

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**Zkratové poměry v rozvodně 400 kV
Sokolnice po zavedení přímé
transformace 400/110 kV**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

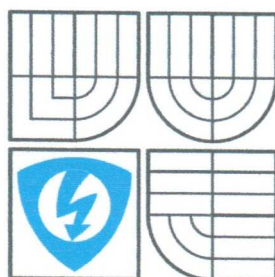
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL VOJTĚCH

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

Bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Vojtěch Pavel

ID: 77832

Ročník: 3

Akademický rok: 2007/2008

Název tématu:

Zkratové poměry v rozvodně Sokolnice po zavedení přímé transformace 400/110 kV

Pokyny pro zpracování:

1. V rozvodně 400 kV vypočítejte poměry při jednofázovém a třífázovém zkratu:

- a) před instalací transformátoru 400/110 kV
- b) po instalaci transformátoru 400/110 kV

2. Na základě zjištěných výsledků posuďte jmenovitou zkratovou odolnost rozvodny 400 kV v nových provozních podmínkách

Doporučená literatura:

Podle pokynů vedoucího

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 4.6.2008

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

předseda odborové rady

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Pavel Vojtěch

Bytem: Borovník 34

Narozen/a (datum a místo): 28.07.1985 Brno

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,

se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

disertační práce

diplomová práce

bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:

.....

Vedoucí/ školitel VŠKP:

Ústav:

Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- tištěné formě – počet exemplářů 1
- elektronické formě – počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

* hodící se zaškrtněte

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

Pavel Vojěch

.....

.....

Nabyvatel

Autor

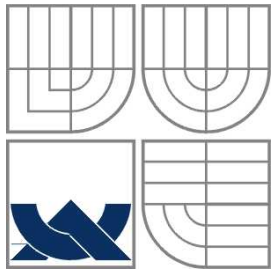
Bibliografická citace práce:

VOJTĚCH, P. *Zkratové poměry v rozvodně 400 kV Sokolnice po zavedení přímé transformace 400/110 kV*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 55 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc..

Prohlašuji, že jsem svou **bakalářskou práci** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

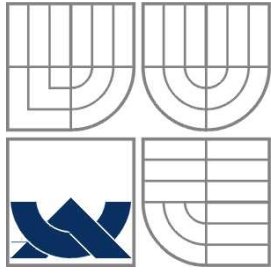
**Zkratové poměry v rozvodně 400 kV
Sokolnice po zavedení přímé
transformace 400/110 kV**

Pavel Vojtěch

vedoucí: doc. Ing. Vladimír Blažek CSc.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

BACHELOR'S THESIS

**Short Circuit Currents in the
Sokolnice 400 kV Switching Station
with Direct 400/110 kV
Transformation Applied**

by

Pavel Vojtěch

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Blažek CSc.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Cílem této Bakalářské práce je posoudit zkratové poměry, pro hladinu napětí 400 kV, v rozvodně Sokolnice před rokem 1995 a po něm, kdy došlo k instalaci transformátoru T402 a tím k zavedení přímé transformace napětí 400/110 kV. Práce zjišťuje poměry jak pro 3-fázové zkraty tak 1-fázové zkraty, pro varianty transformace 400/220/110 kV, tedy původní změny napětí a 400/110 kV, pro změnu, ke které dojde připojením transformátoru T 402.

Na základě těchto výpočtu dojde k posouzení jmenovité zkratové odolnosti rozvodny podle parametrů zadaných od a.s. ČEZ Praha.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Zkrat; zkratový proud; jmenovité napětí; transformátor; soustava; impedance;
rozvodna; transformace; třífázový; jednofázový

ABSTRACT

The destination of this Bachelor's Thesis is to explore short circuit currents for voltage level 400 kV in the switching station Sokolnice before year 1995 and after this year, when came to installation of the convertor T402 and to voltage direct 400/110 kV transformation applied. The Thesis is detecting at relation as for three-phase short circuit do for single-phase short circuits, for 400/220/110 kV primary transformation variation in voltage and for variation 400/110 kV, the change which came after connection of the convertor T402.

In base of this calculation will be explored the short circuit resistance rating switching station in agreement with parameters ordered by the comp. Inc. ČEZ Prague.

KEY WORDS:

Short Circuit; Short Circuit Currents; voltage rating; convertor; system; impedance;
Switching station; transformation; three-phase; single-phase

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
SEZNAM TABULEK.....	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	14
1 ÚVOD.....	16
2 CHARAKTERISTIKA ZKRATOVÝCH PROUDŮ.....	17
2.1 DRUHY ZKRATU.....	17
2.2 ČASOVÝ PRŮBĚH ZKRATU.....	18
2.3 PŘÍČINY VZNIKU ZKRATU.....	20
3 CÍLE PRÁCE.....	21
4 METODY A POSTUPY ŘEŠENÍ.....	22
4.1 PŘEDPOKLADY VÝPOČTU.....	22
4.2 EKVIVALENTNÍ NAPĚŤOVÝ ZDROJ V MÍSTĚ ZKRATU.....	23
4.3 POUŽITÍ SOUMĚRNÝCH SLOŽEK.....	23
5 IMPEDANCE.....	24
5.1 SÍŤOVÉ NAPAJEČE.....	24
5.2 TRANSFORMÁTORY.....	26
6 VÝPOČET ZKRATOVÝCH PROUDŮ.....	28
6.1 POČÁTEČNÍ RÁZOVÝ ZKRATOVÝ PROUD.....	28
6.2 NÁRAZOVÝ ZKRATOVÝ PROUD I_p	28
6.3 STEJNOSMĚRNÁ SLOŽKA ZKRATOVÉHO PROUDU.....	29
7 VSTUPNÍ DATA.....	30
8 PŘEPOČET IMPEDANCÍ.....	31
8.1 SOUSTAVY.....	31
8.2 TRANSFORMÁTORY.....	32
9 VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ.....	36
9.1 ZADÁNÍ.....	36
9.2 VARIANTA A - NEPŘÍMÁ TRANSFORMACE.....	37
9.3 VARIANTA B - PŘÍMÁ TRANSFORMACE.....	44
9.4 VÝPOČET ZKRATOVÝCH PROUDŮ.....	51
10 ZÁVĚR.....	54
POUŽITÁ LITERATURA.....	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Druhy zkratu.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 2-2 Průběh zkratového proudu.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 5-1 Schéma sousatavy a ekvivalentní náhradní schéma pro síťové napaječe.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 5-2 Trojvinuťový transformátor.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 9-1 Před zavedením přímé transformace.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 9-2 Po zavedení přímé transformace.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 9-3 Výpočet sousledné a zpětné složky impedance.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 9-4 Výpočet netočivé složky impedance.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 9-5 Výpočet sousledné a zpětné složky impedance.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 9-6 Výpočet netočivé složky impedance.....</i>	<i>50</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 7-1 Zadané rázové zkratové výkony sítí.....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 7-2 Zadané parametry transformátor.....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 9-1 Výsledné poměry.....</i>	<i>53</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

I_{ke}	ekvivalentní oteplovací proud
I_{km}	oteplovací zkratový proud
I_{ku}	ustálený zkratový proud
I_k''	počáteční souměrný rázový zkratový proud
I'_{kQ}	počáteční souměrný rázový zkratový proud v bodě připojení napaječe
I_{kv}	vypínaný zkratový proud
I_n	jmenovitý proud
I_{rT}	jmenovitý proud transformátoru na straně vyššího nebo nižšího napětí
K_T	korekční součinitel transformátoru
R	odpor
R_Q	činný odpor napaječe
S_{ks}	zkratový výkon
S_{rT}	jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru
S_{rTAB}	jmenovitý zdánlivý výkon mezi stranami A a B transformátoru
S_{rTAC}	jmenovitý zdánlivý výkon mezi stranami A a C transformátoru
S_{rTBC}	jmenovitý zdánlivý výkon mezi stranami B a C transformátoru
U_n	jmenovité napětí zdroje
U_{nQ}	jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napaječe
U_{rT}	jmenovité napětí transformátoru na straně vyššího nebo nižšího napětí
X_Q	reaktance napaječe
$Z_{(0)}$	netočivá zkratová impedance
$Z_{(1)}$	sousledná zkratová impedance
$Z_{(2)}$	zpětná zkratová impedance
Z_A	sousledná zkratová impedance strany A
Z_B	sousledná zkratová impedance strany B
Z_C	sousledná zkratová impedance strany C
Z_{AB}	sousledná zkratová impedance mezi stranami A a B
Z_{AC}	sousledná zkratová impedance mezi stranami A a C
Z_{BC}	sousledná zkratová impedance mezi stranami B a C

Z_Q	sousledná zkratová impedance síťového napaječe
c	napěťový součinitel
t	doba trvání zkratu
t_r	jmenovitý převod transformátoru
X	reaktance
u_{kr}	jmenovité napětí nakrátko v procentech
u_{Rr}	činná složka jmenovitého náúětí nakrátko transformátoru v procentech
u_{RrAB}	jmenovité napětí na činné složce mezi stranami A a B transformátoru vyjádřené v procentech
u_{RrAC}	jmenovité napětí na činné složce mezi stranami A a C transformátoru vyjádřené v procentech
u_{RrBC}	jmenovité napětí na činné složce mezi stranami B a C transformátoru vyjádřené v procentech
u_x	procentní napětí reaktance
u_{XrAB}	jmenovité napětí na reaktanci mezi stranami A a B transformátoru vyjádřené v procentech
u_{XrAC}	jmenovité napětí na reaktanci mezi stranami A a B transformátoru vyjádřené v procentech
u_{XrBC}	jmenovité napětí na reaktanci mezi stranami A a B transformátoru vyjádřené v procentech
u_r	procentní napětí odporu
κ	součinitel pro poměr R/X nebo X/R

1 ÚVOD

V každém elektrickém zařízení je zapotřebí počítat nejen s normálními provozními stavy, ale i se stavy poruchovými jako jsou zkraty.

