c_2}{\rho_{20}} \cdot (\vartheta_f + 20) \cdot \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_1}} \quad [A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}] \quad (147)$$

kde:

ρ_{20} - Rezistivita 1m délky vodiče při 20°C [7] [$\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$]

c_2 - Specifické teplo pro 0°C (pro Cu=3,5, pro Al=2.417) [6] [$J/cm^3/^\circ C$]

ϑ_f - Fiktivní teplota vodiče (pro Cu = 234,5, pro Al = 228) [6] [$^\circ C$]

ϑ_1 - Teplota vodiče před zkratem [$^\circ C$]

ϑ_k - Maximální dovolená teplota vodiče [$^\circ C$]

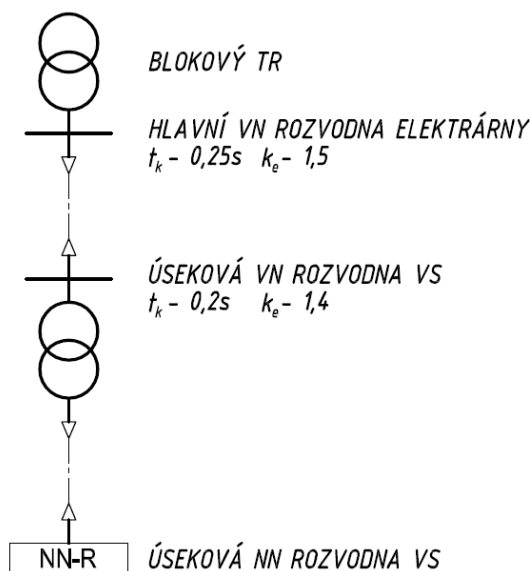
Doba trvání zkratu t_k [s]	Činitel k_e		
	Zkrat na svorkách alternátoru	zkrat v soustavě	
		VVN, VN	NN
< 0,05	1,70	1,60	1,50
0,05 - 0,1	1,60	1,50	1,20
0,1 - 0,2	1,55	1,40	1,10
0,2 - 1	1,50	1,30	1,05
1,0 - 3,0	1,30	1,10	1,00
>3,0	1,15	1,00	1,00

Tab. 9-1 Stanovení činitele k_e [6]



9.2 Vypínací časy v rozvodnách

Pro výpočet ekvivalentního vypínacího proudu I_{ke} stanovují vypínací časy napájecích vývodů. Vypínací časy jsou odstupňované z důvodů zajištění selektivity při vypínání zkratů.



Obr. 9.1. Vypínací časy pro stanovení I_{ke}

Uvedené vypínací časy jsou navrženy dle Tab. 9-1, kde při změnách navržených hodnot v rámci uvedených intervalů zůstávají činitelé bez změny. Navržené vypínací časy platí i pro napájecí motorové vývody k EN1 – 4.

9.3 Výpočet I_{ke}

Výpočet I_{ke} uvádím pro největší rázový zkratový proud (zkrat č. 3), který nastane v rozvodně vlastní spotřeby R2.1.

	c_2 [J/cm ³ /°C]	ϑ_f [°C]	ϑ_1 [°C]	ϑ_k [°C]	ρ 20°C [Ω.mm ² .m-1]	K_2 [-]
pro Al	2,417	228	20	90	0,028	72,95507
pro Cu	3,5	234,5	20	90	0,0175	111,2112

Tab. 9-2 Výpočet materiálové konstanty



	k_e	I''_k	I_{ke}
	[-]	[kA]	[kA]
Zkrat č.3 vývod 5A	1,5	21,44	30,016

Tab. 9-3 Výpočet I_{ke}

	t_k	I_{ke}	K_2	A_2
	[s]	[kA]	[-]	[mm ²]
Zkrat č.3 vývod 5A pro Al vodič	0,25	30,016	72,96	220,4
Zkrat č.3 vývod 5A pro Cu vodič	0,25	30,016	111,211	134,95

Tab. 9-4 Výpočet - minimální průřez Al vodiče

Vypočítaný minimální průřez vodiče dle Tab. 9-4 činí 220 mm² pro vodiče s Al jádrem a 135 mm² s Cu jádrem. Při porovnání s tabulkou (viz příloha č. 2), ve které jsou uvedeny výpočty průřezů všech kabelů nejen pro spotřebiče ve VS, jsou navrženy průřezy kabeláže vyhovující.

Navržené kabely pro vysoké napětí jsou typu 10-AXEKVCEY.

Provedení kabelu:

- Jádro A - hliníkové, vícedrátové
- Izolace XA - zesítný polyetylen
- Kabel K - kabel
- Stínění VC - měděné kovové stínění s ochranou proti podélnému šíření vody pod pláštěm
- Plášť EY - kombinovaný plášť z PE + PVC

Navržené kabely pro nízké napětí jsou typu 1-CYKY.

Provedení kabelu:

- Jádro - měděné sektorové jádro, lanované
- Izolace - PVC
- Plášť - PVC

Typ uložení kabelů - na kabelových žebřících v jedné vrstvě



10 NÁVRH VN ROZVODEN VS

Návrh rozvoden je proveden v souladu s vypočtenými parametry I''_k a I_p . Ačkoliv jsou zkratové poměry v rozvodnách VS rozdílné, navrhuji typové provedení jednotlivých rozváděčů stejné a to dimenzované na největší vypočtené hodnoty, které mohou vzniknout při zkratu (konkrétně se jedná o zkrat č. 3).

Rozvodny R2.1, R2.2 a R2.3 budou tvořeny vzduchem izolovanými rozváděči s výsuvnými vypínači (stykači) SF6 a výsuvnými odpojovači. Jednotlivá pole rozvoden jsou rozkreslena v přílohách č. 8 až č. 10.

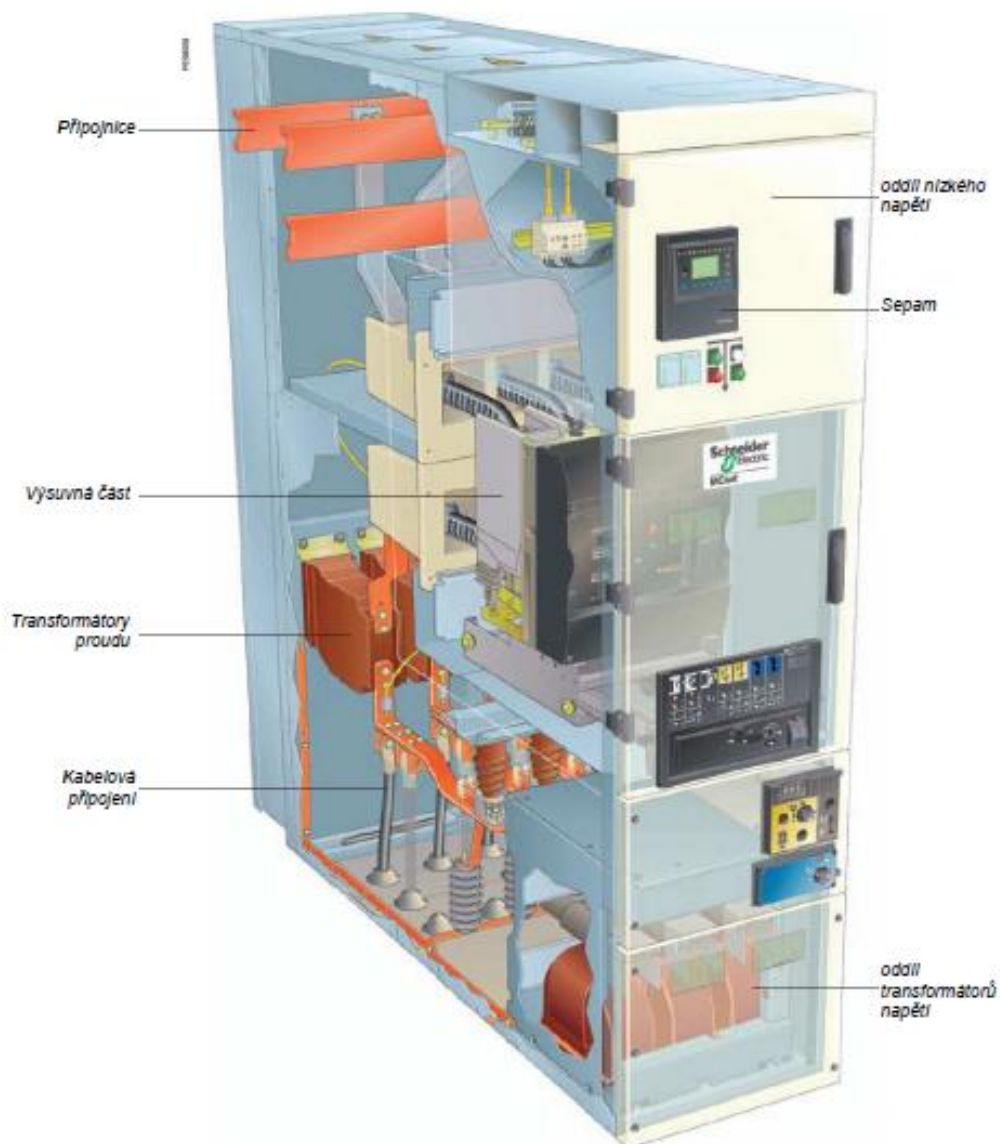
Vypínací VN přístroje navrhuji plněné izolačním plynem SF6, které jsou oproti vakuovým zařízením technicky lepší. U vakuových zařízení dochází k přetrhávání vypínacích oblouků a důsledkem jsou přepěťové špičky. Z tohoto důvodu volím právě zařízení plněné plynem SF6, u kterého je využito vlastností plynu a oblouk vypíná v nule proudu.

Pro přehlednost rozdělují specifikaci rozváděčových polí na typ 1 až 5.

Jedná se o rozváděčový systém výrobní řady MCset 17,5 kV – výrobce Schneider Electric, který je využíván zejména pro elektrárny (tepelné, jaderné), úsekové a hlavní rozvodny.

Výroba skříní MCset je provedena v souladu s normami ISO 9001:2000 zaručující řízenou kvalitu výrobků. Uvedené rozváděče jsou snadno ovladatelné díky instalovanému uživatelskému rozhraní, dále jsou rozváděče vybaveny blokadami a zámky bránící uživatelským chybám. VN ochrany SEPAM umožňují získávat potřebné informace v místě instalace bez dodatečných zařízení.

Poznámka: V níže uvedené specifikaci zařízení nejsou detailně specifikovány zařízení potřebné pro VN ochrany. VN ochranami se v DP nezabývám.



Obr. 10.1. Příklad VN rozváděče [8]

10.1 Specifikace rozváděčových polí

10.1.1 Typ 1

Popis: Napájecí přívod/vývod

Typ skříně: AD1

Jmenovité napětí: 7,2 kV

Jmenovitý proud přípojnic: 1250 A

Vybavení pole:

Přípojnice k propojení funkčních skříní, výsuvný odpojovač, uzemňovač, indikátor přítom-



nosti napětí

Přípojení kabelů: Zespodu (počet kabelů = 4)

10.1.2 Typ 2

Popis: Podélný spínač přípojnic

Typ skříně: **CL1-GL1**

Jmenovité napětí: 7,2 kV

Jmenovitý proud přípojnic: 1250 A

Vypínací schopnost: 25 kA

Zapínací proud: 63 kA (max)

Typ vypínače: Evolis

Jmenovitý proud: 630 A

Řídicí jednotka: Sepam

Vybavení pole:

Výsuvný vypínač, proudové transformátory, napěťové transformátory s výsuvnými pojistkami

10.1.3 Typ 3

Popis: Napájecí vývod pro transformátor

Typ skříně: **AD1**

Jmenovité napětí: 7,2 kV

Jmenovitý proud přípojnic: 1250 A

Vypínací schopnost: 25 kA

Zapínací proud: 63 kA (max)

Typ vypínače: Evolis

Jmenovitý proud: 630 A

Řídicí jednotka: Sepam

Vybavení pole:

Výsuvný vypínač, proudové transformátory, napěťové transformátory s výsuvnými pojistkami, uzemňovač, indikátor přítomnosti napětí

Přípojení kabelů: Zespodu (počet kabelů = 1)



10.1.4 Typ 4

Popis: Napájecí vývod pro asynchronní motor

Typ skříně: AD1

Jmenovité napětí: 7,2 kV

Jmenovitý proud přípojnic: 1250 A

Vypínací schopnost: 50 kA (omezeno pojistkami)

Typ stykače: Rollarc

Jmenovitý proud: 250 A

Řídicí jednotka: Sepam

Vybavení pole:

Výsuvný stykač s pojistkami, proudové transformátory, napěťové transformátory s výsuvnými pojistkami, uzemňovač, indikátor přítomnosti napětí

Přípojení kabelů: Zespodu (počet kabelů = 1)

10.1.5 Typ 5

Popis: Měření napětí, uzemnění přípojnic

Typ skříně: TT1

Jmenovité napětí: 7,2 kV

Jmenovitý proud přípojnic: 1250 A

Krátkodobý výdržný proud: 31,5 kA (1s)

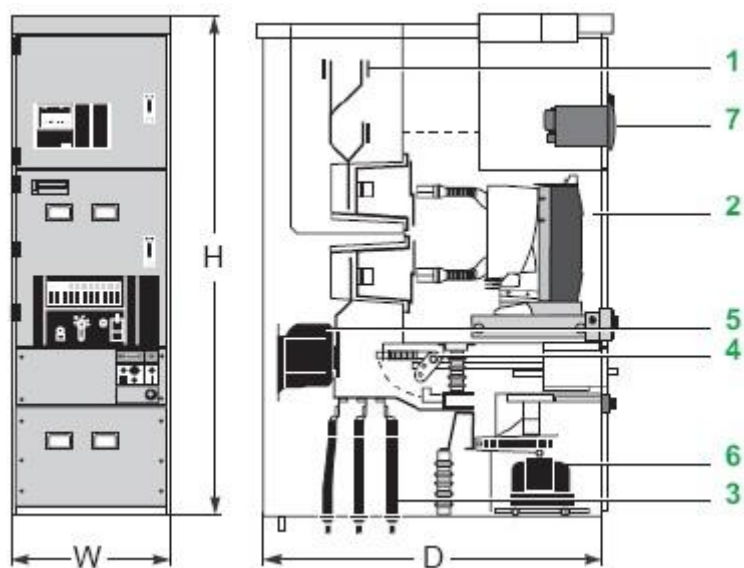
Vybavení pole:

Napěťové transformátory s výsuvnými pojistkami, uzemňovač, indikátor přítomnosti napětí



10.2 Typové provedení rozváděčových polí

10.2.1 Skříň AD1



Obr. 10.2. Skříň AD1 [8]

Vysvětlivky k Obr. 10.2:

