

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Zajištění bezpečného a spolehlivého provozu
distribučních transformoven 22/0,4 kV**

2008

Bc. Jan Steringa

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky a ekologie
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan STERINGA**

Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**

Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

Název tématu: **Zajištění bezpečného a spolehlivého provozu distribučních transformoven 22/0,4 kV**

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

1. Popište používané typy distribučních transformoven 22/0,4 kV.
2. Popište jejich technologické vybavení.
3. Popište druhy a způsoby ochran distribučních transformoven 22/0,4 kV.
4. Navrhněte postupy kontrol funkčnosti ochran.
5. Navrhněte a popište způsob údržby technologické části.
6. Navrhněte postup zajištění bezpečného pracoviště v prostorech distribučních transformoven 22/0,4 kV.

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

Seznam odborné literatury:

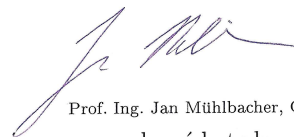
1. Mertlová, J., Kocmich, M.: Elektrické stanice a vedení
2. Kolektiv autorů - Trivium elektrotechnika
3. Stabryn, M.: Elektrotechnické předpisy v praxi
4. příslušné normy, zákony a vyhlášky

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiří Laurenc, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **10. října 2007**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. května 2008**



Doc. Ing. Jiří Kotlan, CSc.
děkan



Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2007

Anotace

Práce popisuje používané typy distribučních transformoven v českobudějovickém regionu a hodnotí jejich vlastnosti z pohledu bezpečnosti a spolehlivého provozu. Popisuje také jednotlivé ochrany živých a neživých částí, jejich realizaci v praxi a zajištění bezpečného pracoviště.

Annotation

Services for secure and reliable operation of transformer stations 22/0,4 kV

This work describes used types of distribution points in region of České Budějovice and rate their features from the view of safety and reliability. Also this work describes individual preventions of living and nonliving sections and their realization in practice. The last part describes how create and secure work place in transformer station.

Klíčová slova

distribuční transformátor, elektrické vedení, nebezpečný dotyk, nízké napětí, neživé části, ochrana živých částí, transformovna, vysoké napětí, živé části

Key words

distribution transformer, power line, dangerous contact, low voltage, nonliving parts, prevention living sections, distribution point, high voltage, live parts, workplace security

Prohlášení

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

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

V Plzni dne: 23. 4. 2008

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Jiřímu Laurencovi, CSc. za cenné rady a informace, které mi poskytl během zpracovávání mé práce.

Obsah

Úvod	10
1 Používané typy distribučních transformoven 22/0,4 kV	12
2 Technologické vybavení distribučních transformoven	18
2.1 Technologické vybavení venkovních transformoven	18
2.2 Technologické vybavení vnitřních transformoven	20
3 Druhy ochran před nebezpečným dotykem živých a neživých částí a jejich realizace	25
3.1 Ochran živých částí elektrických zařízení	28
3.1.1 Ochrana malým napětím SELV a PELV	28
3.1.2 Ochrana omezením ustáleného proudu a náboje	30
3.1.3 Ochrana izolací živých částí elektrického zařízení	30
3.1.4 Ochrana živých částí elektrického zařízení krytím	32
3.1.5 Ochrana živých částí elektrického zařízení zábranou	34
3.1.6 Ochrana živých částí elektrického zařízení polohou	34
3.1.7 Doplnkové ochrany živých částí elektrického zařízení	36
3.1.7.1 Doplnková ochrana proudovým chráničem	36
3.1.7.2 Ochrana doplňkovou izolací	36
3.2 Realizace ochran živých částí v praxi	37
3.2.1 Realizace ochran živých částí u venkovních transformoven 22/04 kV	37
3.2.2 Realizace ochran živých částí u vnitřních transformoven 22/04 kV	39
3.3 Druhy ochran neživých částí a jejich realizace v praxi	43
3.3.1 Ochrana samočinným odpojením od zdroje	43
3.3.1.1 Ochrana samočinným odpojením od zdroje pro zařízení do 1000 V AC a 1500 V DC	45
3.3.2 Ochrana použitím zařízení třídy ochrany II nebo s rovnocennou izolací	50
3.3.3 Ochrana nevodivým okolím	51
3.3.4 Ochrana neuzemněným místním pospojováním	51
3.3.5 Ochrana elektrickým oddělením	52

3.3.6	Ochrana samočinným odpojením od zdroje pro zařízení nad 1000 V AC a 1500 V DC	52
3.3.7	Použití doplňkových ochran	53
4	Kontrola a údržba technologických částí	54
4.1	Činnosti při kontrolách a údržbě	54
4.2	Měření a zkoušení	57
5	Návrh zajištění bezpečného pracoviště v prostorech distribuční transformovny 22/0,4 kV	63
5.1	Zajištění bezpečného pracoviště v distribuční transformovně	65
5.1.1	Úplné odpojení	66
5.1.2	Zabezpečení proti opětovnému zapnutí	67
5.1.3	Ověření beznapěťového stavu	68
5.1.4	Uzemnění a zkratování	70
5.1.5	Ochranná opatření ve vztahu k živým částem, které jsou v blízkosti	72
5.1.6	Zajištěné pracoviště	73
6	Závěr	75
7	Seznam použité a citované literatury	77

Seznam použitých symbolů a zkratk

AC	alternating current, střídavý proud
ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
kV	kilovolt
IEC	International Elektrotechnical Comission, Mezinárodní elektrotechnická komise, označení mezinárodních norem v elektrotechnice
IP	stupeň krytí
mA	miliampér
μC	mikrocoulomb
NN	nízké napětí
Ω	ohm
PELV	Protective Extra Low Voltage, uzemněná varianta ochrany SELV
PNE	podniková norma energetiky
SELV	Safe Extra Low Voltage, ochrana malým napětím
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí

Úvod

Touto diplomovou prací navazuji na svou bakalářskou práci "Ochrana živých částí distribučních transformoven 22/0,4 kV", obhájenou v roce 2006. Zatímco jsem v bakalářské práci zpracoval pouze jednu oblast bezpečnosti energetických zařízení, v této práci je zpracována problematika provozu distribučních transformoven komplexně. Aby tato diplomová práce poskytovala ucelený pohled na danou problematiku, jsou zde ochrany živých částí zpracovány také, ale vzhledem k požadovanému rozsahu diplomové práce má tato část spíše formu přehledu jejich druhů, metod a odvolává se na obsah bakalářské práce.

Hlavním cílem mé práce je zdokumentování instalovaných typů transformoven jak po stránce technologické, tak po stránce nároků na údržbu, způsoby provádění údržbových prací a zvláště pak celkové bezpečnosti zařízení. Problematiku ochrany živých a neživých částí jsem zpracoval dle norem ČSN a PNE, které se k této oblasti vztahují. Práce tak přináší souhrn informací z mnoha norem pro konkrétní problematiku v oblasti distribučních transformoven. Vzhledem k původnímu rozsahu norem zde uvádím pouze klíčová fakta a odkaz na konkrétní části norem, tak aby je bylo možno snadno vyhledat v případě, kdy je potřeba detailnějších informací k dané problematice. Ke zpracování jsem použil normy, které byly dle mého zjištění aktuálně platné, včetně jejich dodatků a změn. Jelikož jsou použité normy ČSN harmonizované, nepředpokládám že dojde v několika příštích letech ke změnám, které by citelně ovlivnily jejich části, o které se tato práce opírá. Normy PNE v této oblasti vycházejí právě z norem ČSN a i zde předpokládám pouze dílčí změny. Zákonné předpisy, které jsou zde zmiňovány, především v souvislosti s bezpečností práce, jsem získával z portálu Ministerstva vnitra České republiky, kde jsou uveřejňovány i jejich aktuální změny, popřípadě zrušení a nahrazení novým předpisem. Rozsah zpracovaných norem, zákonů a ostatních právních předpisů je uveden v použité literatuře.

Práce obsahuje dokumentační fotografie, které ilustrují konkrétní řešení popisovaného tématu. Tuto grafickou část považuji za velmi důležitou, protože graficky podané informace mají větší informační přínos a ulehčují porozumět textu. Grafickou část jsem záměrně neumístil do přílohy, ale přímo do textu, aby byla okamžitě dostupná. Tato forma do jisté míry umožňuje snadnou orientaci v této diplomové práci právě dle grafiky. Pořízení fotografií v terénu, výběr fotografovaného zařízení

a především výběr vhodných snímků byl velmi časově náročný. Z celkového počtu mnoha set je v této práci použit jen malý zlomek. Kromě fotografie transformovny Marbeton KN 2028 jsem veškeré snímky fotografoval osobně. Fotografii stanice Marbeton jsem získal osobně od zástupců této firmy i se svolením ji použít v této práci; stanice tohoto typu totiž není instalována v oblasti, kde jsem prováděl sběr dat.

Stejně tak jako v bakalářské práci, jsem i v této práci pro sběr dat zvolil oblast českobudějovického regionu. Region leží v Jihočeském kraji a distribuci elektrické energie zde zajišťuje především společnost E.ON, dříve Jihočeská energetika, a.s. V této oblasti je instalováno cca. 1420 transformoven, mezi nimiž jsou zastoupeny veškeré dnes běžně používané typy. Průměrné stáří technologických částí je přibližně 23 let. Důležitým podkladem pro zpracování této diplomové práce byla data z informačního systému technické evidence společnosti E.ON Česká republika, s.r.o. a informace poskytnuté technickými pracovníky správy sítě této společnosti se kterými jsem konzultoval své závěry přímo v terénu. Byl mi také poskytnut přístup do energetických objektů pro pořízení fotodokumentace.

1 Používané typy distribučních transformoven 22/0,4 kV

Transformovna je prvek energetické sítě obsahující jeden nebo více výkonových transformátorů, propojujících sítě s rozdílným napětím. V zařízení uvažovaném v této práci dochází k transformaci z hladiny vysokého napětí 22 kV na hladinu NN 0,4 kV.

Transformovny se skládají z části stavební a části technologické. Část stavební je požárně odolná konstrukce předepsaného krytí sloužící k umístění technologické části. Část technologická představuje rozvodné zařízení nízkého a vysokého napětí, které je určeno pro zajištění základní funkce transformační stanice.

V současné době je provozováno mnoho typů distribučních transformoven, z nichž minimálně polovina je neopakovatelným originálem. Tato skutečnost je dána stářím technologie a faktem, že ne vždy byl kladen důraz na standardizaci instalované technologie. Je to ale především dáno funkcí konkrétní transformovny a jejím začleněním do elektrické sítě a terénu. I v současnosti, kdy jsou z důvodů optimalizace nákladů na provoz a údržbu zařízení kladeny vysoké nároky na standardizaci, se transformovny navzájem liší alespoň různým počtem vývodů a tím i provozním schématem. Ovšem i toto množství lze rozdělit podle charakteristických rysů na několik skupin.

Rozdělení transformoven podle jejich účelu:

➤ transformovny distribuční

Jsou v majetku distributora elektrické energie a slouží k napájení distribuční sítě, na níž jsou připojeni jednotliví maloodběratelé. Těchto transformoven je většina.

➤ transformovny odběratelské

Jsou většinou v majetku odběratele elektrické energie a slouží výhradně k napájení jeho elektrické sítě. Specifické je zde umístění měřičů elektrické energie přímo v transformovně, přičemž měření je prováděno buď ze strany nízkého napětí 0,4 kV (sekundární měření), nebo ze strany vysokého napětí 22 kV (primární měření), realizovaného za pomoci měřících transformátorů proudu a napětí.

Rozdělení transformoven podle způsobu instalace technologické části:

➤ transformovny venkovní

Technologická část vysokého napětí, včetně stání transformátoru, není mechanicky chráněna proti přímému působení vnějších povětrnostních podmínek, kterým musí odolávat. Instalována je buď na betonových stožárech, nebo kovové konstrukci. Z důvodu bezpečnosti je nelze stavět v blízkosti objektů s nebezpečím výbuchu nebo požáru, jelikož zde hrozí nebezpečí rychlého rozšíření požáru. Podle stavební části se dále dělí na sloupové a příhradové.



Obr. 1.1 Čtyřsloupová transformovna



Obr. 1.2 Příhradová transformovna

➤ transformovny vnitřní

Transformovny vnitřní mají celou technologickou část umístěnou v krytém prostoru, kterou tvoří stavební část, nebo je součástí jiného objektu. Technologické části těchto transformoven tak nejsou vystaveny přímému působení vnějších povětrnostních podmínek. Většina vnitřních transformoven je napájena kabelovým vedením vysokého napětí, které je ukončeno v rozvaděči vysokého napětí nebo kobce.

Vnitřní transformovny se podle stavební části dále dělí dle typu stavebního objektu na transformovny vestavěné, kioskové a věžové.



Obr. 1.3 Vestavěná transformovna



Obr. 1.4 Kiosková transformovna



Obr. 1.5 Věžová transformovna

Vnitřní transformovny se od sebe liší zejména použitou stavební technologií. Ta může být buď klasická, za použití cihel či tvárníc, nebo za použití stavebnicových prvků. Mohou být také kompletně zhotoveny výrobcem a dodány na místo jako celek.

Speciálním typem jsou mobilní transformovny. Jedná se o kompletní transformovnu, jejíž technologická část je umístěna v nástavbě kolového podvozku. Jsou určeny především jako náhradní zdroj v případě déletrvajících poruch nebo rekonstrukcí stávajících transformoven.



Obr. 1.6 Mobilní transformovna

Rozdělení transformoven podle způsobu napájení:

➤ koncové

Jsou napájeny ze strany vysokého napětí pouze jedním přívodním vedením, které je v transformovně ukončeno. Toto je typický případ venkovních transformoven, které jsou instalovány na koncích přípojek či odboček nadzemních vedení. Transformátor je odpínán odpojovačem nebo odpínačem ve venkovním vedení.

➤ průběžné

Jsou napájeny ze strany vysokého napětí průběžným venkovním vedením. Transformátor je odpínán spínačem, který je součástí zařízení transformovny.

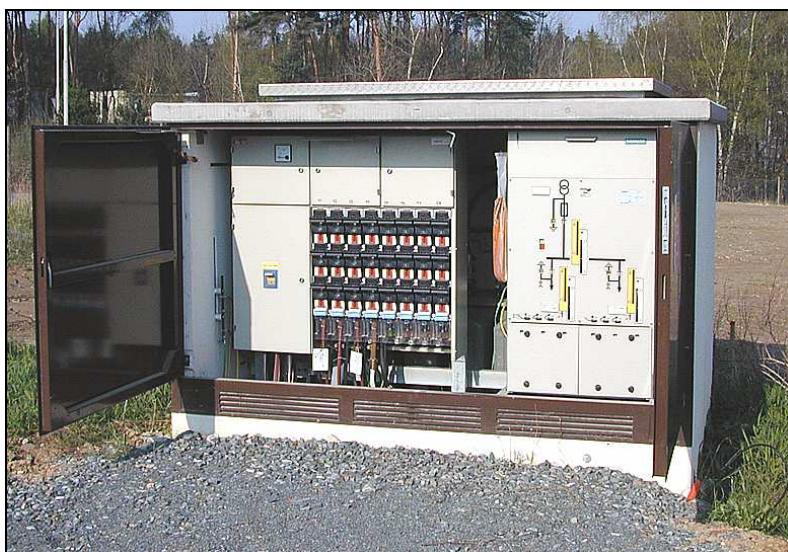
➤ smyčkové

Jsou napájeny ze strany vysokého napětí nejméně dvěma kabelovými vedeními.

Rozdělení transformoven podle způsobu obsluhy technologické části:

➤ transformovny s vnější obsluhou

Tyto transformovny mají takové uspořádání stavební části, které umožňuje obsluhu technologie pouze z vnějšího prostoru. Typickým příkladem jsou venkovní transformovny, ale není to pravidlem. Na obrázku 1.7 je příklad vnitřní transformovny s vnější obsluhou. Toto řešení transformoven je prostorově úsporné, protože zastavěná plocha neobsahuje prostory pro pohyb a práci obsluhy, avšak technologická část je chráněna před nepříznivými povětrnostními vlivy. Tyto transformovny je vhodné umísťovat do zastavěných částí, kde je důležitá estetická stránka instalace těchto technologií a jsou zde zvýšené požadavky na ochranu osob před nebezpečím spojeným s energetickým zařízením. Velkou nevýhodou jsou zde ztížené podmínky pro obsluhu při nepříznivých povětrnostních podmínkách jako je silný déšť nebo husté sněžení. V těchto podmínkách nelze provádět složitější manipulace na zařízení transformovny a pokud jsou již práce prováděny, je nutné je neprodleně přerušit.



Obr. 1.7 Transformovna s vnější obsluhou, Marbeton KN 2028

➤ transformovny s vnitřní obsluhou

Transformovny s vnitřní obsluhou jsou na rozdíl od předcházejícího typu prostorově náročnější, protože zastavěná plocha obsahuje prostory pro pohyb a práci obsluhy. V těchto transformovnách lze manipulace a údržbu provádět bez ohledu na povětrnostní situaci. Z pravidla je zde instalováno osvětlení, v některých případech i vytápění.