Jednou z nejvážnějších poruch, které je nutno předpokládat v elektrických zařízeních, hlavně silnoprůdých, je zkrat. Zkratem nazýváme chybné vodivé spojení mezi jednotlivými fázemi elektrizační soustavy, popř. mezi některou fází a zemí v soustavě účinně uzemněné. Toto chybné spojení způsobí nadměrný vzrůst proudu nad obvyklou provozní hodnotu tím, že jsou z elektrického obvodu vyřazeny spotřebiče, které představují hlavní část odporu obvodu. Obvod mezi místem zkratu a zdroji, které jej napájejí, budeme nazývat zkratovým obvodem.

2 CHARAKTERISTIKA ZKRATOVÝCH PROUDŮ

2.1 Druhy zkratu

Pokud dojde k chybnému spojení může dojít v trojfázové soustavě mezi různými vodiči nebo vodiči a zemí k těmto druhům zkratu:

trojfázový zkrat nastane při spojení všech tří fází elektrizační soustavy v jednom místě;

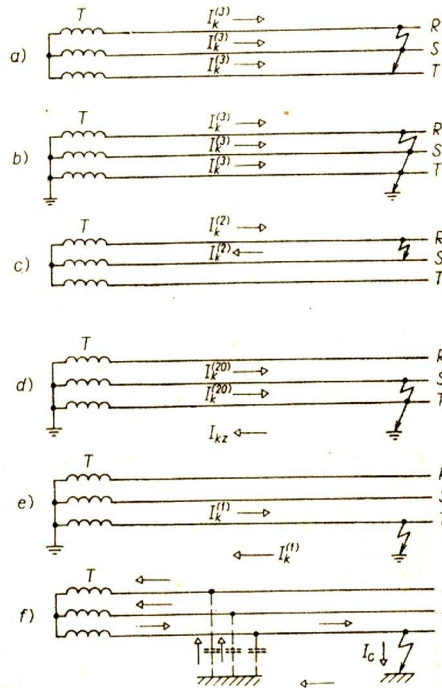
trojfázový zemní zkrat a) (viz obr. 2-1.) nastane při spojení všech tří fází navzájem a jejich současném spojení se zemí;

dvojfázový zkrat b) (viz obr. 2-1.) nastane při spojení kterýchkoli dvou fází trojfázové soustavy v jednom místě;

dvojfázový zemní zkrat c) (viz obr. 2-1.) nastane, jsou-li dvě fáze současně spojeny se zemí;

jednofázový zkrat d) (viz obr. 2-1.) nastane v soustavě s uzemněným nulovým bodem, popř. vyvedeným středním vodičem při spojení jedné z fází se zemí nebo se středním vodičem;

zemní spojení e) (viz obr. 2-1.) nastane v soustavě s izolovaným nulovým bodem při spojení jedné z fází se zemí. Nepovažuje se za zkrat.



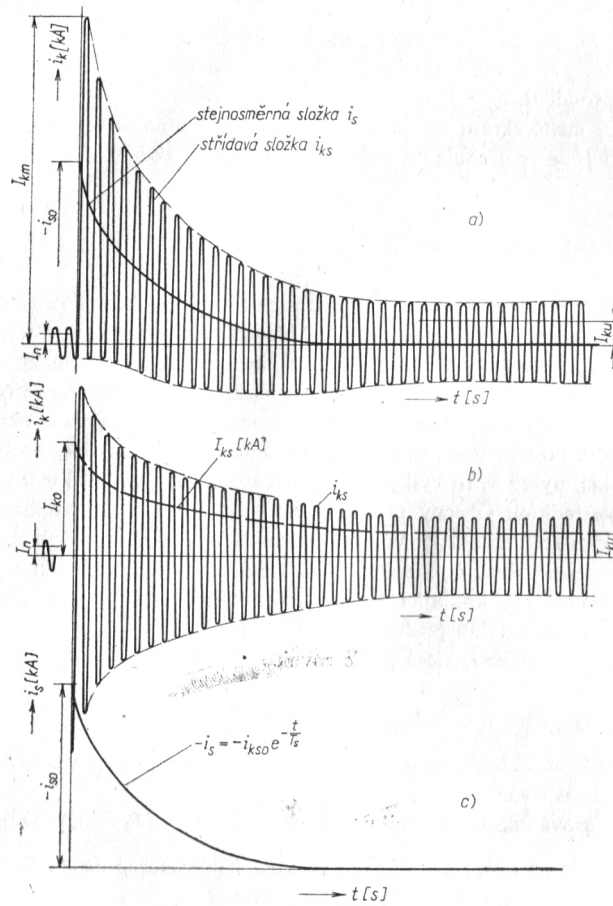
Obr. 2-1 Druhy zkratu: a) trojfázový, b) trojfázový zemní zkrat, c) dvoufázový, d) dvoufázový zemní, e) jednofázový, f) zemní spojení

2.2 Časový průběh zkratového proudu

Při každém zkratu, bez ohledu na příčinu, která jej vyvolala jde o přechod z normálního stavu na stav poruchový.

Tento přechod se neděje skokem v jediném okamžiku. Odehrávají se tu významné změny elektrického stavu, které trvají určitou dobu, jež je závislá na velikosti elektromagnetické energie ve zkratovém obvodu. Po tuto dobu se nemění proud jen podle periodicky probíhajících funkcí, nýbrž se tu vyskytují i vyrovnávací proudy, které tento přechod zprostředkují. Obecný průběh zkratového proudu při trojfázovém zkratu je vyznačen na obr. 2-2.

Vidíme, že se skládá ze dvou hlavních složek: ze složky stejnosměrné i_s , která s časem, asi po 0,25 s zanikne, a ze složky střídavé i_{ks} , kmitající kolem stejnosměrné složky průmyslovým kmitočtem s amplitudou postupně klesající.



Obr. 2-2 Průběh zkratového proudu: a) nesouměrný zkratový proud, b) střídavá složka, c) stejnosměrná složka

2.3 Příčiny vzniku zkratu

Zkrat vznikne v elektrickém rozvodu spojením vodičů různého potenciálu. K tomuto spojení může v elektrických rozvodech dojít z několika příčin:

- a) nedokonalostmi a vadami
- b) nedostatečnou zkratovou odolností a nedostatečnými vzdušnými vzdálenostmi
- c) poškozením cizími zásahy a povětrnostními vlivy
- d) chybnou manipulací
- e) cizími kovovými (vodivými) částmi na holých spojích
- f) přepětím

K dokonalému zkratu dochází poměrně zřídka. Je většinou způsoben zapomenutým kovovým náradím na živých částech (přípojnicích), neodstraněnou zkratovací soupravou po práci na elektrickém zařízení.

Poměrně častou příčinou zkratu jsou nedokonalosti a vady elektrických zařízení. Bývá to především špatná izolace kabelů a přístrojů, znečištění nebo poškození izolátorů, vadné kontakty přístrojů apod. Tyto nedostatky jsou buď zaviněny špatnou výrobou, nebo k nim dochází během provozu.

Nejčastěji však vznikají zkraty v důsledku poškození elektrického zařízení cizími zásahy. Projevuje se to především u kabelových rozvodů v zemi při výkopech atp

3 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je posoudit zkratové poměry, pro hladinu napětí 400 kV, v rozvodně Sokolnice před rokem 1995 a po něm, kdy došlo k instalaci transformátoru T402 a tím k zavedení přímé transformace napětí 400/110 kV

.Práce zjišťuje poměry jak pro 3-fázové zkraty tak 1-fázové zkraty, pro varianty transformace 400/220/110 kV, tedy původní změny napětí a 400/110 kV, pro změnu, ke které dojde připojením transformátoru T 402.

Na základě těchto výpočtu dojde k posouzení jmenovité zkratové odolnosti rozvodny podle parametrů zadaných od a.s. ČEZ Praha

4 METODY A POSTUPY ŘEŠENÍ

4.1 Předpoklady výpočtu

Výpočet maximálních a minimálních zkratových proudů vychází z následujících zjednodušení:

- a) Po dobu trvání zkratového proudu se nemění typ zkratu, tj. trojfázový zkrat zůstává trojfázovým a zkrat mezi fází a zemí zůstává po celou dobu zkratu zkratem mezi fází a zemí
- b) Po dobu zkratu nedochází k žádné změně v síti
- c) Uvažují se impedance transformátorů pro přepínače odboček v základní poloze. To je přípustné, protože je zaveden korekční součinitel pro impedance K_T pro síťové transformátory.
- d) Odpory oblouku se neuvažují.
- e) Všechny kapacity vedení a paralelní admitance a netočivé statické zátěže jsou zanedbány vyjma paralelních admitancí v netočivé soustavě.

Pro souměrné a nesouměrné zkraty je vhodné počítat zkratové proudy pomocí metody souměrných složek. Pokud se počítají zkratové proudy v soustavách s rozdílnými hladinami napětí, je nutné přepočítat hodnoty impedancí z jedné napěťové hladiny na jinou, obvykle na tu napěťovou hladinu, ve které se má určit zkratový proud. Pokud jsou tyto soustavy koherentní, tj. $U_{rTHV}/U_{rTLV} = U_{nHV}/U_{nLV}$ pro všechny transformátory v soustavě (jmenovitý převod transformátoru se rovná fiktivnímu převodu, který je daný poměrem jmenovitých napětí sítí), není tento přepočet nutný. Poměr U_{rTHV}/U_{rTLV} se obvykle nerovná U_{nHV}/U_{nLV} . Impedance zařízení v sítích vyšších a nižších napětí musí být vyděleny nebo vynásobeny čtvercem jmenovitého převodu transformátoru t_r . Napětí a proudy musí být přepočteny jmenovitým převodem transformátoru t_r .

4.2 Ekvivalentní napěťový zdroj v místě zkratu

Metoda použitá pro výpočet je založena na zavedení ekvivalentního napěťového zdroje v místě zkratu. Ekvivalentní napěťový zdroj je jediným aktivním napětím soustavy. Všechny síťové napáječe, synchronní a asynchronní stroje jsou nahrazovány svou vnitřní impedancí. Ve všech případech se k určení zkratového proudu v místě zkratu použije ekvivalentní napěťový zdroj. Provozní údaje o odběrech, o poloze přepínače odboček transformátorů, buzení generátorů, atd. jsou postradatelné; odpadá nutnost provádět výpočty toků výkonů v různých stavech před zkratem.