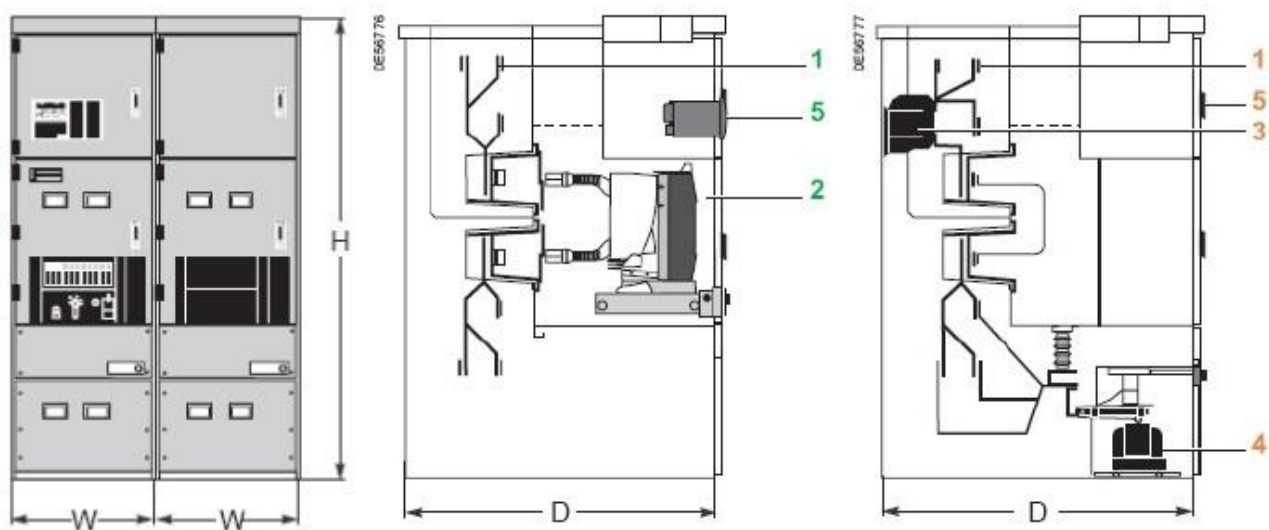
- 1 - Přípojnice k propojení funkčních skříní
- 2 - Výsuvná část
- 3 - Připojení VN kabelů
- 4 - Uzemňovač
- 5 - Proudové transformátory
- 6 - Napěťové transformátory
- 7 - Oddíl NN (pomocné obvody NN, moduly jištění, monitorování, řízení)

Rozměry skříně: V x Š x H 2300 x 570 x 1550 [mm]

Hmotnost skříně: 850 [kg]



10.2.2 Skříň CL1-GL1



Obr. 10.3. Skříň CL1-GL1 [8]

Vysvětlivky k Obr. 10.3:

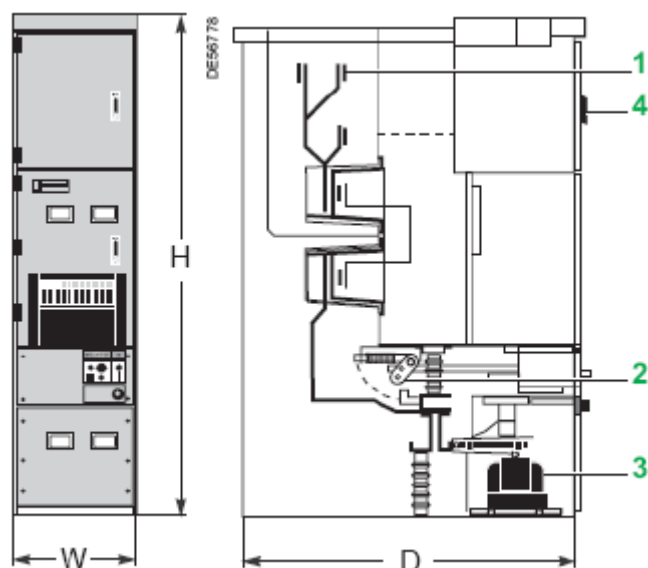
- 1 - Přípojnice k propojení funkčních skříní
- 2 - Výsuvná část
- 3 - Proudové transformátory
- 4 - Napěťové transformátory
- 5 - Oddíl NN (pomocné obvody NN, moduly jištění, monitorování, řízení)

Rozměry skříně: V x Š x H 2300 x (2x570) x 1550 [mm]

Hmotnost skříně: 1300 [kg]



10.2.3 Skříň TT1



Obr. 10.4. Skříň TT1 [8]

Vysvětlivky k Obr. 10.4:

- 1 - Přípojnice k propojení funkčních skříní
- 2 - Uzemňovač
- 3 - Transformátory napětí
- 4 - Oddíl NN (pomocné obvody NN, moduly jištění, monitorování, řízení)

Rozměry skříně: V x Š x H 2300 x 570 x 1550 [mm]

Hmotnost skříně: 850 [kg]

11 NÁVRH NN ROZVODEN VS

Pro rozváděčový systém volím renomovaného výrobce RITTAL, který umožňuje svými výrobky poskytnout jakoukoli rozváděčovou sestavu. Aktivní prvky pro kontrolu a řízení napájecích vývodů/ přívodů vybírám z řady rovněž renomovaného výrobce OEZ, který poskytuje nepřeborné množství zařízení pro jištění nejen silového NN zařízení.

Detailní specifikaci neuvádím vzhledem k velké variabilitě použití zařízení. Uvádím pouze základní modelové řady.

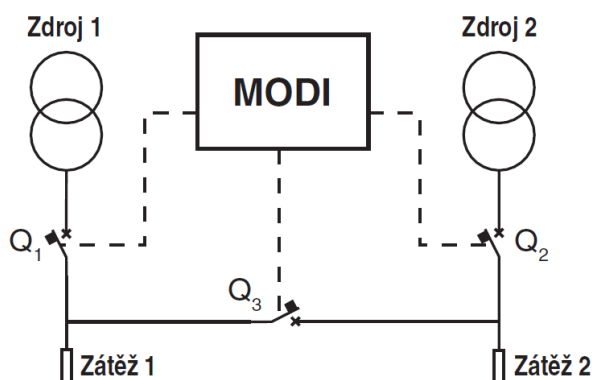


Rozváděčový systém

Jedná se o rozváděče určené pro řadovou zástavbu z typové řady **TS8** s krytím až IP54, které jsou vyráběny v různých rozměrových variantách. Součástí jsou rovněž možnosti aktivního či pasivního chlazení rozváděčů. Rozváděče je možné doplnit jednoduchým přípojnicovým systémem řady RiLine60, který umožňuje rozvod proudu od 63 A do 1600 A.[9]

Hlavní jističe/ odpínače

Jističe/ odpínače vzhledem k potřebným výkonům volím řady **MODEION** vybavené motorovou spouští. Jedná se o širokou škálu nastavitelných zařízení nejen v proudovém, ale i v časovém rozsahu pro selektivní jištění. Nedílnou součástí pro zajištění kontroly přívodu napájení, je pro každou rozvodnu konfigurovatelný záskokový automat **MODI** v provedení pro ovládání 2 zdrojů s podélnou spojkou.



Obr. 11.1. Konfigurace záskokového automatu MODI [10]

Napájecí NN vývody

Pro napájecí NN vývody volím zařízení z řady výrobků **CONTEO**. Tato výrobní řada se týká spouštěčů motorů, stykačů a nadproudových relé. Pro výkonové napájecí vývody volím opět zařízení z řady výrobků **MODEION**, z důvodů možné konfigurace i pro motorové vývody. Pro ostatní zařízení vybírám řadu výrobků **MINIA**, ve které jsou obsaženy standardní jističe, proudové chrániče a ostatní spínací přístroje.



12 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem provedl návrh klasických VN rozvoden s volbou výzbroje jednotlivých rozváděčových polí. Rozvodny VS na hladině NN jsem navrhl pouze z hlediska výběru hlavních typových zařízení vzhledem k velké variabilitě provedení a dále variabilitě dodavatelů zařízení. Rozsah návrhu VS je doplněn hlavním elektrickým schématem, ve kterém je zahrnuta koncepce napájení na kterou navazuje návrh kabelového propojení.

Při výpočtech zkratových poměrů jsem vycházel zejména z normy ČSN EN 60909-0, která využívá výpočtů zkratových poměrů pomocí komplexních impedancí. Z hlediska osobních zkušeností, které jsem získal studiem VŠ, jsem dále při kontrole přechodných stavů samonajíždění a spouštění největšího spotřebiče využil výpočty s poměrnými jednotkami.

Z výpočtů pro vlastní spotřebu plyne, že maximální I''_k a maximální i_p vznikne při zkratu č. 3, pro který jsem provedl návrh VN rozvoden. Při kontrole přechodných stavů jsem zjistil, že v nejnepříznivějším stavu při SN dojde k poklesu napětí na přípojnících o 43% U_n . Následně jsem provedl přepoččet, u kterého jsem navrhl, že samonajíždění bude zapotřebí realizovat sekvenčním připojováním VN rozvoden k rezervnímu zdroji. Při tomto stavu dojde k úbytku napětí na přijatelnou mez a to na hodnotu 29,8% U_n . Přesto je ale důležité v NN rozvodnách vybavit napájecí vývody, pro méně důležité stroje, podpětovým vypínáním, aby při přechodných stavech samonajíždění došlo ke snížení celkového příkonu.

Při přechodném stavu spouštění největšího spotřebiče dojde k úbytku napětí 13% U_n , což je přijatelná hodnota.

Uvedený návrh VS jsem provedl na základě volby zařízení (strojů), které jsem ve spolupráci s techniky obdobné elektrárny specifikoval.

Obsah uvedený v této diplomové práci nelze chápat jako komplexní návrh VS, ale je ho možné použít jako podklad pro tvorbu detailní projektové dokumentace.

Cíle plynoucí z pokynů zadání diplomové práce byly splněny.



13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 38 1120. Vlastní spotřeba tepelných elektráren a tepláren. Český normalizační institut, 1993.
- [2] BOUČEK, Stanislav a DOČEKAL Antonín. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. ELEKTROTECHNICKÁ FAKULTA. Elektrárny II: Přednášky. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 978-800-1012-796.
- [3] ČSN 341610. Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách. 1963. vyd. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1963.
- [4] ČSN 381754. Dimenzování elektrického zařízení podle účinků zkratových proudů. 1974. vyd. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1974.
- [5] ČSN EN 60909-0. Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách: Část 0: Výpočet proudů. 2002. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [6] FENCL, František. Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. 3. přeprac. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 198 s. ISBN 80-010-2771-6.
- [7] Rezistivita materiálu - <http://www.converter.cz/tabulky/merny-odpor.htm> z 15. 4. 2014
- [8] Katalogové listy – <http://www.schneider-electric.com/cz> z 4. 4. 2014
- [9] Katalogové listy – <http://www.rittal.com> z 30. 4. 2014
- [10] Katalogové listy – <http://www.oez.cz> z 30. 4. 2014
- [11] Katalogové listy – <http://www.elpro-energo.cz> z 7. 4. 2014



14 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

VS	-	Vlastní spotřeba
SN	-	Samonajíždění
SP	-	Spouštění největšího spotřebiče
NN	-	Nízké napětí
VN	-	Vysoké napětí
VVN	-	Velmi vysoké napětí
UPS	-	Nepřerušitelný zdroj napájení
A	-	Počáteční hodnota stejnosměrné složky i_{dc}
A_1	-	Energie přenesená vedením za rok
A_2	-	Minimální průřez vodiče, který vyhoví z hlediska tepelného namáhání
c	-	Napěťový součinitel
c_2	-	Specifické teplo
f	-	Kmitočet sítě
I''_k	-	Počáteční souměrný rázový proud
I''_{kQ}	-	Rázový zkratový proud sítě
I_b	-	Souměrný zkratový vypínací proud
i_c	-	Celkový poměrný proud
I_d	-	Výpočtový proud
i_{dc}	-	Stejnoseměrná složka zkratového proudu
II	-	Paralelní spojení
I_{LR}	-	Záběrný proud motoru
I_N	-	Jmenovitý proud
I_p	-	Nárazový zkratový proud
I_{RM}	-	Jmenovitý proud motoru
I_{rT}	-	Jmenovitý proud transformátoru
i_{SN}	-	Poměrný proud skupiny spotřebičů při SN
I_z	-	Násobek záběrného proudu asynchronních motorů
j	-	Označení imaginární části impedance
K	-	Korekční součinitel pro impedance
k_2	-	Korekční součinitel pro výpočet vodiče
k_2	-	Materiálová konstanta
k_e	-	Činitel pro výpočet I_{ke}
K_g	-	Korekční součinitel impedance generátoru
K_T	-	Korekční součinitel impedance síťových transformátorů
P_k	-	Jmenovité ztráty na krátko transformátoru
P_p	-	Výpočtové zatížení
P_{pn}	-	Jmenovitý činný příkon současně připojených zařízení
P_{ps}	-	Současný činný příkon
Q_{pn}	-	Jmenovitý jalový příkon současně připojených zařízení
Q_{ps}	-	Současný jalový příkon



R_{20}	-	Činný odpor vodiče při 20°C
R_{60}	-	Činný odpor vodiče při 60°C
R_g	-	Rezistance synchronního zdroje
R_g	-	Rezistance generátoru
R_M	-	Rezistance ekvivalentního motoru
R_Q	-	Rezistivita sítě přepočtená na napěťovou hladinu
R_T	-	Rezistivita transformátoru
R_v	-	Činný odpor vedení
S	-	Průřez vedení
S_k	-	Počáteční souměrný rázový výkon
S_{pn}	-	Jmenovitý zdánlivý příkon současně připojených zařízení
S_{ps}	-	Současný zdánlivý příkon
S_q	-	Zdánlivý výkon soustavy
S_{rM}	-	Jmenovitý zdánlivý výkon motoru
S_{rT}	-	Jmenovitý výkon transformátoru
S_T	-	Zdánlivý výkon transformátoru
S_v	-	Vztažný výkon
T	-	Doba plných ztrát za rok
t	-	Počet provozních hodin
t_k	-	Doba trvání zkratu
t_r	-	Napěťový převod transformátoru
u_k	-	Jmenovité napětí na krátko transformátoru v procentech
U_n	-	Jmenovité napětí soustavy, sdružené
U_{nQ}	-	Jmenovité napětí sítě
U_{rM}	-	Jmenovité napětí motoru
x_d	-	Poměrná rázová impedance
x_c	-	Celková poměrná reaktance
x_g	-	Poměrná reaktance sítě
x_l	-	Poměrná reaktance vedení
X_M	-	Reaktance ekvivalentního motoru
x_p	-	Poměrná reaktance předběžného zatížení
X_Q	-	Reaktance sítě přepočtená na napěťovou hladinu
x_r	-	Poměrná reaktance reaktoru
x_{SN}	-	Poměrná reaktance skupiny spotřebičů při SN
X_T	-	Reaktance transformátoru
x_t	-	Poměrná reaktance transformátoru
Z	-	Impedance
Z_g	-	Rázová impedance generátoru
Z_M	-	Impedance ekvivalentního motoru
Z_Q	-	Komplexní impedance sítě přepočtená na napěťovou hladinu
Z_T	-	Impedance transformátoru
Δu	-	Poměrný úbytek napětí
Δu_c	-	Celkový poměrný úbytek napětí



μ	-	Součinitel pro výpočet souměrného zkratového vypínacího proudu
α	-	Teplotní součinitel odporu
ζ	-	Index zatěžovatele
η	-	Účinnost asynchronních motorů
ϑ	-	Teplota vodiče, <i>teplota okolí</i>
ϑ_1	-	Teplota vodiče před zkratem
ϑ_f	-	Fiktivní teplota vodiče
ϑ_k	-	Maximální dovolená teplota
κ	-	Součinitel pro výpočet nárazového zkratového proudu
ρ	-	Rezistivita (měrný odpor)
ρ_{20}	-	Rezistivita (měrný odpor) při 20°C
φ	-	Fázový úhel