Při návrhu realizace konkrétního typu transformovny je zvažováno mnoho aspektů. Výběr vhodného typu je proveden na základě analýzy požadované funkčnosti, bezpečnosti a estetického hlediska. Venkovní transformovny jsou většinou realizovány tam, kde je požadavek pro připojení k venkovnímu vedení vysokého napětí. Ekonomicky je to méně náročná varianta, avšak není vhodná pro umístění do zastavěných lokalit. Vnitřní transformovny jsou naopak do zastavěných lokalit vhodné. Jde sice o ekonomicky náročnější variantu, především z důvodu nákladného stavebního materiálu a požadavku na zastavěnou plochu, ale bezpečnostní hlediska a estetický dojem po začlenění do stávající výstavby zde jasně hovoří pro tuto variantu.

Tab. 1.1 Zastoupení typů transformoven ve zkoumané oblasti

druh	počet	% z celkovéhopočtu
celkem transformoven	1420	
v majetku distributora	1208	85
v majetku odběratele	212	15
podle způsobu instalace technologické části		
venkovní	906	64
vnitřní	514	36
podle typu stavební části		
jednosloupové	69	4,9
dvousloupové	167	11,8
třísloupové	346	24,3
čtyřsloupové	22	1,5
příhradové	302	21,3
vestavěné	351	24,7
kioskové	89	6,3
věžové	71	5,0
mobilní	3	0,2

Podrobný přehled distribučních transformoven a technologií, včetně fotodokumentace jednotlivých typů jsou zpracovány v mé bakalářské práci a zde je uvádím jen ve stručném přehledu pro tématickou úplnost své práce.

2 Technologické vybavení distribučních transformoven

Každá distribuční transformovna je charakteristická instalovanou technologií. Toto technologické vybavení odpovídá požadavkům na předpokládané výkonové využití, s jistým výhledem do budoucna vzhledem k životnosti celého zařízení. Rozšíření správně navržené distribuční transformovny o 2 či 3 kabelové vývody zpravidla nepředstavuje problém. U nově instalovaných rozvaděčů NN 0,4 kV se vždy počítá s přirozenou rezervou několika jisticích sad umožňujících dodatečné vyvedení výkonu.

2.1 Technologické vybavení venkovních transformoven

Venkovní transformovny, sloupové i příhradové, jsou většinou napájeny ze strany vysokého napětí nadzemním vedením 22 kV. Vedení je prováděno holými vodiči AlFe, nebo ve zvláštních případech, kdy je nutno snížit ochranné pásmo tohoto vedení, izolovanými vodiči SAX. Toto vedení je na transformovně ukotveno na kotevních izolátorech, montovaných na vrcholové konzoli, které zajišťují fixaci vodičů s příslušným tahem. Z kotevních izolátorů může vedení pokračovat dvěma směry. První směr je potom ukončen na svodičích přepětí, bleskojistkách, které mají za úkol eliminovat vliv atmosférického přepětí na zařízení transformovny. Svodiče přepětí jsou instalovány na konzoli, která má elektrický potenciál země. Přepětí je poté sváděno do této konzole a zemnicí soustavou do země. Druhý směr je ukončen na pojistkovém spodku pojistek VN 22 kV. Detail ukotvení je na obrázku 2.1 a 2.2.



Obr. 2.1 Ukotvení vedení 22kV



Obr. 2.2 Dvoutransfórnátorové provedení

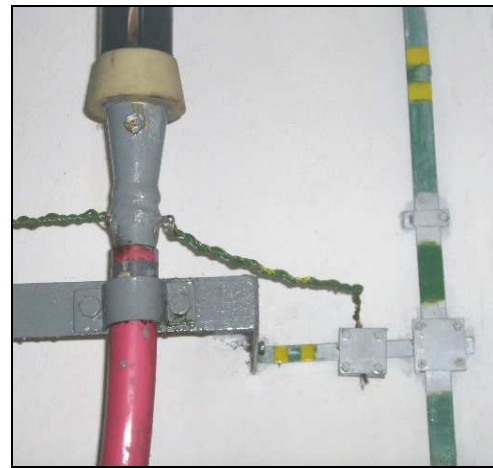
Pojistkový spodek je soustava izolátorů, které slouží k montáži pojistky. U nových technologií jsou svodiče přepětí integrovány do pojistkových spodků. Nahrazují tak horní sadu izolátorů. Ze spodního pólu pojistkového spodku vedení pokračuje na VN svorky transformátoru. Svorka je konstruována takovým způsobem, aby zde mohla být v případě údržby, nebo jiných provozních stavech, instalována přenosná zkratovací souprava. Transformátor je umístěn na konzoli pod kterou může být instalována olejová jímka sloužící pro zachycení uniklého oleje při netěsnosti nádoby olejového transformátoru. Výkon je na NN 0,4 kV straně transformátoru vyveden kabelovým vedením do skříně rozvaděče NN, kde je ukončeno na hlavním jističi. Vedení je chráněno svodovou trubkou, většinou plastovou, která mechanicky chrání vedení a zjednodušuje jeho montáž na stožár. Trubka může být ukončena buď přímo v rozvaděči, nebo pokud rozvaděč umožňuje vstup pouze ze dna, je kabel ochráněn až do úrovně terénu a další trubkou je do rozvaděče vyveden. Takto je řešeno i vyvedení ostatních kabelových vývodů. Detail ochráněného napájecího vedení a vývodů je na obrázku 2.3. Z hlavního jističe je zajištěno napájení sběrnice rozvaděče, kam jsou připojeny, přes vývodové jisticí prvky, kabelové vývody podzemního vedení NN. Pokud je potřeba z transformovny vyvést výkon holým nadzemním vedením NN, je toto vedení ukotveno na zvláštní konzoli transformovny v přiměřené výšce a napájeno kabelovým vývodem z rozvaděče NN. V celé výšce transformovny probíhá zemnicí soustava, na kterou jsou připojeny v nejvyšším bodě kotevní izolátory a v zemi končí zemnicí soustavou složenou z ekvipotenciálních kruhů nebo paprsků. Vypnutí transformovny ze strany VN 22 kV se provádí manipulací na úsekovém odpínači nebo odpojovači, zařazeného ve vedení VN před transformovnou.



Obr. 2.3 Svodová trubka a ochranná lišta

2.2 Technologické vybavení vnitřních transformoven

Vnitřní transformovny jsou většinou napájeny ze strany vysokého napětí podzemním kabelovým vedením VN 22 kV. Kabelové vedení je na transformovně ukončeno kabelovými koncovkami, které jsou připojeny buď na příslušné svorky v zapouzdřeném rozvaděči VN, nebo na vývodových svorkách v kobce VN. Kabelové koncovky jsou použity dle typu kabelu, olejové nebo plastové, viz obrázky 2.4 a 2.5.



Obr. 2.4 Olejová kabelová koncovka a detail uchycení a uzemnění kovového pláště



Obr. 2.5 Plastové koncovky a detail uchycení a uzemnění měděného stínění

Transformovna v zapouzdřeném provedení je konstruována ze sady rozvaděčů NN 0,4 kV a VN 22 kV. Stání transformátoru bývá ve zvláštním prostoru a je k němu samostatný přístup. V rozvaděči VN je realizován požadovaný přípojnicový systém, který bývá uzavřen v atmosféře elektronegativního plynu SF₆. Vysoká elektrická pevnost tohoto plynu umožní redukci bezpečné přeskokové vzdálenosti a konstrukce v tomto provedení představují velkou úsporu místa. Další předností tohoto řešení jsou

menší nároky na údržbu, protože vnitřek systému je bezúdržbový. Rozvaděč představuje skupinu skříní pro kabelové vývody VN, připojení transformátoru, spínač sběrnic a další prvky, které jsou pro konkrétní aplikaci požadovány. V rozvaděči VN jsou také integrovány všechny potřebné ovládací a měřicí přístroje, jako jsou vypínače, odpojovače, měřicí transformátory proudu a napětí. Ovládání přístrojů a monitorování jejich stavu je umožněno z předního krytu rozvaděče. Zde také bývá v některých modelech svorkovnice, spojená s kabelovým vedením VN kapacitní vazbou. Slouží pro připojení indikátoru napětí, kterým se například ověřuje beznapěťový stav. Instalovaný indikátor je na obrázku 5.4. Tato svorkovnice se také využívá pro připojení fázovací soupravy VN, kterou se provádí fázování kabelového vedení, které bylo ve své trase přerušeno například poruchou, nebo zásahem při vřazování kabelové smyčky napájející další transformovnu. Před opětovným uvedením tohoto kabelového vedení do provozu se musí fázováním ověřit jeho správné zapojení, zda nedošlo k záměně odpovídajících fázových vodičů. Svorkovnice může také sloužit pro připojení signálu z vnějšího zdroje, který je zaveden do kabelového vedení VN a je využíván pro účely vytyčování kabelové sítě v okolním terénu. K tomuto účelu je využíván speciální detektor, umožňující určit polohu kabelu s přesností několika centimetrů a také hloubku jeho uložení. Instalovaný rozvaděč VN je na obrázku 2.6.



Obr. 2.6 Rozvaděč VN plněný plynem SF₆



Obr. 2.7 Rozvaděč NN

Moderní rozvaděč NN představuje modulární systém přípojníc, jejichž zapojení se modeluje zapojením pojistek nebo propojovacích polí. Přípojnice jsou napájeny kabelovým vedením NN z transformátoru. Počet možných kabelových vývodů je určen

počtem zapojených modulů. Moduly lze postupně přidávat a rozvaděč tak rozšiřovat až do maximální velikosti dané modelem a výkonem transformátoru. Napájecí přívod z transformátoru je jištěn hlavním jističem, ostatní kabelové vývody pro napájení distribuční sítě jsou jištěny pojistkami, integrovanými do vývodových modulů. Na panelu rozvaděče bývá instalován elektronický měřicí přístroj EAM, sloužící k měření napětí a proudů kabelového vedení mezi hlavním jističem a sběrnicí NN. Přístroj umožňuje i ukládání dat, která jsou pravidelně z přístroje získávána a využívána pro centrální zpracování. Další součástí panelu je zpravidla 1f zásuvka 230V pro napájení ručního elektrického nářadí a spotřebičů, například pro provádění údržby a revizí. Další součástí bývá i osvětlení vnitřních prostor transformovny. Oba tyto podpůrné systémy mají jištění provedeno vlastním jističem, integrovaného do panelu rozvaděče. Příklad instalovaného rozvaděče je na obrázku 2.7. Pojistkové moduly jednotlivých fází jsou pro každý kabelový vývod uspořádány svisle. Odpojení vývodu je prováděno vyjmutím nožových pojistek z modulů všech fází.

Transformovny v kobkovém provedení představují prostorově náročnější řešení a dnes se již nekonstruují. Právě z důvodů úspory místa se dává přednost zapouzdřeným systémům. Kobky také vyžadují pravidelnou údržbu a čištění. Výhodou je zde ale možnost optické kontroly fyzického stavu instalovaných přístrojů a možnost jejich výměny, což v případě zapouzdřeného provedení není možné z důvodu kompaktnosti celku. Kobek může být v jedné transformovně několik druhů. Příklad jejich provedení je na obrázku 2.8 a 2.9.

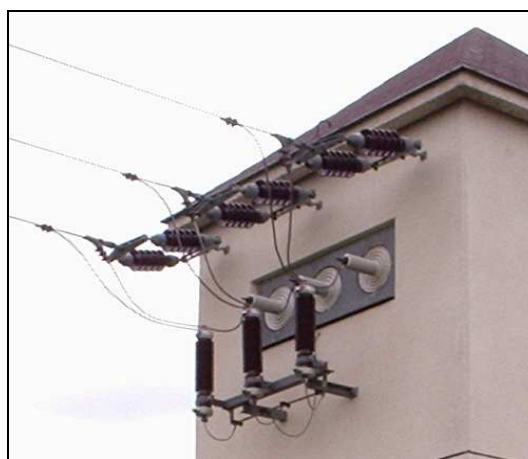


Obr. 2.8 Vývodové kobky s vypínači s SF₆ **Obr. 2.9** Kobka měření napětí sběrnic

Vývodová kobka obsahuje vybavení a přístroje pro připojení kabelového vývodu VN 22 kV. Kabel je ukončen koncovkou s okem, kterým je připojen na vývodovou část odpojovače, odpínače, nebo vypínače. Součástí odpínače mohou být, v případě použití pro kabelový vývod, i zemní nože, které zajistí vodivé spojení všech fází kabelu mezi sebou a zemí, čímž zajistí zkratování kabelu. Odpínač i zemní nože jsou ovládány samostatnými táhly, které umožňují obsluhu bezpečnou manipulaci z místa mimo kobku. Manuální manipulace se provádí speciálním manipulačním nástavcem, který bývá pro všechny kobky společný. V některých případech mohou být táhla ovládána dálkově pomocí elektrických pohonů a jejich stav je monitorován a dálkově přenášen nazpět. Kobka pro připojení kabelových vývodů VN pro napájení transformátoru se liší použitým typem odpínače, který je doplněn o modul jištění. Jištění je realizováno sadou pojistek VN vřazených do fází. Kobky, sloužící k měření napětí přípojnicového systému, jsou vybaveny jednofázovými měřicími transformátory napětí. Měřicí transformátory proudu mívají podobu stěnových průchodek a spolu s měřicími transformátory napětí slouží jako senzory pro měřicí systémy a ochrany. Provedení měřících transformátorů proudu je na obrázku 2.10. Část transformovny pro vyvedení výkonu na hladině NN je realizován systémem rozvaděčů.



Obr. 2.10 MTI jako stěnové průchodky



Obr. 2.11 Věžová transformovna

Ač patří věžová transformovna mezi vnitřní, svým technologickým vybavením se spíše podobá venkovním transformovnám. Napájena je většinou z venkovního vedení VN, které je ukotveno na kotevních izolátorech na vnější stěně transformovny. Do vnitřního prostoru je vedení přivedeno stěnovými průchodkami. Ochrana před atmosférickým přepětím je realizována buď svodiči přepětí, integrovaných do pojistkových spodků,

stejně tak jako u venkovních transformoven, nebo jsou svodiče přepětí instalovány na kovové konzoli vně budovy transformovny. Konzole je propojena s vodivými neživými částmi stěnových průchodek. V obou případech jsou svodiče přepětí uzemněny pásovým vodičem vedeným uvnitř budovy. Druhý pól svodičů přepětí je připojen na klesačky vedení. Ukotvení vodičů napájecího vedení 22 kV a instalace svodičů přepětí je na obrázku 2.11.

Vnitřní transformovny, které jsou realizovány jako samostatné budovy mohou být v odůvodněných případech vybaveny hromosvodem. Může se jednat například o věžové transformovny nebo podobné vysoké instalace.

3 Druhy ochran před nebezpečným dotykem živých a neživých částí a jejich realizace

Distribuční transformovna je energetické zařízení, které musí být pro své okolí bezpečné a nesmí ho ohrožovat ani v případě poruchy některé technologické části. K eliminaci těchto rizik slouží systém ochran definovaných normami. Ochrana před nebezpečným dotykem živých i neživých částí elektrických zařízení je definována normou ČSN 33 2000-4-41 (Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - část 4: Bezpečnost - kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem) a PNE 33 0000-1 (Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny). Tyto normy určují jak mají být lidé, hospodářská zvířata a volně žijící zvěř (v případě venkovních transformoven) chráněna proti nebezpečí, které může nastat při dotyku s elektrickým zařízením. Dotyk může nastat s živou či neživou částí zařízení. Živou částí elektrického zařízení je vodič nebo vodivá část určená k tomu, aby při normálním provozu byla pod napětím. Živou částí je také střední vodič, pokud ovšem není současně použit i jako ochranný. Neživou část představují zejména konstrukční prvky a kryty zařízení. Tyto části by mohly být nebezpečné pouze v případě poruchy. Účelem ochran je zabránit průtoku elektrického proudu tělem člověka nebo zvířete. Při průchodu elektrického proudu živým organismem dochází k patologickým změnám v tomto organismu. Velikost těchto změn závisí na velikosti procházejícího proudu. Určující je proto elektrická vodivost organismu. Většina živých organismů má obsaženo v těle velké množství elektrolytu - vody, která je díky minerálům v ní rozpuštěných, dobře vodivá. Závisí také na přechodovém odporu mezi živou částí elektrického zařízení a částí živého organismu. S narůstající velikostí elektrického proudu dochází k větším změnám v těle organismů. Malé proudy mohou způsobit svalové křeče, které nemusí být, pokud působí na končetiny nebo pouze po krátký čas, nijak životu nebezpečné, ovšem při působení na mozek, srdce, či jiné životně důležité orgány, mohou mít fatální následky. Větší proudy způsobují na organismu trvalé škody. Působením těchto proudů dochází k popáleninám v místech dotyku s živou částí elektrického zařízení (je to dáno tepelnými účinky průchodu elektrického proudu přechodovým odporem mezi živou částí a tkání), což může mít za následek i vznícení oděvu postižené osoby. Kromě popálenin kůže dochází i k poškození vnitřních orgánů, jejichž tkáň působením elektrického proudu nekrotizují a dochází tak k přímému

ohrožení života postižené osoby. Zvláště nebezpečné je působení elektrického proudu na srdeční sval, který je přirozeně ovládán elektrickými impulsy. V případě zasažení proudem je srdeční sval iniciován frekvencí tohoto proudu. V případě síťového kmitočtu ale s takovouto frekvencí nedokáže pracovat a dochází k fibrilaci komor, která ovšem neustává ani po přerušení proudu. Ve stavu fibrilace nefunguje srdeční sval jako pumpa a krevní oběh v těle je zastaven. Tím je přerušeno okysličování krve a dodávka kyslíku tkáním. Jednotlivé tkáně jsou na dodávce kyslíku různě závislé. Z tohoto pohledu je nejvíce postižen mozek, jehož neurony začnou odumírat již po několika minutách. Tyto odumřelé buňky již tělo nedokáže nahradit novými a poškození je tak trvalé. Výsledný efekt poškození mozku záleží také na zasažené oblasti.

