

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLÓGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**OPTIMALIZACE NÁVRHU A PROVOZU SÍTĚ NN
S VYUŽITÍM DAT Z INTELIGENTNÍCH
ELEKTROMĚRŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RUDOLF MORAWITZ

BRNO 2008



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Morawitz Rudolf
Ročník: 3

ID: 78557
Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Optimalizace návrhu a provozu sítě NN s využitím dat z inteligentních elektroměrů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Řešení ustáleného chodu stávající sítě NN
- 2) Zpracování dat ze systému "inteligentních" elektroměrů
- 3) Vyhodnocení zjištěných výsledků.
- 4) Návrh příslušných opatření vedoucích k optimalizace provozu sítě
- 5) Řešení ustáleného chodu upravené sítě a technicko - ekonomické zhodnocení návrhu

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 4.6.2008

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



doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení:

Bytem:

Narozen/a (datum a místo):

(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
- elektronické formě – počet exemplářů

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.

* hodící se zaškrtněte

Článek 3
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:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

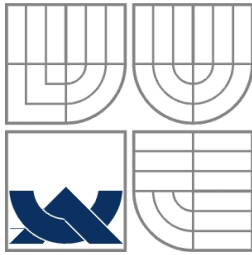
Bibliografická citace práce:

MORAWITZ, R. Optimalizace sítí NN s využitím dat z inteligentních elektroměrů. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2008, 35 stran.

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 Doc. Ing. Vladimíru Blažkovi, CSc. a konzultantovi téže práce Ing. Martinovi Hroudnému 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

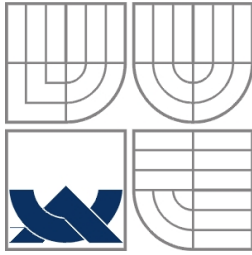
Optimalizace návrhu a provozu sítě NN s využitím dat z inteligentních elektroměrů

Rudolf Morawitz

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

**Optimization of proposition and
running low voltage network with
intelligent electric supply meters**

by

Rudolf Morawitz

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Blažek, CSc.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá určením a popisem stavů v síti NN. Nejdůležitějším nástrojem pro matematický popis sítí je metoda uzlových napětí, tato metoda spočívá v určení napětí mezi referenčním uzlem a ostatními uzly. Vede k nejmenšímu počtu rovnic v soustavě ze známých obecných metod řešení. Její použití je vhodné především u zauzlených sítí. Paprskové a okružní sítě je rychlejší řešit jako vedení napájené z jedné nebo dvou stran s využitím Ohmova zákona a 1. Kyrchhoffova zákona.

Ke všem výpočtům v síti lze použít počítačové programy, např. PAS DAISY Off – Line Bizon, určený k návrhu elektroenergetických sítí NN, VN a VVN. Mezi jeho největší přednosti patří spolupráce se systémy GIS (Geografický informační systém), ve kterých jsou uloženy podklady pro projektování všech inženýrských sítí.

Tzv. „Inteligentní“ elektroměry jsou přístroje určené pro měření spotřeby elektrické energie. Dálkové spojení nám umožňuje odečít v krátkých časových intervalech a s tím související diagramy spotřeby.

Velkou pozornost je nutno věnovat také zkratům. Distribuční soustava bývá obvykle nejvíce zatížena při třífázovém (symetrickém) zkratu, při kterém vznikají nejvyšší zkratové proudy. Naopak jednofázový zkrat nejvíce ruší sdělovací vedení, které bývá často umístěno v blízkosti silového vedení. Pro zkraty v sítích NN je velmi důležitým parametrem také velikost impedanční smyčky, pokud je příliš velká, nemusí být jistící prvky vybaveny.

KLÍČOVÁ SLOVA: Rousínov; Optimalizace sítě; Smart Metring; síť NN

ABSTRACT

This work is concerned with determination and description of states in the network of low voltage. The most important utility is the method of nodal tension – the point of this method is in determination of tension between reference nodal point and the others nodal points. It fronts to the minimal quantity of equations in the framework of known general methods of solutions. Its using is suitable particularly in knotted nets. Spoke and orbital nets are faster solved as the leading by one or two sides with the using of Ohm's principle and 1. Kyrchhoff's principle – in Anglo-Saxon literature it is mentioned as fluxional rule, because of their bad relationship with German.

For all calculations in the network we can use PC programmes, for instance PAS DAISY Off – Line Bizon determined to concept of electricity-energetical networks of low voltage, high voltage and very high voltage. Among it's the most important advantages belongs cooperation with systems GIS (Geographical informatic system), where the cleats for designing all engineering sites are saved.

So called „intelligent“ electrometers are instruments determined for measuring of the consumption of electrical energy. Distance connection enables us subtraction in short time periods and related diagrams of consumption.

Big attention must be devoted to short circuits. Distributive framework is generally the most loaded by three-phase (symmetrical) short circuit, when arise the highest short streams. On the contrary one-phase short circuit interrupts telemetering way, which is used to be settled in the closeness of power circuit. For short circuits at low voltage networks is the very important parameter also the size of impedance knot. If it is too big, the security elements need not to be equiped.

KEY WORDS: Rousinov; Optimization of network; Smart Metring; network of low voltage

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
1 ÚVOD	8
1.1 CÍL	8
1.2 OBECNÁ PRAVIDLA VÝPOČTŮ SÍTÍ NN	8
1.2.1 PŘIPOJENÍ NOVÉHO ODBĚRNÉHO MÍSTA NEBO ZVÝŠENÍ PŘÍKONU STÁVAJÍCÍHO ODBĚRNÉHO MÍSTA	8
1.2.2 KONTROLA NOVÉ SÍTĚ ČI REKONSTRUKCE	8
1.2.3 VÝSLEDKY VÝPOČTU	8
2 PRVKY SÍTÍ NN	8
3 TOPOGRAFIE SÍTÍ NN	8
3.1 PAPERKOVÉ SÍTĚ	8
3.2 OKRUŽNÍ SÍTĚ	8
3.3 ZAUZLENÉ SÍTĚ	8
3.3.1 ZAUZLENÉ SÍTĚ	8
3.3.2 POLOMŘÍŽOVÉ SÍTĚ.....	8
3.3.3 MŘÍŽOVÉ SÍTĚ	8
4 PROGRAM PAS DAISY OFF – LINE BIZON	8
5 OBECNÁ METODA ŘEŠENÍ SÍTÍ	8
5.1.1 SOUDOBOST	8
5.1.2 FÁZOVÁ ASYMETRIE SÍTĚ	8
5.1.3 KONSTANTNÍ ÚČINÍK	8
5.1.4 NELINEÁRNOST PRVKŮ	8
5.2 ZÍSKÁNÍ INFORMACÍ PRO VÝPOČTY	8
5.2.1 POMOCÍ STÁVAJÍCÍCH METOD	8
5.2.2 „INTELIGENTNÍ“ ELEKTROMĚRY	8
5.3 VÝBĚR METODY	8
5.4 METODA UZLOVÝCH NAPĚTÍ	8
5.4.1 POSTUP ŘEŠENÍ POMOCÍ METODY UZLOVÝCH NAPĚTÍ	8
5.4.2 PŘÍKLAD 1: METODA UZLOVÝCH NAPĚTÍ	8
5.5 NÁVRH PRŮŘEZU VODIČŮ PODLE ÚBYTKU NAPĚTÍ	8
5.5.1 PAPERKOVÉ SÍTĚ	8
5.5.2 OKRUŽNÍ SÍTĚ	8
5.5.3 ZAUZLENÉ SÍTĚ	8
5.6 OPTIMALIZACE NÁKLADŮ	8
5.6.1 HOSPODÁRNÝ PRŮŘEZ	8
5.6.2 HOSPODÁRNÉ ZATÍŽENÍ TRANSFORMÁTORŮ	8