15 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4.1. Napájení VS odbočkou od generátoru	5
Obr. 5.1. Hlavní elektrické schéma	7
Obr. 5.2. Základní provozní stav hlavní rozvodny (4 zdroje).....	8
Obr. 5.3. Základní provozní stav hlavní rozvodny (3 zdroje).....	8
Obr. 6.1. Schématický diagram pro zkratový proud el. blízkého zkratu s klesající střídavou složkou a maximální SS složkou [5].....	16
Obr. 6.2. Souměrný trojfázový zkrat [5].....	17
Obr. 6.3. Výpočtové schéma č.1	21
Obr. 6.4. Výpočtové zjednodušené schéma č.1.....	22
Obr. 6.5. Výpočtové schéma č.2	26
Obr. 6.6. Výpočtové zjednodušené schéma č.2.....	27
Obr. 6.7. Výpočtové schéma č.3	29
Obr. 6.8. Výpočtové zjednodušené schéma č.3.....	30
Obr. 6.9. Výpočtové schéma č.4	33
Obr. 6.10. Výpočtové zjednodušené schéma č.4.....	34
Obr. 6.11. Výpočtové schéma č.5	37
Obr. 6.12. Výpočtové zjednodušené schéma č.5.....	38
Obr. 7.1. Výpočtové schéma SN1	41
Obr. 7.2. Výpočtové schéma SN2	44
Obr. 7.3. Výpočtové schéma SN3	47
Obr. 9.1. Vypínací časy pro stanovení lke	54
Obr. 10.1. Příklad VN rozváděče [8].....	57
Obr. 10.2. Skříň AD1 [8]	60
Obr. 10.3. Skříň CL1-GL1 [8]	61



Obr. 10.4. Skříň TT1 [8].....	62
Obr. 11.1. Konfigurace záskokového automatu MODI [10].....	63



16 SEZNAM TABULEK

Tab. 5-1 Členění NN úsekových rozveden.....	10
Tab. 5-2 Výkonová bilance VN rozveden VS	12
Tab. 5-3 Návrh transformátorů pro NN rozvodny ve VS	15
Tab. 6-1 Rekapitulace dílčích výpočtů	20
Tab. 6-2 Zkratové příspěvky.....	23
Tab. 6-3 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K.....	24
Tab. 6-4 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 1	26
Tab. 6-5 Zkratové příspěvky.....	28
Tab. 6-6 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K.....	28
Tab. 6-7 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 2	29
Tab. 6-8 Zkratové příspěvky.....	31
Tab. 6-9 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K.....	31
Tab. 6-10 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 3	32
Tab. 6-11 Zkratové příspěvky.....	35
Tab. 6-12 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K.....	35
Tab. 6-13 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 4	36
Tab. 6-14 Zkratové příspěvky.....	39
Tab. 6-15 Hodnoty R,X, rekapitulace součinitele K.....	39
Tab. 6-16 Rekapitulace výpočtů pro zkrat č. 5	40
Tab. 7-1 Výkonová bilance pro SN.....	42
Tab. 7-2 Výpočet úbytku napětí při SN v NN rozvodnách VS.....	48
Tab. 9-1 Stanovení činitele k_e [6].....	53
Tab. 9-2 Výpočet materiálové konstanty	54
Tab. 9-3 Výpočet I_{ke}	55



Tab. 9-4 Výpočet - minimální průřez AI vodiče.....	55
--	----



17 SEZNAM PŘÍLOH

- č. 1 - Výkonové bilance
- č. 2 - Tabulka návrhu kabeláže
- č. 3 - Technologické schéma elektrárny
- č. 4 - Přehledové schéma vlastní spotřeby
- č. 5 - Výpočtové schéma – část 1
- č. 6 - Výpočtové schéma – část 2
- č. 7 - Výpočtové schéma – část 3, zjednodušení obvodu pro průmyslové vývody
- č. 8 - Výpočtové schéma – část 4, zjednodušení obvodu pro VS
- č. 9 - Výpočtové schéma – část 5, zjednodušení obvodu pro VS
- č. 10 - Schéma návrhu rozvodny R2.1
- č. 11 - Schéma návrhu rozvodny R2.2
- č. 12 - Schéma návrhu rozvodny R2.3

R2.1	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Napájecí vývod		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Transformátor T2.11 - PRO SR3.1											126,45			75,87		
Transformátor T2.12 - PRO R4.1											144,54			92,13		
Transformátor T2.13 - PRO R4.3 + R4.2											189,01			115,23		
Transformátor T2.14 - PRO R4.4 + R4.5											570,28			294,85		
Transformátor T2.15 - PRO R4.81 a R4.82											900,11			322,62		
Elektronapáječka EN1	1,00	1 600,00	0,80	6 300	1 600,00	0,50	0,65	0,93	856,53	642,40	1 070,66	556,75	417,56	695,93	0,60	0,75

R2.2	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Napájecí vývod		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Transformátor T2.21 - PRO R4.1											144,54			92,13		
Transformátor T2.22 - PRO R4.2											132,64			85,09		
Transformátor T2.23 - PRO R4.5 a R4.6											570,28			294,85		
Transformátor T2.24 - PRO R4.7											101,31			63,14		
Elektronapáječka EN2	1,00	1 600,00	0,80	6 300	1 600,00	0,50	0,65	0,93	856,53	642,40	1 070,66	556,75	417,56	695,93	0,60	0,75
Elektronapáječka EN3	1,00	1 600,00	0,80	6 300	1 600,00	0,50	0,65	0,93	856,53	642,40	1 070,66	556,75	417,56	695,93	0,60	0,75

R2.3	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Napájecí vývod		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Transformátor T2.31 - PRO SR3.1											126,45			75,87		
Transformátor T2.32 - PRO R4.3											57,11			36,40		
Transformátor T2.33 - PRO R4.6 a R4.4											570,28			294,85		
Transformátor T2.34 - PRO R4.7											101,31			63,14		
Transformátor T2.35 - PRO R4.81 a R4.82											900,11			322,62		
Elektronapáječka EN4	1,00	1 600,00	0,80	6 300	1 600,00	0,50	0,65	0,93	856,53	642,40	1 070,66	556,75	417,56	695,93	0,60	0,75
Turbogenerátor TG3	1,00	740,00	0,88	6 300	740,00	1,00	1,00	0,93	795,70	429,47	904,20	795,70	429,47	904,20	0,47	0,54

SR3.1	n	P	cos φ	U _n	P _i	k _s	k _v	η	P _{pn}	Q _{pn}	S _{pn}	P _{ps}	Q _{ps}	S _{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Osvětlení	1,00	374,00	0,95	400	374,00	0,60	0,60	0,93	240,26	78,97	252,90	144,15	47,38	151,74	0,31	0,33
Σ									240,26	78,97		144,15	47,38			
									252,90			151,74				

R4.1	n	P	cos φ _i	U _n	P _i	k _s	k _v	η	P _{pn}	Q _{pn}	S _{pn}	P _{ps}	Q _{ps}	S _{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Oběhové čerpadlo	2,00	43,20	0,72	400	86,40	0,50	0,50	0,93	46,25	44,79	64,39	23,13	22,40	32,19	0,70	0,97
Uzavírací armatury, regulační armatury	7,00	5,50	0,90	400	38,50	0,10	0,60	0,93	4,12	2,00	4,58	2,47	1,20	2,75	0,44	0,48
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	3,00	0,88	400	9,00	0,10	0,60	0,93	0,96	0,52	1,09	0,58	0,31	0,66	0,47	0,54
Uzavírací armatury, regulační armatury	1,00	2,20	0,87	400	2,20	0,10	0,60	0,93	0,24	0,13	0,27	0,14	0,08	0,16	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	4,00	1,50	0,87	400	6,00	0,10	0,60	0,93	0,64	0,36	0,74	0,39	0,22	0,44	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	2,00	1,10	0,89	400	2,20	0,30	0,60	0,93	0,71	0,36	0,79	0,42	0,22	0,48	0,46	0,51
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	0,75	0,82	400	2,25	0,30	0,60	0,93	0,72	0,50	0,88	0,43	0,30	0,53	0,57	0,70
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	4,00	0,55	0,75	400	2,20	0,30	0,60	0,93	0,71	0,62	0,94	0,42	0,37	0,57	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	23,00	0,37	0,70	400	8,51	0,30	0,60	0,93	2,73	2,79	3,90	1,64	1,67	2,34	0,71	1,02
Uzavírací armatury	3,00	0,25	0,80	400	0,75	0,10	0,60	0,93	0,08	0,06	0,10	0,05	0,04	0,06	0,60	0,75
Uzavírací armatury, regulační armatury	9,00	0,18	0,72	400	1,62	0,10	0,60	0,93	0,17	0,17	0,24	0,10	0,10	0,14	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	20,00	0,90	400	20,00	1,00	1,00	0,93	21,41	10,37	23,79	21,41	10,37	23,79	0,44	0,48
Statický budič	1,00	180,00	0,90	220	180,00	0,50	0,60	0,93	96,36	46,67	107,07	57,82	28,00	64,24	0,44	0,48
Olejevá čerpadla	2,00	30,00	0,76	400	60,00	0,50	0,60	0,93	32,12	27,47	42,26	19,27	16,48	25,36	0,65	0,86
Nouzové olejové čerpadlo	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	0,60	0,93	4,82	6,42	8,03	2,89	3,85	4,82	0,80	1,33
Pomocné olejové čerpadlo	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	0,60	0,93	4,82	6,42	8,03	2,89	3,85	4,82	0,80	1,33
Natáčecí zařízení	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	1,00	0,93	4,82	6,42	8,03	4,82	6,42	8,03	0,80	1,33
Ventilátory, uzavírací klapky	2,00	1,50	0,87	400	3,00	0,60	0,60	0,93	1,93	1,09	2,22	1,16	0,66	1,33	0,49	0,57
Ventilátory, uzavírací klapky	6,00	0,75	0,82	400	4,50	0,60	0,60	0,93	2,89	2,02	3,53	1,73	1,21	2,12	0,57	0,70
Ventilátory, uzavírací klapky	3,00	0,18	0,72	400	0,54	0,60	0,60	0,93	0,35	0,33	0,48	0,21	0,20	0,29	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Σ									237,56	164,72		152,68	103,15			
									S_{pn} [kVA]	289,08	S_{ps} [kVA]	184,26				

R4.2 pro K2	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Oběhové čerpadlo	2,00	43,20	0,72	400	86,40	0,50	0,50	0,93	46,25	44,79	64,39	23,13	22,40	32,19	0,70	0,97
Uzavírací armatury, regulační armatury	7,00	5,50	0,90	400	38,50	0,10	0,60	0,93	4,12	2,00	4,58	2,47	1,20	2,75	0,44	0,48
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	3,00	0,88	400	9,00	0,10	0,60	0,93	0,96	0,52	1,09	0,58	0,31	0,66	0,47	0,54
Uzavírací armatury, regulační armatury	1,00	2,20	0,87	400	2,20	0,10	0,60	0,93	0,24	0,13	0,27	0,14	0,08	0,16	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	4,00	1,50	0,87	400	6,00	0,10	0,60	0,93	0,64	0,36	0,74	0,39	0,22	0,44	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	2,00	1,10	0,89	400	2,20	0,30	0,60	0,93	0,71	0,36	0,79	0,42	0,22	0,48	0,46	0,51
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	0,75	0,82	400	2,25	0,30	0,60	0,93	0,72	0,50	0,88	0,43	0,30	0,53	0,57	0,70
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	4,00	0,55	0,75	400	2,20	0,30	0,60	0,93	0,71	0,62	0,94	0,42	0,37	0,57	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	23,00	0,37	0,70	400	8,51	0,30	0,60	0,93	2,73	2,79	3,90	1,64	1,67	2,34	0,71	1,02
Uzavírací armatury	3,00	0,25	0,80	400	0,75	0,10	0,60	0,93	0,08	0,06	0,10	0,05	0,04	0,06	0,60	0,75
Uzavírací armatury, regulační armatury	9,00	0,18	0,72	400	1,62	0,10	0,60	0,93	0,17	0,17	0,24	0,10	0,10	0,14	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	20,00	0,90	400	20,00	1,00	1,00	0,93	21,41	10,37	23,79	21,41	10,37	23,79	0,44	0,48
Statický budič	1,00	180,00	1,00	220	180,00	0,50	0,60	0,93	96,36	0,00	96,36	57,82	0,00	57,82	0,00	0,00
Olejová čerpadla	2,00	30,00	0,76	400	60,00	0,50	0,60	0,93	32,12	27,47	42,26	19,27	16,48	25,36	0,65	0,86
Nouzové olejové čerpadlo	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	0,60	0,93	4,82	6,42	8,03	2,89	3,85	4,82	0,80	1,33
Pomocné olejové čerpadlo	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	0,60	0,93	4,82	6,42	8,03	2,89	3,85	4,82	0,80	1,33
Natáčecí zařízení	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	1,00	0,93	4,82	6,42	8,03	4,82	6,42	8,03	0,80	1,33
Ventilátory, uzavírací klapky	2,00	1,50	0,87	400	3,00	0,60	0,60	0,93	1,93	1,09	2,22	1,16	0,66	1,33	0,49	0,57
Ventilátory, uzavírací klapky	6,00	0,75	0,82	400	4,50	0,60	0,60	0,93	2,89	2,02	3,53	1,73	1,21	2,12	0,57	0,70
Ventilátory, uzavírací klapky	3,00	0,18	0,72	400	0,54	0,60	0,60	0,93	0,35	0,33	0,48	0,21	0,20	0,29	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Σ									237,56	118,05		152,68	75,14			
								S _{pn} [kVA]	265,27		S _{ps} [kVA]	170,17				

R4.3 pro K3	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Oběhové čerpadlo	2,00	43,20	0,72	400	86,40	0,50	0,50	0,93	46,25	44,79	64,39	23,13	22,40	32,19	0,70	0,97
Uzavírací armatury, regulační armatury	7,00	5,50	0,90	400	38,50	0,10	0,60	0,93	4,12	2,00	4,58	2,47	1,20	2,75	0,44	0,48
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	3,00	0,88	400	9,00	0,10	0,60	0,93	0,96	0,52	1,09	0,58	0,31	0,66	0,47	0,54
Uzavírací armatury, regulační armatury	1,00	2,20	0,87	400	2,20	0,10	0,60	0,93	0,24	0,13	0,27	0,14	0,08	0,16	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	4,00	1,50	0,87	400	6,00	0,10	0,60	0,93	0,64	0,36	0,74	0,39	0,22	0,44	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	2,00	1,10	0,89	400	2,20	0,30	0,60	0,93	0,71	0,36	0,79	0,42	0,22	0,48	0,46	0,51
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	0,75	0,82	400	2,25	0,30	0,60	0,93	0,72	0,50	0,88	0,43	0,30	0,53	0,57	0,70
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	4,00	0,55	0,75	400	2,20	0,30	0,60	0,93	0,71	0,62	0,94	0,42	0,37	0,57	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	23,00	0,37	0,70	400	8,51	0,30	0,60	0,93	2,73	2,79	3,90	1,64	1,67	2,34	0,71	1,02
Uzavírací armatury	3,00	0,25	0,80	400	0,75	0,10	0,60	0,93	0,08	0,06	0,10	0,05	0,04	0,06	0,60	0,75
Uzavírací armatury, regulační armatury	9,00	0,18	0,72	400	1,62	0,10	0,60	0,93	0,17	0,17	0,24	0,10	0,10	0,14	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Olejové čerpadlo	2,00	3,00	0,88	400	6,00	0,50	0,60	0,93	3,21	1,73	3,65	1,93	1,04	2,19	0,47	0,54
Nouzové olejové čerpadlo	1,00	3,00	0,88	400	3,00	0,50	0,60	0,93	1,61	0,87	1,82	0,96	0,52	1,09	0,47	0,54
Otápění oleje	2,00	2,20	0,87	400	4,40	0,60	1,00	0,93	2,83	1,60	3,25	2,83	1,60	3,25	0,49	0,57
Čerpadlo chladicí vody	1,00	2,20	0,87	400	2,20	0,80	0,60	0,93	1,88	1,07	2,17	1,13	0,64	1,30	0,49	0,57
Čerpadlo regulačního oleje	1,00	1,50	0,87	400	1,50	1,00	0,60	0,93	1,61	0,91	1,85	0,96	0,55	1,11	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	1,00	0,75	0,82	400	0,75	0,10	0,60	0,93	0,08	0,06	0,10	0,05	0,03	0,06	0,57	0,70
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	1,00	0,37	0,70	400	0,37	1,00	0,60	0,93	0,40	0,40	0,57	0,24	0,24	0,34	0,71	1,02
Čerpadlo chlazení regulačního oleje	1,00	0,25	0,80	400	0,25	1,00	0,60	0,93	0,27	0,20	0,33	0,16	0,12	0,20	0,60	0,75
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Σ									90,63	69,52		59,45	42,02			
								S _{pn} [kVA]	114,23		S _{ps} [kVA]	72,80				