V tabulce 2.1 jsou uvedeny orientační hodnoty pro posuzování účinků elektrického proudu na lidské tkáně. Hodnoty jsou stanoveny pro případ, že elektrický proud o frekvenci 50 - 60 Hz protéká z levé ruky do obou nohou.

Tab. 3.1 Vliv elektrického proudu na lidské tělo

0,0045 mA	pozorovatelné chvění (brnění) jazyku
1,2 mA	pozorovatelné chvění prstů
6 mA	počátek vzniku svalových křečí u žen
9 mA	počátek vzniku svalových křečí u mužů
20 mA	ochabnutí dýchacích svalů
80 mA (déle než 1 s)	fibrilace srdečního svalu

Je proto nezbytné dbát nejvyšší opatrnosti a postupovat dle příslušných norem jak při pracích na nových elektrických zařízeních, tak při údržbě, opravách i demontážích a chránit se tak před možností úrazu elektrickým proudem.

Norma ČSN 33 2000-4-41 řeší problematiku nebezpečného dotyku živých částí a neživých částí elektrického zařízení v situacích nahodilých i úmyslných, jako je například úmyslné překonání prvků ochrany.

Norma PNE 33 0000-1 obsahuje základní ustanovení normy ČSN 33 2000-4-41 a jsou zde především zohledněny specifické podmínky pro navrhování a provoz sítí distribuční soustavy dodavatele elektřiny. Je určena pro zařízení distribuční soustavy pracujícími se střídavým napětím a elektrické přípojky. Vztahuje se také na zařízení,

která nejsou majetkem distributora, například distribuční transformovny a rozvodny, které jsou majetkem odběratelů.

S účinností od 1. 2. 2009 bude současná platná norma ČSN 33 2000-4-41 z února 2000 nahrazena její novelizací, ČSN 33 2000-4-41 ed.2. Ke změně dojde z důvodu nové koncepce, kterou přináší základní norma bezpečnosti IEC 61140, zavedená do české normalizační soustavy jako evropská norma ČSN EN 61140 (Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení).

Norma ČSN EN 61140 se zabývá základními požadavky na ochranu před elektrickým proudem, které jsou společné pro elektrické sítě a zařízení. Definuje také novou terminologii, která zprvu přinese pro elektrotechniky problémy. Například dnes zažitý termín "Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí" bude nahrazena termínem "Ochrana při poruše" a termín "Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí" bude nahrazen termínem "Základní ochrana"

Z normy ČSN 33 2000-4-41 ed.2 jsou vypuštěny části a kapitoly věnující se zařízením a instalacemi vysokého napětí. Pro kategorii vysokého napětí tedy zůstává pouze norma ČSN 33 3201 (Elektrické instalace nad AC 1 kV), která je už nyní založená na evropském harmonizačním dokumentu. ČSN 33 2000-4-41 ed.2 je tedy oproti původnímu vydání podstatně zkrácena a zjednodušena, díky výše uvedeným skutečnostem. Z důvodů návaznosti je ale doplněna o informativní přílohy "D" a "ND", které představují tabulky změn oproti původnímu vydání.

Na základě změn v ČSN 33 2000-4-41 byly upraveny i stávající normy PNE, které se o ČSN 33 2000-4-41 opíraly. Na příklad PNE 33 0000-1 vyšla ve 4. edici a používá terminologii dle ČSN EN 61140. Doplněny byly také odkazy a poznámky vztahující se k ČSN EN 61140.

V této diplomové práci používám z důvodu logických souvislostí, návaznosti a přehlednosti odkazy na současně platnou normu ČSN 33 2000-4-41, která postihuje problematiku ochranných opatření komplexně a v ní uvedená fakta jsou v souladu s normami souvisejícími s její novelizací.

3.1 Ochrany živých částí elektrických zařízení

Výše uvedené normy definují pro živé části tyto druhy ochran:

základní ochrany živých i neživých částí elektrického zařízení:

- ochrana malým napětím SELV a PELV ČSN 33 2000-4-41 (411.1)
- ochrana omezením ustáleného proudu a náboje ČSN 33 2000-4-41 (411.2)

základní ochrany živých částí elektrického zařízení:

- ochrana izolací živých částí elektrického zařízení ČSN 33 2000-4-41 (412.1)
- ochrana živých částí elektrického zařízení krytím ČSN 33 2000-4-41 (412.2)
- ochrana živých částí elektrického zařízení zábranou ČSN 33 2000-4-41 (412.3)
- ochrana živých částí elektrického zařízení polohou ČSN 33 2000-4-41 (412.4)

doplňkové ochrany živých částí elektrického zařízení:

- doplňková ochrana proudovým chráničem ČSN 33 2000-4-41 (412.5)
- ochrana doplňkovou izolací ČSN 33 2000-4-41 (412.6)

3.1.1 Ochrana malým napětím SELV a PELV

ČSN 33 2000-4-41 (411.1)

Normy IEC používají zkratky SELV (Safe Extra Low Voltage) a PELV (Protective Extra Low Voltage) pro označení malého napětí. Dříve bylo toto napětí označováno jako "bezpečné malé napětí". Zkratka PELV označuje uzemněnou variantu SELV.

Tato ochrana spočívá v použití takového napětí, aby při zasažení nedošlo k ohrožení života či zdraví. To ale limituje nároky na výkon takto napájeného zařízení. Jako zdroje tohoto napětí se používají bezpečnostní a oddělovací transformátory, elektrochemické zdroje, například baterie a akumulátory. Zdroje tohoto napětí, stejně tak jako zařízení, na jejichž svorkách je při normálním provozu toto malé napětí, musí být konstruovány tak, aby i v případě vnitřní poruchy nepřekročilo stanovené meze pro bezpečné napětí. Vidlice elektrických spotřebičů pro toto napětí a instalované zásuvky zdrojů bezpečného malého napětí, musí podléhat požadavku proti nahodilé záměně, to znamená, že vidlice elektrických spotřebičů na malé napětí nelze zasunout do zásuvek obvodů s jiným napětím a zásuvky zdrojů bezpečného malého napětí nesmí

umožňovat zasunutí vidlic obvodů s jiným napětím. Meze bezpečných malých napětí jsou stanoveny vzhledem k podmínkám prostorů ve kterých se nacházejí, nebo kde s nimi může dojít ke styku. Prostory se proto dělí na tři typy: normální, nebezpečné a zvlášť nebezpečné. PNE 33 0000-1 oproti této normě nerozlišuje hodnoty pro AC a DC napětí a používá pro každý vyjmenovaný typ nejnižší hodnotu - shodnou s údajem pro střídavé napětí.

Prostory normální

Jsou prostory, ve kterých je provozování elektrického zařízení považováno za bezpečné, protože zde nedochází k působení vnějších vlivů, které by mohly negativně ovlivnit funkci a bezpečnost elektrického zařízení. Jedná se zejména o vnitřní prostory, byty a kanceláře.

Prostory nebezpečné

Jsou prostory, kde působením vnějších vlivů je buď přechodné nebo stálé nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Může se jednat o prostory venkovní, kde přímo působí povětrnostní vlivy jako je déšť, sníh nebo námraza, vnitřní prostory výroben, prostory dílen, autoopraven (montážní jámy) a ostatní.

Prostory zvlášť nebezpečné

Jsou prostory, ve kterých působením zvláštních okolností vnějších vlivů či kombinací těchto vlivů, dochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem. V tomto případě se jedná zejména o stísněné prostory, kde působí nebo může působit vlhkost, stékat či tryskat voda. Příkladem mohou být průchodné kabelové kanály, šachty, ale také prostředí myček automobilů a lakýren.

Pro tyto prostory jsou normou jednotlivě vyjmenovány meze bezpečných malých napětí při dotyku živých částí elektrického zařízení při obsluze, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.2. Pokud je zařízení ovládáno bez dotyku živé části, platí tabulka 3.3. Dovolené meze trvalého dotykového napětí s ohledem na členění prostorů u zařízení do 1000 V AC a 1500 V DC jsou uvedeny v tabulce 3.5. Pro zařízení nad 1000 V AC a 1500 V DC platí tabulka 3.6.

Tab. 3.2 Meze bezpečných malých napětí s ohledem na členění prostorů při dotyku živých částí při obsluze

Prostory	Bezpečné malé napětí živých částí [V]	
	střídavé napětí	stejnoseměrné napětí
normální	50	100
nebezpečné	25	60
zvlášť nebezpečné	12	25

Tab. 3.3 Meze bezpečných malých napětí s ohledem na členění prostorů při dotyku neživých částí při obsluze

Prostory	Bezpečné malé napětí živých částí [V]	
	střídavé napětí	stejnoseměrné napětí
normální	50	120
nebezpečné	50	120
zvlášť nebezpečné	25	60

3.1.2 Ochrana omezením ustáleného proudu a náboje

ČSN 33 2000-4-41 (411.2)

Tato ochrana nalézá využití tam, kde je zapotřebí omezit elektrický proud, který by mohl téci tělem při dotyku živých a neživých částí elektrického zařízení. Obvody, kde je tato ochrana realizována, musí být od ostatních nebezpečných živých částí odděleny. Ovšem za podmínek stanovených normou ČSN 33 2000-4-41 je možno tyto obvody spojovat přes ochrannou impedanci. Zde má ochranná impedance za úkol omezit dotkový proud v případě poruchy zařízení. Mezní hodnoty proudu jsou stanoveny pro situaci, kdy ustálený proud teče činným odporem 2000Ω mezi částmi současně přístupnými dotyku. Tato mezní hodnota je pro střídavý proud stanovena na 3,5 mA a pro stejnosměrný proud na 10 mA. Dále nesmí nahromaděný elektrický náboj mezi těmito částmi, chráněnými ochrannou impedancí, překročit 50 μC .

3.1.3 Ochrana izolací živých částí elektrického zařízení

ČSN 33 2000-4-41 (412.1)

Ochrana izolací zabraňuje přímému dotyku s živou částí elektrického zařízení. Aby byl tento druh ochrany účinný, musí být chráněná část elektrického zařízení pokryta souvislou vrstvou izolace v celém rozsahu. Izolace musí být konstruována

z elektroizolačních materiálů a její montáž nesmí dovolit náhodné uvolnění či odpadnutí. Dále musí být konstruována tak, aby její odstranění bylo možno pouze zničením, a to úmyslným, či opotřebením během provozu. V případě porušení izolace se nesmí elektrické zařízení dále používat. Porušení izolace je jedno z hledisek, které je posuzováno například při kontrolách stavu elektrických spotřebičů, které se periodicky provádějí ve firmách, kde zaměstnanci používají při práci elektrické nástroje či přístroje. Rozsah kontrol a periodu určuje norma ČSN 33 1610. Izolace musí trvale odolávat vlivům prostředí, pro které je konstruována (elektrické, mechanické, tepelné a chemické vlivy). Izolace je podle své funkce rozdělena na 5 druhů.

Základní izolace

Základní izolace odpovídá svými parametry jmenovitému izolačnímu napětí, pro které je obvod stanoven, včetně poruchového přepětí. Veškeré vodivé komponenty, které nejsou odděleny od živé části alespoň touto izolací, jsou považovány, vzhledem k bezpečnosti, za živé části. Elektrická zařízení a spotřebiče, které jsou vybaveny pouze tímto druhem ochrany, jsou označovány jako "zařízení třídy ochrany 0" a jejich provoz není v ČR dovolen. Základní izolaci lze ale použít uvnitř elektrických zařízení, která jsou dostatečně vybavena přídatnou ochranou. Typickým příkladem této ochrany je izolace propojovacích vodičů v rozvaděči nízkého napětí transformoven .

Přídavná izolace

Z hlediska elektrického namáhání odpovídá svými parametry základní izolaci, avšak po stránce mechanické je přizpůsobena ke svému specifickému použití. Může zde být použit i jiný typ izolantu.

Dvojitá izolace

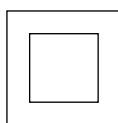
Zajišťuje, aby porušením základní či přídavné izolace nedošlo k omezení izolačního stavu chráněné živé části. Jako příklad jejího použití lze uvést silové vodiče pro instalaci v síti nízkého napětí, jejichž plášť odpovídá požadavkům na dvojitou izolaci. Každý plášť je ovšem určen pro specifické použití a tím i vybaven jiným stupněm odolnosti proti mechanickému poškození nebo namáhání. Elektrická zařízení vybavena touto ochranou se nazývají "zařízení třídy ochrany II" a označují se symbolem čtverce umístěného ve větším čtverci; značku definuje ČSN IEC 417 (34 5555) značka 026(5172). Značka je na obrázku 3.1.

Zesílená izolace

Tato izolace je konstruována s ohledem na přepětí, kterému musí odolávat při poruchovém stavu.

Izolace mezi obvody

Elektrické obvody s různým napětím musí být od sebe odděleny základní, zesílenou nebo dvojitou izolací, která svými izolačními parametry odpovídá nárokům pro použití u vyššího z těchto napětí.



Obr. 3.1 Značka spotřebiče chráněného dvojitou izolací

3.1.4 Ochrana živých částí elektrického zařízení krytím

ČSN 33 2000-4-41 (412.2)

Ochrana krytím je realizována kryty a přepážkami, které musí být pevně zajištěny. Musí odolávat vlivům prostředí, pro které je zařízení konstruováno. Jejich demontáž smí být možná jen s pomocí klíče, nebo nástroje, anebo při demontáži automaticky dojde k odpojení živých částí. Tím je zamezeno možnosti náhodného sejmutí krytu. Při použití klíče nebo nástroje prokazuje osoba snímající kryt svou vůli a té se bohužel zamezit nedá.

Míra možnosti dotyku živé části elektrického zařízení se nazývá krytí a označuje se takzvaným IP kódem, jehož význam je podle ČSN EN 60529 uveden v tabulce 3.4. IP kód se skládá z označení "IP", za nímž následují dvě číslice, popřípadě doplněné dvěma písmeny, které stupeň krytí zpřesňují. První písmeno se nazývá přídavné, druhé doplňkové.

První číslice udává stupeň ochrany před vniknutím mechanických částí do chráněného prostoru elektrického zařízení, druhá číslice udává stupeň ochrany před vniknutím vody.

Tab. 3.4 Stupně chránění před vyjmenovanými tělesy a vodou

první číslice		druhá číslice	
0	nechráněno	0	nechráněno
1	o průměru ≥ 50 mm	1	svisle kapající voda
2	o průměru $\geq 12,5$ mm	2	kapající voda do 15°
3	o průměru $\geq 2,5$ mm	3	kropení - déšť do 60°
4	o průměru $\geq 1,0$ mm	4	stříkající voda
5	chráněno před prachem	5	tryskající voda
6	zcela prachotěsné	6	intenzívně tryskající voda
		7	dočasné ponoření
		8	trvalé ponoření

Stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí udávané přídatným písmenem:

- A** Chráněno před dotykem hřbetem ruky - sonda dotyku je koule o průměru 50mm.
- B** Chráněno před dotykem prstem - článkový zkušební prst o průměru 12mm a délky 80mm.
- C** Chráněno před dotykem nástrojem - sonda dotyku o průměru 2,5mm a délky 100mm.
- D** Chráněno před dotykem drátem - sonda dotyku o průměru 1mm a délky 100mm.

Doplňkové písmeno :

- H** Zařízení vysokého napětí.
- M** Zkoušeny škodlivé účinky vniklé vody, jsou-li pohyblivé části zařízení v pohybu (např. rotor točivého stroje).
- S** Zkoušeny škodlivé účinky vniklé vody, jsou-li pohyblivé části zařízení v klidu (např. rotor točivého stroje).
- W** Vhodné pro použití za stanovených povětrnostních podmínek, kdy je krytí dosaženo dodatečnými ochrannými vlastnostmi nebo metodami.

3.1.5 Ochrana živých částí elektrického zařízení zábranou

ČSN 33 2000-4-41 (412.3)

V praxi je tato ochrana většinou řešena uzamknutím míst, kde může dojít k úrazu elektrickým proudem po dotyku s živou částí elektrického zařízení. Příkladem mohou být uzamknuté distribuční trafostanice vysokého a nízkého napětí, uzavřené kabelové skříně, místa a prostory, které jsou přístupné pouze při překonání překážky za pomoci klíče, nástroje. Překážky jsou vyrobeny z trvanlivého materiálu a slouží k zabránění nahodilého dotyku s živou částí elektrického zařízení. Nemohou ale předejít násilnému vniknutí nebo úmyslným překonáním překážky přelezením nebo obcházením. Jako zábrana může sloužit i provaz nebo přenosné zábradlí v případě prací na elektrickém zařízení, například v rozvodnách. Touto přenosnou pomůckou se oddělí prostory bezpečné od prostorů, kde hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Typ pomůcky a její vhodnost se vždy volí vzhledem k místu, povětrnostním vlivům a v případě prací na elektrickém zařízení i na kvalifikaci pracovníků, kteří budou pracovat v zabezpečeném prostoru. Je také vhodné doplnit tyto mobilní zábrany výstražnými tabulkami, charakterizující dané nebezpečí.