6 URČENÍ JIŠTĚNÍ V SÍTI.....	8
6.1 JIŠTĚNÍ PROTI ZKRATŮM.....	8
6.1.1 DRUHY ZKRATŮ	8
6.1.2 SOUMĚRNÝ ZKRAT.....	8
6.1.3 DVOUFÁZOVÝ ZKRAT ISOLOVANÝ	8
6.1.4 DVOUFÁZOVÝ ZKRAT ZEMNÍ	8
6.1.5 JEDNOFÁZOVÝ ZKRAT.....	8
6.1.6 PRŮBĚH ZKRATOVÉHO PROUDU.....	8
6.1.7 IMPEDANCE ZKRATOVÉHO OBVODU	8
6.2 JIŠTĚNÍ PROTI PŘETÍŽENÍ.....	8
7 ŘEŠENÍ SÍŤE POMOCÍ OBOU METOD A JEJICH POROVNÁNÍ.....	8
7.1 CELKOVÝ VÝKON.....	8
7.2 OPTIMALIZACE SÍŤE	8
7.3 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE.....	8
8 ZÁVĚR.....	8
8.1 „INTELIGENTNÍ“ ELEKTROMĚRY	8
8.2 OPTIMALIZACE SÍŤE V OBCI ROUSÍNOV.....	8
POUŽITÁ LITERATURA	8
PŘÍLOHA A SITUAČNÍ PLÁN CELÉ SÍŤE.....	8

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3-1: Paprsková síť</i>	17
<i>Obr. 3-2: Okružní síť</i>	17
<i>Obr. 3-3: Zauzlená síť</i>	18
<i>Obr. 3-4: Polomřížová síť</i>	19
<i>Obr. 3-5: Mřížová síť</i>	19
<i>Obr. 5-1: Schéma využití „inteligentních“ elektroměrů</i>	21
<i>Obr. 5-2: Metoda uzlových napětí – zadání příkladu</i>	22
<i>Obr. 6-1 Průběh zkratového proudu</i>	26
<i>Obr. 7-1 Topografie sítě v Rousínově</i>	29
<i>Obr. 7-2 Optimalizované vedení AlFe 4x25</i>	30
<i>Obr. 7-3 Optimalizované vedení AlFe 4x50</i>	31

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 6-1: Hodnoty důležité pro zkratový proud</i>	28
<i>Tab. 6-2: Jištění kabelových vedení [7]</i>	29
<i>Tab. 7-1: Výkonová bilance</i>	29
<i>Tab. 7-2: Zatížení transformátorů</i>	30
<i>Tab. 7-3: Návrh transformátorů</i>	30
<i>Obr. 7-4: Bilance ztrát</i>	32
<i>Obr. 7-5: Ekonomické zhodnocení</i>	32

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Význam	Rozměr
Síť NN	Síť nízkého napětí	-
SV	Pojistka slabé vazby	-
VN	Vysoké napětí	-
VVN	Velmi vysoké napětí	-
GIS	Geografický informační systém	-
U	Fázor napětí	V
Y	Admitance	S
Z	Impedance	Ω
ΔU	Úbytek napětí	V
R_k	Odpor na 1 km délky vodiče	Ω/km
X_k	Reaktance na 1 km délky vodiče	Ω/km
$I_{\text{čp}}$	Činná složka proudu daným úsekem	A
I_{jp}	Jalová složka proudu daným úsekem	A
s	Průřez vedení	mm^2
ρ	Rezistivita	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
l	Délka	m
i	Proud odběru	A
L	Délka	m
s_h	Hospodárný průřez	mm^2
P	Činný výkon	kW
$\cos\varphi$	Účinník	-
k	Činitel rozložení odběrů	-
n_{Δ}	Celkové měrné máklady na ztráty	Kč/kW/rok
b	Směrnice přímký růstu nákladů s průřezem	Kč/km/ mm^2
p	Roční celkové procento	%
S_h	Hospodárné zatížení	kVA
S_n	Jmenovitý výkon	kVA
ΔP_0	Ztráty činného výkonu naprázdno	kW
ΔQ_0	Ztráty jalového výkonu naprázdno	kVAr
k_{Δ}	činitel ztrát	kW/kVAr
ΔP_k	Ztráty činného výkonu nakrátko	kW
ΔQ_k	Ztráty jalového výkonu nakrátko	kVAr
N_{IT}	Investiční náklady	Kč
n_{Δ}^0	Celkové měrné náklady na ztráty naprázdno	Kč/kW/rok
I_k''	Počáteční rázový zkratový proud	kA
I_{km}	Nárazový zkratový proud	kA
I_{vyp}	Vypínací zkratový proud	kA
I_{avyp}	Stejnoseměrná složka vypínacího zkratového proudu	kA

$I_{\text{vyp,ns}}$	Nesymetrický vypínací zkratový proud	kA
I_{ke}	Ekvivalentní oteplovací proud	kA
I_{k}	Ustálený zkratový proud	kA
t_{k}	Doba trvání zkratu	s
U_0	Jmenovité napětí sítě	V
c	Koeficient podle ČSN 33 3022	-
I_{a}	Proud, zajišťující vybavení pojistky	A
Z_{s}	Impedance poruchové smyčky	Ω
tzv.	takzvané	-

1 ÚVOD

1.1 Cíl

Cílem této práce je určit výhodnost využití „inteligentních“ elektroměrů při optimalizaci sítí nízkého napětí a optimalizovat síť v obci Rousínov.

1.2 Obecná pravidla výpočtů sítí NN

Obecně slouží výpočty sítí NN ke kontrole návrhu nových nebo rekonstruovaných sítí nebo ke kontrole stávajících sítí NN.

- Připojení nového odběrného místa nebo zvýšení rezervovaného příkonu stávajícího odběrného místa.
- Kontrola nové sítě či rekonstrukce

1.2.1 Připojení nového odběrného místa nebo zvýšení příkonu stávajícího odběrného místa

Výpočet se provádí v případě, že připojovaný příkon by mohl nějakým způsobem ohrozit správnou funkci distribuční soustavy, např. nesmí být vedení přetíženo, obdobně jako transformátory, nesmí být zvýšena impedanční smyčka tak, aby byl jistící prvek schopen zareagovat na zkratový proud a nesmějí se zde vyskytovat úbytek napětí větší než dovolený dle příslušných norem ČSN a PNE.

1.2.2 Kontrola nové sítě či rekonstrukce

V těchto případech se výpočet provádí vždy. V případě rekonstrukce (optimalizace) sítě se provede výpočet stávající a nové sítě na stávající zatížení, aby bylo možno porovnat výsledky a opodstatnit stavbu.

1.2.3 Výsledky výpočtu

Při výpočtech sítí potřebujeme obvykle zjistit úbytek napětí (slouží k porovnání s příslušnými normami a určení správnosti návrhu), proudové zatížení vedení a transformátorů (platí pro něj totéž, co pro úbytek napětí, dále jej lze využít k určení výkonových ztrát), hodnoty impedančních smyček (důležité pro jištění) a ztráty v síti (pro ekonomické opodstatnění akce).

2 PRVKY SÍTÍ NN

V současné době jsou využívány především izolované vodiče s plastovou izolací (kabely a závěsné kabely s izolací z PVC, pro venkovní vedení s izolací z polyethylenu). Tyto vodiče, především u venkovních vedení, umožňují úspory při údržbě vedení. Jištění vedení je obvykle provedeno nožovými pojistkami, u sekundárních vynutí transformátorů je provedeno jističi.

3 TOPOGRAFIE SÍTÍ NN

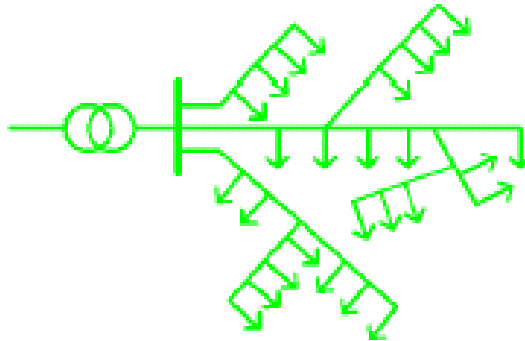
Z hlediska topografie sítí rozlišujeme několik typů sítí. Jsou to především:

- Paprskové sítě
- Okružní sítě

- Zauzlené sítě

3.1 Paprskové sítě

Tento typ sítí je rozšířen především v malých obcích.