R4.4	n	P	cos φ	U _n	P _i	k _s	k _v	η	P _{pn}	Q _{pn}	S _{pn}	P _{ps}	Q _{ps}	S _{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
vzduchový ventilátor	2,00	250,00	0,80	400	500,00	0,50	0,50	0,93	267,67	200,68	334,54	133,83	100,34	167,27	0,60	0,75
ventilátor pomocného vzduchu	2,00	70,00	0,77	400	140,00	0,50	0,60	0,93	74,95	61,85	97,17	44,97	37,11	58,30	0,64	0,83
recirkulační ventilátor	1,00	100,00	0,77	400	100,00	1,00	0,50	0,93	107,07	88,19	138,71	53,53	44,10	69,36	0,64	0,82
Σ									449,68	350,73		232,33	181,55			
								Spn [kVA]	570,28		Sps [kVA]	294,85				

R4.5	n	P	cos φ	U _n	P _i	k _s	k _v	η	P _{pn}	Q _{pn}	S _{pn}	P _{ps}	Q _{ps}	S _{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
vzduchový ventilátor	2,00	250,00	0,80	400	500,00	0,50	0,50	0,93	267,67	200,68	334,54	133,83	100,34	167,27	0,60	0,75
ventilátor pomocného vzduchu	2,00	70,00	0,77	400	140,00	0,50	0,60	0,93	74,95	61,85	97,17	44,97	37,11	58,30	0,64	0,83
recirkulační ventilátor	1,00	100,00	0,77	400	100,00	1,00	0,50	0,93	107,07	88,19	138,71	53,53	44,10	69,36	0,64	0,82
Σ									449,68	350,73		232,33	181,55			
								Spn [kVA]	570,28		Sps [kVA]	294,85				

R4.6	n	P	cos φ	U _n	P _i	k _s	k _v	η	P _{pn}	Q _{pn}	S _{pn}	P _{ps}	Q _{ps}	S _{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
vzduchový ventilátor	2,00	250,00	0,80	400	500,00	0,50	0,50	0,93	267,67	200,68	334,54	133,83	100,34	167,27	0,60	0,75
ventilátor pomocného vzduchu	2,00	70,00	0,77	400	140,00	0,50	0,60	0,93	74,95	61,85	97,17	44,97	37,11	58,30	0,64	0,83
recirkulační ventilátor	1,00	100,00	0,77	400	100,00	1,00	0,50	0,93	107,07	88,19	138,71	53,53	44,10	69,36	0,64	0,82
Σ									449,68	350,73		232,33	181,55			
								Spn [kVA]	570,28		Sps [kVA]	294,85				

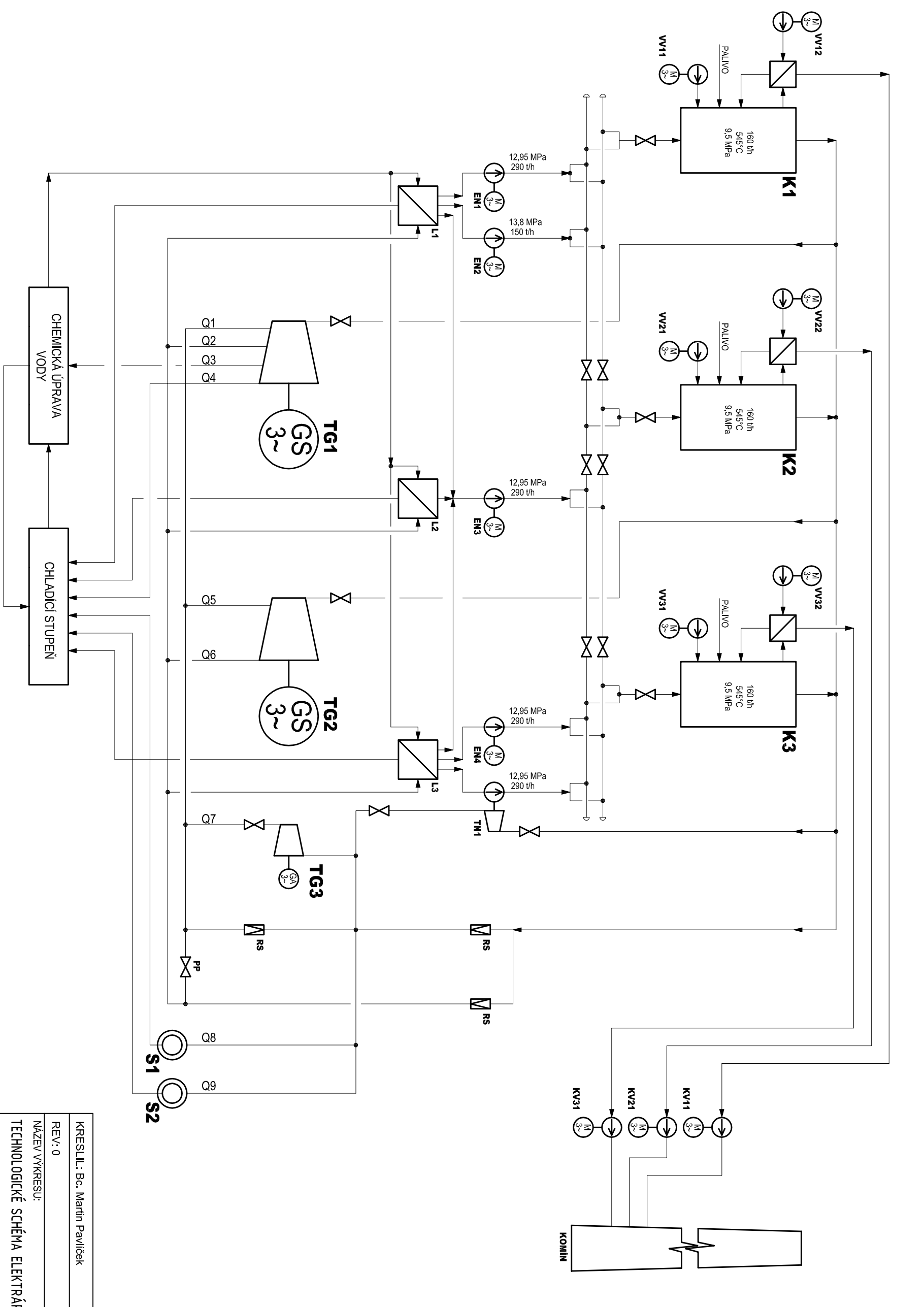
R4.7	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Pohony	1,00	37,00	0,82	400	37,00	0,50	0,60	0,93	19,81	13,83	24,16	11,88	8,30	14,49	0,57	0,70
Pohony	2,00	11,00	0,76	400	22,00	0,50	0,60	0,93	11,78	10,07	15,50	7,07	6,04	9,30	0,65	0,86
Pohony	8,00	7,50	0,70	400	60,00	0,50	0,60	0,93	32,12	32,77	45,89	19,27	19,66	27,53	0,71	1,02
Pohony	2,00	5,50	0,90	400	11,00	0,50	0,60	0,93	5,89	2,85	6,54	3,53	1,71	3,93	0,44	0,48
Pohony	15,00	3,00	0,88	400	45,00	0,50	0,60	0,93	24,09	13,00	27,37	14,45	7,80	16,42	0,47	0,54
Pohony	43,00	2,20	0,87	400	94,60	0,50	0,60	0,93	50,64	28,70	58,21	30,39	17,22	34,93	0,49	0,57
Pohony	3,00	1,50	0,87	400	4,50	0,50	0,60	0,93	2,41	1,37	2,77	1,45	0,82	1,66	0,49	0,57
Pohony	18,00	1,10	0,89	400	19,80	0,50	0,60	0,93	10,60	5,43	11,91	6,36	3,26	7,15	0,46	0,51
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Σ									168,04	113,20		105,11	70,00			
								S _{pn} [kVA]	202,61		S _{ps} [kVA]	126,28				

R4.81 STROJOVNA	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Oběhové čerpadlo	2,00	160,00	0,85	400	320,00	0,60	0,65	0,93	205,57	127,40	241,84	133,62	82,81	157,20	0,53	0,62
Čerpadlo kondenzátu	2,00	105,00	0,84	400	210,00	0,50	0,65	0,93	112,42	72,62	133,83	73,07	47,20	86,99	0,54	0,65
Čerpadlo kondenzátu	1,00	100,00	0,77	400	100,00	0,50	0,65	0,93	53,53	44,36	69,52	34,80	28,83	45,19	0,64	0,83
Čerpadlo kondenzátu	2,00	75,00	0,70	400	150,00	0,60	0,60	0,93	96,36	98,31	137,66	57,82	58,98	82,59	0,71	1,02
Čerpadlo napájecí	1,00	75,00	0,70	400	75,00	0,50	0,60	0,93	40,15	40,96	57,36	24,09	24,58	34,41	0,71	1,02
Čerpadlo kondenzátu	1,00	55,00	0,87	400	55,00	0,50	0,60	0,93	29,44	16,69	33,84	17,67	10,01	20,31	0,49	0,57
Čerpadlo napájecí	1,00	55,00	0,87	400	55,00	0,50	0,60	0,93	29,44	16,69	33,84	17,67	10,01	20,31	0,49	0,57
Čerpadlo kondenzátu	2,00	45,00	0,86	400	90,00	0,50	0,60	0,93	48,18	28,59	56,02	28,91	17,15	33,61	0,51	0,59
Oběhové čerpadlo	2,00	45,00	0,86	400	90,00	0,60	0,60	0,93	57,82	34,31	67,23	34,69	20,58	40,34	0,51	0,59
Čerpadlo kondenzátu	2,00	30,00	0,78	400	90,00	0,60	0,60	0,93	57,82	46,38	74,12	34,69	27,83	44,47	0,63	0,80
Čerpadlo chladící vody	1,00	30,00	0,78	400	30,00	0,60	0,60	0,93	19,27	15,46	24,71	11,56	9,28	14,82	0,63	0,80
Čerpadlo kondenzátu	1,00	22,00	0,78	400	22,00	0,60	0,60	0,93	14,13	11,34	18,12	8,48	6,80	10,87	0,63	0,80
Čerpadlo kondenzátu	1,00	18,50	0,80	400	18,50	0,50	0,60	0,93	9,90	7,43	12,38	5,94	4,46	7,43	0,60	0,75
Čerpadlo kondenzátu	3,00	15,00	0,77	400	45,00	0,50	0,60	0,93	24,09	19,96	31,29	14,45	11,98	18,77	0,64	0,83
Čerpadlo kondenzátu	1,00	8,60	0,91	400	8,60	0,50	0,60	0,93	4,60	2,10	5,06	2,76	1,26	3,04	0,41	0,46
Kalové čerpadlo	2,00	7,50	0,60	400	15,00	0,60	0,60	0,93	9,64	12,85	16,06	5,78	7,71	9,64	0,80	1,33
Uzavírací armatury, regulační armatury	1,00	5,50	0,90	400	5,50	0,10	0,60	0,93	0,59	0,29	0,65	0,35	0,17	0,39	0,44	0,48
Uzavírací armatury, regulační armatury	5,00	3,00	0,88	400	15,00	0,10	0,60	0,93	1,61	0,87	1,82	0,96	0,52	1,09	0,47	0,54
Uzavírací armatury, regulační armatury	8,00	2,20	0,87	400	17,60	0,10	0,60	0,93	1,88	1,07	2,17	1,13	0,64	1,30	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	12,00	1,45	0,78	400	17,40	0,10	0,60	0,93	1,86	1,49	2,39	1,12	0,90	1,43	0,63	0,80
Uzavírací armatury, regulační armatury	4,00	1,10	0,89	400	4,40	0,10	0,60	0,93	0,47	0,24	0,53	0,28	0,14	0,32	0,46	0,51
Uzavírací armatury, regulační armatury	6,00	0,75	0,82	400	4,50	0,10	0,60	0,93	0,48	0,34	0,59	0,29	0,20	0,35	0,57	0,70
Ólejkové čerpadlo	2,00	0,75	0,82	400	1,50	0,60	0,60	0,93	0,96	0,67	1,18	0,58	0,40	0,71	0,57	0,70
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	0,55	0,75	400	1,65	0,10	0,60	0,93	0,18	0,16	0,24	0,11	0,09	0,14	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	4,00	0,55	0,75	400	2,20	0,30	1,00	0,93	0,71	0,62	0,94	0,71	0,62	0,94	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	2,00	0,37	0,70	400	0,74	0,30	0,60	0,93	0,24	0,24	0,34	0,14	0,15	0,20	0,71	1,02
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	3,00	0,18	0,72	400	0,54	0,30	0,60	0,93	0,17	0,17	0,24	0,10	0,10	0,14	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Σ									832,23	606,77		522,48	378,60			
								Spn [kVA]	1 029,94		Sps [kVA]	645,23				