3.1.6 Ochrana živých částí elektrického zařízení polohou

ČSN 33 2000-4-41 (412.4)

Živé části elektrického zařízení je také možno umístit takovým způsobem, který zabrání náhodnému dotyku s živou částí elektrického zařízení. Norma ČSN 33 2000-4-41 řeší situace pro jednotlivá napětí a prostředí individuálně. Rozměry uvedené v normě jsou udávány jako nejmenší vzdálenosti od živých částí elektrického zařízení; je proto vhodné pro větší bezpečnost tyto vzdálenosti zvětšovat. Uvažovaná zařízení mohou reprezentovat například holá venkovní vedení nízkého a vysokého napětí na podpěrných bodech, venkovní distribuční transformovny 22/0,4 kV, nebo holé přípojnicové konstrukce nízkého napětí v průmyslových objektech. U vnitřních zařízení nízkého napětí nesmí být současně přístupné dotyku (t.j. jsou od sebe vzdáleny méně než 2,5 m) ty části, které mají rozdílný potenciál. Pokud není přístupné místo vybaveno účinnými zábranami jsou vzdálenosti definovány takto :

vzdálenost a = 2,5m (dosah rukou ve směru nahoru)

vzdálenost b = 1,25m (dosah rukou v přímém směru)

vzdálenost c = 0,75m (dosah rukou pod stanoviště)

(symbolické názvy vzdáleností odpovídají obrázku 3.2)

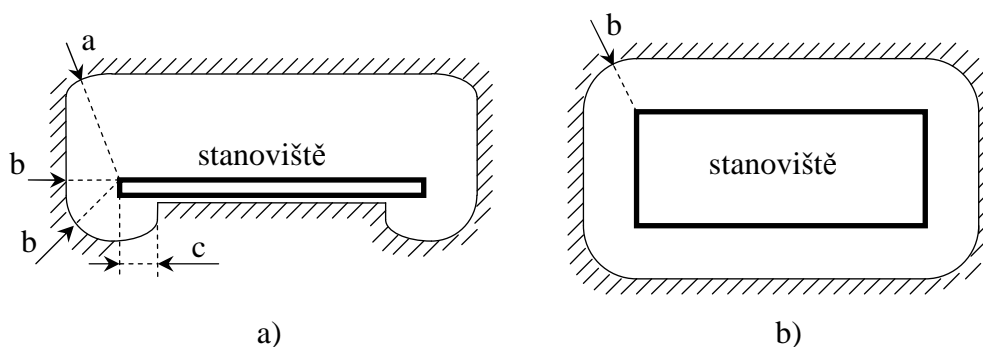
Za účinnou zábranu je pokládána zábrana umožňující krytí v rovině i ve svislém směru nižší než IP2X nebo IPXXB. Pokud se jedná o místa, kde je předpoklad, že se z nějakého důvodu bude manipulovat z dlouhými vodivými předměty, jako jsou žebříky, kovové trubky lešení a podobně, musí se definované vzdálenosti prodloužit o předpokládaný rozměr. V ostatních prostorech se rozlišuje o jakou osobu se z hlediska elektrotechnické kvalifikace jedná. Odbornou způsobilost pracovníků v elektrotechnice určuje vyhláška ČÚBP a ČBÚ č.50/1978 Sb. v platném znění.

V prostorech nepřístupných laikům a osobám seznámených pro jiné než vnitřní zařízení nízkého napětí, platí vzdálenosti stejné jako u vnitřních zařízení nízkého napětí s výjimkou těchto :

venkovní zařízení nízkého napětí	$a = 2,7 \text{ m}$		
vnitřní zařízení vysokého napětí	$a = 2,5 \text{ m}$	$b = 1,5 \text{ m}$	$c = 0,9 \text{ m}$
venkovní zařízení vysokého napětí	$a = 2,7 \text{ m}$	$b = 1,5 \text{ m}$	

V prostorech přístupných i laikům a osobám seznámených platí pro ostatní zařízení, jiné než vnitřní zařízení nízkého napětí (s výjimkou zařízení VVN a ZVN, pro které platí norma ČSN 33 3220):

$$a = 5 \text{ m} \quad b = 3 \text{ m}.$$



Obr. 3.2 Zóny dosahu ruky

a) pohled z boku

b) pohled shora

3.1.7 Doplnkové ochrany živých částí elektrického zařízení

Úkolem doplňkových ochran je především zvýšit úroveň bezpečnosti elektrického zařízení, které je již chráněno některou z ochran uvedených v předchozích bodech. Zařízení nelze chránit před nebezpečným dotykem živých částí pouze doplňkovými ochranami. Jako doplňkové ochrany před nebezpečným dotykem živých částí připouští norma následující dvě:

3.1.7.1 Doplnková ochrana proudovým chráničem

ČSN 33 2000-4-41 (412.5)

Tuto ochranu je vhodné použít v místech, kde lze předpokládat neopatrnost lidí manipulujících s elektrickým zařízením a její funkce nastupuje v momentě, kdy dojde k selhání základních ochran. Norma připouští vybavovací rozdílový proud chrániče nepřesahující 30 mA. Chrániče mají elektromechanickou spoušť, která reaguje (vypíná přívod proudu) na rozdíl proudů vtékajících a vytékajících do elektrického zařízení přes elektrický obvod chrániče. Poruchový stav je vyvolán většinou spojením se zemí, kdy dojde k průchodu elektrického proudu tělem člověka. Tento proud ale neprotéká přes chránič a tím pádem dojde k již zmiňovanému rozdílu proudů.

3.1.7.2 Ochrana doplňkovou izolací

ČSN 33 2000-4-41 (412.6)

Tato ochrana je realizována nejrůznějšími ochrannými izolačními pomůckami, které jsou předepsaným vybavením prostor, kam je zajištěn přístup pouze osobám s elektrotechnickou kvalifikací (kromě pracovníků seznámených). Pro distribuční transformovny platí PNE 38 1981 (Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy).

3.2 Realizace ochran živých částí v praxi

Dle zákona 22/97 Sb. (Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů) s účinností od 1. ledna 2000, nejsou veškeré české technické normy obecně závazné, nejsou považovány za právní předpisy a není stanovena povinnost jejich dodržování. Zákon 458/2000 Sb. (Energetický zákon) v §11, odst. I, bod c), ukládá držitelům licence povinnost zajistit, aby technická zařízení používaná k výkonu licencované činnosti splňovala požadavky bezpečnosti a spolehlivosti, stanovené právními předpisy a technickými normami. Z uvedených zákonů tedy vyplývá povinnost dodržovat technické normy.

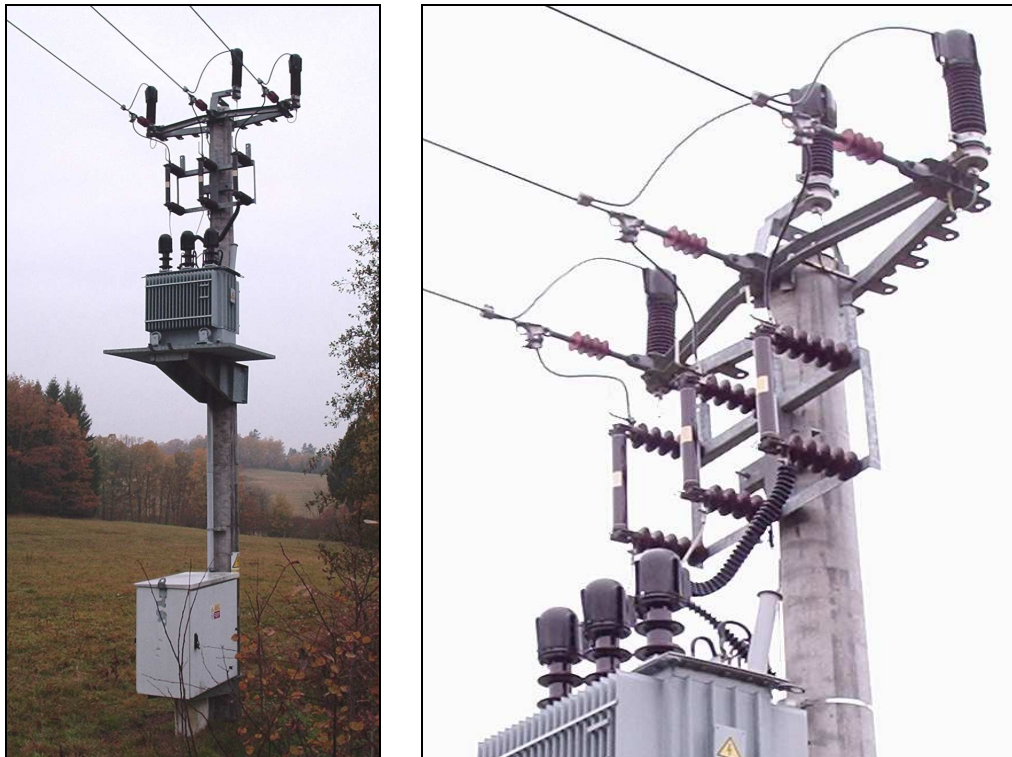
Pro případ distribučních transformoven nejsou všechny výše uvedené druhy ochran dle ČSN 33 2000-4-41 vhodné a nepoužívají se.

3.2.1 Realizace ochran živých částí u venkovních transformoven 22/04 kV

Strana vysokého napětí 22 kV je chráněna před nebezpečným dotykem živých částí především polohou. Kromě normy ČSN 33 2000-4-41, která stanovuje podmínky pro všeobecné instalace, platí pro případ transformoven ČSN 33 3201 (Elektrické instalace nad 1 kV AC), která v článku 6.7 stanovuje u stožárových, sloupových a věžových transformoven minimální výšku živých částí 4300 mm nad přístupnými plochami. Nejnižší položené části jsou v tomto případě svorky primárního vinutí transformátoru. V případě napájení transformovny venkovním vedením vysokého napětí, platí pro toto vedení ČSN 33 3301 (Stavba elektrických venkovních vedení s jmenovitým napětím do 52 kV), která v článku 4.2.6 písmeno A, tabulka 6, stanovuje minimální výšky venkovních vedení nad terénem. Pro případ posledního pole tohoto vedení je stanovena minimální vzdálenost vodičů od země na 6 metrů.

V poslední době je kladen velký důraz na ekologické instalace, respektující životní prostředí. U nových instalací je ekologický přístup samozřejmostí a i pro starší zařízení existují způsoby, které zařízení přizpůsobí k okolnímu prostředí. Podpěrné body nadzemního vedení s holými vodiči vysokého napětí a distribuční transformovny jsou nebezpečné pro ptactvo, které dosedá na konzole a hrozí jejich zranění. Jedná se o druhy ptactva s větším rozpětím křídel, které po dosednutí mohou svými křídly propojit fázové vodiče, nebo fázový vodič s uzemněnou neživou částí instalace. V případě volně stojících transformoven se to týká zejména dravců, které láká vyvýšený

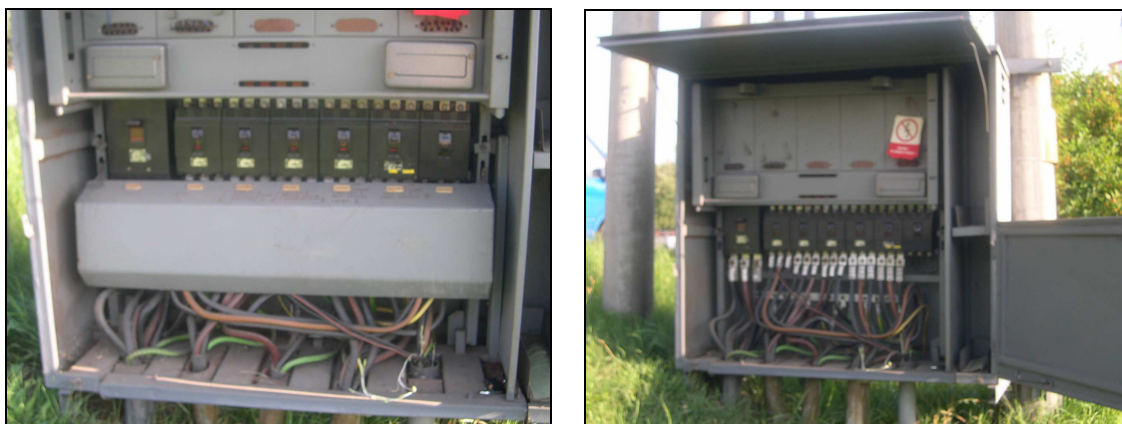
bod v terénu. Lze se setkat i s případy poraněných čápů, kteří dosedli na konzole transformovny, instalované v blízkosti vodní plochy. Na doporučení organizací, věnujících se ochraně životního prostředí, jsou ve vytipovaných oblastech nahrazovány v rámci rekonstrukcí energetická zařízení s rovinnými konzolemi a instalovány takové typy, kde nejsou fázové vodiče v jedné rovině. Stávající zařízení je možno opatřit ochrannými doplňky, které zamezují dosedání ptactva na konzole, nebo izolačními ochranami, které jsou upevněny na izolátorech a umožňují bezpečné dosedání ptactva. Kromě ptáků jsou ohroženy i jiné druhy. Na obrázku 3.3 je distribuční transformovna Pusté Skaliny, instalovaná v blízkosti lesa, kde docházelo k úrazům veverek. Na hladině 22 kV jsou svodiče přepětí a svorky na průchodkách transformátoru dovybaveny ochrannými kloboučky. Dále je ochráněn vodič mezi svorkami transformátoru a pojistkovým spodkem.



Obr. 3.3 Ochrana doplňkovými izolačními prvky na venkovní transformovně

Na straně nízkého napětí 0,4 kV je ochrana izolací realizována v podobě pláště svodového vedení napájející rozvaděč, který je uzamykatelný, a tím představuje ochranu zábranou. Obsluhu transformovny je vhodné chránit před nebezpečným dotykem s přípojnými dalšími konstrukčními prvky. Jsou to například kryty uvnitř rozvaděče, zabráňující náhodnému dotyku s živou částí při manipulaci s jistími prvky.

Vhodné je použití krytů, které jsou dělené a umožňují demontáž pouze části, ve které bude prováděn konkrétní úkon. Například při výměně instalovaného elektroměru jsou ostatní sekce nadále chráněny krytem.



a)

b)

Obr. 3.4 Ochrana krytím v rozvaděči nízkého napětí venkovní transformovny

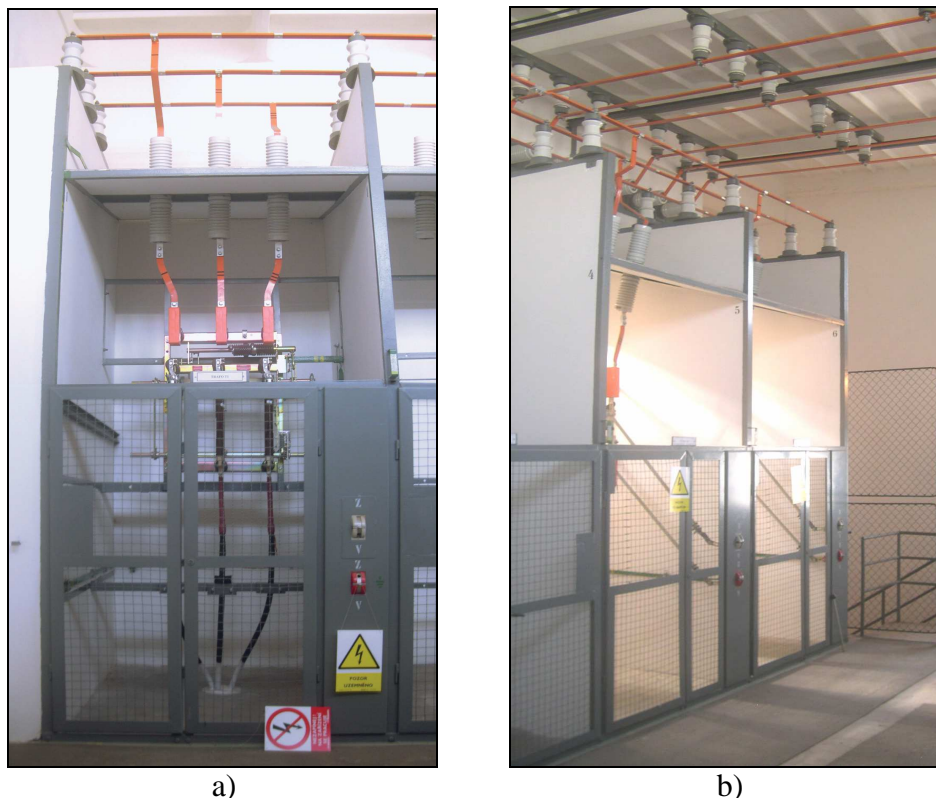
a) osazený ochranný kryt

b) demontovaný ochranný kryt

3.2.2 Realizace ochran živých částí u vnitřních transformoven 22/04 kV

Vnitřní transformovny jsou prostory nepřístupné laikům a osobám bez elektrotechnické kvalifikace. Primární ochranu před nebezpečným dotykem živých částí zde představuje uzamykatelný vstup. Použití ostatních ochran závisí na provedení transformovny. Vestavěné i kioskové jsou většinou napájeny kabelovým vedením vysokého napětí. Jednotlivé kabelové přívody jsou ukončeny kabelovými koncovkami v samostatných kobkách nebo polích rozvaděče vysokého napětí. V případě kobkového provedení jsou kabelové koncovky, vypínací prvek i vývod přípojnic v prostorech, oddělených nehořlavými mezistěnami od ostatních polí. Z přední strany je kobka řešena zábranou v podobě dveří z drátěného pletiva, které nejsou zpravidla uzamykatelné a slouží jen jako ochrana proti náhodnému přiblížení. Ovládání vypínacího prvku kobky je rovněž z přední strany vedle dveří. Jednotlivé kobky jsou navzájem propojeny systémem přípojnic, který je umístěn nad nimi. Pokud je transformovna vybavena více kobkami, může být část z nich umístěna mimo celek. V těchto případech jsou přípojnice obou částí propojeny kabelem, nebo je vytvořen přechod. Minimální výška přechodu nad stanovištěm pro obsluhu, nebo jiným přístupným místem uvnitř transformovny, musí odpovídat ČSN 33 2000-4-41 (412.4), což představuje 2,5 metru. Pokud není možno tuto výšku dodržet, zejména z konstrukčních důvodů, je nutno použít krytí alespoň

IP2X nebo IPXXB. Kryt tak může sloužit i jako konstrukce pro upevnění osvětlovacích těles, viz obrázek 3.6 a).