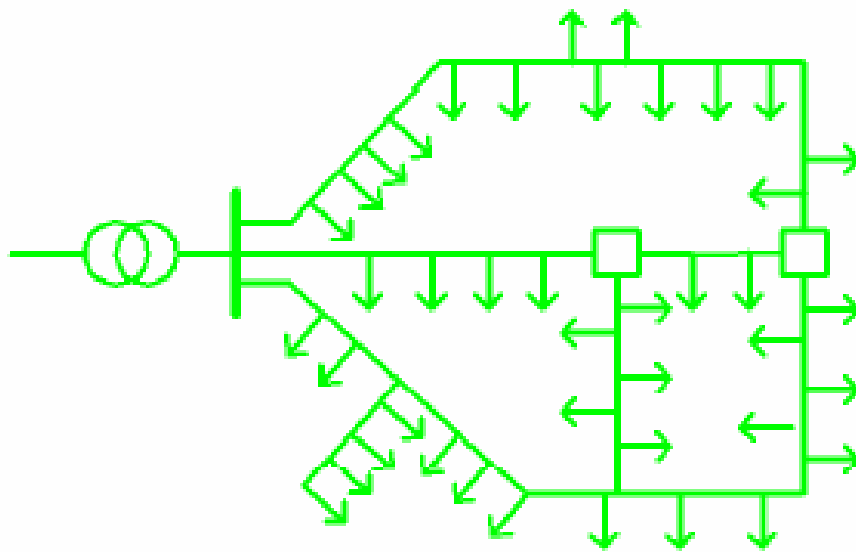


Obr. 3-1: Paprsková síť

Toto uspořádání sítě se vyznačuje především tím, že jednotlivá vedení nejsou zálohována, tudíž při výpadku vedení jsou odpojeni odběratelé za poruchou a oznámí ji správci sítě. Mezi jeho výhody jednoduchost a nízké investiční a provozní náklady.

3.2 Okružní sítě

Tyto sítě často vznikají z paprskových při rozšiřování zástavby v obcích.



Obr.3-2: okružní síť

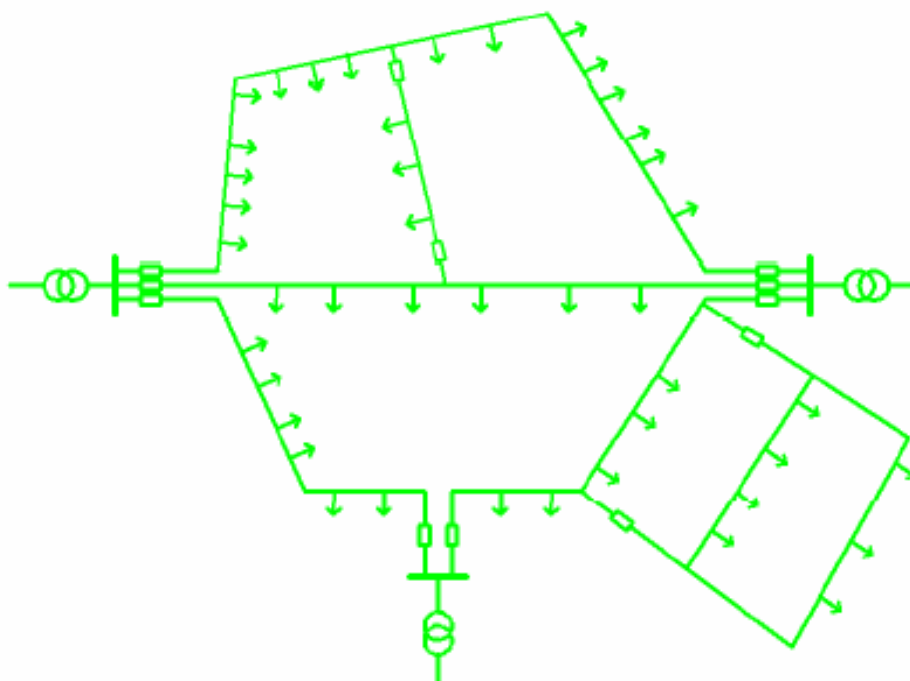
Výhodou tohoto typu sítě je přirozené rozdělení proudů, díky kterému jsou v síti menší úbytky napětí a s nimi související ztráty. Nevýhodou tohoto uspořádání sítě je, že v případě poruchy odběratelé nic nepoznají (s výjimkou mechanické poruchy venkovního vedení), tudíž je nutná pravidelná kontrola pojistek. Kabelové sítě jsou často budovány jako okružní, ale jsou provozovány jako paprskové, což kombinuje některé výhody obou typů (místo poruchy lze okamžitě připojit z druhé strany a k poruše vyjet později).

3.3 Zauzlené sítě

tento typ sítě lze rozdělit na více podtypů:

3.3.1 Zauzlené sítě

Toto uspořádání sítě vzniká z několika okružních sítí.

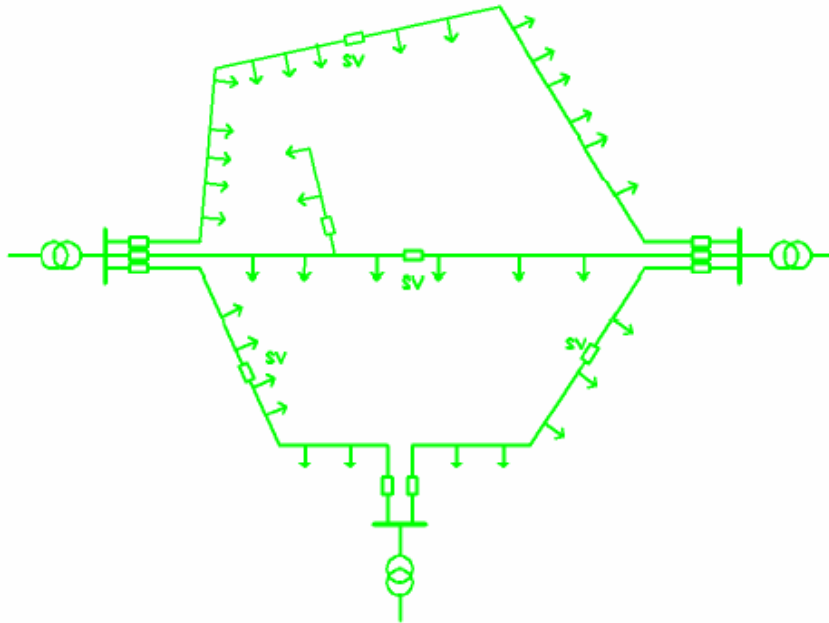


Obr. 3-3: Zauzlená síť

Toto uspořádání se často nevyužívá, ale většina okružních sítí v obcích se dvěma a více transformátory je na něj nachystána pro případ revize či výměny transformátoru. V těchto případech je nutno nahradit výkon odstaveného transformátoru z okolních transformátorů.

3.3.2 Polomřížové sítě

Tato síť je napájena nejméně dvěma transformátory, které jsou spojeny hlavními vedeními, tzv. magistrálami.

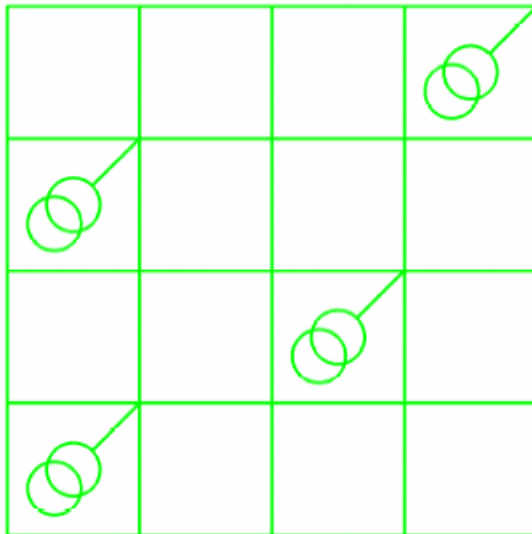


Obr. 3-4: Polomřížová síť

Tato konfigurace sítě se nepoužívá z důvodu složitosti při obsluze i investiční náklady na tuto síť jsou relativně vysoké.

3.3.3 Mřížové síť

Tyto sítě lze nalézt ve velkých městech (např. Brno).



Obr. 3-5: mřížová síť

Pro zjednodušení nejsou v obrázku vyznačeny odběry. Jednotlivé transformátory jsou obvykle napájeny s několika okruhy VN, obvykle se užívá několik napáječů VN.