R4.82 STROJOVNA	n	P	cos φ	U_n	P_i	k_s	k_v	η	P_{pn}	Q_{pn}	S_{pn}	P_{ps}	Q_{ps}	S_{ps}	sin φ	tg φ
Popis zařízení		[kW]	[-]	[V]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[kVA]	[-]	[-]
Oběhové čerpadlo	1,00	160,00	0,85	400	160,00	0,60	0,65	0,93	102,78	63,70	120,92	66,81	41,40	78,60	0,53	0,62
Čerpadlo kondenzátu	2,00	105,00	0,84	400	210,00	0,50	0,65	0,93	112,42	72,62	133,83	73,07	47,20	86,99	0,54	0,65
Čerpadlo kondenzátu	1,00	100,00	0,77	400	100,00	0,50	0,65	0,93	53,53	44,36	69,52	34,80	28,83	45,19	0,64	0,83
Čerpadlo kondenzátu	1,00	75,00	0,70	400	75,00	0,60	0,60	0,93	48,18	49,15	68,83	28,91	29,49	41,30	0,71	1,02
Čerpadlo napájecí	1,00	75,00	0,70	400	75,00	0,50	0,60	0,93	40,15	40,96	57,36	24,09	24,58	34,41	0,71	1,02
Čerpadlo kondenzátu	1,00	55,00	0,87	400	55,00	0,50	0,60	0,93	29,44	16,69	33,84	17,67	10,01	20,31	0,49	0,57
Čerpadlo napájecí	1,00	55,00	0,87	400	55,00	0,50	0,60	0,93	29,44	16,69	33,84	17,67	10,01	20,31	0,49	0,57
Čerpadlo kondenzátu	1,00	45,00	0,86	400	45,00	0,50	0,60	0,93	24,09	14,29	28,01	14,45	8,58	16,81	0,51	0,59
Oběhové čerpadlo	1,00	45,00	0,86	400	45,00	0,60	0,60	0,93	28,91	17,15	33,61	17,34	10,29	20,17	0,51	0,59
Čerpadlo kondenzátu	1,00	30,00	0,78	400	90,00	0,60	0,60	0,93	57,82	46,38	74,12	34,69	27,83	44,47	0,63	0,80
Čerpadlo chladící vody	0,00	30,00	0,78	400	30,00	0,60	0,60	0,93	19,27	15,46	24,71	11,56	9,28	14,82	0,63	0,80
Čerpadlo kondenzátu	1,00	22,00	0,78	400	22,00	0,60	0,60	0,93	14,13	11,34	18,12	8,48	6,80	10,87	0,63	0,80
Čerpadlo kondenzátu	1,00	18,50	0,80	400	18,50	0,50	0,60	0,93	9,90	7,43	12,38	5,94	4,46	7,43	0,60	0,75
Čerpadlo kondenzátu	3,00	15,00	0,77	400	45,00	0,50	0,60	0,93	24,09	19,96	31,29	14,45	11,98	18,77	0,64	0,83
Čerpadlo kondenzátu	1,00	8,60	0,91	400	8,60	0,50	0,60	0,93	4,60	2,10	5,06	2,76	1,26	3,04	0,41	0,46
Kalové čerpadlo	1,00	7,50	0,60	400	7,50	0,60	0,60	0,93	4,82	6,42	8,03	2,89	3,85	4,82	0,80	1,33
Uzavírací armatury, regulační armatury	0,00	5,50	0,90	400	0,00	0,10	0,60	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,48
Uzavírací armatury, regulační armatury	5,00	3,00	0,88	400	15,00	0,10	0,60	0,93	1,61	0,87	1,82	0,96	0,52	1,09	0,47	0,54
Uzavírací armatury, regulační armatury	7,00	2,20	0,87	400	15,40	0,10	0,60	0,93	1,65	0,93	1,90	0,99	0,56	1,14	0,49	0,57
Uzavírací armatury, regulační armatury	11,00	1,45	0,78	400	15,95	0,10	0,60	0,93	1,71	1,37	2,19	1,02	0,82	1,31	0,63	0,80
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	1,10	0,89	400	3,30	0,10	0,60	0,93	0,35	0,18	0,40	0,21	0,11	0,24	0,46	0,51
Uzavírací armatury, regulační armatury	5,00	0,75	0,82	400	3,75	0,10	0,60	0,93	0,40	0,28	0,49	0,24	0,17	0,29	0,57	0,70
Olejové čerpadlo	1,00	0,75	0,82	400	0,75	0,60	0,60	0,93	0,48	0,34	0,59	0,29	0,20	0,35	0,57	0,70
Uzavírací armatury, regulační armatury	3,00	0,55	0,75	400	1,65	0,10	0,60	0,93	0,18	0,16	0,24	0,11	0,09	0,14	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	3,00	0,55	0,75	400	1,65	0,30	1,00	0,93	0,53	0,47	0,71	0,53	0,47	0,71	0,66	0,88
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	2,00	0,37	0,70	400	0,74	0,30	0,60	0,93	0,24	0,24	0,34	0,14	0,15	0,20	0,71	1,02
Ostatní pohony (ventilátory, ofukovače)	3,00	0,18	0,72	400	0,54	0,30	0,60	0,93	0,17	0,17	0,24	0,10	0,10	0,14	0,69	0,96
Ostatní zařízení	1,00	10,00	0,90	400	10,00	1,00	1,00	0,93	10,71	5,19	11,90	10,71	5,19	11,90	0,44	0,48
Σ									621,61	454,89		390,90	284,23			
								Spn [kVA]	770,28		Sps [kVA]	483,31				

Rozvodna R1 sekce A/ vývod	n	P	cos φ	Un	Pi	ks	kv	η	Ppn	Qpn	Spn	Pps	Qps	Sps	liR/lrM	tg φ	Zm	Xm	SrM	Rm/Xm
	[-]	[kW]	[-]	[kV]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVar]	[kVA]	[kW]	[kVar]	[kVA]	[-]	[-]	[ohm]	[ohm]	[VA]	[-]
8A	1	506	0,8	6,3	506	1	1	0,93	544,4	408,3	680,5	544,4	408,3	680,5	6	0,7	9,7208	9,6726	680 497,5	0,1
	1	1 574	0,9	6,3	1 574	1	1	0,93	1 692,3	819,6	1 880,4	1 692,3	819,6	1 880,4	3	0,5	7,0358	7,0009	1 880 377,3	0,1
9A	1	908	0,8	6,3	908	1	1	0,93	976,5	732,4	1 220,7	976,5	732,4	1 220,7	6	0,7	5,4191	5,3922	1 220 686,3	0,1
	1	1 124	0,9	6,3	1 124	1	1	0,93	1 208,8	585,5	1 343,1	1 208,8	585,5	1 343,1	3	0,5	9,8502	9,8013	1 343 126,6	0,1
10A	1	757	0,8	6,3	757	1	1	0,93	813,8	610,3	1 017,2	813,8	610,3	1 017,2	6	0,8	6,5029	6,4706	1 017 238,6	0,1
	1	1 735	0,9	6,3	1 735	1	1	0,93	1 865,6	903,6	2 072,9	1 865,6	903,6	2 072,9	3	0,5	6,3824	6,3507	2 072 892,1	0,1
11A	1	1 169	0,8	6,3	1 169	1	1	0,93	1 257,2	942,9	1 571,5	1 257,2	942,9	1 571,5	6	0,7	4,2095	4,1886	1 571 458,2	0,1
12A	1	87	0,8	6,3	87	1	1	0,93	93,5	70,2	116,9	93,5	70,2	116,9	6	0,8	56,5752	56,2945	116 924,0	0,1
	1	611	0,9	6,3	611	1	1	0,93	656,8	318,1	729,8	656,8	318,1	729,8	3	0,5	18,1291	18,0391	729 765,5	0,1
13A	1	2 267	0,9	6,3	2 267	1	1	0,93	2 437,8	1 180,7	2 708,6	2 437,8	1 180,7	2 708,6	3	0,5	4,8844	4,8601	2 708 638,7	0,1
14A	1	139	0,8	6,3	139	1	1	0,93	149,7	112,2	187,1	149,7	112,2	187,1	6	0,8	35,3595	35,1840	187 078,4	0,1
	1	1 874	0,9	6,3	1 874	1	1	0,93	2 014,7	975,8	2 238,5	2 014,7	975,8	2 238,5	3	0,5	5,9101	5,8808	2 238 544,4	0,1
15A	1	3 073	0,9	6,3	3 073	1	1	0,93	3 304,1	1 600,2	3 671,2	3 304,1	1 600,2	3 671,2	3	0,5	3,6037	3,5858	3 671 212,8	0,1
16A	1	324	0,8	6,3	324	1	1	0,93	348,0	261,0	435,0	348,0	261,0	435,0	6	0,7	15,2084	15,1329	434 957,2	0,1
	1	1 349	0,9	6,3	1 349	1	1	0,93	1 450,6	702,5	1 611,8	1 450,6	702,5	1 611,8	3	0,5	8,2085	8,1677	1 611 752,0	0,1
17A	1	824	0,9	6,3	824	1	1	0,93	886,5	429,3	985,0	886,5	429,3	985,0	3	0,5	13,4320	13,3654	984 959,5	0,1
18A	1	494	0,8	6,3	494	1	1	0,93	531,3	398,5	664,1	531,3	398,5	664,1	6	0,8	9,9604	9,9110	664 128,2	0,1
	1	150	0,9	6,3	150	1	1	0,93	161,2	78,1	179,1	161,2	78,1	179,1	3	0,5	73,8761	73,5095	179 083,6	0,1
19A	1	1 649	0,9	6,3	1 649	1	1	0,93	1 772,9	858,7	1 969,9	1 772,9	858,7	1 969,9	3	0,5	6,7160	6,6827	1 969 919,1	0,1
Σ									22 165,6	11 987,8		22 165,6	11 987,8							
								Spn [kVa]	25 199,65		Sps [kVa]	25 199,65								

	n	P	cos φ	Un	P _i	k _s	k _v	η	P _{pn}	Q _{pn}	S _{pn}	P _{ps}	Q _{ps}	S _{ps}	I _R /I _M	tg φ	Z _m	X _m	S _{rM}	R _m /X _m
Rozvodna R1 sekce A/ vývod	[-]	[kW]	[-]	[kV]	[kW]	[-]	[-]	[%]	[kW]	[kVar]	[kVA]	[kW]	[kVar]	[kVA]	[-]	[-]	[ohm]	[ohm]	[VA]	[-]
8B	1	1 095	0,8	6,3	1 095	1	1	0,93	1 177,2	882,9	1 471,4	1 177,2	882,9	1 471,4	6	0,7	4,4956	4,4733	1 471 443,2	0,1
	1	1 606	0,9	6,3	1 606	1	1	0,93	1 726,9	836,4	1 918,8	1 726,9	836,4	1 918,8	3	0,5	6,8951	6,8609	1 918 752,4	0,1
9B	1	2 666	0,8	6,3	2 666	1	1	0,93	2 866,6	2 150,0	3 583,3	2 866,6	2 150,0	3 583,3	6	0,8	1,8461	1,8369	3 583 270,0	0,1
	1	1 071	0,9	6,3	1 071	1	1	0,93	1 151,3	557,6	1 279,2	1 151,3	557,6	1 279,2	3	0,5	10,3427	10,2913	1 279 168,2	0,1
10B	1	803	0,8	6,3	803	1	1	0,93	863,4	647,6	1 079,3	863,4	647,6	1 079,3	6	0,7	6,1290	6,0986	1 079 298,2	0,1
	1	2 880	0,9	6,3	2 880	1	1	0,93	3 096,9	1 499,9	3 441,0	3 096,9	1 499,9	3 441,0	3	0,5	3,8449	3,8258	3 440 962,5	0,1
11B	1	1 365	0,8	6,3	1 365	1	1	0,93	1 467,8	1 100,9	1 834,8	1 467,8	1 100,9	1 834,8	6	0,7	3,6053	3,5874	1 834 806,9	0,1
	1	2 141	0,9	6,3	2 141	1	1	0,93	2 302,5	1 115,2	2 558,3	2 302,5	1 115,2	2 558,3	3	0,5	5,1713	5,1457	2 558 336,5	0,1
12B	1	134	0,8	6,3	134	1	1	0,93	143,9	107,9	179,9	143,9	107,9	179,9	6	0,8	36,7739	36,5914	179 883,0	0,1
	1	337	0,9	6,3	337	1	1	0,93	362,6	175,6	402,9	362,6	175,6	402,9	3	0,5	32,8338	32,6709	402 938,0	0,1
13B	1	2 677	0,9	6,3	2 677	1	1	0,93	2 878,1	1 393,9	3 197,9	2 878,1	1 393,9	3 197,9	3	0,5	4,1371	4,1165	3 197 920,6	0,1
14B	1	2 677	0,9	6,3	2 677	1	1	0,93	2 878,1	1 393,9	3 197,9	2 878,1	1 393,9	3 197,9	3	0,5	4,1371	4,1165	3 197 920,6	0,1
15B	1	4 069	0,9	6,3	4 069	1	1	0,93	4 374,8	2 118,8	4 860,8	4 374,8	2 118,8	4 860,8	3	0,5	2,7218	2,7082	4 860 839,3	0,1
16B	1	974	0,8	6,3	974	1	1	0,93	1 047,6	785,7	1 309,5	1 047,6	785,7	1 309,5	6	0,8	5,0514	5,0263	1 309 548,5	0,1
	1	2 918	0,9	6,3	2 918	1	1	0,93	3 137,2	1 519,4	3 485,7	3 137,2	1 519,4	3 485,7	3	0,5	3,7955	3,7766	3 485 733,4	0,1
17B	1	964	0,9	6,3	964	1	1	0,93	1 036,1	501,8	1 151,3	1 036,1	501,8	1 151,3	3	0,5	11,4918	11,4348	1 151 251,4	0,1
18B	1	862	0,8	6,3	862	1	1	0,93	926,8	695,1	1 158,4	926,8	695,1	1 158,4	6	0,8	5,7102	5,6819	1 158 446,7	0,1
	1	214	0,9	6,3	214	1	1	0,93	230,3	111,5	255,8	230,3	111,5	255,8	3	0,5	51,7133	51,4566	255 833,6	0,1
19B	1	337	0,8	6,3	337	1	1	0,93	362,6	272,0	453,3	362,6	272,0	453,3	6	0,7	14,5928	14,5204	453 305,2	0,1
	1	2 120	0,9	6,3	2 120	1	1	0,93	2 279,5	1 104,0	2 532,8	2 279,5	1 104,0	2 532,8	3	0,5	5,2236	5,1976	2 532 753,1	0,1
Σ									33 133,0	18 087,2		33 133,0	18 087,2							
								Spn [kVa]	37 748,40		Sps [kVa]	37 748,40								



KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček

REV.: 0

NAZEV VYKRESU:

TECHNOLOGICKÉ SCHEMA ELEKTRÁRNY

Č. PŘÍLOHY:

3

SÍŤOVÁ ROZVODNA VVN

HLAVNÍ PŘEHLEDOVÉ SCHEMA

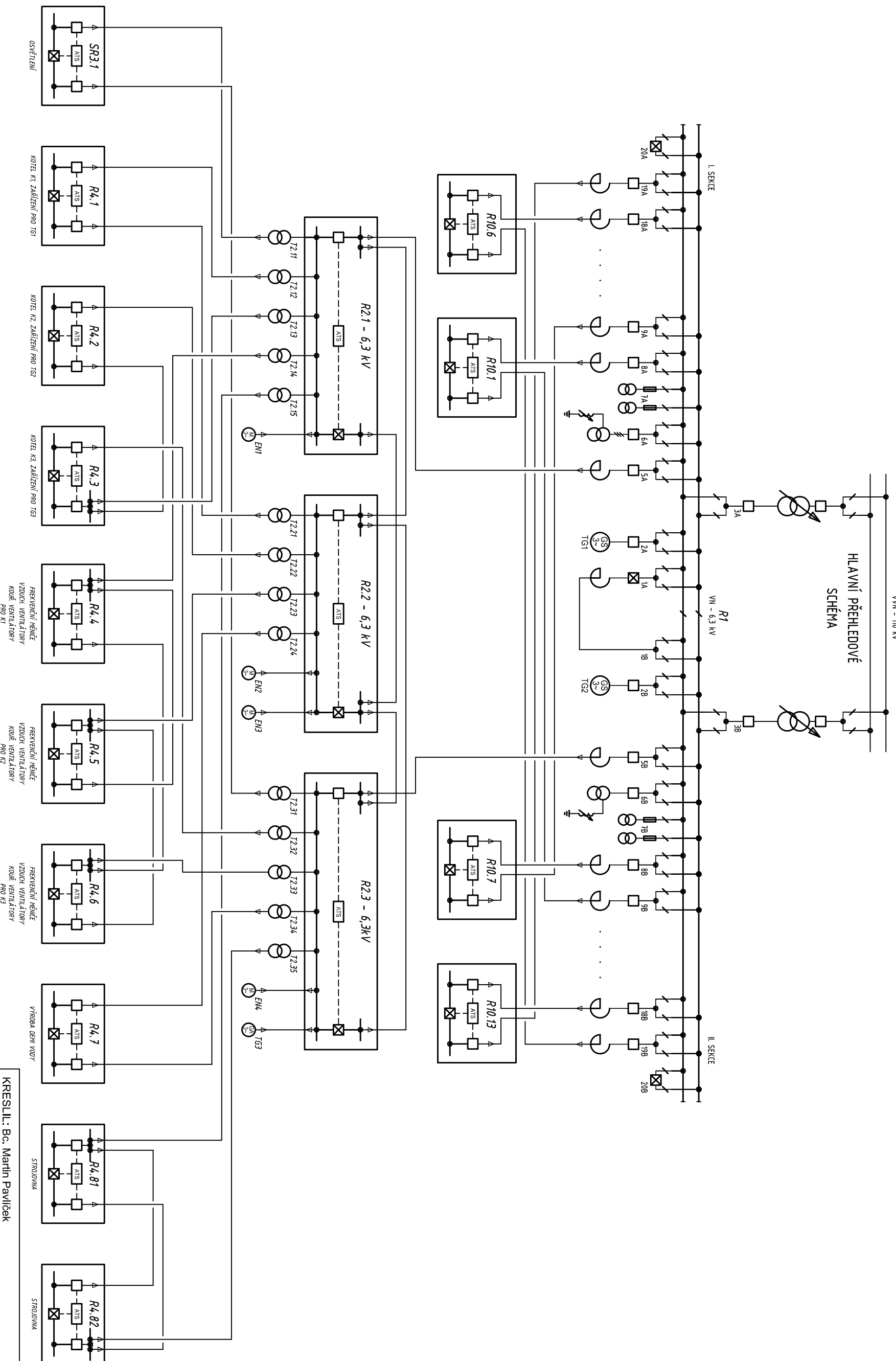
VVN - 110 kV

HLAVNÍ VN ROZVODNA ELEKTRÁRNY

HLAVNÍ VN ROZVODNY TECHNOLOGICKÝCH JEDNOTEK

ÚSEKOVÉ VN ROZVODNY VS

ÚSEKOVÉ NN ROZVODNY VS



KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček

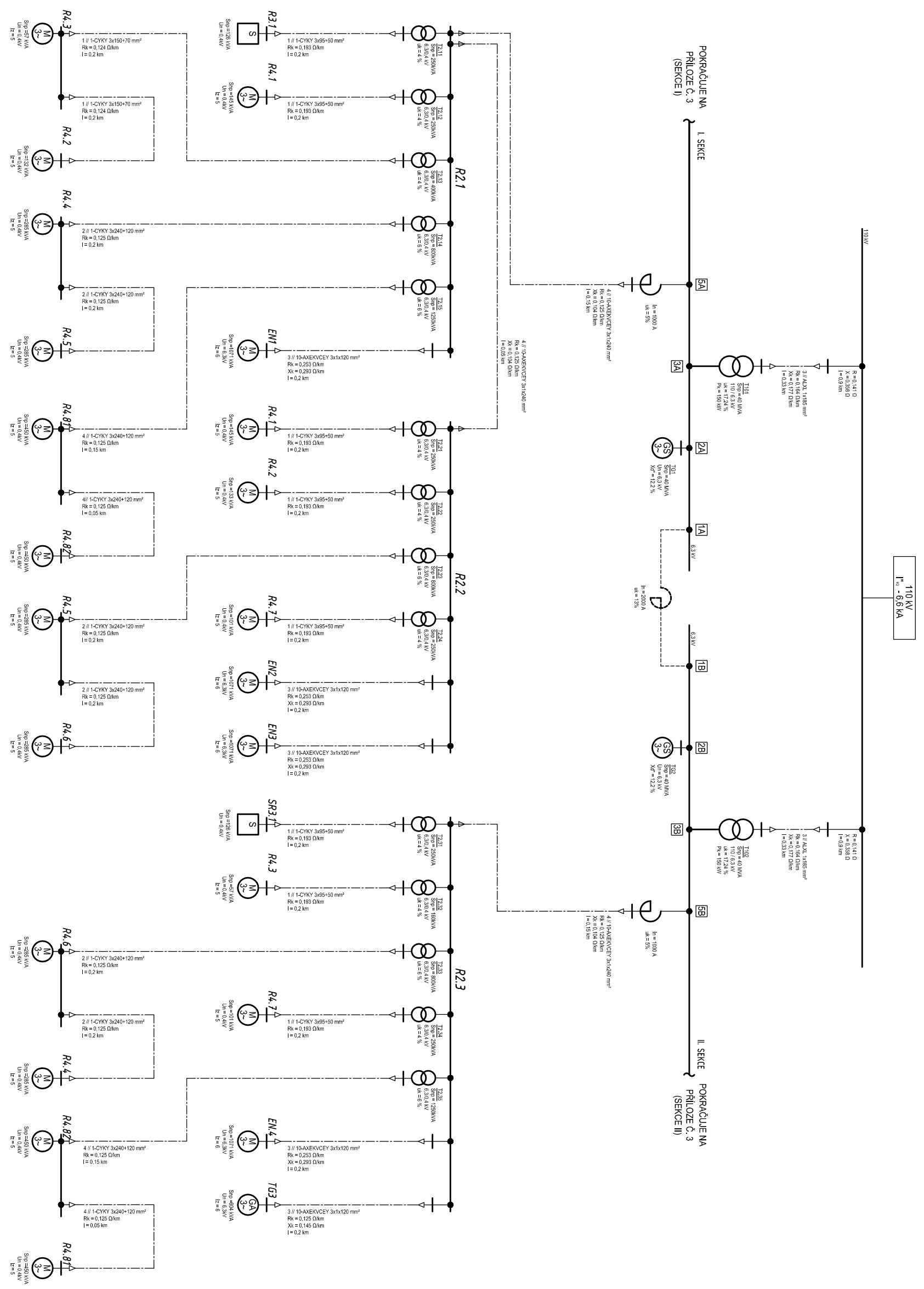
REV.: 0

NÁZEV VYKRESU:

PŘEHLEDOVÉ SCHEMA VLASTNÍ SPOTŘEBY ELEKTRÁRNY
80 MW_e

Č. PŘÍLOHY:

4



110 kV
I_{sc} = 6.6 kA

POKRAČUJE NA
PŘÍLOZE Č. 3
(SEKCE I)

II. SEKCE
POKRAČUJE NA
PŘÍLOZE Č. 3
(SEKCE II)

KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček

REV.: 0

NÁZEV VÝKRESU:

VÝPOČTOVÉ SCHÉMA - ČÁST 1

Č. PŘÍLOHY:

5

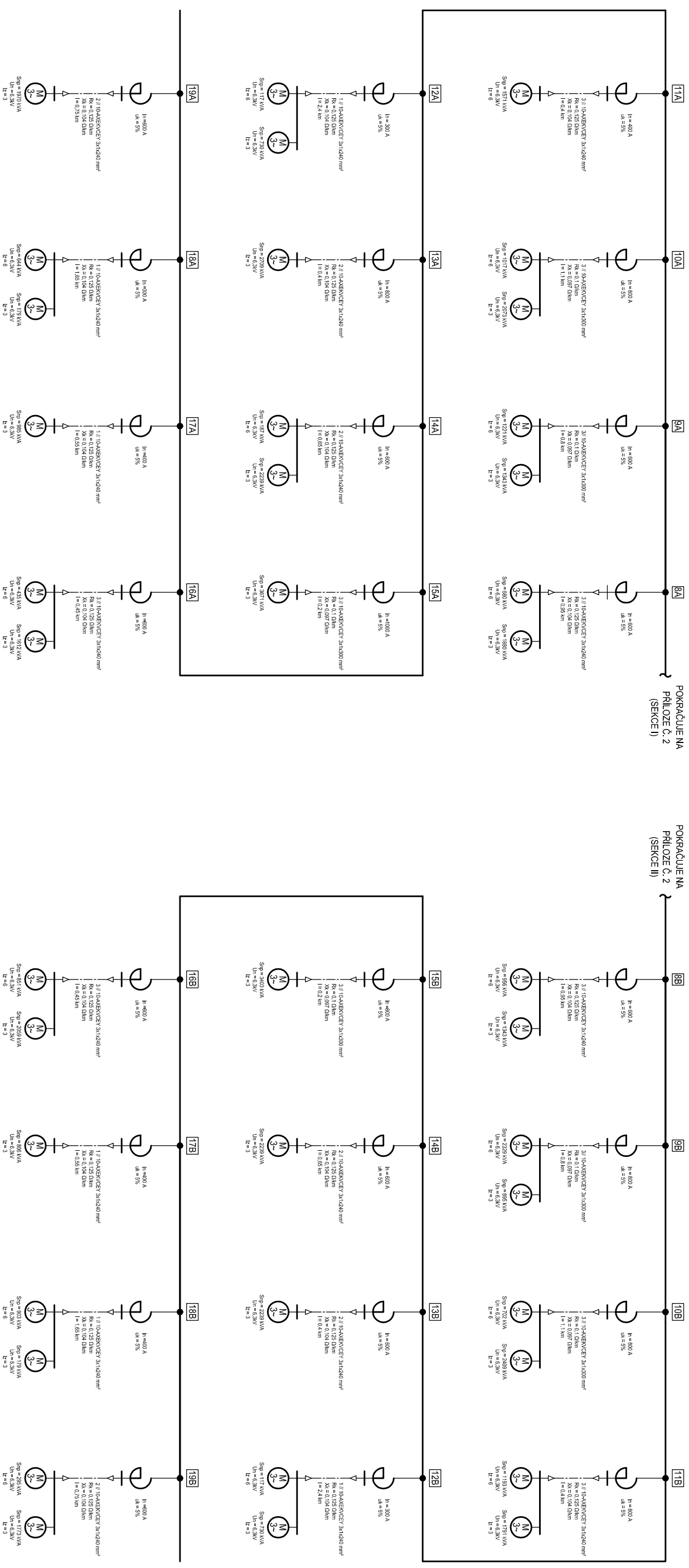
1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

A B C D E F

NAPÁJENÍ PRŮMYSLOVÉHO
ZÁVODU
SEKCE A

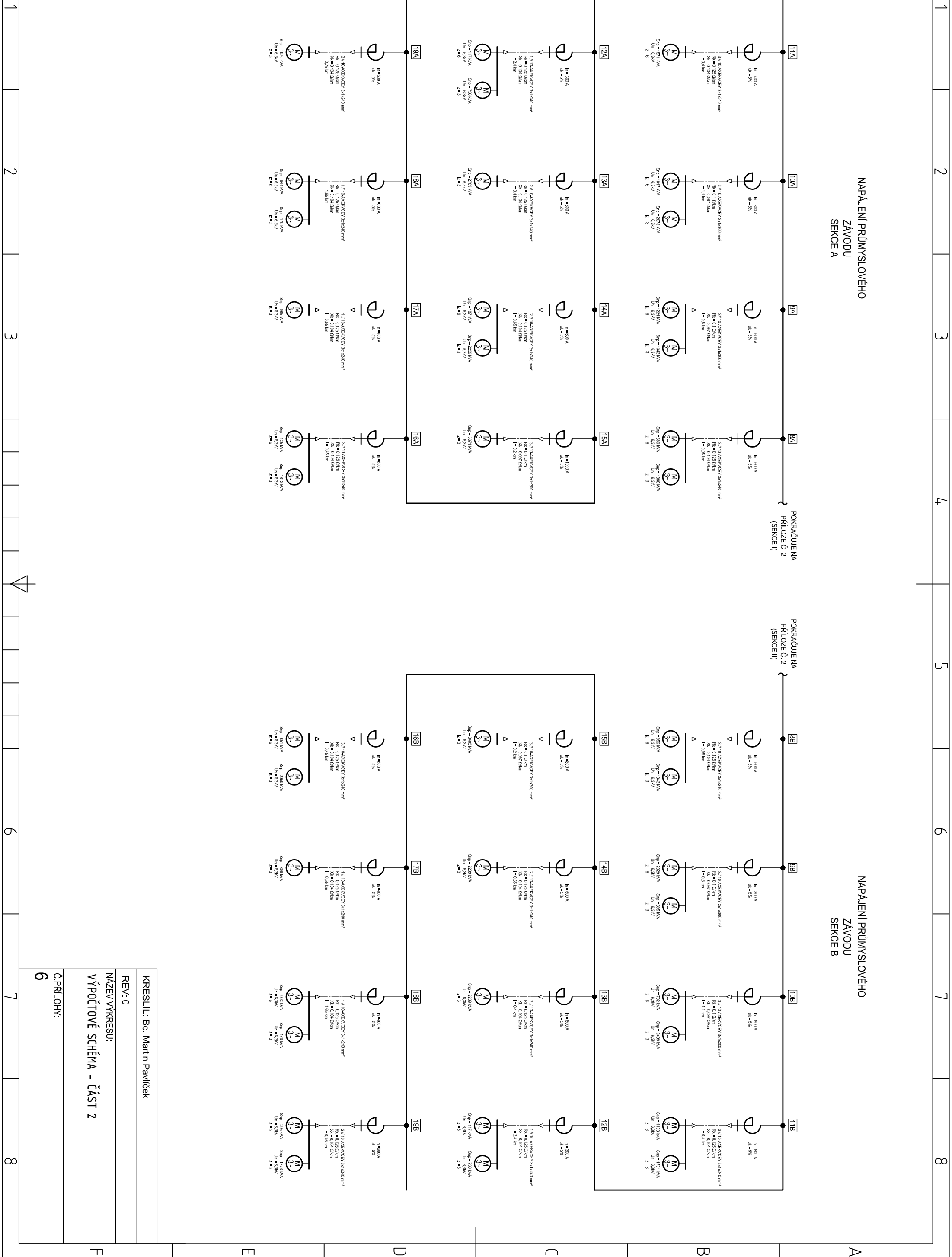
NAPÁJENÍ PRŮMYSLOVÉHO
ZÁVODU
SEKCE B

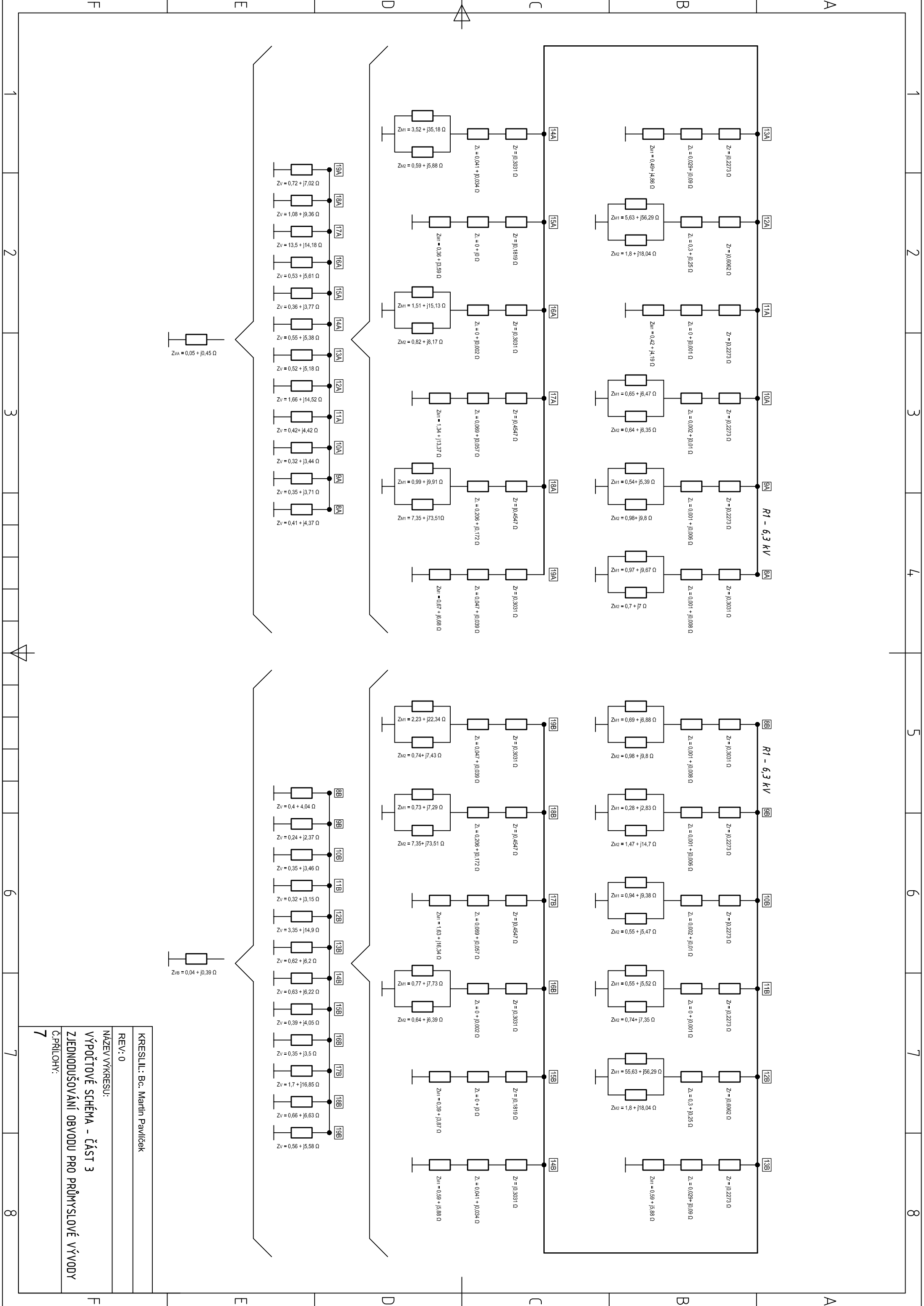


POKRAČUJE NA
PŘÍLOZE Č. 2
(SEKCE I)