Obr. 3.5 Kobkové provedení polí 22 kV ve vnitřních transformovných
a) kobka vysokého napětí, 1 pole, ochranu představují dveře a mříž
b) propojení přípojnic, přechod, ochrana polohou

Uspořádání v podobě rozvaděčů vysokého napětí, viz obrázek 2.7 a 3.7 b), je oproti kobkovému provedení méně prostorově náročné. Jednotlivá pole rozvaděče představují kovové skříně, jež obsahují kabelové přívody s koncovkami, spínací prvek a systém přípojnic. Na předním panelu skříně jsou ovládací prvky, indikátor stavu spínacího prvku, popřípadě další přístroje a měřidla. Díky kompaktnosti rozvaděče je dosaženo krytí IP2X či IPXXB, a tak není třeba pro obvod vysokého napětí v těchto skříních realizovat další ochrany před nebezpečným dotykem živých částí.

Dalším prostorem, kde se nachází zařízení vysokého napětí, je stanoviště transformátoru 22/0,4 kV. Transformátor může být umístěn buď v samostatných prostorech, stavebně oddělených od ostatních prostorů transformovny a má vlastní venkovní uzamykatelný přístup, nebo je ve společných prostorech transformovny. V těchto prostorech nejsou žádné ovládací prvky a při běžném provozu není třeba, aby do nich vstupovala obsluha. Je proto vhodné, aby po otevření vstupních dveří byla instalována ochrana zábranou v podobě snímatelné konstrukce, barevně zvýrazněné

výstražnými barvami a obsahující výstražnou tabulku. Tato zábrana má za úkol upozornit obsluhu na nebezpečí vstupu do prostor, kde může dojít k nebezpečnému přiblížení. Ke vstupu obsluhy by mohlo omylem dojít při snížené viditelnosti a nepřízní počasí. Pokud je stanoviště transformátoru ve společných prostorech transformovny, musí být toto stanoviště odděleno zábranou zajišťující krytí minimálně IP2X či IPXXB. V případě, že je instalována zábrana, která toto krytí nedosahuje, musí být části transformátoru (strana vysokého napětí) vzdáleny nejméně 1,5 m od této zábrany zajišťující náhodné přiblížení.

V případě, že je transformovna napájena venkovním vedením vysokého napětí, většinou u věžových transformoven, jsou podmínky pro napájecí vedení prakticky shodné s realizací ochran u venkovních transformoven. Vypínací prvek, úsekový odpojovač, je vřazen většinou v trase napájecího vedení. Vnitřní prostor obsahuje jen vertikální přípojnicí a stanoviště transformátoru, pro které platí stejné podmínky jako pro vnitřní transformovny se samostatným stanovištěm transformátoru.

Strana nízkého napětí 0,4 kV je většinou řešena rozvaděči. Používají se především rozvaděče skříňových typů. Stejně tak jako v případě rozvaděčů vysokého napětí, se jedná o kompaktní celek, zabezpečující dostatečně ochranu obsluhy. V případech, kdy je použit okenicový rozvaděč, například z důvodu osazení měřidel, je vnitřní strana pro jednoduchost montáže chráněna před nebezpečným dotykem rámem s kovovým pletivem, zajišťující krytí nejméně IP2X či IPXXB, viz obrázek 2.8. Pokud je z transformovny vyveden výkon více kabelovými vývody, mohou být rozvaděče nízkého napětí taktéž rozmístěny v prostoru. Systém přípojnic jednotlivých bloků rozvaděčů je vzájemně propojen kabelovým vedením. Pokud je ale předpoklad přenosu velkých výkonů mezi těmito bloky, je k propojení použito holých vodičů velkých průřezů. Minimální výška těchto vodičů nad stanovištěm pro obsluhu, nebo jiným přístupným místem uvnitř transformovny, musí odpovídat ČSN 33 2000-4-41 (412.4), což představuje 2,5 metru. Pokud není možno tuto výšku dodržet, zejména z konstrukčních důvodů, je nutno použít krytí alespoň IP2X nebo IPXXB, viz obrázky 3.6 a) a 3.6 b).

Vnitřní transformovny jsou typickým místem využití ochrany doplňkovou izolací v podobě dielektrických koberců. Dle PNE 38 1981 (Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy) se sice jedná o osobní ochranné pomůcky, stejně tak jako dielektrické rukavice či galoše, a nemusí být součástí vybavení transformovny, ale většina

transformoven je jimi vybavena. Dielektrický koberec má protiskluzovou úpravu a jeho rozsah by měl být takový, aby znemožňoval nebezpečné přiblížení nebo dotyk z místa stanoviště (pracoviště) s živou částí elektrického zařízení. Koberce jsou v menších prostorech rozveden rozvinuty po celé ploše. Ve větších objektech jsou jen díly kobereců a umísťují se do prostoru stanoviště (pracoviště) až při jeho zajišťování.



a)



b)

Obr. 3.6 Ochranné krytí

- a) propojení přípojnic, krytí IP2X, IPXXB při nedosažení přípustné výšky
- b) ochranný kryt propojení přípojnic rozvaděčů nízkého napětí



a)



b)

Obr. 3.7 Stanoviště transformátorů ve vnitřních transformovných

- a) transformátor v samostatném prostoru transformovny
- b) transformátor ve společných prostorech transformovny

3.3 Druhy ochran neživých částí a jejich realizace v praxi

Normy uvedené v úvodu kapitoly definují pro neživé části tyto druhy ochran:

- ochrana samočinným odpojením od zdroje ČSN 33 2000-4-41 (413.1, 413.N6)
- ochrana použitím zařízení třídy ochrany II nebo s rovnocennou izolací ČSN 33 2000-4-41 (413.2)
- ochrana nevodivým okolím ČSN 33 2000-4-41 (413.3)
- ochrana neuzemněným místním pospojováním ČSN 33 2000-4-41 (413.4)
- ochrana elektrickým oddělením ČSN 33 2000-4-41 (413.5)

V případě těchto ochran se jedná o opatření, jejichž působení je žádoucí v případě poruchy systému. Neživá část je vodivá část přístupná dotyku, která za normálních okolností není živá, ale na které se však může v případě poruchy objevit nebezpečné dotykové napětí. Typickými neživými částmi jsou kryty zařízení, konstrukční prvky a držadla. Problematiku nebezpečného dotyku neživých částí elektrického zařízení řeší norma ČSN 33 2000-4-41.

3.3.1 Ochrana samočinným odpojením od zdroje

ČSN 33 2000-4-41 (413.1)

Samočinné odpojení od zdroje je požadováno v případě, pokud může v případě poruchy vzniknout nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Míra nebezpečí závisí na velikosti dotykového napětí, druhu prostředí a době působení. Normou jsou proto stanoveny meze napětí pro možné varianty tak, aby nemohlo dojít působením elektrického proudu k škodlivému účinku na živý organismus. Dovolené meze trvalého dotykového napětí podle prostorů u zařízení do 1000 V AC a 1500 V DC jsou uvedeny v tabulce 3.5, pro zařízení nad 1000 V AC a 1500 V DC jsou uvedeny hodnoty dotykového a krokového napětí v tabulce 3.6. PNE 33 0000-1 oproti této normě nerozlišuje hodnoty dovolených mezí trvalého dotykového napětí pro AC a DC napětí a uvádí pro prostory normální i nebezpečné hodnotu 50 V, pro prostory zvlášť nebezpečné hodnotu 25 V. PNE 33 0000-1 také stanovuje pro případ poruchy, v síti TN mezi fázovým vodičem a neživou částí nebo vodičem PEN (PE), maximální čas pro odpojení příslušné části distribuční sítě od zdroje napájení na 30 s.

Pro zařízení elektrických stanic nad 1000 V uvádí pro dobu trvání $t \geq 5$ s pro distribuční transformovny hodnotu 75 V, pro ostatní stanice hodnotu 150 V. Pro $t < 5$ s se hodnoty zjišťují z grafu v závislosti na měsíci a počasí, dále pak z dodatků normy.

Tab. 3.5 Dovolené meze trvalého dotykového napětí s ohledem na členění prostorů u zařízení do 1000 V AC a 1500 V DC

Prostory	Dovolené meze trvalého dotykového napětí [V]	
	střídavé napětí	stejnoseměrné napětí
normální	50	100
nebezpečné	25	60
zvlášť nebezpečné	12	25

Tab. 3.6 Dovolené meze dotykového a krokového napětí s ohledem na členění prostorů u zařízení nad 1000 V AC a 1500 V DC

Druh zařízení	Zařízení pro napětí [V]			
	střídavé		stejnoseměrné	
doba trvání [s]	$t \geq 1$	$t < 1$	$t \geq 1$	$t < 1$
průmyslová zařízení, se kterými mohou přijít do styku osoby bez elektrotechnické kvalifikace				
dotykové napětí	50	$50/\sqrt{t}$	120	$120/\sqrt{t}$
krokové napětí	90	$90/\sqrt{t}$	120	$120/\sqrt{t}$
elektrické stanice, venkovní vedení	125	$125/\sqrt{t}$	175	$175/\sqrt{t}$
venkovní vedení v odlehlých místech	250	$250/\sqrt{t}$	175	$175/\sqrt{t}$
venkovní vedení v nepřístupných místech	není omezeno			

U elektrických stanic, např. distribučních transformoven, kde jsou spojeny uzemňovací soustavy zařízení do 1000 V AC a nad 1000 V AC a nebo do 1500 V DC a nad 1500 V DC je stanovena dovolená mez dotykového a krokového napětí na 50 V AC nebo 120 V DC. Toto omezení neplatí pro zařízení vlastní spotřeby nutné pro provoz průmyslových stanic. Další specifické podmínky platí pro nadzemní napájecí vedení VN 22 kV u něhož je zajištěno rychlé vypínání jednopólových zkratových proudů a zemních spojení. Tam se nemusí velikosti dotykového a krokového napětí dodržet podle tabulky 3.6. Zařízení instalovaná na frekventovaných místech musí být povrch okolního terénu

ošetřen izolační vrstvou do vzdálenosti alespoň 1,5 m od kovové konstrukce z živičné směsi o minimální tloušťce 10 cm. Tento izolovaný prostor nesmí přesahovat zemniče. Tam, kde jsou použity neprůrazné izolátory, nebo izolované konzole, stačí aby byly instalovány ekvipotenciální kruhy. Ty musí být nejméně dva, přičemž vnitřní ve vzdálenosti 1 m od neživé vodivé části a v hloubce 40 cm, vnější ve vzdálenosti 3 m a hloubce 70 cm. Pro zařízení instalované na odlehlých místech je stanoven požadavek na uložení zemničů ve vzdálenosti do 15 m od přístupných částí konstrukce.

3.3.1.1 Ochrana samočinným odpojením od zdroje pro zařízení do 1000 V AC a 1500 V DC

Pro tyto zařízení norma stanovuje požadavky uvedené v následujících odstavcích.

Pospojování ČSN 33 2000-4-41 (413.1.2)

Neživé části musí být vodivě spojeny s ochranným vodičem. Ty části, které jsou současně přístupné dotyku, musejí být spojeny se stejnou uzemňovací soustavou. V každé budově musí být provedeno hlavní pospojování, navzájem jsou pospojovány ochranný vodič, uzemňovací přívod, hlavní uzemňovací svorka a ostatní vodivé části, jako například kovové konstrukční prvky a kovová potrubí. Jestliže v části instalace nelze splnit podmínky samočinného odpojení, musí být provedeno místní pospojování nazvané doplňujícím pospojováním.

Ochrana samočinným odpojením v sítích TN ČSN 33 2000-4-41 (413.1.3)

Všechny neživé části musí být v síti TN spojeny ochrannými vodiči s uzemněným bodem sítě a uzlem zdroje. Pokud existují v místě i jiná účinná uzemnění, měly by být ochranné vodiče také připojeny k těmto bodům. V pevných instalacích může funkci jak ochranného vodiče, tak středního vodiče, zastávat jediný vodič, ten se označuje PEN. Charakteristiky ochranných přístrojů a impedance obvodů musí být takové, aby došlo v případě poruchy, která může vzniknout v instalaci mezi fázovým vodičem a ochranným vodičem nebo neživou částí, k samočinnému odpojení od zdroje v předepsaném čase. Přitom musí být splněn vztah:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad [\Omega, A; V]$$

Z_s impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, pracovní vodič k místu poruchy (porucha se zanedbatelnou impedancí) a ochranný vodič mezi místem poruchy a zdrojem

- I_a proud který zajistí samočinné působení odpojovacího ochranného prvku v požadovaném čase (pro $U_0 = 230 \text{ V}$ je $t = 0,4 \text{ s}$; pro $U_0 = 400 \text{ V}$ je $t = 0,2 \text{ s}$; pro $U_0 > 400 \text{ V}$ je $t = 0,1 \text{ s}$)
- U_0 efektivní hodnota jmenovitého střídavého napětí proti zemi

Jako ochranné prvky lze použít pojistky, jističe a chrániče. Jistit se ovšem nesmí vodiče PEN a PE. Chrániče nelze použít v síti TN-C, zde je nezbytné provést rozdělení vodiče PEN na samostatné PE a N před chráničem. Proveďte se tedy opatření odpovídající síti TN-C-S. Písmeno "C" znamená, že ochranný vodič zastává současně i funkci středního vodiče. Písmeno "S" znamená, že střední a ochranný vodič jsou odděleny.

Odpor uzemnění uzlu zdroje nemá být větší než 5Ω a při ztížených podmínkách (rezistivita půdy) maximálně 15Ω . Celkový odpor uzemnění všech vodičů PEN odcházejících vedení z transformovny včetně uzemněného uzlu zdroje, nesmí však být pro síť o jmenovitém napětí $U_0 = 230 \text{ V}$ větší než 2Ω .

Ve článku 413.1.3N12 norma stanovuje podmínky pro uzemnění ochranného vodiče. Vodič PEN (pro síť TN-C) nebo PE (síť TN-S) se musí zemnit ve venkovním rozvodu nadzemního vedení každých 500 m a na konci odboček delších než 200 m. Na konci kabelového vedení, pokud je předchozí místo uzemnění vzdáleno více než 200 m. U rozvodných skříní, vzdálených více než 100 m od místa nejbližšího uzemnění. Dále musí být uzemnění realizováno tam, kde se mimo vnitřní prostory vytvoří dočasné pracoviště a tam, kde je důvod zvýšit z hlediska možných rizik bezpečnost. Pro vnitřní prostory jsou to místa jako hlavní rozvaděč, dále potom podružné rozvaděče, které jsou vzdáleny více než 100 m od předchozího místa uzemnění. Zemnit se musí i konce odboček delší než 200m od předchozího místa uzemnění.

V případě distribučních transformoven jsou základové zemniče páskové nebo drátové. Lze také použít ocelové konstrukce uložené v betonových základech vnitřních transformoven. Na přechodu z betonu do země musí být provedena antikorozní ochrana asfaltovým, případně jiným ekvivalentním nátěrem, aby nedošlo ke vzniku makročlanku a urychlené korozi. Na povrch jsou vyvedeny dva uzemňovací přívody tak, aby na ně bylo možné připojit hlavní ochranný vodič, případně další zařízení. Obvodový zemnič se ukládá vně objektu, ve vzdálenosti nejvýše 0,2 m od obvodu objektu v hloubce nejméně 0,5 m. V případě, že není základový zemnič, obvodový zemnič se buduje jako jeho náhrada. U vnitřních transformoven se dále instaluje před vstupy ekvipotenciální

práh, vzdálen 1 metr od stěny objektu a v hloubce 40 cm. Případně se instaluje i druhý ekvipotenciální práh ve vzdálenosti 3 m od stěny objektu do hloubky 70 cm.

U venkovních transformoven se instaluje uzemňovací soustava v podobě ekvipotenciálních kruhů. Provedení spočívá v uložení nejméně dvou, na čtyřech místech, vzájemně propojených obvodových zemničů. Zemniče jsou uloženy ve vzdálenosti 1 m a 3 m od neživých vodivých částí, přičemž vnitřní je uložen v hloubce 0,4 m a vnější v hloubce 0,7 m. V případě, kdy je potřeba rozšířit zemnicí soustavu transformovny, například z důvodu nedosažení požadované hodnoty impedance, lze použít doplňující paprskový zemnič. Tento paprskový zemnič lze uložit samostatně nebo v souběhu s kabelovými vývody.