4 PROGRAM PAS DAISY OFF – LINE BIZON

Tento program je určen pro výpočty režimů a stavů elektroenergetických sítí nn, vn a vvn, je s výhodou používán k plánování rozvoje a s tím souvisejících činností na distribuční soustavě.

Tento program využívá standardního prostředí v operačních systémech Windows. Umožňuje výpočty úbytků napětí, zkratových poměrů v síti a jistění, tedy nejdůležitější činnosti při návrhu nových či kontrole stávajících sítí a s tím souvisejících optimalizací.

Jednou z velkých výhod oproti dřívějším metodám je i využití GIS (geografických informačních systémů) se kterými tento program spolupracuje, tudíž je možné pro lepší orientaci a odečet délek vedení využít např. katastrální mapy (např. venkovní vedení uprostřed silnice není vhodné).

5 OBECNÁ METODA ŘEŠENÍ SÍTÍ

Obecné řešení sítě je velmi náročné, především díky nedostatku vstupních dat. Z toho důvodu jsou využívána určitá zjednodušení. Jsou to např.:

- Uvažování soudobosti
- Zanedbání asymetrie sítě
- Uvažuje se konstantní účinník
- Zanedbání nelineárnosti prvků

5.1.1 Soudobost

Soudobost je veličina, která pro účely výpočtu reprezentuje maximální dosažený výkon období jako část výkonu, kterého je možno dosáhnout při plném odběru daného objektu. Je definována jako podíl maximálního odebíraného výkonu a výkonu instalovaného v daném objektu. Jedná se o bezrozměrnou veličinu. Respektování soudobosti nám umožňuje využít kabely menšího průřezu a tím dosáhnout relevantního poklesu nákladů na výstavbu sítě.

5.1.2 Fázová asymetrie sítě

Zanedbání fázové asymetrie sítě nám umožňuje řešit celý obvod pouze jako jednofázový, protože předpokládáme stejné zatížení všech fází, což není téměř nikdy reálně naplněno, především díky relativně vysokému podílu jednofázových odběrů.

5.1.3 Konstantní účinník

Charakter odběrného místa po stránce účinníku odebíraného výkonu není u všech odběrných míst stejný. Dosažený účinník se mění dokonce i v průběhu roku. Tato změna je patrná především při porovnání účinníků v zimním a letním období. Spotřeba jalového výkonu je po celý rok přibližně konstantní, zatímco spotřeba činného výkonu výrazně vzroste v zimě, díky využití topných spotřebičů, které mají činný charakter.

5.1.4 Nelineárnost prvků

Díky různým vlivům jsou všechny prvky sítě nelineární. Tento fakt je způsoben především závislostí odporu na teplotě (za jasné zimní noci je teplota -20°C , za jasného letního dne až 35°C na slunci, rozdíl je 55°C). Tato příčina postihuje především venkovní vedení, v zemi jsou menší rozdíly teplot. Další z příčin změny teploty je i různé zatížení vedení, při kterém se mění teplota

vodiče. Tento jev se bohužel projevuje v podobných časových úsecích jako předchozí. Nejvyšší teplota bývá přes den (bývá uváděno ve 14:00), kdy bývá i velká spotřeba elektrické energie, a s tím i proudové zatížení vedení, oproti noci, kdy teplota klesne, obdobně jako proudové zatížení vedení.

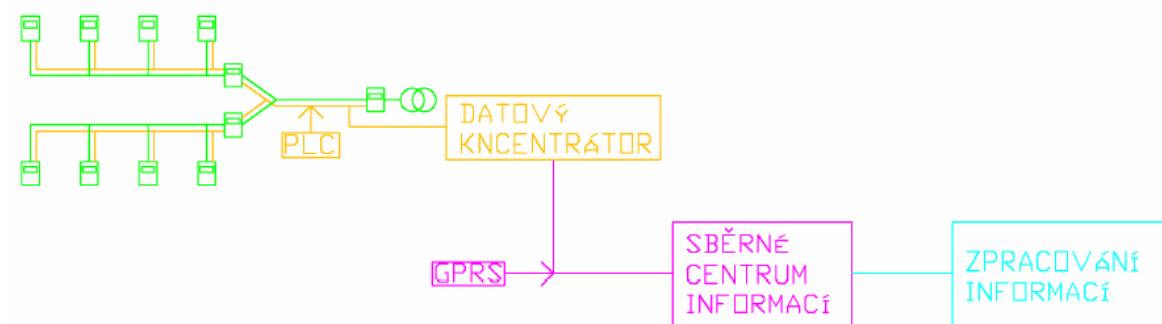
5.2 Získání informací pro výpočty

5.2.1 Pomocí stávajících metod

Proudy zdrojů lze určit ze zdánlivých výkonů transformátorů, proudy odběrů pak ze známé hodnoty hlavního jističe, sazby, ročního odběru a předpokládané soudobosti (viz směrnice č. 13/98).

5.2.2 „Inteligentní“ elektroměry

„Inteligentní“ elektroměry jsou přístroje určené pro měření spotřeby elektrické energie a následné předávání informací pomocí komunikační jednotky do centra, kde se uskutečňuje sběr informací, pomocí sítě PLC a GPRS/GSM. Pro vysvětlení lze použít následující schéma:



obr. 5-1: schéma využití „inteligentních“ elektroměrů

Ve schématu je zeleně označena silnoproudá část zeleně, komunikační linky fialově (GPRS) a oranžově (PLC), poslední (světle modrá) označuje zpracování informací, do kterého lze zahrnout vyúčtování elektrické energie, návrhy optimalizací sítě, analýzu možností případného rozšíření sítě či odhalení případných černých odběrů. „Inteligentní“ elektroměry jsou schopny dodávat informace o diagramu spotřeby, informovat o přepětí či podpětí, určit výpadek fáze, identifikují směr toku elektrické energie, jsou schopny spínat HDO, umožňuje dálkové odpojení neplatičů a v neposlední řadě je schopen ohlásit manipulaci se sebou.

Tento systém je zatím testován a jedním z účelů bakalářské práce je určit kvalitu tohoto systému a odhalit případné nedostatky.

5.3 Výběr metody

Jako nejvýhodnější se jeví metoda uzlových napětí, protože při jejím použití vzniká v dané síti nejmenší počet neznámých oproti ostatním metodám (např. metoda smyčkových proudů, superpozice, Theveninova věta).

5.4 Metoda uzlových napětí

Pro naše potřeby je nutno tuto metodu poněkud upravit, protože zde neexistuje spojení s referenčním uzlem (zemí), proto zvolíme jeden uzel jako referenční (např. zdrojový uzel) vůči

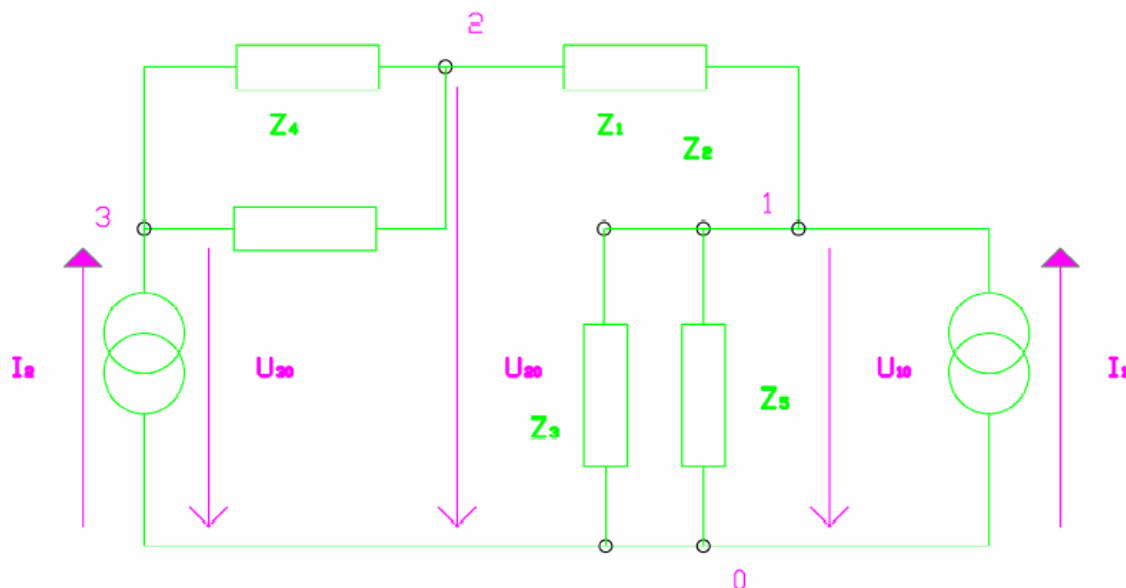
kterému lze určit úbytky napětí (nové transformátory mají sekundární napětí 420 V, tj. 242 V v jedné fázi, u starších a repasovaných transformátorů je sekundární napětí 400 V, tj. 231 V v jedné fázi). Známe-li napětí referenčního uzlu a úbytky napětí v ostatních uzlech, není potom složité určit napětí v požadovaných uzlech. Transformátory je nutno udávat jako proudové zdroje, odběry lze považovat také za proudové zdroje se záporným proudem.