POKRAČUJE NA
PŘÍLOZE Č. 2
(SEKCE II)

KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček
REV: 0
NÁZEV VÝKRESU: VÝPOČTOVÉ SCHÉMA - ČÁST 2
Č. PŘÍLOHY: 6





KRESIL: Bc. Martin Pavlíček

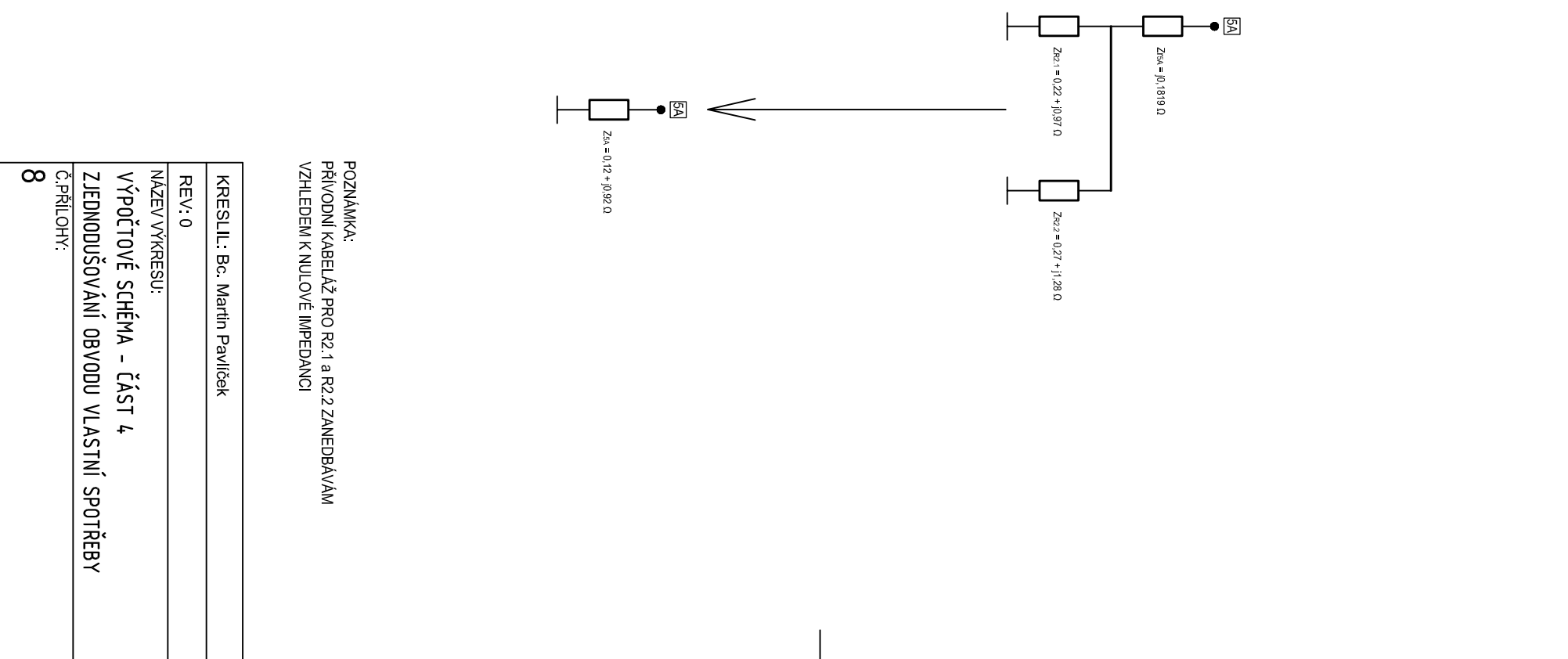
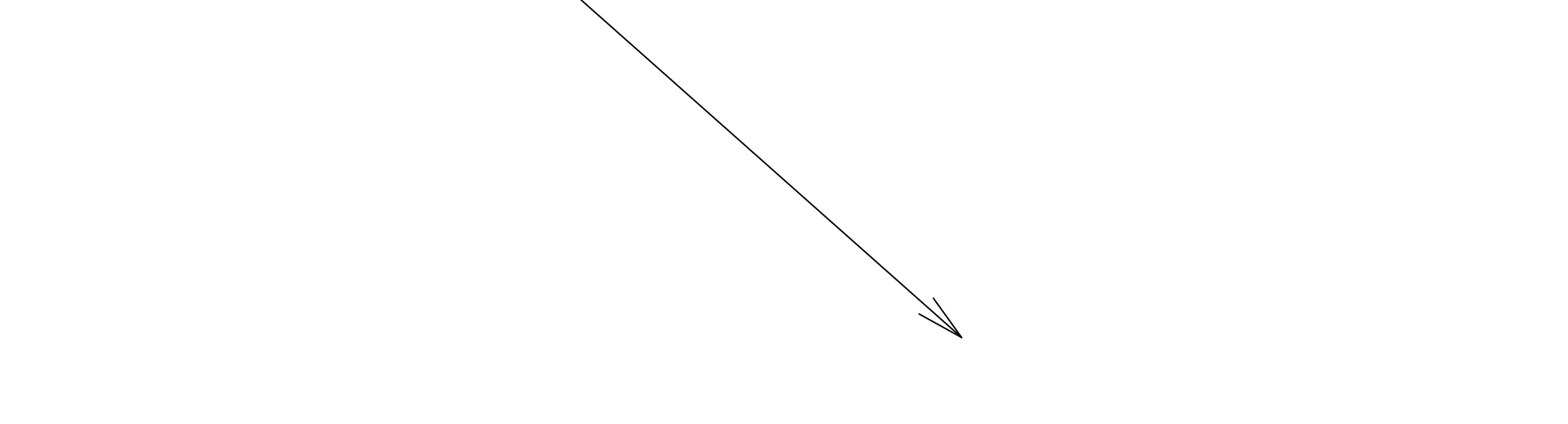
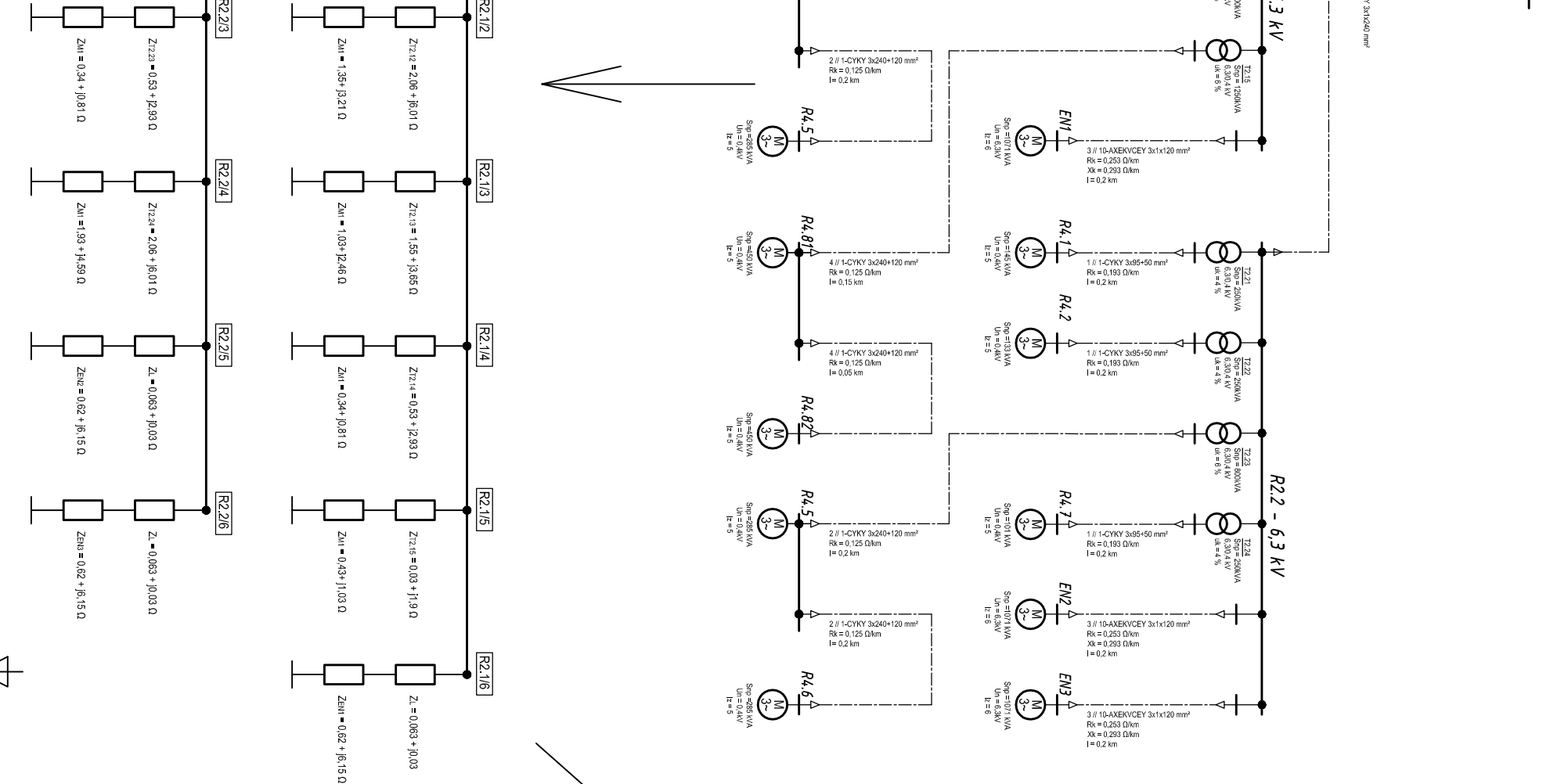
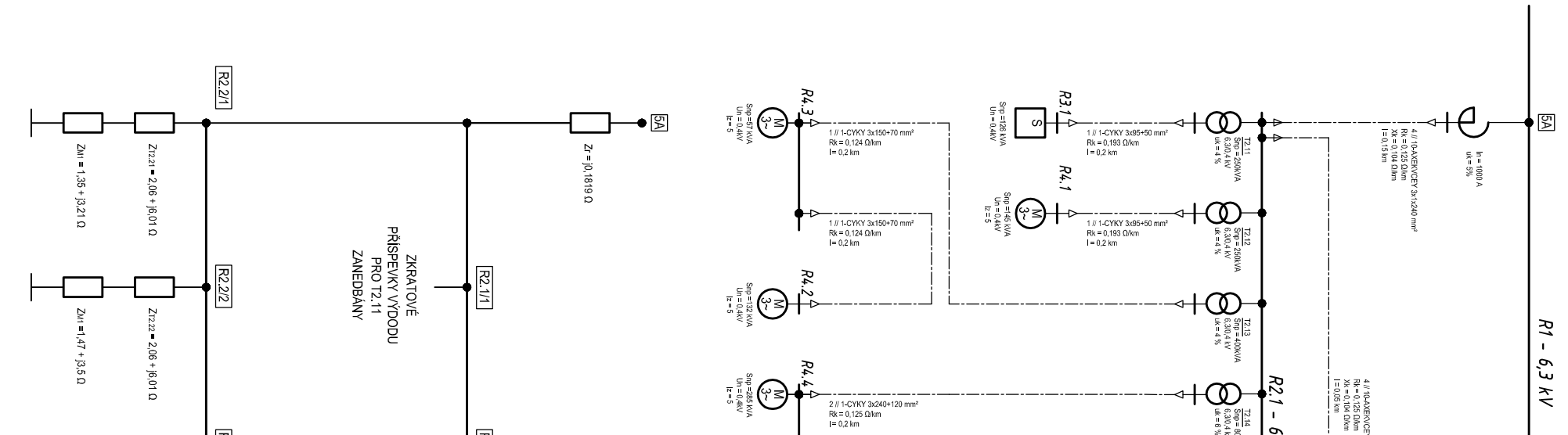
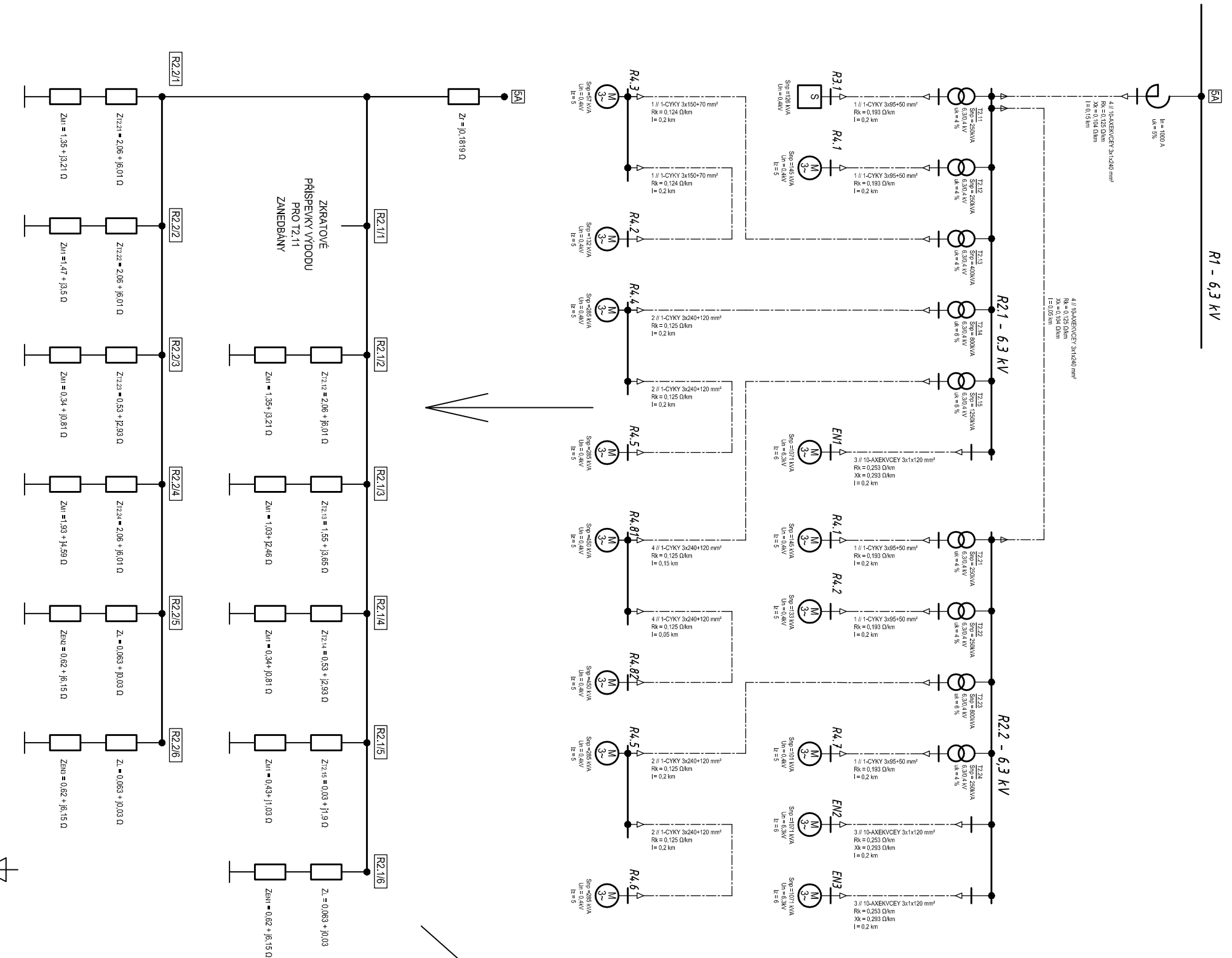
REV: 0