Ve zkoumané oblasti byl donedávna použit způsob uzemnění nádoby transformátoru, který byl v rozporu se schématem, uvedeným v příloze NM1 normy ČSN 33 2000-4-41. Uzemňovací svorka nádoby byla spojena se svorkou PEN a vodivé spojení nádoby tak bylo realizováno až v rozvaděči NN. Nově instalované transformátory již mají v dodávce montován vodič CY 1x70 mm², který je použit pro spojení nádoby přímo na hlavní ochranný vodič, realizovaný pásem FeZn 30x4 mm.



a)



b)

Obr. 3.8 Připojení neživých částí na uzemňovací soustavu

- a) venkovní transformovna, připojení rozvaděče NN a konzole
- b) vnitřní transformovna, připojení kovového krytu živých částí

Ochrana samočinným odpojením v sítích TT ČSN 33 2000-4-41 (413.1.4)

Všechny neživé části společně chráněné stejným ochranným prvkem musí být spojeny ochrannými vodiči k zemniči, který je společný pro všechny tyto části. Uzemněn musí být i uzel zdroje. Pro hodnotu odporu uzemnění musí být splněn tento vztah:

$$R_A \cdot I_a \leq 50 \quad [\Omega, A; V]$$

R_A součet odporů zemniče a ochranného vodiče neživých částí

I_a proud, který zajistí samočinné působení odpojovacího ochranného prvku

V síti TT se používají jako nadproudé ochranné prvky proudové chrániče, pojistka a jističe. Nadproudý ochranný prvek musí zajistit samočinné odpojení do 5 s. V případě použití ochranného prvku, zajišťujícího okamžité vypnutí, je I_a minimální proud zajišťující okamžité vypnutí. Norma také stanovuje v tabulce 41NN nejmenší jmenovité průřezy ochranných vodičů. U zařízení, kde je společné uzemnění pro zařízení VN 22 kV a NN 0,4 kV (pokud není zařízení napájeno kabelem s o oboustranně uzemněným vodivým pláštěm a maximálním zkratovým proudem do 1500 A) se musí odpor uzemnění ještě kontrolovat podle vztahu:

$$R_B \cdot I_Z \leq U_d \quad [\Omega, A; V]$$

R_B celkový odpor uzemnění uzlu zdroje

I_Z zemní proud na straně VN (kapacitní i svodový) nebo proud jednopólového zkratu

U_d dovolené dotykové napětí 125 V, pokud se toto napětí nemůže zavléci na zařízení NN je $U_d = 50$ V

V síti TT se může v instalaci za hlavním rozvaděčem střední vodič klást izolovaně a je možno ho i jistit a vypínat spolu s krajními vodiči. Neživé části se na střední vodič připojovat nesmějí s výjimkou hlavního rozvaděče v transformovně. Tam je dovoleno použít stejné metody ochrany jako v síti TN.

Ochrana samočinným odpojením v sítích IT ČSN 33 2000-4-41 (413.1.5)

Uzel zdroje je od země izolován nebo připojen přes dostatečně velkou impedanci. Všechny neživé části v této síti jsou se zemí spojeny. Spojeny mohou být buď jednotlivě, po skupinách nebo společně.

Pro hodnotu odporu zemniče a ochranného vodiče platí:

$$R_A \cdot I_d \leq 50 \quad [\Omega, A; V]$$

- R_A součet odporů zemniče a ochranného vodiče neživých částí
 I_d poruchový proud při první poruše (porucha o zanedbatelné impedanci) mezi fázovým vodičem a neživou částí včetně svodového proudu

Pro kontrolu stavu izolace mezi živými a neživými částmi musí být použit vhodný přístroj, který zároveň informuje o poruše akusticky nebo vizuálně. Při indikaci první poruchy musí být tato porucha odstraněna co nejdříve, ovšem tento stav přímo nebrání dalšímu provozu sítě např. z důvodu potenciálních velkých hospodářských škod vzniklých vypnutím v tomto případě. V případě druhé poruchy, porušení izolace další fáze, musí bezpodmínečně dojít k samočinnému odpojení od zdroje. Přístroj trvale kontroluje izolační stav celé sítě včetně připojených spotřebičů proti zemi. Pokud tento celkový izolační odpor klesne pod 1000Ω při odporu uzemnění 20Ω nebo pod 200Ω při odporu uzemnění 2Ω se zařízení samočinně odpojuje. Vypínat se nemusí zařízení, kde je zajištěno další metodou, že nevznikne nebezpečné dotykové napětí, například tím, že je provedeno ochranné pospojování.

Dále musí být splněny tyto podmínky pro vypínací proud ochranného prvku:

pokud není střední vodič vyveden $Z_s \leq \frac{U}{2I_a} \quad [\Omega; V, A]$

- Z_s impedance poruchové smyčky (fázový vodič, ochranný vodič)
 U jmenovité sdružené napětí
 I_a vypínací proud ochranného prvku odpojovacího

pokud je střední vodič vyveden $Z'_s \leq \frac{U_0}{2I_a} \quad [\Omega; V, A]$

- Z'_s impedance poruchové smyčky (střední vodič, ochranný vodič)
 U_0 jmenovité fázové napětí
 I_a vypínací proud ochranného prvku odpojovacího

Maximální doby odpojení vypínacími prvky norma stanovuje v tabulce 41B. V článku 413.1.5.6 jsou stanoveny způsoby korekce výpočtů, např. respektováním zatížení napájecí sítě a součinitelů.

3.3.2 Ochrana použitím zařízení třídy ochrany II nebo s rovnocennou izolací ČSN 33 2000-4-41 (413.2)

Pokud dojde k porušení základní izolace, tato ochrana zabrání výskytu nebezpečného napětí na přístupných částech elektrického zařízení.

Ochrana je v praxi realizována zařízením s dvojitou nebo zesílenou izolací, nebo tím, že je celé kompaktní zařízení izolačně kryté. Takto chráněná zařízení jsou označena symbolem na obrázku 3.1 - čtverec umístěný ve větším čtverci. Značku definuje ČSN IEC 417 (34 5555) značka 026(5172).

Dalším způsobem realizace je použití přídavné izolace při instalaci zařízení, které je vybaveno pouze základní izolací. Přídavná izolace musí zajistit stejnou bezpečnost jako poskytuje dvojitá nebo zesílená izolace. U zařízení, které nemůže být vybaveno např. z konstrukčních důvodů dvojitou izolací, musí být neizolované živé části opatřeny v průběhu montáže zesílenou izolací. U takto chráněných zařízení musí být na povrchu i vnitřku krytů umístěn symbol přeškrtnutého uzemnění v kruhu.



Obr. 3.9 Značka zařízení chráněného přídavnou nebo zesílenou izolací

U zařízení, kde jsou živé části od neživých odděleny pouze základní izolací, musí být celé toto zařízení uzavřeno v izolačním krytu, poskytujícím krytí alespoň IP2X nebo IPXXB. Tímto krytem potom nesmí procházet žádné vodivé části, které by mohli snížit stupeň ochrany tím, že se na nich může objevit nebezpečné napětí. Vodivé části uzavřené v prostoru, který je chráněn izolačním krytem, nesmí být spojeny s ochranným vodičem. Izolačním krytem ale může procházet ochranný vodič spolu s napájecím obvodem proto, aby zajišťovali napájení a ochranu například samostatným funkčním blokům, instalovaných jako modul uvnitř jiného zařízení. Takto instalovaný ochranný vodič a všechny jeho vodivé prvky včetně svorek ale musí být uvnitř primárního krytu izolovány stejně jako živé části.

3.3.3 Ochrana nevodivým okolím

ČSN 33 2000-4-41 (413.3)

Opatření, realizující tuto ochranu, zabraňují možnosti současného dotyku vodivých částí, které mohou mít v důsledku poruchy různý elektrický potenciál. Prostor vyhovující těmto požadavkům musí mít izolační podlahu a stěny. Jejich izolační odpor v prostorech se zařízením o napětí do 500 V musí být větší než 50 k Ω , se zařízením o napětí větším než 500 V musí být větší než 100 k Ω , a to v každém možném bodě. Pokud některá oblast nevyhoví požadavkům na izolaci, je považována za cizí vodivou část. Různé vodivé části v těchto prostorech nesmí být od sebe vzdáleny méně než 2,5 m. Pro části mimo dosah ruky lze vzdálenost redukovat na 1,25 m. Pokud místní podmínky neumožňují dodržet tyto vzdálenosti, lze použít zábrany prodlužující dráhu dotyku alespoň na minimální požadovanou hodnotu. Zábrany musí být z izolačního materiálu, nebo musí být instalovány tak, aby nebyly vodivě spojeny s ostatními vodivými částmi a ani uzemněny. Podmínky této ochrany jsou také splněny, pokud jsou cizí vodivé části účinně izolovány. Izolace je účinná, pokud je v daném prostředí dostatečně mechanicky odolná a odolá zkušebnímu napětí 2 kV. Unikající proud nesmí přesáhnout 1 mA.

V prostorech, kde je tato ochrana realizována, musí být zajištěno, aby nedošlo ke snížení izolačního odporu působením vlhkosti. Další ohrožení podmínek této ochrany může představovat dodatečné instalování vodivých částí, jako jsou vodovodní potrubí nebo kovové konstrukční prvky. Riziko představuje i použití el. zařízení třídy ochrany I v takto chráněných prostorech.

3.3.4 Ochrana neuzemněným místním pospojováním

ČSN 33 2000-4-41 (413.4)

I tato ochrana má zabránit výskytu nebezpečného dotykového napětí. Jednotlivé vodivé části zařízení i ostatní vodivé části, které se nacházejí v takto chráněném prostoru a jsou současně přístupné dotyku, musí být vodivě spojeny. Toto spojení ale nesmí být dále spojeno se zemí, a to ani přes neživé, nebo jiné vodivé části, například konstrukční prvky. Přístup do takto chráněného prostoru musí být zajištěn takovým způsobem, aby nemohlo dojít k úrazu z důvodu současného dotyku míst s různým elektrickým potenciálem.

3.3.5 Ochrana elektrickým oddělením

ČSN 33 2000-4-41 (413.5)

Elektrickým oddělením jednotlivých elektrických obvodů se zde zabráňuje průchodu nebezpečného proudu, který by mohl způsobit úraz při dotyku s neživou částí, na které je z důvodu poruchy základní izolace nebezpečné napětí. Elektrické napájení je zajišťováno ochranným transformátorem, nebo jiným vhodným bezpečným zdrojem proudu. Vstup, výstup i kryt musí být navzájem izolovány. Pokud je takovýmto zdrojem napájeno více samostatných zařízení, nesmí být kryty těchto zařízení vodivě spojeny s krytem zdroje. Živé části všech obvodů také nesmí být spojeny s jinými obvody (napájenými z jiného zdroje), nebo spojeny se zemí. Neživé části odděleného obvodu musí být vodivě propojeny. Toto propojení musí být izolované a nesmí být spojeno s jinými ochrannými vodiči, cizími vodivými částmi, ani se zemí. Všechny zásuvky musí být opatřeny ochrannými kontakty spojenými s touto soustavou pospojení. Napětí elektricky odděleného obvodu nesmí také přesáhnout hladinu 500 V. V případě poruchy izolací různých polarit na dvou neživých částech musí ochranný přístroj odpojit napájení v době stejné, jako je to požadováno u sítí TN (článek 413.1.3).

3.3.6 Ochrana samočinným odpojením od zdroje pro zařízení

nad 1000 V AC a 1500 V DC

Pro zařízení nad 1000 V AC a 1500 V DC norma stanovuje požadavky uvedené v následujících odstavcích.

Ochrana zemněním v sítích, kde není přímo uzemněný střed zdroje. Ochrana v sítích IT

ČSN 33 2000-4-41 (413.N6.1)

Vznik nebezpečného dotykového napětí neživých částech se zde eliminuje spojením těchto částí se zemí. Dimenzování uzemnění se v tomto případě musí provést dle ČSN 33 2000-5-54 (Stavba el. zařízení, uzemnění a ochranné vodiče). Pokud se může na neživých částech objevit vyšší napětí, než je dovolené dotykové napětí, ne však vyšší než 250 V, musí být bezprostřední okolí tohoto místa do vzdálenosti 1,5 m ošetřeno izolačním kobercem, 10 cm vrstvou živičné směsi, nebo zde musí být instalovány ekvipotenciální kruhy.

Ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným středem, nebo krajním vodičem. Ochrana v sítích TT(r)

ČSN 33 2000-4-41 (413.N6.2)

Neživé části jsou spojeny se zemí, čímž dojde k rychlému vypnutí poškozené části elektrického zařízení. Za rychlé vypnutí se dle normy považuje vypínací čas do 5 sekund. Norma obsahuje postup výpočtu a tabulky průřezů ochranného vodiče s respektováním oteplení, vzniklém při průchodu proudu. Uzemnění musí být provedeno rovněž dle ČSN 33 2000-5-54.

Ochrana zemněním s rychlým vypnutím v sítích, ve kterých není střed přímo uzemněn. Ochrana v sítích IT(r)

ČSN 33 2000-4-41 (413.N6.3)

V těchto sítích je dovolen nejvyšší jednopólový zkratový proud v kabelových sítích 1500 A a v sítích venkovních a smíšených 450 A. Pokud u této ochrany není možno dosáhnout parametrů uzemnění dle ČSN 33 2000-5-54, musí být bezprostřední okolí tohoto místa do vzdálenosti 1,5 m ošetřeno 10 cm izolační vrstvou živičné směsi. Zemniče přitom nesmí přesáhnout hranici tohoto izolovaného prostoru. V distribučních transformovnách nesmí být překročeno dotykové napětí 50 V. Pokud této hodnoty nelze dosáhnout, musí být uzemnění VN a NN odděleno.

3.3.7 Použití doplňkových ochran

V případě potřeby lze základní druhy ochran kombinovat s doplňkovými. Pro zařízení do 1000 V AC a 1500 V DC lze zvýšit stupeň ochrany těmito kombinacemi. Ochrana samočinným odpojením od zdroje lze doplnit doplňujícím pospojováním, nebo doplňkovou izolací, nebo chráničem (proudovým nebo napěťovým). Ochrana elektrickým oddělením lze doplnit izolací vstupních míst a pohyblivých přívodů, nebo doplňujícím pospojováním nebo chráničem, nebo doplňkovou izolací. Ochranu izolací lze doplnit elektrickým oddělením, nebo doplňkovou izolací.

Pro zařízení nad 1000 V AC a 1500 V DC lze zvýšit stupeň ochrany uvedením neživých částí na stejný elektrický potenciál.

4 Kontrola a údržba technologických částí

Kontrolní a údržbová činnost je základním předpokladem pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu energetických zařízení. Kontrolní činnost řeší PNE 33 0000-3 (Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy), PNE 33 0000-1 (Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny) a Řád preventivní údržby. Jako hlavní úkol kontroly definují ověření stavu transformovny z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti. Pravidelné revize transformoven není třeba provádět. Jejich lhůty stanovovala ČSN 33 1500 (Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení) v kapitole 3 podle tabulky 1. Na část technologie NN vnitřních distribučních transformoven by se vztahovala i ČSN 33 2000-6 (Elektrické instalace nízkého napětí, část 6: Revize), článek 62.2.1. Dle návrhu této normy, by měla s účinností od 1.9.2009 nahradit ČSN 33 2000-6-61 (Elektrické instalace budov, část 6-61: Revize - Výchozí revize).

Nařízením vlády č. 101/2005 Sb. (O podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí), §3, odstavec 4, písmeno a), je však stanovení lhůt a rozsahu kontrol a revizí plně v kompetenci organizace, spravující pracoviště. Nakonec i změnou Z2 ČSN 33 1500, text článku 3.2 stanovuje, že: "V distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektrické energie se nemusí provádět pravidelné revize, pokud bezpečnost elektrických zařízení je zajišťována pravidelnými kontrolami a údržbou podle řádu preventivní údržby". Kontroly elektrických zařízení mohou provádět pouze pověřeni pracovníci s příslušnou kvalifikací podle vyhlášky Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 50/1978 Sb., kterou pro danou činnost požaduje norma ČSN EN 50110-1 (Obsluha a práce na elektrických zařízeních), která nahradila s účinností od 31.12.2005 normu ČSN 34 3100 (Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních). Výsledky periodických kontrol musí být zaznamenávány v souladu s požadavky výše uvedených norem a jsou podkladem pro následující kontroly.

4.1 Činnosti při kontrolách a údržbě

U vnitřních transformoven se dle platného řádu preventivní údržby provádí prohlídky transformoven za provozu a prohlídky transformoven za vypnutého stavu. Při prohlídce za provozu, která se provádí s roční periodou, se kontroluje pohledem přístupné zařízení zda není znečištěné, popálené nebo poškozené a není-li slyšet sršení. Kontrola stavu

budovy a střechy má odhalit místa se zvýšenou vlhkostí, signalizující poškození konstrukce střechy a tím nebezpečí zatékání dešťové vody, nebo poškození izolace podlahy. Na rozvaděčích nízkého a vysokého napětí se kontrolují vizuálně případná poškození a stav instalovaných měřidel a indikátorů. V rozvaděčích nízkého napětí je důležitá kontrola stavu jistících prvků, zda nedošlo k poškození krytů vlivem přehřívání kontaktů, či k jinému poškození. Stav kabelových koncovek lze vizuálně kontrolovat u kobkového provedení transformovny. U distribučního transformátoru se kontroluje jeho uzemnění, čistota povrchu a konstrukce, hlučnost, a v případě, že se jedná o olejový transformátor, kontroluje se i těsnost nádoby a množství oleje v kontrolním poli. V rámci prohlídky by měla být provedena běžná údržba jako je například oprava nefunkčního osvětlení, čištění prostorů v nezbytném rozsahu a kontrola, popřípadě doplnění, ochranných pracovních pomůcek, pokud jsou součástí vybavení. V případě že byla transformovna rekonstruována, nebo byla například doplněna o nový kabelový vývod, je vhodné zkontrolovat aktuálnost schémat, popisů, dokumentace a provést jejich opravu. V okolí transformovny se kontroluje stav ochranného pásma ve smyslu zákona 458/2000 Sb. (Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích - energetický zákon), §46. Tento zákon stanovuje ochranné pásmo do vzdálenosti 7 metrů u transformoven venkovních, 2 metry u transformoven blokových, a 1 metr u vestavěných transformoven.