5.4.1 Postup řešení pomocí metody uzlových napětí

1. Vybereme jeden z uzlů obvodu, a prohlásíme jej za referenční (Je dobré znát jeho skutečné napětí vůči zemi), obvykle mu přiřazujeme pořadové číslo 0. Poté očíslovujeme ostatní uzly sítě. Jednotlivá uzlová napětí jsou napětí mezi příslušným uzlem a referenčním uzlem (např. U_{10} je napětí mezi prvním a referenčním uzlem).
2. Pro jednotlivé uzly sítě formulujeme rovnice dle 1. Kyrchhoffova zákona a vzniklou soustavu rovnic vyřešíme. Výsledkem této rovnice jsou jednotlivá uzlová napětí. Pomocí těchto napětí a napětí referenčního uzlu vůči zemi lze poté určit úbytky napětí v jednotlivých uzlech (Uzlová napětí jsou rovna úbytku napětí pouze v případě, že napětí referenčního uzlu vůči zemi je rovno jmenovitému napětí sítě, což není vždy splněno).
3. Vypočteme proudy jednotlivými vedeními a určíme požadované ostatní hodnoty (např. ztráty výkonu, hodnoty pojistek a jejich umístění apod.).

5.4.2 Příklad 1: Metoda uzlových napětí

Máme dány impedance dle schématu:



Obr. 5-2: Metoda uzlových napětí – zadání příkladu

Nejprve je nutno dané impedance přepočítat na admittance:

$$\bar{Y} = \frac{1}{Z} \quad (5.1)$$

Poté sestavíme rovnice dle 1. Kyrchhoffova zákona (příklad pro 1. uzel):

$$\bar{U}_{10} * (\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2 + \bar{Y}_3) - \bar{U}_{20} * \bar{Y}_1 = \bar{I}_1 \quad (5.2)$$

Z těchto rovnic sestavíme soustavu, kterou následně vyřešíme:

$$\begin{bmatrix} \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2 + \bar{Y}_3 & -\bar{Y}_1 & 0 \\ -\bar{Y}_1 & \bar{Y}_1 + \bar{Y}_4 + \bar{Y}_5 & -\bar{Y}_4 - \bar{Y}_5 \\ 0 & -\bar{Y}_4 - \bar{Y}_5 & \bar{Y}_4 + \bar{Y}_5 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \bar{U}_{10} \\ \bar{U}_{20} \\ \bar{U}_{30} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\bar{I}_1 \\ 0 \\ -\bar{I}_2 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

Výsledkem této soustavy jsou jednotlivá uzlová napětí, z nichž určíme úbytky napětí v jednotlivých uzlech. Pomocí impedancí a úbytků napětí lze určit proudy (pomocí Ohmova zákona) a následně ztráty výkonu.

5.5 Návrh průřezu vodičů podle úbytku napětí

U všech typů vedení uvažujeme konstantní impedanci vodičů na jednotku délky, tzn. konstantní průřez. Úbytek napětí se uvažuje jako činný.

5.5.1 Paprskové sítě

Tyto sítě reprezentují vždy vedení napájené z jedné strany, v případě většího počtu větví se jedna vybere jako kmenová linka a ostatní nahradíme odběry.

Vlastní výpočet vychází z Ohmova zákona. Úbytek napětí lze vyjádřit takto:

$$\Delta U = R_k \sum_{p=1}^n I_{cp} * X_k * \sum_{p=1}^n I_{jp} \quad (5.4)$$

Kde: ΔUÚbytek napětí

R_kOdpor 1 km délky vodiče

I_{cp}Činná složka proudu daným úsekem

X_kReaktance 1 km délky vodiče

I_{jp}Jalová složka proudu daným úsekem

Vyjádříme-li odpor pomocí průřezu, lze po vyjádření průřezu ze vztahu 5.4 psát:

$$s = \frac{\rho * \sum_{p=1}^n l_p * I_{cp}}{\Delta U_d - X_k * \sum_{p=1}^n l_p * I_{jp}} \quad (5.5)$$

Kde: sPrůřez vedení

ρRezistivita

l_pDélka vedení mezi i-tým odběrem a zdrojem

ΔU_dDovolený úbytek napětí

5.5.2 Okružní síť

Okružní síť lze vyjádřit pomocí vedení napájeného ze dvou stran, a to tak, že si zdroj rozdělíme na dvě části.

Při této metodě je nutno nejdříve určit proudové rozdělení. Pro proudy napáječů platí (při stejném průřezu):

$$\bar{I}_A = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{i}_i L_{iB}}{L_{AB}} \quad (5.6)$$

Kde: I_AProud daného zdroje

i_iProud i-tého odběru

L_{iB}Délka vedení mezi i-tým odběrem a druhým zdrojem

L_{AB}Délka vedení

Když máme určeny proudy jednotlivých zdrojů, můžeme určit proudové rozdělení. Postupujeme od jednoho zdroje ke druhému a cestou odečítáme proudy jednotlivých odběrů, dokud se mezi ně proud nerozdělí. Totéž provedeme pro druhý zdroj. Poté najdeme místo napájené ze dvou stran, a v něm vedení rozdělíme a vybereme si pro další výpočet jednu z částí (obvykle tu kratší). Další postup je totožný s výpočtem paprskové sítě. Po zvolení průřezu je nutno provést kontrolu úbytku napětí pro celý okruh.

5.5.3 Zauzlené síť

Pro každou větev určíme průřez podle 5.5 a vybereme největší z nich.

5.6 Optimalizace nákladů

5.6.1 Hospodárný průřez

Hospodárný průřez je průřez vodiče, při kterém jsou celkové roční náklady na vedení minimální, tedy při dané délce vedení je součet nákladů na ztráty, provozních nákladů a odpisů minimální. Závislost nákladů na průřezu je při této metodě považována za lineární.

Hospodárný průřez lze určit ze vztahu:

$$s_h = \frac{P}{U * \cos \varphi} * \sqrt{\frac{k * \rho * n_{\Delta} * 10^5}{3 * b * p}} \quad (5.7)$$

Kde: s_hHospodárný průřez

PVýkon protékající vodičem

UJmenovité napětí vedení

$\cos \varphi$Účinník

kčinitel rozložení odběrů

n_{Δ}Celkové měrné náklady na ztráty

bSměrnice přímky růstu nákladů s průřezem

p.....Roční celkové procento

5.6.2 Hospodárné zatížení transformátorů

Na hospodárné zatížení transformátoru se uplatňují dva různé pohledy. Jednou možností je posouzení transformátoru z hlediska minimálních ztrát výkonu. Tento pohled lze uplatnit především u repasovaných transformátorů. Optimální zatížení lze určit ze vztahu:

$$S_h = S_n * \sqrt{\frac{\Delta P_0 + k_\Delta \Delta Q_0}{\Delta P_k + k_\Delta \Delta Q_k}} \quad (5.8)$$

Kde: S_hHospodárné zatížení

S_n Jmenovitý výkon

ΔP_0Ztráty činného výkonu naprázdno

ΔQ_0Ztráty jalového výkonu naprázdno

k_Δčinitel ztrát

ΔP_kZtráty činného výkonu nakrátko

ΔQ_kZtráty jalového výkonu nakrátko

Dalším možným přístupem je optimalizace z hlediska nákladů, což se uplatní především u nových transformátorů. Příslušný vztah je:

$$S_h = S_n * \sqrt{\frac{N_{iT} + (\Delta P_0 + k_\Delta \Delta Q_0) * n_\Delta^0}{(\Delta P_k + k_\Delta \Delta Q_k) * n_\Delta}} \quad (5.9)$$

Kde: N_{iT}Investiční náklady

n_Δ^0 Celkové měrné náklady na ztráty naprázdno

n_ΔCelkové měrné náklady na ztráty

6 URČENÍ JIŠTĚNÍ V SÍTI

Jištění v sítích NN je nutné pro zajištění bezpečnosti osob, majetku odběratelů a vlastní sítě. Sítě jsou jištěny proti zkratu a proti přetížení, obvykle pomocí pojistek s charakteristikou gG a jističů s charakteristikou E (jištění sekundárních vinutí transformátorů).