NÁZEV VÝKRESU:

VÝPOČTOVÉ SCHÉMA - ČÁST 3

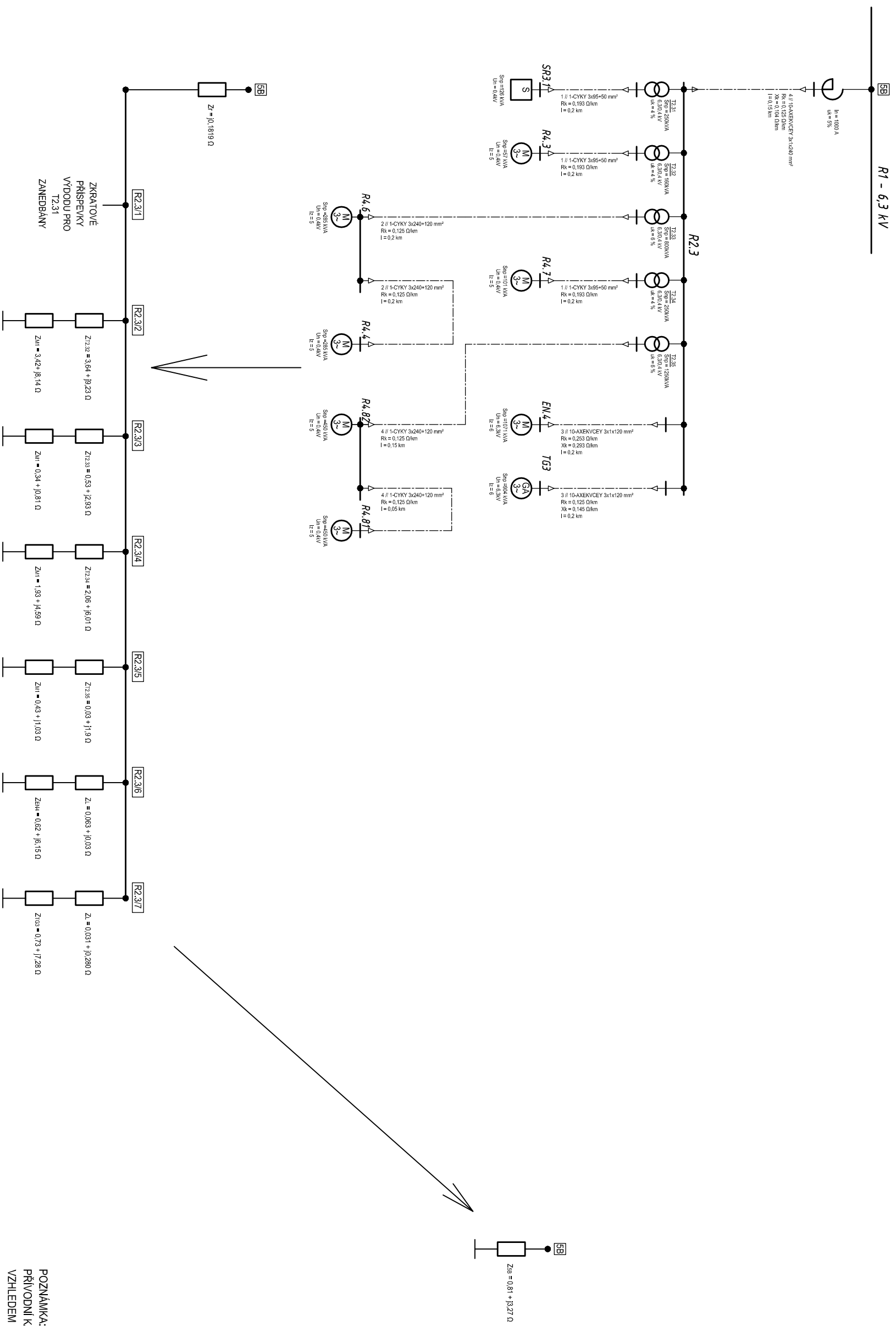
ZJEDNODUŠOVÁNÍ OBLVODU PRO PRŮMYSLOVÉ VÝVODY

Č.PŘÍLOHY: 7



POZNÁMKA:
PŘÍVODNÍ KABELAŽ PRO R2.1 a R2.2 ZANEDBÁVÁM
VZHLEDEM K NULOVÉ IMPEDANCI

KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček
REV.: 0
NÁZEV VÝKRESU: VÝPOČTOVÉ SCHÉMA - ČÁST 4
ZLEDNODUŠOVÁNÍ OBVODU VLASTNÍ SPOTŘEBY
Č. PŘÍLOHY: 8

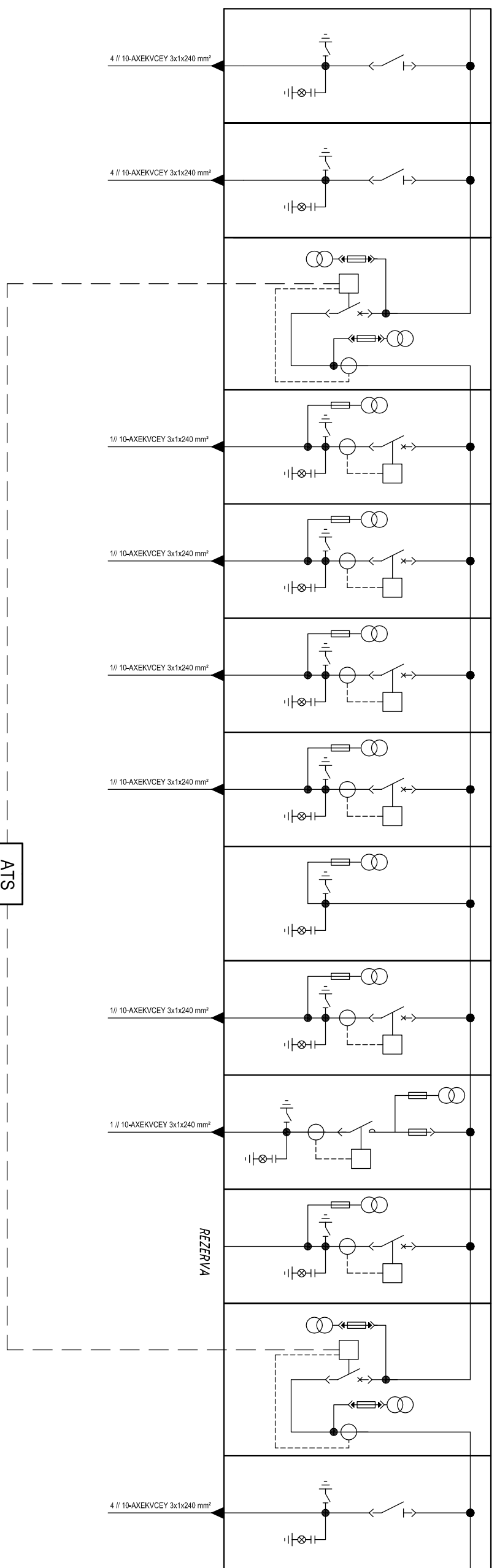


POZNÁMKA:
PŘÍVODNÍ KABELAŽ PRO R2.3 ZANEDBÁVÁN
VZHLEDEM K NULOVÉ IMPEDANCI

KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček
REV.: 0
NÁZEV VÝKRESU: VÝPOČTOVÉ SCHÉMA - ČÁST 5
ZLEDNODUŠOVÁNÍ OBVODU VLASTNÍ SPOTŘEBY
Č.PŘÍLOHY: 9

ROZVODNA R2.1

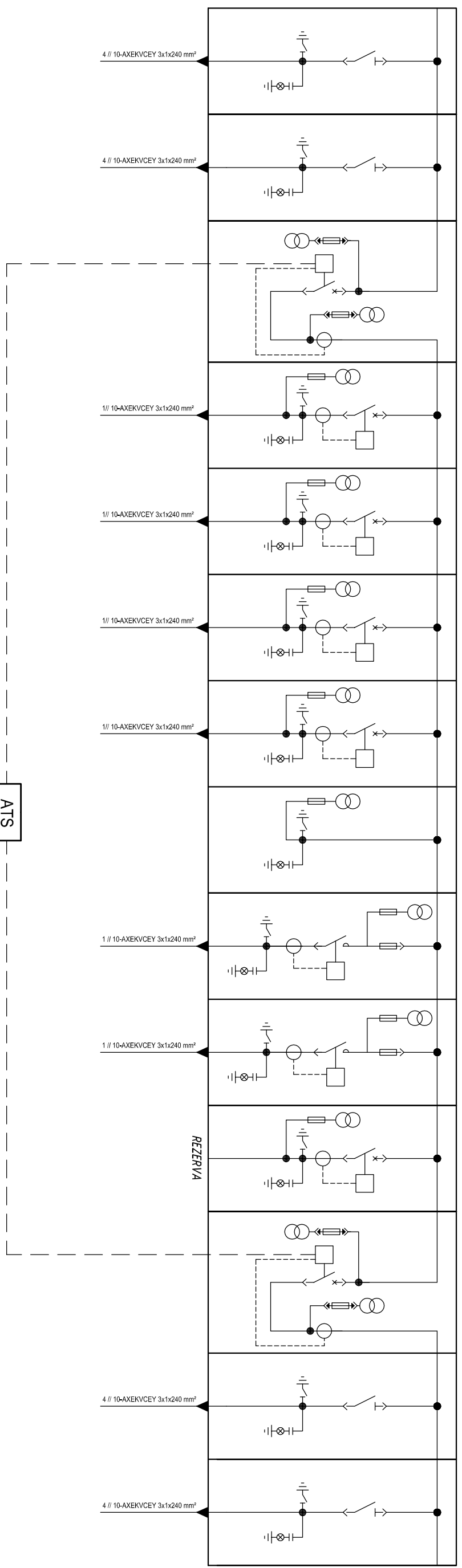
POLE 1	POLE 2	POLE 3	POLE 4	POLE 5	POLE 6	POLE 7	POLE 8	POLE 9	POLE 10	POLE 11	POLE 12	POLE 13
PRIVOD Z R1 / 5A	VYVOD DO R2.2 / 1	SPOLKA PRIPojNIC	VYVOD T2.11	VYVOD T2.12	VYVOD T2.13	VYVOD T2.14 PRO FM (VV)	MEŘENÍ A UZEMNĚNÍ PRIPojNIC	VYVOD T2.15 STROJOVNA	VYVOD ENH	VYVOD - REZERVA	SPOLKA PRIPojNIC	PRIVOD Z R2.2 / 12
TYP 1	TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 3	TYP 3	TYP 3	TYP 5	TYP 3	TYP 4	TYP 3	TYP 2	TYP 1



KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček
REV.: 0
NÁZEV VYKRESU: SCHÉMA NÁVRHU ROZVODNÝ R2.1
Č. PŘÍLOHY: 10

ROZVODNA R2.2

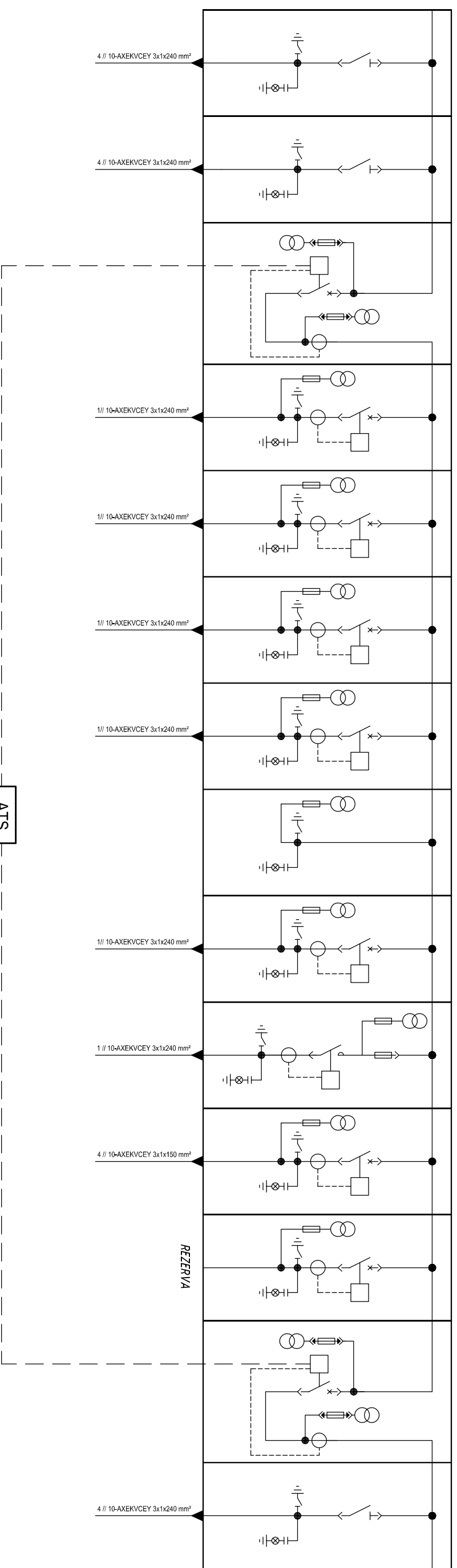
POLE 1	POLE 2	POLE 3	POLE 4	POLE 5	POLE 6	POLE 7	POLE 8	POLE 9	POLE 10	POLE 11	POLE 12	POLE 13	POLE 14
PRIVOD Z R2.1/1	VYVOD DO R2.3/12	SPOLKA PRIPONIC	VYVOD T2.21	VYVOD T2.22	VYVOD T2.23 PRO FM (V)	VYVOD T2.24 DEMI	MEŘENÍ A UZEMNĚNÍ PRIPONIC	VYVOD EN2	VYVOD EN3	REZERVA	SPOLKA PRIPONIC	VYVOD DO R2.1/12	PRIVOD Z R2.3/1
TYP 1	TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 3	TYP 3	TYP 3	TYP 5	TYP 4	TYP 4	TYP 3	TYP 2	TYP 1	TYP 1



KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček
 REV.: 0
 NÁZEV VYKRESU:
 SCHEMA NAVRHU ROZVODNY R2.2
 Č. PŘÍLOHY:
 11

ROZVODNA R2.3

POLE 1	POLE 2	POLE 3	POLE 4	POLE 5	POLE 6	POLE 7	POLE 8	POLE 9	POLE 10	POLE 11	POLE 12	POLE 13	POLE 14
PRIVOD Z R1 / 98	VYVOD DO R2.2 / 12	SPOLKA PRIPAJNIC	VYVOD T2.31	VYVOD T2.32	VYVOD T2.33 PRO FM (VV)	VYVOD T2.34 DEMI	MEŘENÍ A UZEMNĚNÍ PRIPAJNIC	VYVOD T2.35	VYVOD ENA	VYVOD T63	VYVOD REZERVA	SPOLKA PRIPAJNIC	PRIVOD Z R2.2 / 1
TYP 1	TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 3	TYP 3	TYP 3	TYP 5	TYP 3	TYP 4	TYP 3	TYP 3	TYP 2	TYP 1



ATS

REZERVA

KRESLIL: Bc. Martin Pavlíček
REV.: 0
NÁZEV VYKRESU: SCHEMA NÁVRHU ROZVODNÝ R2.3
Č. PŘÍLOHY: 12