4.3 Použití souměrných složek

Výpočet hodnot proudů v trojfázových střídavých soustavách při souměrných a nesouměrných zkratech se zjednoduší použitím souměrných složek. Předpokládá se přitom, že elektrické zařízení má symetrickou strukturu, například v případě transponovaných venkovních vedení. Výsledky výpočtu zkratových proudů mají přijatelnou přesnost také i v případě netransponovaných venkovních vedení.

5 IMPEDANCE

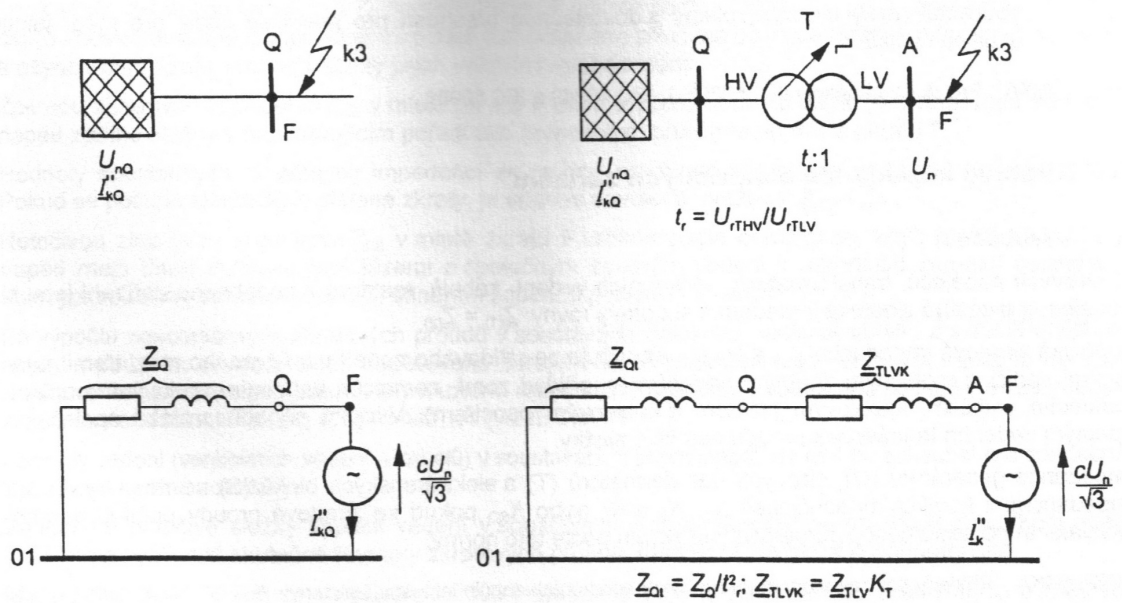
5.1 Síťové napáječe

Je-li trojfázový zkrat v souladu s obrázkem 5-1 a) napájen ze sítě, u které je znám pouze počáteční souměrný rázový zkratový proud I''_{kQ} v bodě připojení napáječe Q, pak ekvivalentní impedance Z_Q (sousedná zkratová impedance) sítě v bodě připojení napáječe Q se určuje následovně:

$$Z_Q = \frac{cU_{NQ}}{\sqrt{3}I''_{kQ}} \quad [\Omega; V, A] \quad (5.1)$$

Pokud je znám R_Q/X_Q pak X_Q se vypočte následovně:

$$X_Q = \frac{Z_Q}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_Q}{X_Q}\right)^2}} \quad [\Omega; \Omega, \Omega] \quad (5.2)$$



Obr. 5-1 a) Bez transformátoru

Obr. 5-1 b) S transformátorem

Obr. 5-1 Schéma soustavy a ekvivalentní náhradní schéma pro síťové napáječe

Je-li zkrat v souladu s obr. 5.1 b napájen ze sítě vysokého napětí, nebo velmi vysokého a zvláště vysokého napětí, u které je znám pouze počáteční souměrný rázový zkratový proud I'_{kQ} v bodě připojení Q, pak lze souslednou ekvivalentní zkratovou impedanci Z_{Qt} vztaženou ke straně transformátoru s nižším napětím určit jako:

$$Z_{Qt} = \frac{cU_{NQ}}{\sqrt{3}I'_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} \quad [\Omega; V, A] \quad (5.3)$$

kde U_{NQ} je jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napáječe Q,

I'_{kQ} počáteční souměrný rázový zkratový proud v bodě připojení napáječe Q,

c napěťový součinitel (viz tabulka 1 [5]) pro napětí U_{NQ} ,

t_r jmenovitý převod transformátoru, při kterém se přepínač odboček nachází v základní poloze.

V případě napáječů se jmenovitým napětím nad 35 kV napájených z venkovních vedení je možné ekvivalentní impedanci Z_Q považovat za reaktanci, tj. $Z_Q = 0 + jX_Q$. V jiných případech, jestliže není pro rezistence R_Q síťových napáječů známa žádná přesná hodnota, je možné dosadit $R_Q = 0,1X_Q$, kde $X_Q = 0,995Z_Q$.

Počáteční souměrné rázové zkratové proudy I''_{kQmax} a I''_{kQmin} na straně vyššího napětí transformátoru musí udat provozovatel přenosové (distribuční) soustavy nebo se musí určit příslušným výpočetním postupem podle normy.

Ve zvláštních případech se může uvažovat netočivá zkratová impedance síťových napáječů v závislosti na konfiguraci vinutí a uzemnění uzlu transformátoru.

5.2 Transformátory

V případě trojvinutových transformátorů lze sousledné zkratové impedance Z_A, Z_B a Z_C podle obrázku 5-2 vypočítat pomocí tří zkratových impedancí (vztaženou na stranu A transformátoru):

$$Z_{AB} = \left(\frac{u_{RrAB}}{100} + j \frac{u_{XrAB}}{100} \right) \cdot \frac{U^2_{rTA}}{S_{rTAB}} \quad (\text{strana C rozpojena}) \quad (5.4)$$

$$Z_{AC} = \left(\frac{u_{RrAC}}{100} + j \frac{u_{XrAC}}{100} \right) \cdot \frac{U^2_{rTA}}{S_{rTAC}} \quad (\text{strana B rozpojena}) \quad (5.5)$$

$$Z_{BC} = \left(\frac{u_{RrBC}}{100} + j \frac{u_{XrBC}}{100} \right) \cdot \frac{U^2_{rTA}}{S_{rTBC}} \quad (\text{strana A rozpojena}) \quad (5.6)$$

s

$$u_{Xr} = \sqrt{u_{kr}^2 - u_{Rr}^2} \quad [%; %, %] \quad (5.7)$$

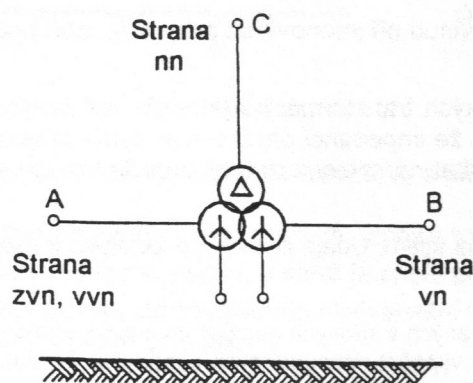
pomocí vzorců

$$Z_A = \frac{1}{2} (Z_{AB} + Z_{AC} - Z_{BC}) \quad [\Omega; \Omega, \Omega, \Omega] \quad (5.8)$$

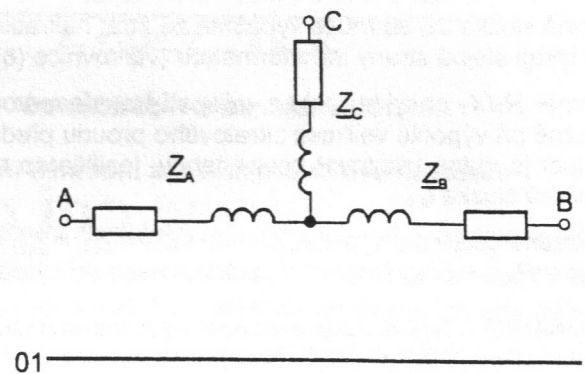
$$Z_B = \frac{1}{2} (Z_{AB} + Z_{BC} - Z_{AC}) \quad [\Omega; \Omega, \Omega, \Omega] \quad (5.9)$$

$$Z_C = \frac{1}{2}(Z_{AC} + Z_{BC} - Z_{AB}) \quad [\Omega; \Omega, \Omega, \Omega] \quad (5.10)$$

- kde U_{rTA} je jmenovité napětí na straně A,
 S_{rTAB} jmenovitý zdánlivý výkon mezi stranami A a B,
 S_{rTAC} jmenovitý zdánlivý výkon mezi stranami A a C,
 S_{rTBC} jmenovitý zdánlivý výkon mezi stranami B a C,
 u_{RrAB}, u_{XrAB} jmenovité činné a induktivní složky napětí nakrátko uvedeného v procentech mezi stranami A a B,
 u_{RrAC}, u_{XrAC} jmenovité činné a induktivní složky napětí nakrátko uvedeného v procentech mezi stranami A a C,
 u_{RrBC}, u_{XrBC} jmenovité činné a induktivní složky napětí nakrátko uvedeného v procentech mezi stranami B a C.



Obrázek 5.2 a) Označení zapojení vinutí



Obrázek 5.2b) Náhradní schéma (sousedné složkové soustavy)

Obrázek 5.2 Trojvinutový transformátor

Netočivé impedance trojvinutových transformátorů se mohou získat od výrobce.

6 VÝPOČET ZKRATOVÝCH PROUDŮ

6.1 Počáteční rázový zkratový proud I_k''

Pro běžný případ, kdy je Z_0 větší než $Z_1=Z_2$ se vyskytne největší počáteční zkratový proud u trojfázového zkratu. Nicméně pro zkraty blízko transformátoru s nízkou netočivou impedancí může být Z_0 menší než Z_1 . V tomto případě se největší počáteční zkratový proud I_k'' vyskytne u dvoufázového zemního zkratu, viz [5].