6.1 Jištění proti zkratům

6.1.1 Druhy zkratů

6.1.2 Souměrný zkrat

Nastává při spojení všech tří fází navzájem. Všechny tři vodiče jsou stejně postiženy a vedou stejný zkatový proud. Tento druh zkratu nastává nejčastěji v kabelových sítích (typický příklad je, když bagrista „najde“ kabel). Při tomto zkratu má obvykle zkatový proud nejvyšší hodnotu.

6.1.3 Dvofázový zkrat izolovaný

Vzniká při prostém spojení dvou fází. Může vzniknout ve venkovním vedení při použití AIFe lan, pokud se vlivem větru jedno lano příliš rozhoupe, a dotkne se druhého lana. Z tohoto důvodu lze občas vidět rozpěrky na vedení.

6.1.4 Dvofázový zkrat zemní

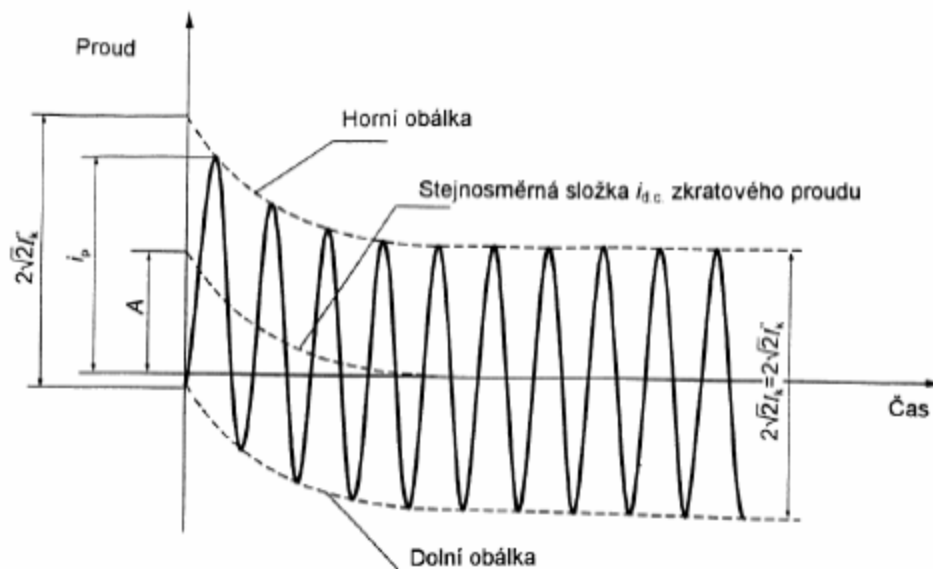
Vzniká při spojení dvou fází a země. Tento druh zkratu není příliš pravděpodobný v síti nízkého napětí, při uvažování venkovního vedení by se musely dva vodiče dotknout nulového, případně spadnout na zem. Pokud budeme uvažovat kabelové vedení, musely by být při zemních pracích přerušeny dva fázové vodiče, případně i nulový.

6.1.5 Jednofázový zkrat

Vzniká při spojení jedné fáze soustavy se zemí. U venkovního vedení může vzniknout např. při pádu jednoho vodiče na zem (uvažujeme-li AIFe lana). Tento zkrat způsobuje největší rušení sdělovacích sítí. Tento zkrat nastává nejčastěji.

6.1.6 Průběh zkratového proudu

V sítích nízkého napětí nastává prakticky výhradně elektricky vzdálený zkrat. Jeho charakteristický průběh je naznačen na následujícím obrázku:



Obr. 6-1: průběh zkratového proudu

Z grafu lze vyčíst následující hodnoty:

Tab. 6-1: Hodnoty důležité pro zkratový proud

název	značka	Výpočet
Počáteční rázový zkratový proud	I_k''	$I_k'' = k_1 * \frac{c * U_v}{\sqrt{3} Z_k }$ (6.1)
Nárazový zkratový proud	I_{km}	$I_{km} = K * I_k''$ (6.2)
Vypínací zkratový proud	I_{vyp}	$I_{vyp} = I_k''$ (6.3)
Stejnoseměrná složka vypínacího zkratového proudu	I_{avyp}	$I_{avyp} = \sqrt{2} * I_k'' * e^{-t_k / \tau_s}$ (6.4)
Nesymetrický vypínací zkratový proud	$I_{vyp,ns}$	$I_{avyp} = \sqrt{I_{vyp}^2 + I_{avyp}^2}$ (6.5)
Ekvivalentní oteplovací proud	I_{ke}	$I_{km} = k_e * I_k''$ (6.6)
Ustálený zkratový proud	I_k	Dáno
Doba trvání zkratu	t_k	Dáno charakteristikou jističe nebo pojistky

V tabulce jsou koeficienty k_1 , c , K a k_e dány příslušnými normami.

6.1.7 Impedance zkratového obvodu

Tento parametr obvodu je v sítích NN velmi důležitý vzhledem k tomu, že síť NN je poslední v elektrifikační soustavě, tudíž na jejím vstupu je relativně malý zkratový výkon a může se stát, že zkratový proud bude tak malý, že jej pojistky nebudou schopny vypnout. Impedanční smyčka musí vyhovět podmínce:

$$Z_s * I_a \leq c * U_0 \quad (6.10)$$

kde: U_0Jmenovité napětí sítě
 cKoeficient podle ČSN 33 3022
 I_aProud, zajišťující vybavení pojistky
 Z_sImpedance poruchové smyčky, zahrnuje zdroj a vodič PEN nebo PE

6.2 Jištění proti přetížení

Proti přetížení jsou jednotlivým vedením přiřazeny pojistky dle následující tabulky:

Tab.6-2: Jištění kabelových vedení [7]

<i>jištěný kabel</i>	<i>alternativa</i>	<i>pojistka</i>
NAYY 4x16	CYKY 4x10	50A
NAYY 4x25	CYKY 4x16	63A
NAYY 4x35	CYKY 4x25	80A
NAYY 4x50	1-CYKY 4x35	100A
NAYY 4x70	1-CYKY 4x50	125A
NAYY 4x95	1-CYKY 4x70	160A
NAYY 3x120+70	1-CYKY 4x95	200A
NAYY 4x120	1-CYKY 4x95	200A
NAYY 4x150	1-CYKY 3x120+70	225A
NAYY 3x185+95	1-CYKY 3x150+70	250A
NAYY 4x240	1-CYKY 3x185+95	315A
-----	1-CYKY 3x240+120	400A