Při prohlídce za vypnutého stavu, která se provádí s čtyřletou periodou, se kontroluje nad rámec kontroly za provozu :

- výstupní napětí a impedance smyčky vnitřní instalace (před vypnutím)
- stav průchodek, spojovacích, přívodních a vývodových vedení, kabelové koncovky, svodiče přepětí, jistící prvky, rozvaděče, kondenzátory a spínací prvky
- pohony odpínačů, pokud je jimi transformovna vybavena
- výstupní napětí transformátoru po opětovném zapnutí
- množství dolévací hmoty u dolévacích koncovek, případně se provede doplnění

U distribučního transformátoru se provede podrobná prohlídka všech částí stroje. U olejového transformátoru se vymění náplň ze silikagelu a případně se doplňuje i olej. U suchého transformátoru s litou izolací se dle direktiv výrobce může kontrolovat vystředění cívek na jádře a dotažení stahovací konstrukce stroje.

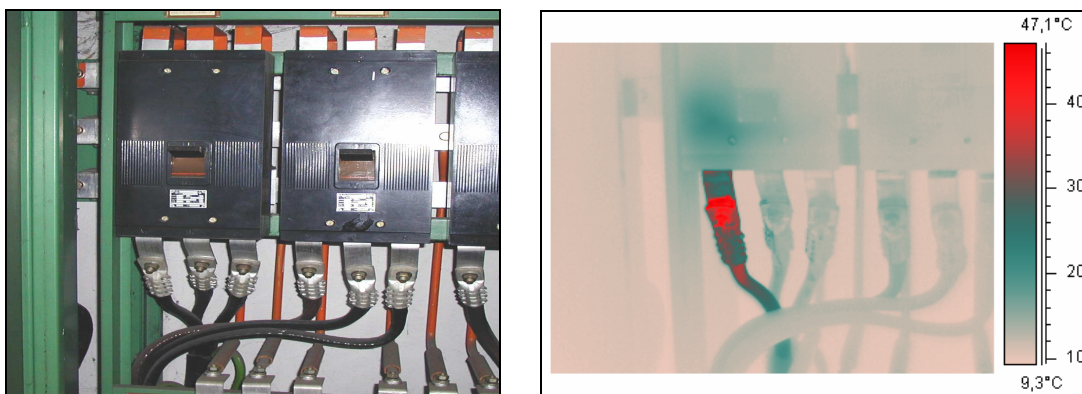
I u venkovních transformoven se dle platného řádu preventivní údržby provádí prohlídky za provozu a prohlídky za vypnutého stavu.

Prohlídka za provozu, s jednoletou periodou, se většinou provádí v rámci pochůzkové kontroly venkovního vedení vysokého napětí. Transformovna se kontroluje pohledem ze země bez nutnosti výstupu na stožár. Náplň prohlídky je podobná prohlídce vnitřních transformoven za provozu. Kontroluje se vnitřek rozvaděče nízkého napětí a stav instalovaných přístrojů, které jsou v porovnání s vnitřními transformovny více namáhány povětrnostními podmínkami. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat stavu ochranného pásma, terénu a nedovolené činnosti v ochranném pásmu dle platné legislativy, zejména s ohledem na nové stavby, výkopy a stav porostů v blízkosti. Provádí se také kosení trávy v okolí stanoviště a odstranění nebezpečné vegetace. Stav příjezdové komunikace je důležitý pro příjezd techniky v případě poruchy. Komunikace nebo přístupová cesta musí umožňovat příjezd nákladního automobilu s transformátorem a jeřábu, pomocí kterého se transformátor instaluje na svou pozici. Náplň prohlídky transformovny za vypnutého stavu, s čtyřletou periodou, taktéž svým rámcem odpovídá prohlídce vnitřních transformoven za provozu.

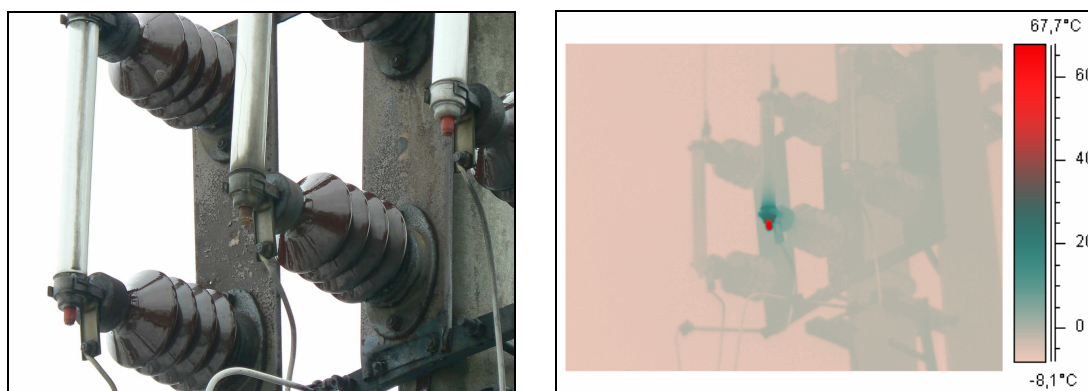
Kontrola mobilních transformoven za provozu má dle řádu preventivní údržby šestiměsíční periodu. Také zde se vizuálně kontroluje stav zařízení nízkého a vysokého napětí, zda nevykazuje průvodní jevy poruchového stavu jako jsou popálená místa, sršení, uniklý olej a podobně. Zvlášť důležitá je kontrola vlhkosti a kondenzátu, který by mohl způsobit porušení izolace. Důležitá je taktéž kontrola podvozku a nosné konstrukce. Kontrolu mobilních transformoven za vypnutého stavu je doporučeno provádět, kromě předepsané čtyřleté periody, i před uvedením do provozu po odstávce delší než tři měsíce. Náplň této kontroly také svým rámcem odpovídá prohlídce vnitřních transformoven za provozu.

4.2 Měření a zkoušení

Součástí kontrol distribučních transformoven je také měření a zkoušení instalovaných přístrojů a zařízení. Provádí se kontrolní měření elektrických veličin, napětí, proudu, impedance, a neelektrických, například termovizní měření oteplení svorek a spojů. Protokol s výsledky termovizního měření je podkladem pro následnou údržbovou činnost. Nejvyšší teplota se vyhodnocuje v souvislosti s teplotou okolí. Nejlepších výsledků při termovizním měření se dosahuje v chladných měsících roku, kdy teplota okolí neovlivňuje měřený objekt a termovizní snímek dosahuje největšího kontrastu. Příklad výsledku termovizního měření je na obrázcích 4.1 až 4.3. Termovizní snímky lze zpracovat pomocí speciálního software, které umožňuje prezentovat teplotní schéma pomocí viditelného barevného spektra. Tato konverze probíhá podle pravidel zvoleného barevného schématu. Obrázky 4.1 a 4.2 prezentují barevnou paletu "GRAY-RED", které je z mého pohledu nejvíce kontrastní pro místa s nejvyšší teplotou.



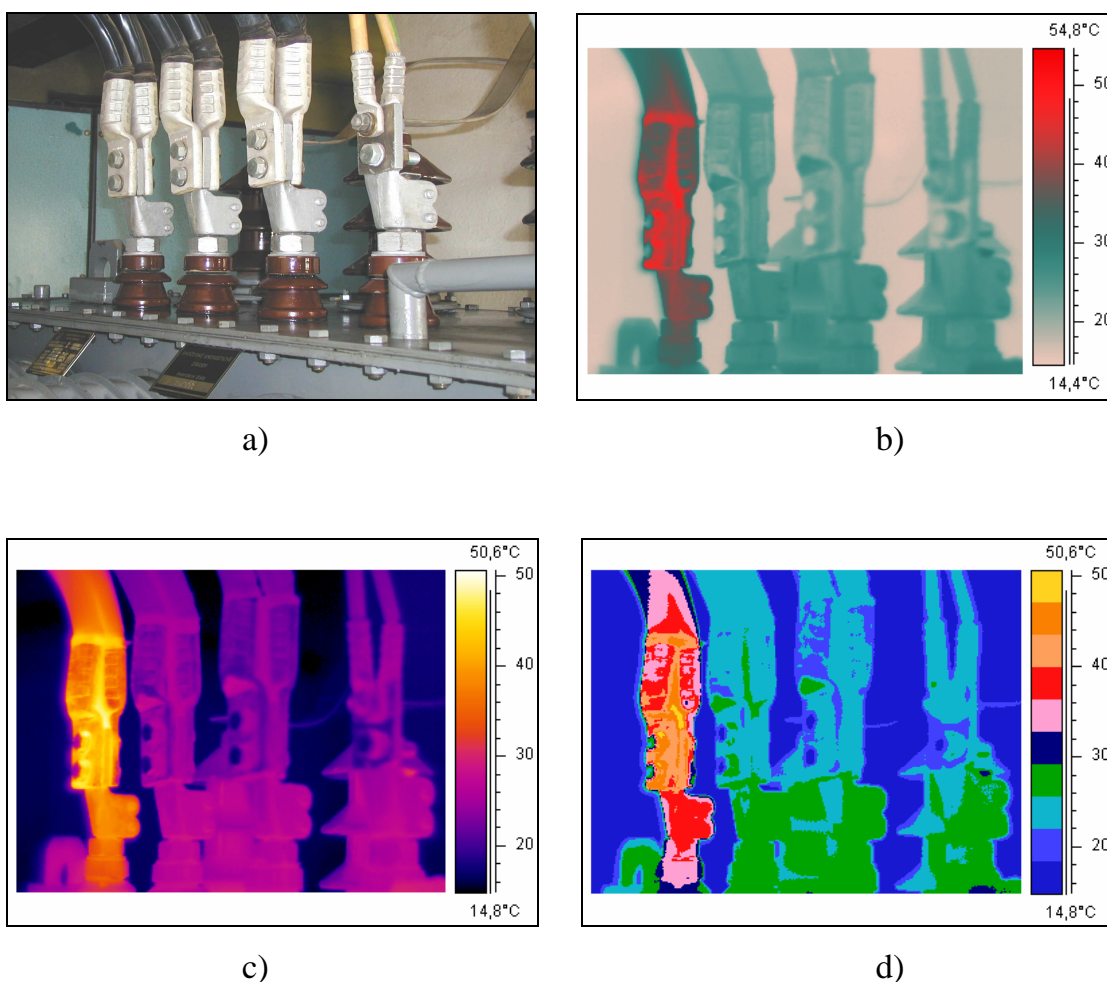
Obr. 4.1 Kabelové oko vývodu v rozvaděči NN, dokumentační a termovizní fotografie



Obr. 4.2 Pojistka VN, dokumentační a termovizní fotografie

Software ThermaCAM explorer ke každému zkonvertovanému snímku vygeneruje barevnou identifikační stupnici s rozsahem odpovídajícím existující nejvyšší a nejvyšší teplotě na snímku. Lze tak jednoduše určit teplotu nejteplejšího místa.

Obrázky 4.3 b), c) , d) prezentují možnost zobrazení pomocí dalších, běžně používaných barevných palet. Zajímavá je možnost použití palety "MEDICAL", která je používána v medicínských aplikacích. Tato paleta neobsahuje barvy pro plynulé přechody, ale 10 dobře identifikovatelných barev. Plynulé barevné přechody jsou tak "zaokrouhleny" na nejbližší sousední barvy, čímž vzniká obraz s ostrými přechody. Díky tomu lze při velkém barevném kontrastu identifikovat i velmi malá sekundární horká místa, která by se při použití palety s plynulými přechody lehce přehlédla. Dobře lze také identifikovat teplotu konkrétního místa.



Obr. 4.3 Kabelová oka vývodů na svorce průchodky NN transformátoru

- a) dokumentační snímek měřeného zařízení
- b) termovizní snímek v barevné paletě "GRAY-RED"
- c) termovizní snímek v barevné paletě "IRON"
- d) termovizní snímek v barevné paletě "MEDICAL"

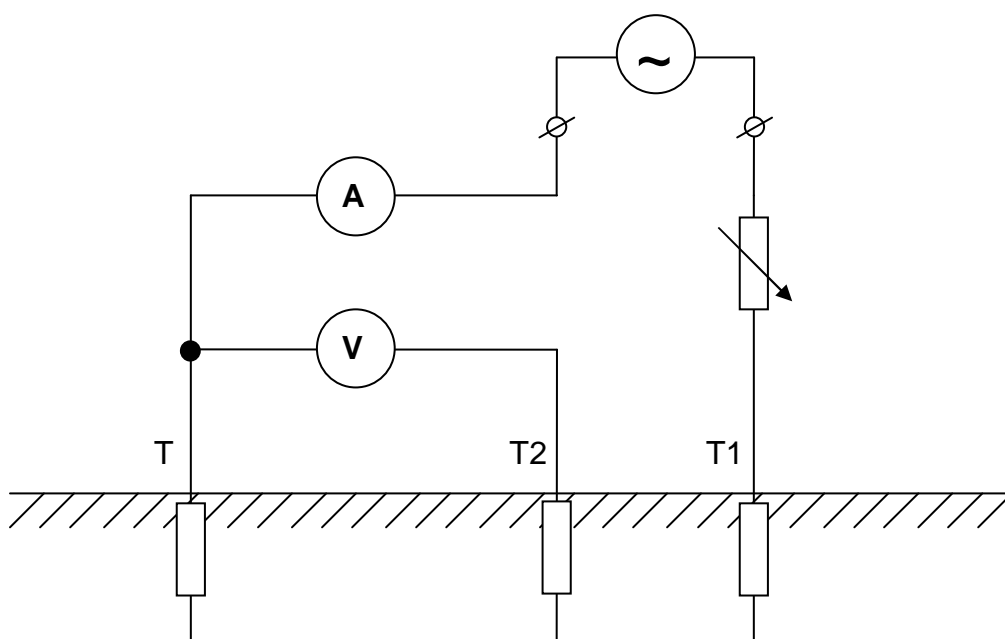
Měření elektrických veličin se provádí dle PNE 33 0000-1 (Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny), kapitoly 6 (Měření a zkoušení ochran). Mezi běžná měření patří následující uvedené způsoby.

Měření izolačního odporu

Při pravidelných kontrolách a revizích se měří izolační odpor mezi každým pracovním vodičem a zemí. Měření se provádí při odpojených odběrných zařízeních a jeho hodnota musí odpovídat údajům v tabulce č. 8 zmíněné normy, případně dalším normám uvedených pro jednotlivá zařízení v této tabulce. Při měření je použit zdroj stejnosměrného proudu, který musí být schopen dodávat při zatížení 1 mA. Jestliže měřený obvod obsahuje elektronická zařízení, musí se měření provést mezi zemí a spojenými fázovými vodiči se středním vodičem. Tento postup by elektronická zařízení neměl poškodit.

Měření odporu zemniče

Pro toto měření lze použít přístroj, vyhodnocující přímo odpor zemniče R, nebo voltmetr, ampérmetr a proudový zdroj, který má proudový obvod galvanicky oddělen od sítě. Pokud proudový zdroj používá průmyslový kmitočet 50 Hz, musí se použít voltmetr s impedancí minimálně 200 Ω na 1 V.



Obr. 4.4 Měření odporu zemniče

Při měření odporu zemniče se postupuje dle schématu na obrázku 4.4. Ve vzdálenosti 40 m od testovaného zemniče T musí být instalován pomocný zemnič T1. Vzdálenost 40 m je dostatečná pro to, aby se zemniče navzájem neovlivňovaly. Druhý pomocný zemnič T2 se umísťuje v poloviční vzdálenosti mezi T a T1. Pokud se pro měření nepoužije přístroj, který zobrazuje přímo hodnotu odporu zemniče T, měření spočívá v odečtení údajů na voltmetru mezi zemniči T a T2 a ampérmetru mezi proudovým zdrojem a zemničem T1. Výsledný odpor zemniče T se určí pomocí Ohmova zákona ve tvaru:

$$R = U \cdot I^{-1} \quad [\Omega; V, A]$$

Jako kontrola měření se musí provést ještě dvě další měření, při kterých se přesune sonda T2 nejprve o 6 m blíže k sondě T a potom o 6 m blíže (z původní polohy) k sondě T1. Naměřené hodnoty by se měly přibližně shodovat. Pokud se při kontrolních měření zjistí hodnoty navzájem výrazně odlišné, musí se měření opakovat při větší vzájemné vzdálenosti zemničů T a T1. Pokud nejsou naměřené hodnoty příliš odlišné, použije se jejich průměr.