Při trojfázovém zkratu se počáteční souměrný rázový zkratový proud I_k'' počítá obecně podle rovnice (6.1) z napětí ekvivalentního napětěového zdroje cU_N v místě zkratu a zkratové impedance $Z_k=R_k+jX_k$

$$I_k'' = \frac{cU_N}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{cU_N}{\sqrt{3}\sqrt{R_k^2 + X_k^2}} \quad [A; -, V, \Omega, \Omega] \quad (6.1)$$

V místě zkratu se zavádí ekvivalentní zdroj napětí $cU_N/\sqrt{3}$ se součinitelem c , který se vezme z tabulky 1 v [5].

6.2 Nárazový zkratový proud I_p

Pro trojfázové zkraty napájené z nezaúhlených sítí viz [5] se příspěvek nárazového zkratového proudu z každé větve může vyjádřit takto:

$$I_p = \kappa\sqrt{2}I_k'' \quad [A; A] \quad (6.2)$$

Součinitel κ pro poměr R/X nebo X/R se vypočte vztahem

$$\kappa = 1,02 + 0,98e^{-3R/X} \quad [\Omega; \Omega] \quad (6.3)$$

6.3 Stejnoseměrná složka zkratového proudu

Maximální stejnosměrná složka $i_{d.c.}$ zkratového proudu se vypočítá s dostatečnou přesností podle

$$i_{d.c.} = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot e^{\frac{-2\pi f t R}{X}} \quad [A; A, \text{Hz}, \Omega, \Omega] \quad (6.4)$$

kde I_k'' je počáteční souměrný rázový zkratový proud

f jmenovitý kmitočet

t čas

7 VSTUPNÍ DATA

Tab. 7-1 Zadané rázové zkratové výkony sítí

soustava	400 kV	220 kV	110 kV
$S_k^{(3)}$ (MVA)	17344	2407,7	1000
$S_k^{(1)}$ (MVA)	14092,5	1818,6	1290

Tab. 7-2 Zadané parametry transformátorů

parametr	T 401	T 402	T 202,T 201
S_{rT} (MVA)	400	350	200
t_r (-)	400/231/34	400/121/10,5	231/121/10,5
u_{krAB} (%)	9,75	14	9,3
u_{krAC} (%)	44,3	35	30
u_{krBC} (%)	34	20	18
spojení vinutí	$Y_n/Y_n/D$	$Y_n/Y_n/D$	$Y_n/Y_n/D$

8 PŘEPOČET IMPEDANCÍ

8.1 Soustavy

Soustava 400 kV

$$Z_{S400(1)} = Z_{S400(2)} = \frac{c \cdot U_N^2}{S''_{ks}} = \frac{1,1 \cdot (400 \cdot 10^3)^2}{17344 \cdot 10^6} = 10,148 \Omega$$

$$Z_{S400(0)} = c \cdot U_n^2 \cdot \left(\frac{3}{S''_{k1}} - \frac{2}{S''_{k3}} \right) = 1,1 \cdot (400 \cdot 10^3)^2 \cdot \left(\frac{3}{14092,5 \cdot 10^6} - \frac{2}{17344 \cdot 10^6} \right) = 17,17 \Omega$$

Soustava 220 kV

$$Z_{S220(1)} = Z_{S220(2)} = \frac{c \cdot U_N^2}{S''_{ks}} \cdot \frac{1}{t_{rT401}^2} = \frac{1,1 \cdot (220 \cdot 10^3)^2}{2407,7 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 = 66,31 \Omega$$

$$Z_{S220(0)} = c \cdot U_n^2 \cdot \left(\frac{3}{S''_{k1}} - \frac{2}{S''_{k3}} \right) \cdot \frac{1}{t_{rT401}^2} = 1,1 \cdot (220 \cdot 10^3)^2 \cdot \left(\frac{3}{1818,6 \cdot 10^6} - \frac{2}{2407,7 \cdot 10^6} \right) \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 = 130,73 \Omega$$

Soustava 110 kV

$$Z_{S220(1)} = Z_{S220(2)} = \frac{c \cdot U_N^2}{S''_{ks}} \cdot \frac{1}{t_{rT201}^2} \cdot \frac{1}{t_{rT401}^2} = \frac{1,1 \cdot (110 \cdot 10^3)^2}{1000 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 \cdot \left(\frac{231 \cdot 10^3}{121 \cdot 10^3} \right)^2 = 145,45 \Omega$$

$$Z_{S110(0)} = c \cdot U_n^2 \cdot \left(\frac{3}{S''_{k1}} - \frac{2}{S''_{k3}} \right) \cdot \frac{1}{t_{rT201}^2} \cdot \frac{1}{t_{rT401}^2} =$$

$$= 1,1 \cdot (110 \cdot 10^3)^2 \cdot \left(\frac{3}{1290 \cdot 10^6} - \frac{2}{1000 \cdot 10^6} \right) \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 \cdot \left(\frac{231 \cdot 10^3}{121 \cdot 10^3} \right)^2 = 47,36 \Omega$$

8.2 Transformátory

Sousledná, zpětná a netočivá složka jsou si rovny.

$$Z_{(1)} = Z_{(2)} = Z_{(0)}$$

T 401

$$Z_{TAB} = u_{krAB} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} = 0,0975 \cdot \frac{(400 \cdot 10^3)^2}{400 \cdot 10^6} = 39 \Omega$$

$$Z_{TAC} = u_{krAC} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} = 0,443 \cdot \frac{(400 \cdot 10^3)^2}{400 \cdot 10^6} = 177,2 \Omega$$

$$Z_{TBC} = u_{krBC} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} = 0,34 \cdot \frac{(400 \cdot 10^3)^2}{400 \cdot 10^6} = 136 \Omega$$

Korekční součinitele

$$K_{TAB} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TAB}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,0975} = 0,9872$$

$$K_{TAC} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TAC}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,443} = 0,8256$$

$$K_{TBC} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TBC}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,34} = 0,8679$$

Impedance po korekci

$$Z_{TAB} = Z_{TAB} \cdot K_{TAB} = 39 \cdot 0,9872 = 38,5\Omega$$

$$Z_{TAC} = Z_{TAC} \cdot K_{TAC} = 177,2 \cdot 0,8256 = 146,3\Omega$$

$$Z_{TBC} = Z_{TBC} \cdot K_{TBC} = 136 \cdot 0,8679 = 118,03\Omega$$

Výsledná impedance po přepočtu

$$Z_{TA} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAB} + Z_{TAC} - Z_{TBC}) = \frac{1}{2} \cdot (38,5 + 146,3 - 118,03) = 33,385\Omega$$

$$Z_{TB} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAB} + Z_{TBC} - Z_{TAC}) = \frac{1}{2} \cdot (38,5 + 118,03 - 146,3) = 5,115\Omega$$

$$Z_{TC} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAC} + Z_{TBC} - Z_{TAB}) = \frac{1}{2} \cdot (146,3 + 118,03 - 38,5) = 112,915\Omega$$

T 402

$$Z_{TAB} = u_{krAB} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} = 0,14 \cdot \frac{(400 \cdot 10^3)^2}{350 \cdot 10^6} = 64\Omega$$

$$Z_{TAC} = u_{krAC} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} = 0,35 \cdot \frac{(400 \cdot 10^3)^2}{350 \cdot 10^6} = 160\Omega$$

$$Z_{TBC} = u_{krBC} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} = 0,2 \cdot \frac{(400 \cdot 10^3)^2}{350 \cdot 10^6} = 91,43\Omega$$

Korekční součinitele

$$K_{TAB} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TAB}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,14} = 0,964$$

$$K_{TAC} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TAC}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,35} = 0,8636$$

$$K_{TBC} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TBC}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,2} = 0,933$$

Impedance po korekci

$$Z_{TAB} = Z_{TAB} \cdot K_{TAB} = 64 \cdot 0,964 = 61,696\Omega$$

$$Z_{TAC} = Z_{TAC} \cdot K_{TAC} = 160 \cdot 0,8636 = 138,176\Omega$$

$$Z_{TBC} = Z_{TBC} \cdot K_{TBC} = 91,43 \cdot 0,933 = 85,304\Omega$$

Výsledná impedance po přepočtu

$$Z_{TA} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAB} + Z_{TAC} - Z_{TBC}) = \frac{1}{2} \cdot (61,696 + 138,176 - 85,304) = 57,284\Omega$$

$$Z_{TB} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAB} + Z_{TBC} - Z_{TAC}) = \frac{1}{2} \cdot (61,696 + 85,304 - 138,176) = 4,412\Omega$$

$$Z_{TC} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAC} + Z_{TBC} - Z_{TAB}) = \frac{1}{2} \cdot (85,304 + 138,176 - 61,696) = 80,892\Omega$$

T 201, T 202

$$Z_{TAB} = u_{krAB} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,093 \cdot \frac{(231 \cdot 10^3)^2}{200 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 = 74,4\Omega$$

$$Z_{TAB} = u_{krAB} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,3 \cdot \frac{(231 \cdot 10^3)^2}{200 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 = 240\Omega$$

$$Z_{TAB} = u_{krAB} \cdot \frac{U_n^2}{S_{rT}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,18 \cdot \frac{(231 \cdot 10^3)^2}{200 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{400 \cdot 10^3}{231 \cdot 10^3} \right)^2 = 144\Omega$$

Korekční součinitele

$$K_{TAB} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TAB}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,093} = 0,9898$$

$$K_{TAC} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TAC}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,3} = 0,8856$$

$$K_{TBC} = 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_{TBC}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,18} = 0,9431$$