7 ŘEŠENÍ SÍTĚ POMOCÍ OBOU METOD A JEJICH POROVNÁNÍ

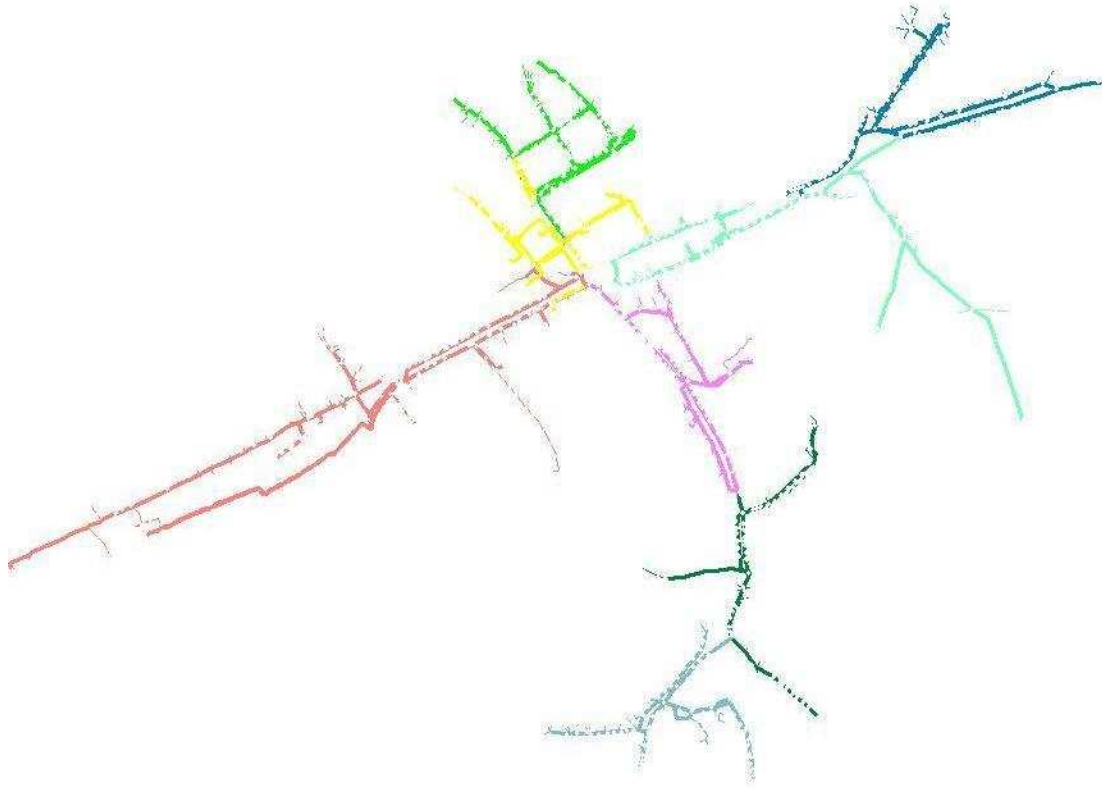
7.1 Celkový výkon

Tab. 7-1: Výkonová bilance

metoda	Celkový výkon [kW]	Celkový výkon [%]
Smart Metering	823,4	73,22
Směrnice 13/98	1124,5	100

Výkon změřený na trafostanicích je 883 kW, rozdíl mezi výpočtovou a reálnou hodnotou (59,6 kW) je dán jednak náhradou chybějících odběrů a jednak neautorizovanými odběry a ztrátami z nich plynoucími, které nebyly při výpočtu zahrnuty.

Z tabulky je zřejmé, že dimenzování sítí podle směrnice 13/98 je přehnané a neodpovídá reálným podmínkám. Na druhou stranu, úspěšnost odečtu pomocí Smart Meteringu není stoprocentní, např. při této práci bylo nutno nahradit asi 20 % odběrů. Nedostatky dat při Smart Meteringu byly odstraněny aproximací podle dat z ostatních odběrů.



Obr. 7-1: Topografie sítě v Rousínově

7.2 Optimalizace sítě

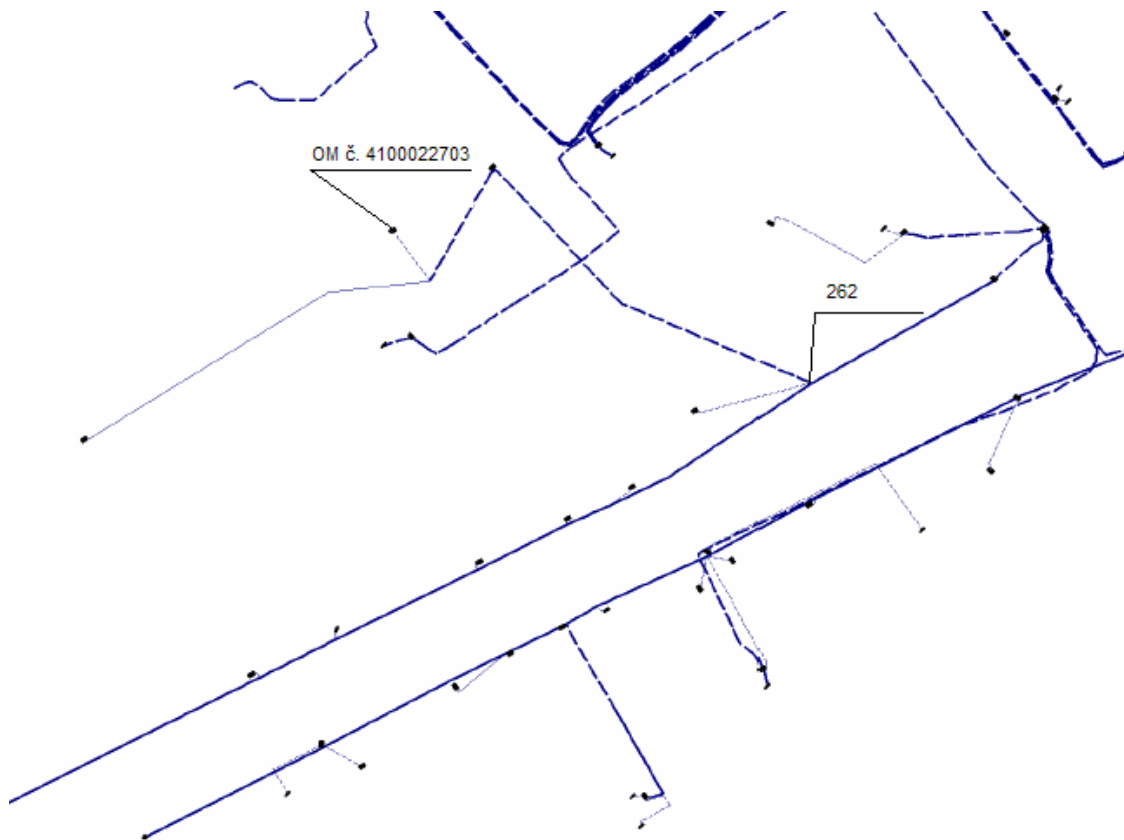
Tab. 7-2: Zatížení transformátorů

Trafostanice	Výkon [kVA]	Zatížení [kW]	
		Smart Metering	Směrnice 13/98
320317	400	73,2	119,3
310303	250	179,6	225,8
310298	400	180,1	210,3
310229	400	90,3	135,9
310306	250	65,8	84,3
310307	100	66,1	104,6
310304	250	61,7	119,9
320340	400	89,5	103,8

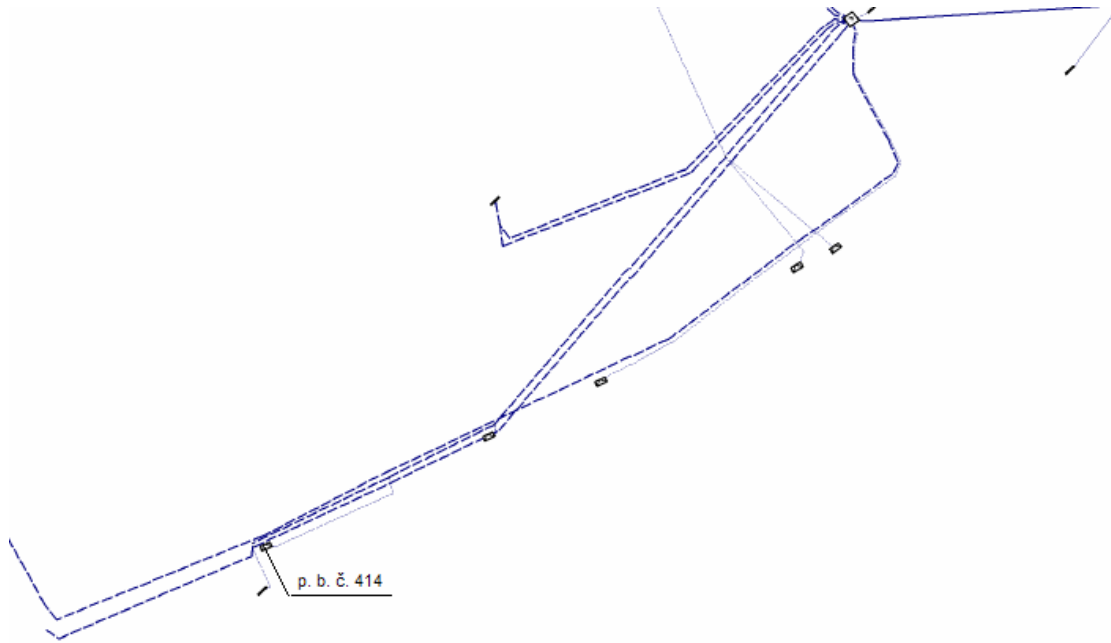
Tab. 7-3: Návrh transformátorů

Trafostanice	Doporučený výkon [kVA]	
	Smart Metering	Směrnice 13/98
320317	160	160
310303	400	400
310298	400	400
310229	250	160
310306	160	160
310307	160	160
310304	160	250
320340	160	160