Impedance po korekci

$$Z_{TAB} = Z_{TAB} \cdot K_{TAB} = 74,4 \cdot 0,9898 = 73,64\Omega$$

$$Z_{TAC} = Z_{TAC} \cdot K_{TAC} = 240 \cdot 0,8856 = 212,54\Omega$$

$$Z_{TBC} = Z_{TBC} \cdot K_{TBC} = 144 \cdot 0,9431 = 138,81\Omega$$

Výsledná impedance po přepočtu

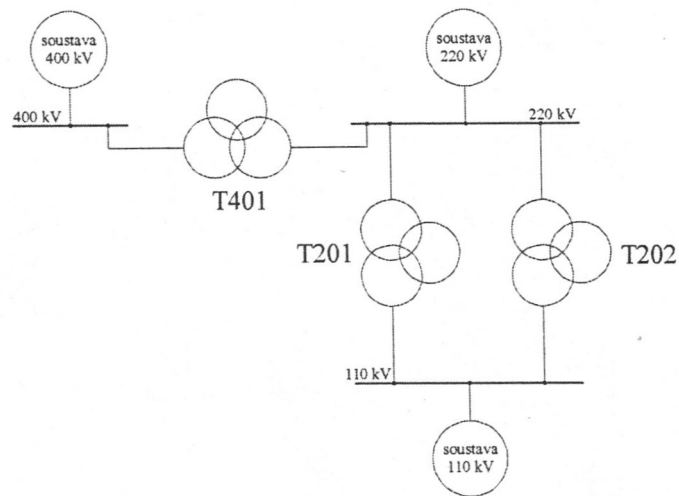
$$Z_{TA} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAB} + Z_{TAC} - Z_{TBC}) = \frac{1}{2} \cdot (73,64 + 212,54 - 138,81) = 73,685\Omega$$

$$Z_{TB} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAB} + Z_{TBC} - Z_{TAC}) = \frac{1}{2} \cdot (73,64 + 138,81 - 212,54) = -0,045\Omega$$

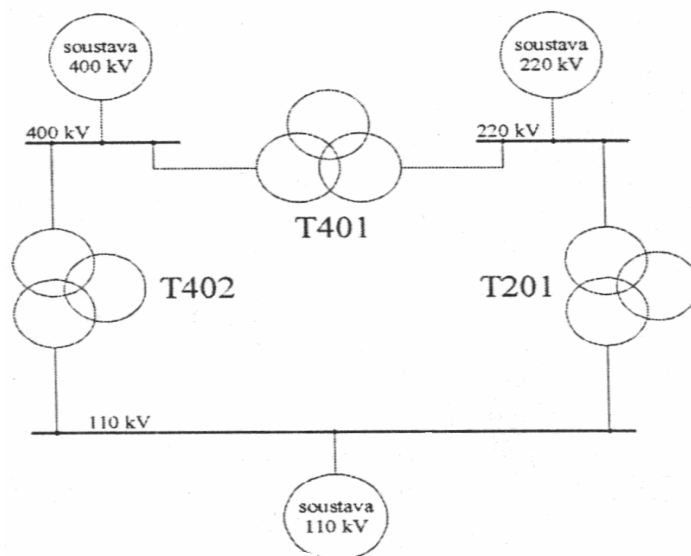
$$Z_{TC} = \frac{1}{2} \cdot (Z_{TAC} + Z_{TBC} - Z_{TAB}) = \frac{1}{2} \cdot (212,54 + 138,81 - 73,64) = 138,855\Omega$$

9 VÝPOČET ZKRATOVÝCH POMĚRŮ

9.1 Zadání



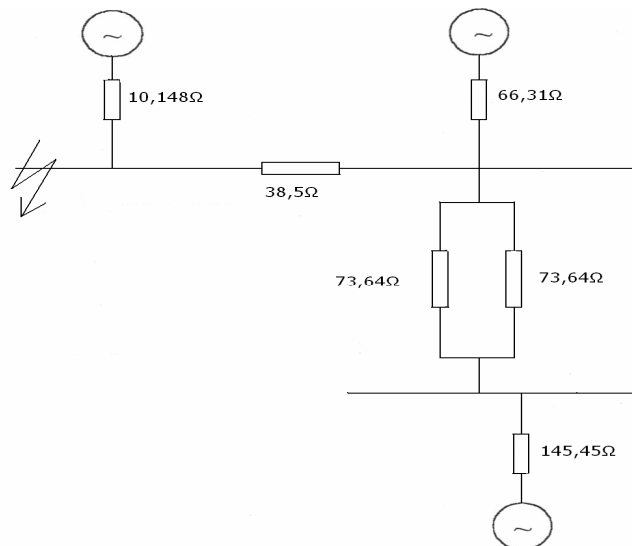
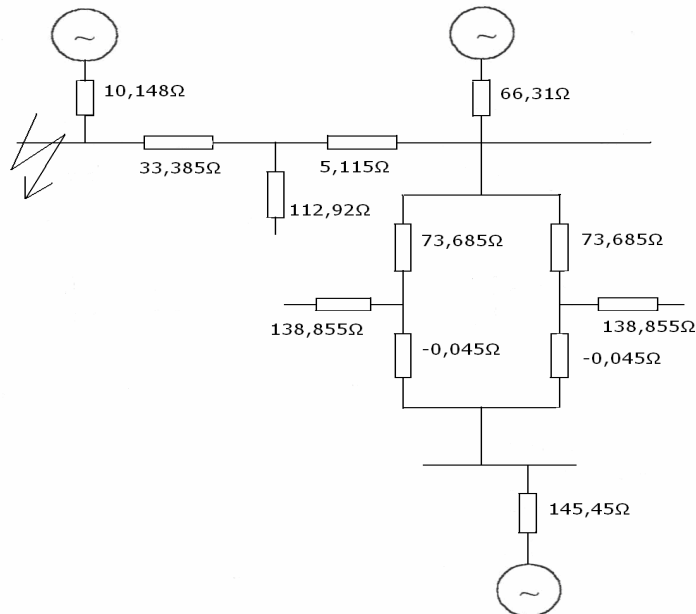
Obr. 9-1 Před zavedením přímé transformace 400/110 kV

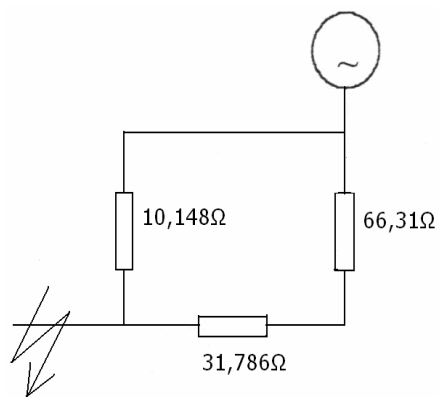
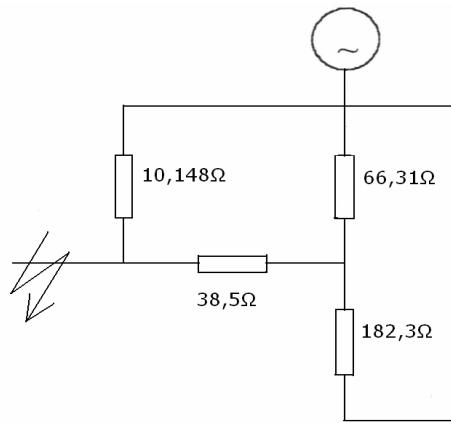
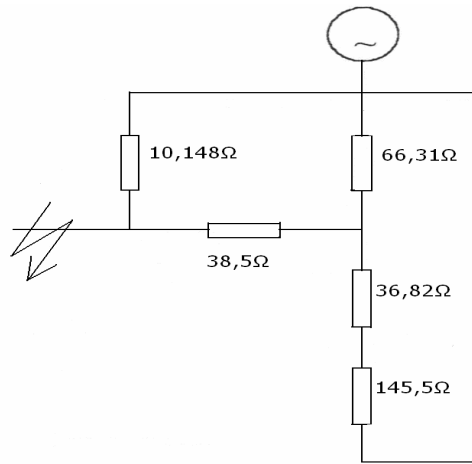


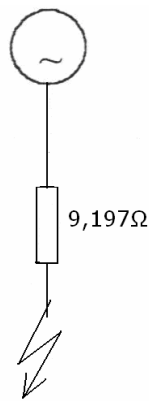
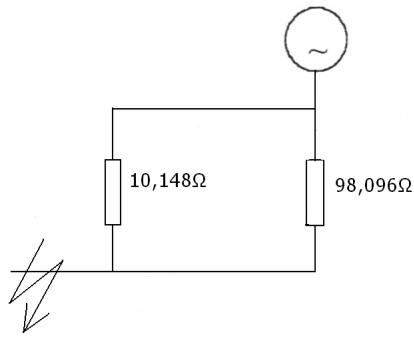
Obr. 9-2 Po zavedení přímé transformace 400/110 kV

9.2 Varianta A – nepřímá transformace

Trojfázový zkrat – sousledná a zpětná složka impedance



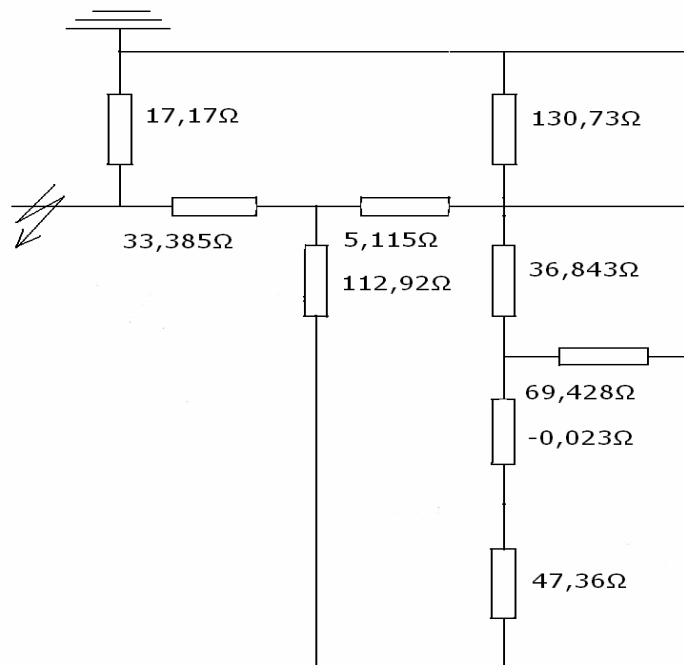
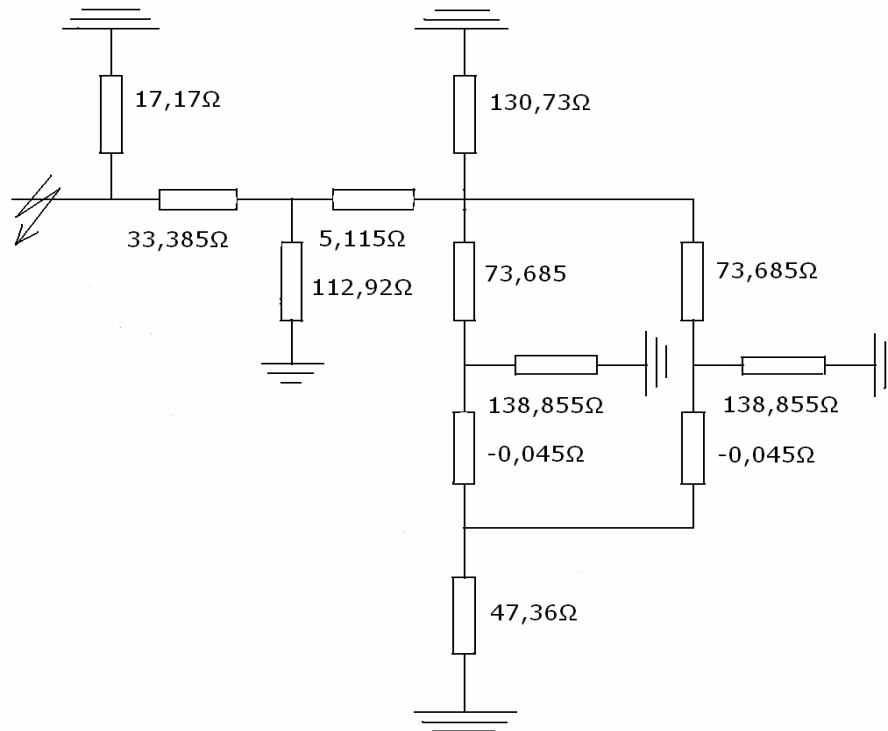


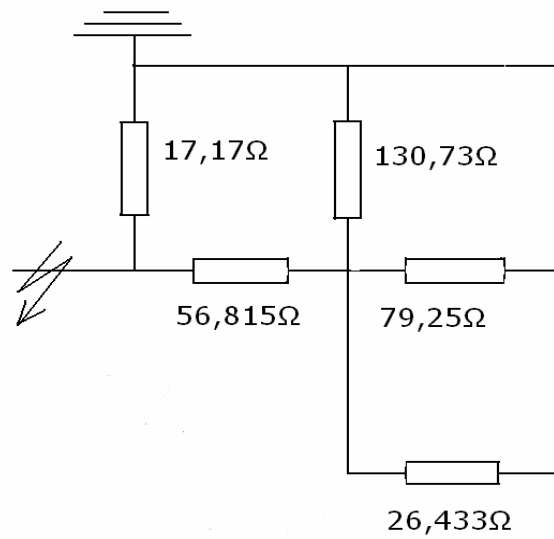
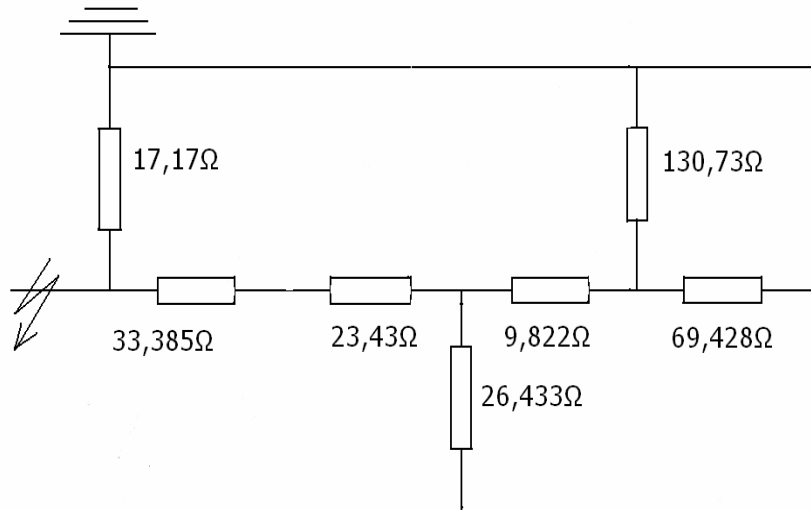
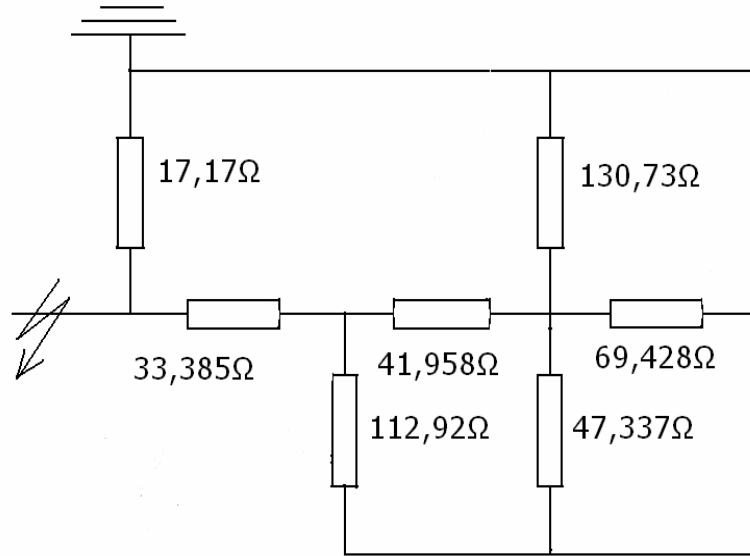


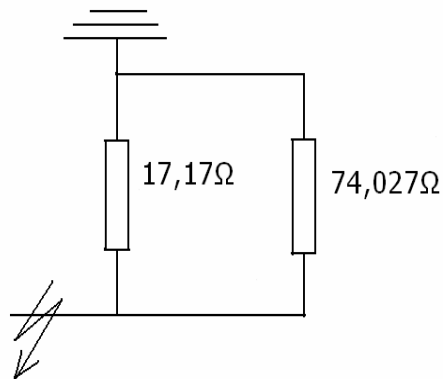
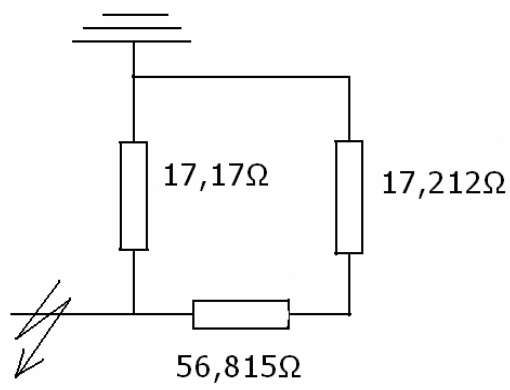
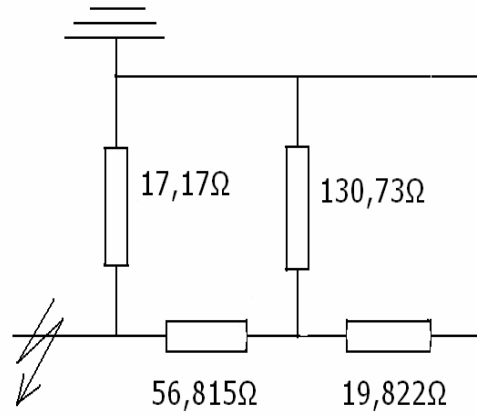
Obr. 9-3 Výpočet sousledné a zpětné složky impedance

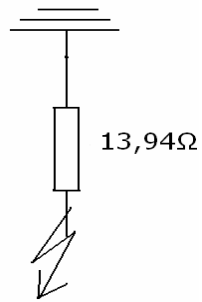
$$S''_{ks3} = \frac{c \cdot U_k^2}{Z_k} = \frac{1,1 \cdot (400 \cdot 10^3)^2}{9,197} = 19136,68 \text{ MVA}$$

Jednofázový zkrat – netočivá složka impedance





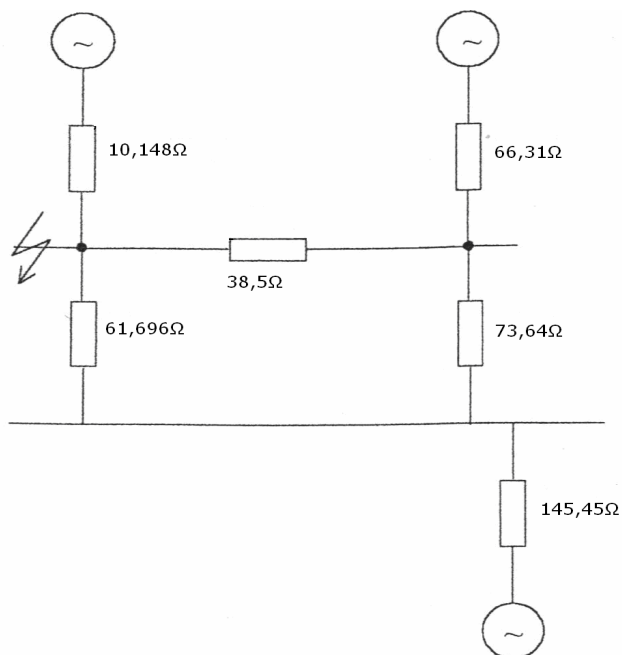
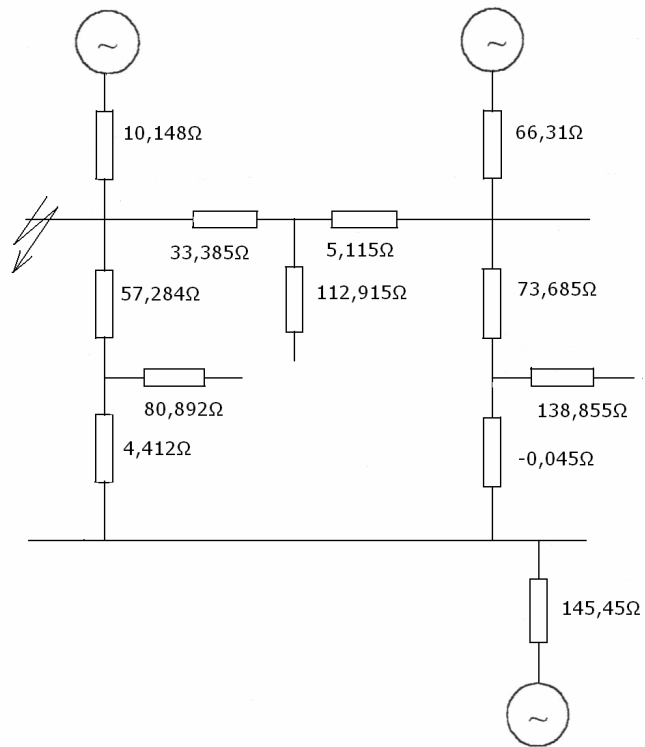