Náklady na výměnu jednoho transformátoru jsou 2000 Kč/ks (u Smart Meteringu celkem 14 000 Kč, u klasické metody 12 000 Kč), celkové náklady na nové transformátory budou činit 1 053 000 Kč. Dále je nutno vyměnit přetížené vedení AlFe 4x50 od TS 310298 Rousínov ZDĚNÁ k p. b. č. 414 v délce 75 m za vedení AES 4x120 v ceně 22 605 Kč. Tuto linku považují obě metody za přetíženou. Dále pak je možno vyměnit vedení AlFe 4x25 z p. b. č. 262, které dále pokračuje vedením AlFe 4x16 k přípojce pro odběrné místo číslo 4100022703 v délce 95 m a v ceně 16 825 Kč. Důvodem k této výměně je úbytek napětí 7 %, po výměně klesne pod 5 %. V ostatních uzlech sítě úbytek napětí nepřesahuje 5 %.



Obr. 7-2: Optimalizované vedení AlFe 4x25



Obr. 7-3: Optimalizované vedení AlFe 4x50

7.3 Ekonomické zhodnocení optimalizace

Tab. 7-4: Bilance ztrát

		Smart metering	Směrnice 13/98
Před optimalizací	Odběr [kW]	771,9	1058,0
	Dodávka [kW]	823,4	1124,5
	Ztráty [kW]	51,524	60,47
Po optimalizaci	Odběr [kW]	771,9	-
	Dodávka [kW]	822,4	-
	Ztráty [kW]	50,529	-

Tab. 7-5: Ekonomické zhodnocení

Náklady	Položka	Cena
	Výměny transformátorů	14000 Kč
	Transformátory	660000 Kč
	Vedení AlFe 4x50	22605 Kč
	Vedení AlFe 4x25	16825 Kč
	Celkem náklady	713430 Kč
Zisky	Úspora na ztrátách	5627,422 Kč/rok
	Zpětná platba za transformátory	380000 Kč
	Celkem bez úspor na ztráty	333430 Kč
	Hrubá návratnost	59,25 let

Optimalizace byla provedena pouze pomocí dat ze Smart Meteringu, protože data vytvořená podle směrnice 13/98 byla irelevantní. Z předchozí tabulky je zřejmé, že rekonstrukce sítě není výhodná.

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zhodnotit význam a využití metod, které lze použít při návrhu či optimalizaci sítě a provést optimalizaci sítě v obci Rousínov, ve které byly instalovány tzv. „inteligentní“ elektroměry. K vlastní optimalizaci byl využit program PAS DAISY off – Line BIZON, který je vhodný pro výpočty v sítích NN, VN a VVN.

8.1 „Inteligentní“ elektroměry

V Rousínově byly tyto elektroměry nasazeny v rozsahu počítané sítě, využívají zde komunikaci PLC, která je relativně levná, protože není nutno budovat nové komunikační cesty či využívat stávající zařízení jiných vlastníků. Bohužel na silových kabelech docházelo často k přeslechům, což vedlo ke zmenšení rozsahu dat, se kterými bylo možno počítat. I přes tato opatření se nepodařilo odečíst cca 20 % diagramů z odběrných míst. Chybějící data bylo nutno nahradit interpolací pomocí odběrných míst podobného typu.

Směrnice 13/98 se ukázala jako přehnaně opatrná. Výkon dodávaný do sítě se podle ní ukázal o 241 kW vyšší, než výkon dodávaný do sítě podle součtu výkonů měřených na trafostanicích. Je ovšem nutno mít na paměti, že v době pořizování záznamů byla velmi mírná zima, tudíž se snížil i odběr energie na tepelné spotřebiče a nemusely být v provozu ani všechna čerpadla topných systémů, což není až tak malý výkon, jak se může zdát (v síti je 991 odběrných míst). Pro případnou revizi této směrnice je nutno provést další měření v pozdějších letech, kdy snad přijde teplotně průměrná zima.

Pro další využití „inteligentních“ elektroměrů je více možností, než jen revize směrnice 13/98. Pokud mají být nasazeny plošně ke každému odběrnému místu, je nutno zlepšit systém komunikace. Za tímto účelem lze využít komunikačních prostředků firmy O₂. Lze využít především kabely ke komunikaci mezi elektroměry a datovým koncentrátorem, dále pak síť GSM/GPRS pro komunikaci mezi datovým koncentrátorem a sběrným centrem informací. Využitím této možnosti lze eliminovat problémy v komunikaci, ty pak mohou nastat pouze v případě poruch a havarijních stavů na komunikačním zařízení. Otázkou zůstává, zda cena za tyto služby bude přiměřená. Další možností je osadit elektroměry pouze na sekundární stranu transformátorů a vytvořit novou směrnici, která určí přerozdělení výkonů změřených na jednotlivých transformátorech k jednotlivým odběrům. Velkou výhodou této metody je částka vynaložená při použití této možnosti, protože bude využito mnohem méně elektroměrů a lze i bez vyšších finančních nákladů zřídit i komunikaci mezi elektroměrem a koncentrátorem s využitím jakéhokoli podporovaného systému komunikace. Při této vzdálenosti se neprojeví ve větší míře ani problémy s komunikací PLC. Cenou za tuto jinak výhodnou možnost je omezený přísun dat.

Použití „inteligentní“ elektroměry lze pouze při optimalizacích a rekonstrukcích sítí, při návrhu zcela nové oblasti je nutno z pochopitelných důvodů, se řídit směrnicí 13/98.

8.2 Optimalizace sítě v obci Rousínov

V Rousínově je nutno vyměnit přetížené vedení v úseku od TS 310298 Rousínov ZDĚNÁ k p. b. č. 414 v délce 75 m za vedení AES 4x120. Celková návratnost investice příliš velká, optimalizovat transformátory lze doporučit příležitostně, v případě nutné výměny transformátoru z důvodu revize či poruchy. Nejvyšší úbytek napětí ve stávající síti dosahuje 7 %. Nejmenší dosažitelné ztráty byly cca 50 kW, v současném stavu jsou ztráty v síti cca 51 kW.

Doba návratnosti (59,25 let) se může změnit v závislosti na cenách elektrické energie, ale nelze předpokládat její výrazné snížení v nejbližší době. Vzhledem k životnosti sítí NN (40 let) je nepřiměřeně dlouhá. Využitím vodičů AES se sice sníží provozní náklady, ale toto snížení nelze zohlednit vzhledem k relativně krátké době využívání těchto vodičů (2 – 3 roky).

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] J. Hrouda, L. Mikuláš *Návrh distribučních sítí NN* České Budějovice: E.ON Česká republika s. r. o., 2006
- [2] V. Blažek, Petr Skala *Distribuce elektrické energie* Brno: elektronická skripta, staženo 2007
- [3] Lubomír Brančík *Elektrotechnika I* Brno: elektronická skripta, staženo 2007
- [4] DAISY s. r. o. [on - line] <http://www.daisy.cz>, Praha: 2007 [cit. 6/2007]
- [5] P. Černý, P. Horák *Standard č. st 2 – 2 – 1* Brno: JME, a. s., 2002
- [6] Lehký *Příručka pro projektanty II (CD)* Brno: EGU Brno, 2000
- [7] PNE 33 0000-1
- [8] Blažek, Lorenc *SMĚRNICE č. 13/98*

Příloha A Situační plán celé sítě