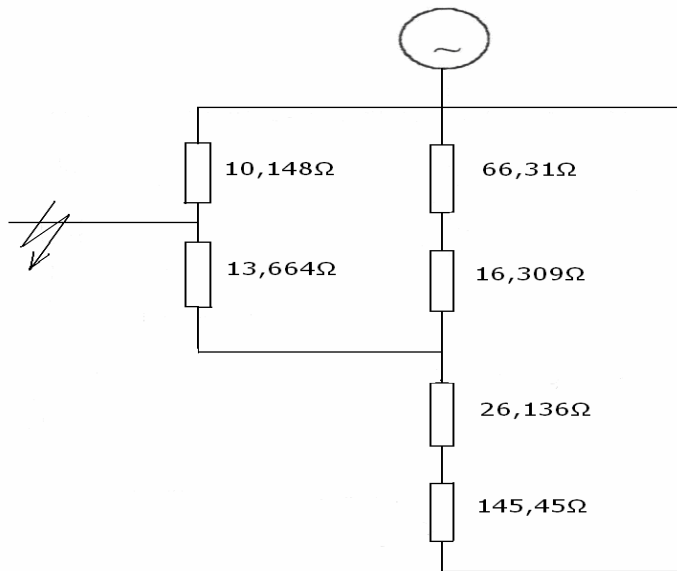
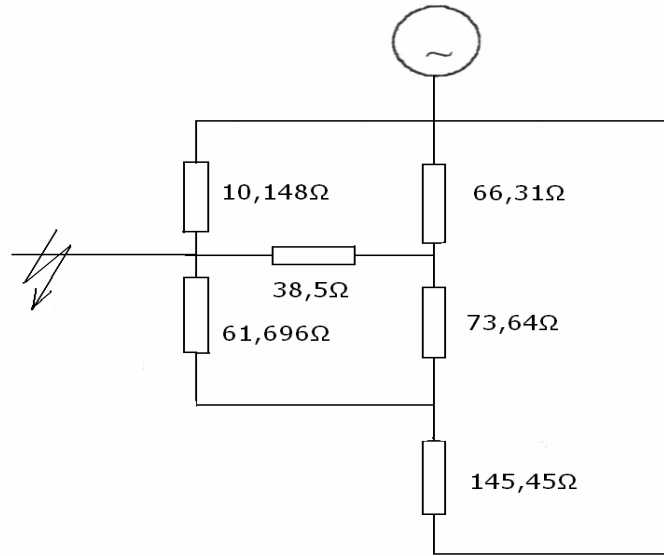


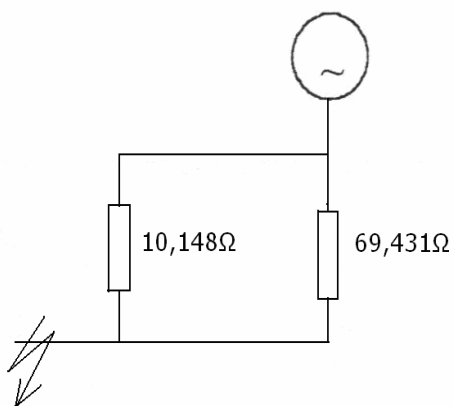
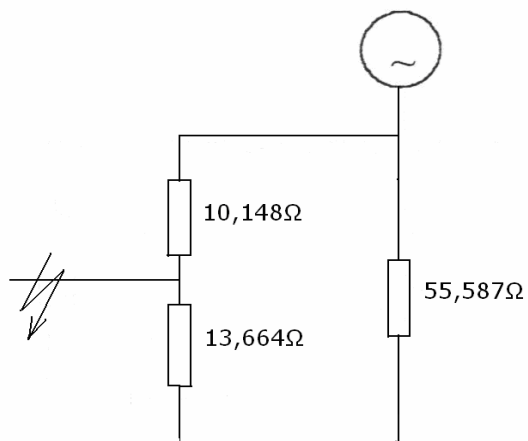
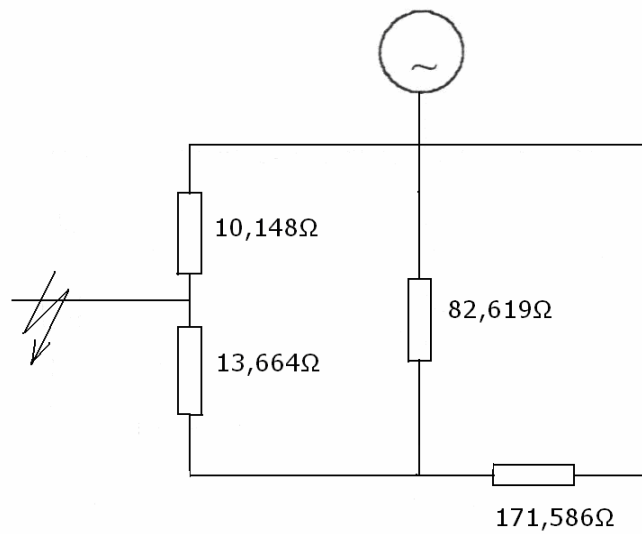
Obr. 9-4 Výpočet netočivé složky impedance

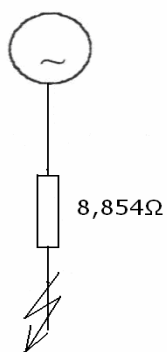
$$S''_{ks1} = \frac{3 \cdot c \cdot U_n^2}{Z_{k(1)} + Z_{k(2)} + Z_{k(0)}} = \frac{3 \cdot 1,1 \cdot (400 \cdot 10^3)^2}{9,197 + 9,197 + 13,94} = 16329,56 \text{ MVA}$$

9.3 Varianta B – přímá transformace

Trojfázový zkrat – sousledná a zpětná složka impedance

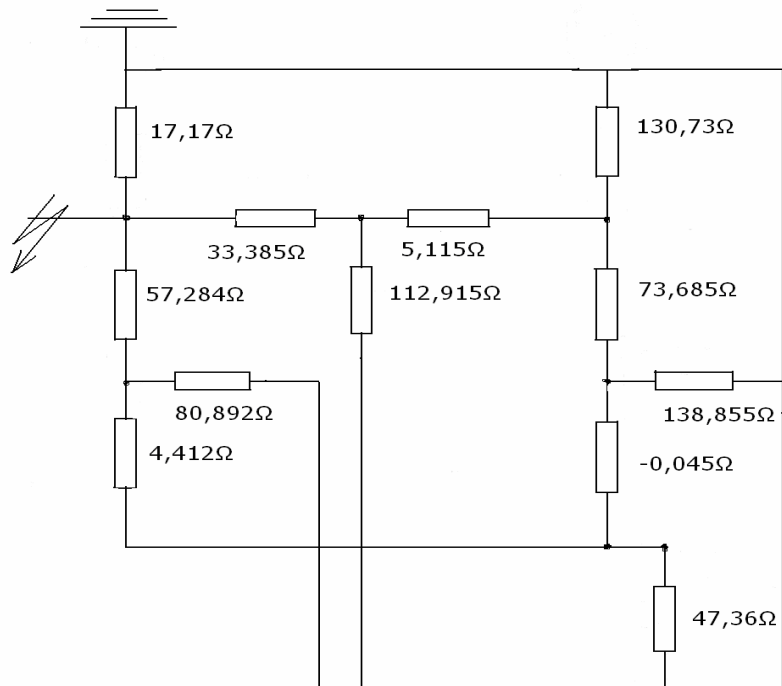
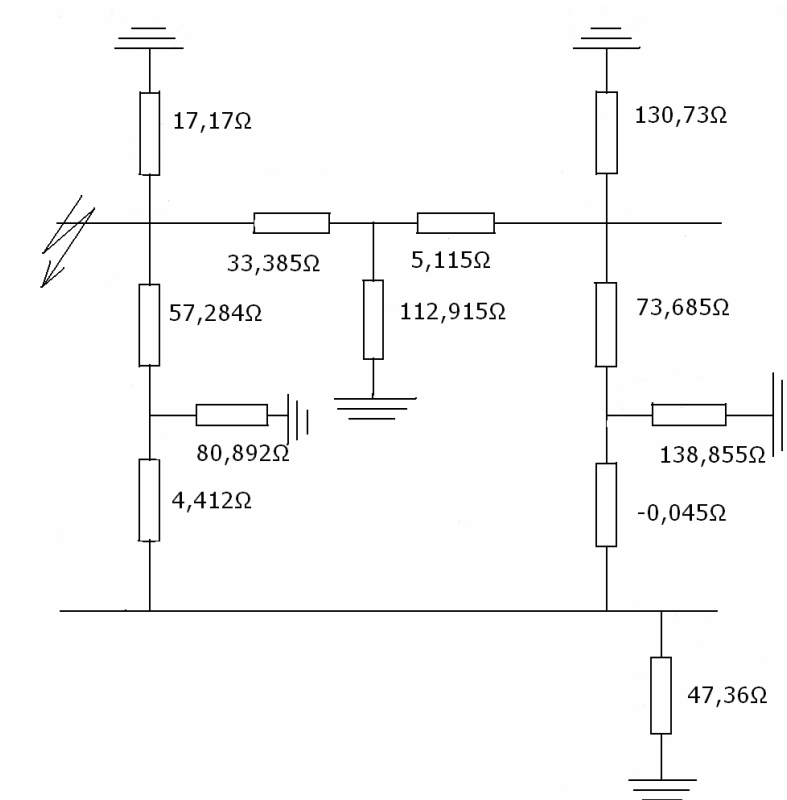


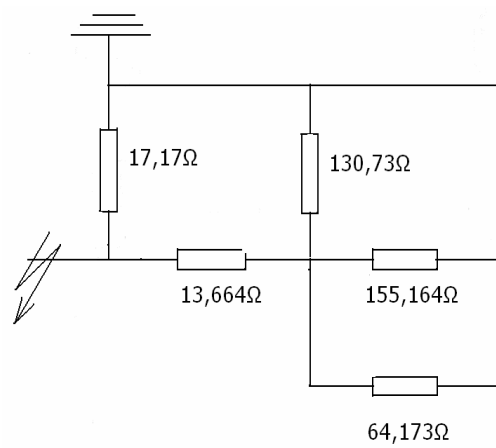
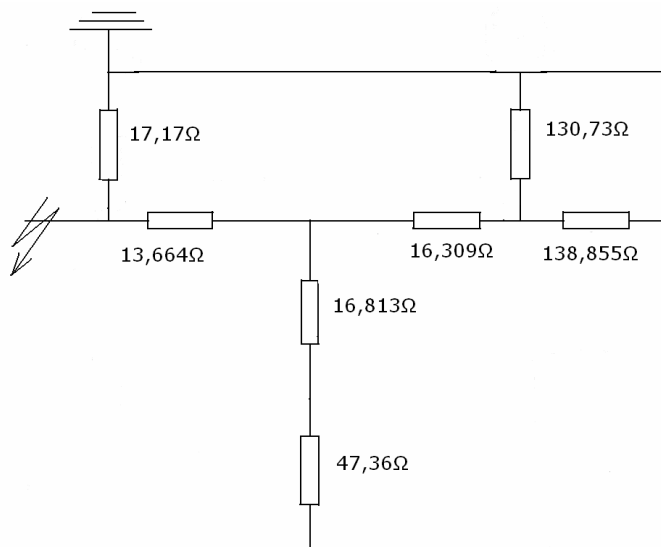
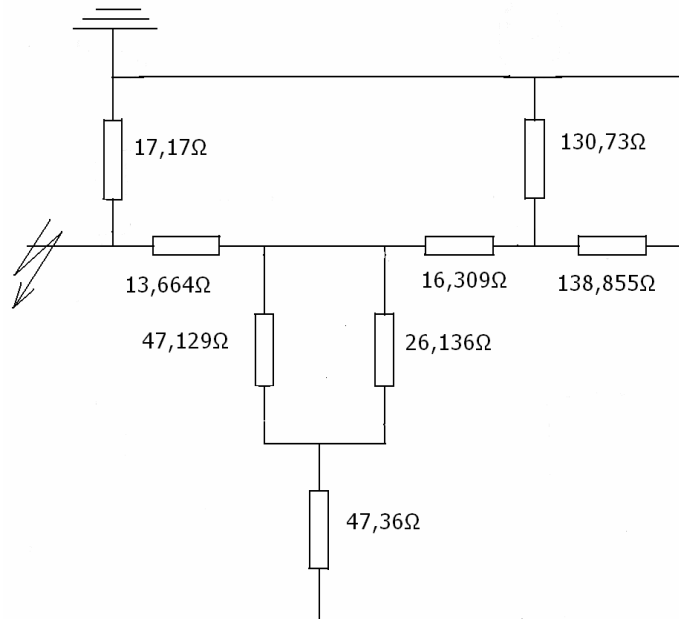


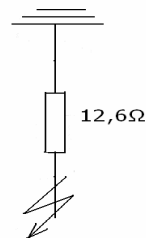
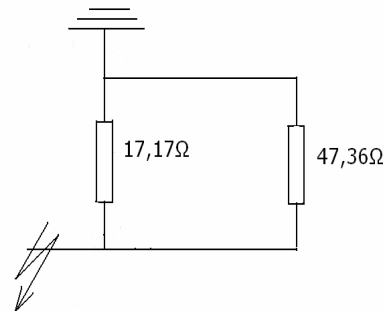
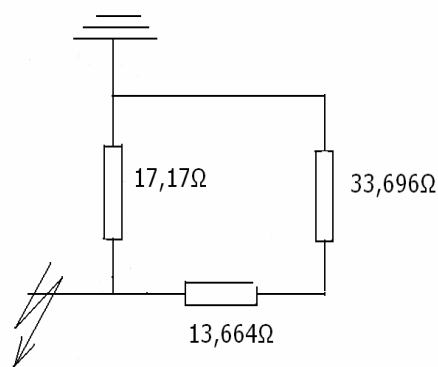
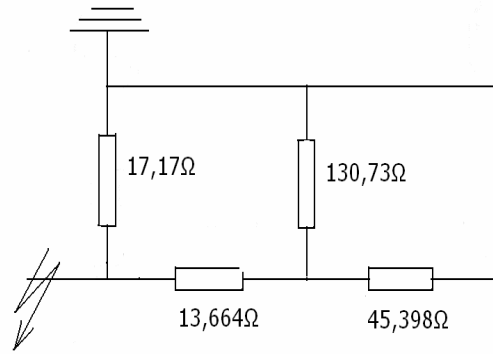


Obr. 9-5 Výpočet sousledné a zpětné složky impedance

$$S''_{kS} = \frac{c \cdot U_k^2}{Z_k} = \frac{1,1 \cdot (400 \cdot 10^3)^2}{8,854} = 19878,02 \text{ MVA}$$

Jednofázový zkrat – netočivá složka impedance





Obr.9-6 Výpočet netočivé složky impedance

$$S''_{ks1} = \frac{3 \cdot c \cdot U_n^2}{Z_{k(1)} + Z_{k(2)} + Z_{k(0)}} = \frac{3 \cdot 1,1 \cdot (400 \cdot 10^3)^2}{8,854 + 8,854 + 12,6} = 17421,14 \text{ MVA}$$

9.4 Výpočet zkratových proudů

Varianta A – trojfázový zkrat

$$\begin{aligned} Z_{k(1)} &= 9,197 \, \Omega & k_1 &= 1 \\ & & K &= 1,7 \\ & & k_e &= 1,01 \end{aligned}$$

$$I''_{k3} = k_1 \cdot \frac{U_{vyp}}{Z_k} = 1 \cdot \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(1)}} = \frac{1,1 \cdot 400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 9,197} = 27,621 \text{ kA}$$

$$I_{km3} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3} = 1,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 27,621 = 66,405 \text{ kA}$$

$$I_{ke3} = I''_{k3} \cdot k_e = 27,621 \cdot 1,01 = 27,897 \text{ kA}$$

- jednofázový zkrat

$$Z_{k(0)} = 14,94 \, \Omega \quad k_1 = 3$$

$$I''_{k1} = k_1 \cdot \frac{U_{vyp}}{Z_k} = 3 \cdot \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(0)}} = \frac{1,1 \cdot 400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 14,94} = 54,67 \text{ kA}$$

$$I_{km1} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k1} = 1,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 54,67 = 131,44 \text{ kA}$$

$$I_{ke1} = I''_{k1} \cdot k_e = 54,67 \cdot 1,01 = 55,217 \text{ kA}$$

Varianta B – trojfázový zkrat

$$Z_{k(1)} = 8,854 \, \Omega \quad k_1 = 1$$

$$K = 1,7$$

$$k_e = 1,01$$

$$I''_{k3} = k_1 \cdot \frac{U_{\text{vyp}}}{Z_k} = 1 \cdot \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(1)}} = \frac{1,1 \cdot 400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 8,854} = 28,691 \text{ kA}$$

$$I_{km3} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3} = 1,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 28,691 = 68,978 \text{ kA}$$

$$I_{ke3} = I''_{k3} \cdot k_e = 28,691 \cdot 1,01 = 28,978 \text{ kA}$$

- jednofázový zkrat

$$Z_{k(0)} = 12,6 \, \Omega \quad k_1 = 3$$

$$I''_{k1} = k_1 \cdot \frac{U_{\text{vyp}}}{Z_k} = 3 \cdot \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(0)}} = \frac{1,1 \cdot 400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 12,6} = 60,484 \text{ kA}$$

$$I_{km1} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k1} = 1,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 60,484 = 145,41 \text{ kA}$$

$$I_{ke1} = I''_{k1} \cdot k_e = 60,484 \cdot 1,01 = 61,089 \text{ kA}$$

Tab. 9-1 Výsledné poměry

	Transformace	
	A	B
S_{k3} [MVA]	19136,68	19878,02
S_{k1} [MVA]	16329,56	17421,14
I_{k3} [kA]	27,621	28,691
I_{km3} [kA]	66,405	68,978
I_{ke3} [kA]	27,897	28,978
I_{k1} [kA]	54,67	60,484
I_{km1} [kA]	131,44	145,41
I_{ke1} [kA]	55,217	61,089

10 ZÁVĚR

V důsledku instalace transformátoru T 402 a tím zavedené přímé transformace 400/110kV se zkratové poměry v rozvodně Sokolnice na napěťové hladině 400 kV oproti původním poměrům zvýší. Zvýší se jednak poměry při třífázovém zkratu, tak také při zkratu jednofázovém.

Z těchto dosažených výsledků vyplývá, že i když se poměry zvětší, přesto rozvodna vyhovuje a nemusí tak dojít k jejímu přístrojovému přezbrojení. Je to dáno tím, že je tato rozvodna dimenzována na větší zkratové výkony, než jakých bylo dosaženo výpočtem.

Na závěr bych chtěl poděkovat doc. Ing. Vladimíru Blažkovi CSc. za jeho rady při zpracovávání této práce.

POUŽITÁ LITERATURA

Knihy

tištěný zdroj

- [1] Pauza, J. *Zkratky v elektrických rozvodech*. Praha, 1970, 246 stran. SNTL

- [2] Reiss, L., Malý, K., Pavlíček, P. *Teoretická elektroenergetika II*. Bratislava: ALFA, 1971, 440 stran. SNTL

Skripta

tištěný zdroj

- [3] Hodinka, M., Haluzík, E., Kučera, D., Blažek, V. *Přenos a rozvod elektrické energie. Přejídné jevy v elektrizační soustavě*. VUT v Brně, 1988, 240 stran. 55-602-88.

elektronický

- [4] Blažek, V., Paar, M. *Přenosové sítě*. Brno, 2007
https://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/ueen/Prenosove_site_S.pdf

Normy

tištěný zdroj

- [5] ČSN EN 60909-0:2002. *Zkratové proudy v trojfázových střídavých Sústavách - Část 0: Výpočet proudů*.