Měření dotykového napětí

U distribučních transformoven je dle normy možno použít zjednodušený postup výpočtu dotykového napětí pomocí stanovení rozdílu potenciálů. Pro měření se použije čtyřsvorkový měřicí přístroj pro stanovení hodnot odporu zemničů. Příslušné svorky se připojí na instalovaný zemnič, měřicí napěťová sonda se umístí do místa, pro které se bude stanovovat dotykové napětí, například skříň rozvaděče nebo dveře transformovny. Sonda může mít tvar tyče, pro měření ve venkovních prostorech, nebo tvar měřicí desky. Doplňující měřicí sonda se umístí do vzdálenosti větší než 200 m. Tímto postupem se změří hodnota odporu R_1 sondy pro požadované místo. Dotykové napětí se stanoví pomocí Ohmova zákona ve tvaru:

$$U_{d1} = I_{k1} \cdot R_1 \quad [V; A, \Omega]$$

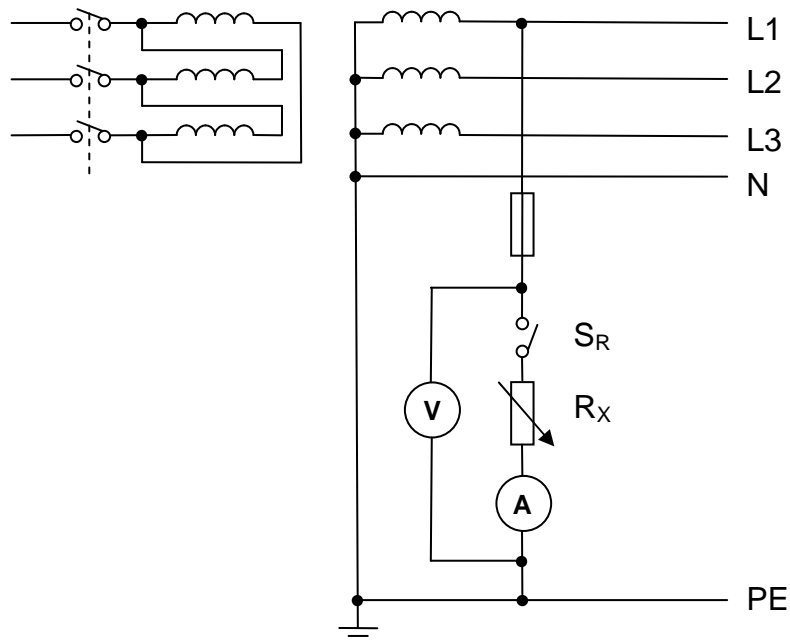
U_{d1} stanovené dotykové napětí

I_{k1} jednofázový zkratový proud

R_1 změřená hodnota odporu měřicí sondy v požadovaném místě

Měření impedance smyčky

Toto měření se provádí pomocí voltmetru, ampérmetru a proměnného zatěžovacího odporu, nebo je možno použít speciální přístroj, jehož princip využívá stejné metody měření.



Obr. 4.5 Měření impedance smyčky

Princip měření je zobrazen na schématu obrázku 4.5. Nejprve se voltmetrem při vypnutém spínači S_R změří napětí v místě měření. Po sepnutí spínače S_R voltmetr měří úbytek napětí na odporu R_X napěťového děliče, složeného z odporu R_X a měřené impedance smyčky. Napětí na měřené impedanci smyčky je proto rozdíl napětí $U_1 - U_2$. Pro požadovanou přesnost měření by měl být výrazný. Impedance smyčky se stanoví pomocí Ohmova zákona ve tvaru:

$$Z_m = 1,2 \cdot (U_1 - U_2) \cdot I_R^{-1} \quad [\Omega; -, V, V, A]$$

Z_m impedance smyčky

U_1 napětí v místě měření, údaj voltmetru při vypnutém spínači S_R

U_2 napětí v místě měření, údaj voltmetru při zapnutém spínači S_R

I_R^{-1} proud protékající obvodem při sepnutém spínači S_R

koeficient 1,2 respektuje chybu měřicí metody a oteplení vodičů při 1f zkratu

Před vlastním měření impedance smyčky by měla být provedena zkouška spojitosti ochranných vodičů.

Měření odporu ochranných vodičů

Měření se provádí mezi neživými částmi a nejbližším místem spojení s ochranným vodičem. K měření se použije zdroj stejnosměrného nebo střídavého napětí 4 V až 24 V. Měří se proudem alespoň 0,2 V. Naměřený odpor musí být roven nebo menší než poměr předpokládaného dotykového napětí a proudu, zajišťujícího samočinné odpojení obvodu nadproudým prvkem v čase do 30 s. Předpokládané dotykové napětí se volí podle prostředí dle článku 3.3.1 (Ochrana samočinným odpojením od zdroje) této práce. Podobným způsobem lze měřit i účinnost pospojení doplňkové ochrany uvedením na stejný elektrický potenciál. V tomto případě se měří impedance mezi neživými částmi zařízení, současně přístupnými dotyku.

Z kontrolní a pravidelné údržbové činnosti musí být dle řádu preventivní údržby proveden písemný záznam. Tento záznam musí minimálně obsahovat:

- vymezení rozsahu kontrolovaného elektrického zařízení
- datum zahájení a ukončení kontroly
- soupis provedených úkonů
- naměřené hodnoty
- soupis zjištěných závad
- závěrečné stanovisko, zda elektrické zařízení je nebo není z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti schopné provozu
- datum vypracování a předání zprávy
- jméno a podpis provádějícího pracovníka
- jméno a podpis odpovědného pracovníka provozovatele

Zprávy o pravidelných revizích nebo zpráva o provedené preventivní údržbě musí být uloženy a přístupné orgánům státního odborného dozoru. Tyto zprávy musí být archivovány nejméně do vyhotovení zprávy z následné kontroly stejného druhu.

5 Návrh zajištění bezpečného pracoviště v prostorech distribuční transformovny 22/0,4 kV

Veškeré obvyklé práce na zařízení transformoven a v jejich blízkosti, by měly být prováděny v souladu s místními provozními a bezpečnostními předpisy, které musí být v souladu s příslušnými normami a zákonnými předpisy. Místní provozní a bezpečnostní předpisy definují v daném energetickém zařízení konkrétní pracovní postupy pro elementární úkony, jako je výměna pojistky vysokého napětí, nebo pro činnosti, které vyžadují více úkonů, jako je postup pro zajištění bezpečného pracoviště.

Místní provozní a bezpečnostní předpisy zmiňuje nařízení vlády. 378/2001 Sb. (Nařízení vlády, kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí), §2, písmeno g). Toto nařízení také definuje "Minimální požadavky na bezpečný provoz a používání zařízení v závislosti na příslušném riziku vytvářeném daným zařízením". Veškeré práce a vytvořená pracoviště musí ale především odpovídat požadavkům zákona 309/2006 Sb. (Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci). Jsou to požadavky na pracoviště, pracovní prostředí, prostředky, organizaci práce, pracovní postupy, předcházení ohrožení života, rizikové faktory pracovních podmínek, odbornou způsobilost, zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při pracovních výkonech. Dalším předpisem, který se vztahuje k bezpečnosti práce, je nařízení vlády 591/2006 Sb. (Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích), řešící problematiku organizace práce na pracovišti. Zákonem 309/2006 Sb. a nařízením vlády č. 591/2006 Sb. byla nahrazena vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích č. 324/1990 Sb., která se v několika bodech vztahovala i na pracovní proces v energetických zařízeních.

Konkrétní metody k zajištění bezpečnosti při pracovním procesu na energetických zařízeních definuje PNE 33 0000-6 (Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektrické energie) v návaznosti na ČSN EN 50 110-1 (Obsluha a práce na elektrických zařízeních). ČSN EN 50110-1 nahrazuje ČSN 34 3100-12 (Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních). ČSN EN 50110-1 rozpracovává základní požadavky bezpečnosti obsluhy, práce a údržby na elektrických zařízeních výroben distribuční a přenosové soustavy nebo

v blízkosti těchto zařízení. ČSN 34 3100 stanovovala povinnost vydávat pro vyjmenované činnosti "příkaz B". ČSN EN 50 110-1 také stanovuje v jednotlivých ustanoveních písemnou přípravu postupu pracovních činností, tedy v podstatě vydání "příkazu B" nebo B-PPN dle naší dlouholeté národní praxe. Vydávání "příkazu B" nebo B-PPN je plně v souladu s ČSN EN 50 110-1, a proto je také normou PNE 33 0000-6 stanovena povinnost zachování stávající národní praxe. Příkaz B je písemný doklad o nařízených technických a organizačních opatřeních sloužících k zajištění bezpečnosti osob při práci na elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti. Obsahuje číslo příkazu, jméno a podpis osoby, které je příkaz určen, místo práce, druh a časové údaje o práci, jméno a podpis osoby příkaz vydávající, jména a podpisy osob, které provedou zajištění pracoviště, způsob zajištění pracoviště (vypnutí, přezkoušení vypnutého stavu, místo uzemnění a zkratování, ohrazení pracoviště a umístění bezpečnostních sdělení), označení nejbližšího místa, kde se nacházejí živé části a potvrzení podpisy všech členů pracovní skupiny o provedené instruktáži. Příkaz B-PPN se vztahuje na práce prováděné metodou pod napětím.

"Příkaz B" musí být vydán na tyto činnosti:

- a) zajištění a odjištění pracoviště pro práce bez napětí na zařízeních vysokého, velmi vysokého a zvláště vysokého napětí
- b) pro práce na zajištěných zařízeních vysokého, velmi vysokého a zvláště vysokého napětí, na částech bez napětí nebo v blízkosti částí pod napětím
- c) pro práce na zařízeních malého a nízkého napětí v případě, že je nebezpečí indukce od zařízení vyšších napětí z důvodů křížovatek a souběhů
- d) pro práce na elektrických zařízeních malého a nízkého napětí, jsou-li ve společných prostorách se zařízením vysokého, velmi vysokého a zvláště vysokého napětí a hrozí nebezpečí od těchto zařízení
- e) pro práce na vypnutých a jinak nezajištěných zařízeních vysokého, velmi vysokého a zvláště vysokého napětí

Od vydání "příkazu B" se může upustit v těchto případech :

- a) je-li nebezpečí z prodlení při poruchách v mimořádném provozním stavu, v případě ohrožení lidského života nebo nebezpečí vzniku velkých hospodářských škod

- b) pro práce na elektrických zařízeních ve výstavbě, která ještě nebyla připojena na napětí a nenalézají se v blízkosti živých částí a nejsou ani galvanicky spojena se sítí pod napětím
- c) pro práce na elektrických zařízeních, která jsou montážně odpojena (například demontáž propojovacích přípojníc) od všech možných zdrojů napájení a nejsou ani galvanicky spojena se sítí
- d) pro práce na elektrických zařízeních, které se často opakují. Pro tyto práce musí být vydány přesné místní pracovní a bezpečnostní předpisy, ze kterých musí být zřejmé, že nahrazují "příkaz B".

Práce na zařízeních transformovny lze rozdělit podle povahy na :

- práce na elektrických zařízeních bez napětí
- práce na elektrických zařízeních pod napětím
- práce v blízkosti elektrických zařízení pod napětím

Jednotlivé typy prací, podmínky a zajištění bezpečného pracoviště jsem zpracoval ve své bakalářské práci. Pro úplnost je zde uvádím ve zkráceném přehledu.

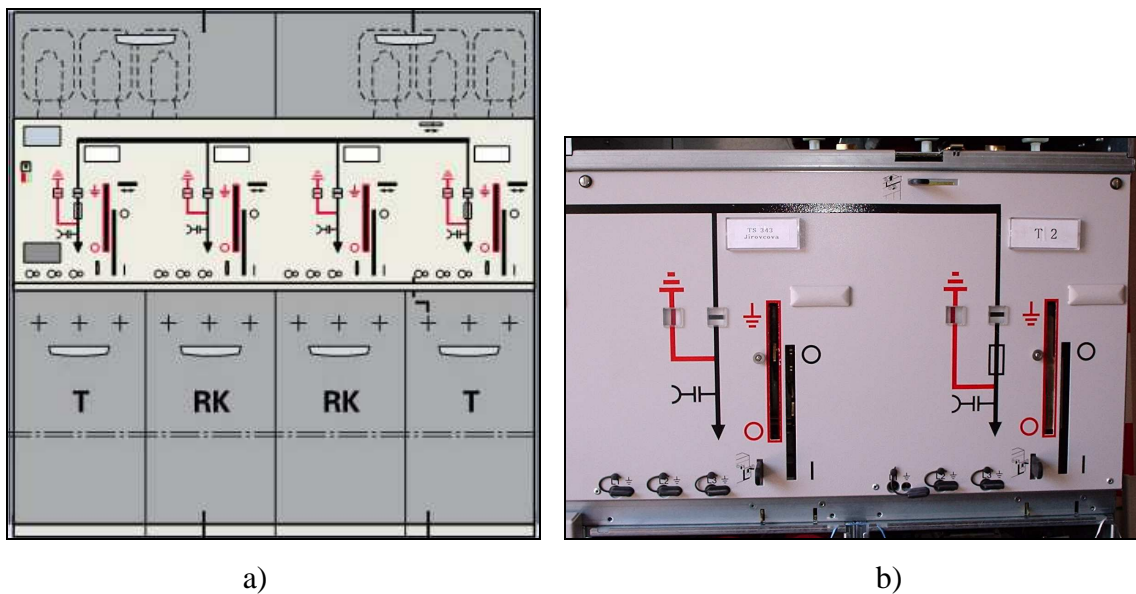
5.1 Zajištění bezpečného pracoviště v distribuční transformovně

Zajištění pracoviště mohou provádět pouze pověřeni pracovníci s požadovanou kvalifikací, zkušenostmi s pracovním procesem v daném zařízení a znalostmi "místních provozních a bezpečnostních předpisů". Postup zajištění pracoviště má pevná pravidla a jednotlivé kroky musí být bezpodmínečně dodrženy, viz podkapitoly 5.1.1 až 5.1.5. Zajištění pracoviště v distribuční transformovně se provádí na základě harmonogramu, odsouhlaseném příslušným dispečinkem. Pokud se jedná o stávající distribuční transformovnu, která byla do doby zajištění v provozu, musí být pro zajištění vystaven "příkaz B". Před zahájením zajišťovacích prací se "příkaz B" vyplní na základě předpokládaných úkonů, zajišťujících bezpečné pracoviště. Ke každému vyplněnému zajišťovacímu úkonu se při jeho provádění vyplní přesný čas a pracovník, provádějící zajištění, za něj připojí svůj podpis. "Příkaz B" je jednoznačně identifikovatelný svým pořadovým číslem a číslem knihy, ve které je. V "příkazu B" se vyplňuje jméno pracovníka vystavující tento příkaz, jeho podpis, datum a čas vystavení, popis zajišťovaného pracoviště, jméno pracovníka pro kterého je příkaz vystavován, počet

pracovníků jeho pracovní skupiny a datum provádění zajišťovacích prací. Uvádí se i jméno pracovníka, který příkaz pro zajištění skutečně převzal, jeho podpis datum a čas převzetí, jméno dispečera, kterému byl příkaz nahlášen, datum a čas nahlášení. Pracovníci v pracovní skupině pro zajišťování, uvedou své jméno a podpisem potvrdí, že byli seznámeni se způsobem zajištění a příkazu plně porozuměli. Po vykonání všech zajišťovacích úkonů se do příkazu uvedou nejbližší místa, které zůstanou pod napětím, nebo pod napětím mohou být. V tomto stavu je příkaz předán vedoucímu práce, který opíše uvedený seznam míst, které zůstanou pod napětím, nebo pod napětím mohou být. Za jejich seznam uvede své jméno, podpis, datum a čas. Tím potvrdí, že vzal tento fakt na vědomí a také, že zkontroloval způsob zajištění. Všichni pracovníci pracovní skupiny uvedou do příkazu svá jména a potvrdí podpisy, že byli seznámeni s výše uvedenými skutečnostmi a plně pochopili způsob prováděných prací. Následující způsob zajištění pracoviště je demonstrován na příkladu vnitřní distribuční transformovny, napájené dvěma kabely VN 22 kV, zakončenými ve dvou polích kompaktního rozvaděče, z dalších dvou polí jsou napájeny dva distribuční transformátory 22/0,4 kV. Každý transformátor napájí jednu sekci rozvaděče NN 0,4 kV. Zajišťování pracoviště je prováděno pro částečnou údržbu, čištění a kontrolu jednoho distribučního transformátoru a dvou příslušných polí rozvaděče VN 22 kV.

5.1.1 Úplné odpojení

Úplné odpojení spočívá v odpojení zařízení od napájení nebo vypnutí od všech možných zdrojů napájení a zamezení spojení s částmi jiných zařízení pod napětím. Pokud jsou součástí odpojeného zařízení takové části, na kterých zůstává elektrický náboj, například kondenzátory nebo kabely, musí být vhodným způsobem vybity. Na straně VN 22 kV se odpojení provede manipulací na předřazeném vypínatelném místě, odpojovačem nebo vypínačem. Na straně NN 0,4 kV lze provést vypnutí odcházejících kabelových vedení vyjmutím pojistek v rozpojovacích skříních, které jsou zapojeny jako první na každém příslušném kabelovém vývodu. V tomto případě nebude strana NN 0,4 vypínána a zůstane pod napětím. Obě sekce rozvaděče se propojí manipulací na spínači sběrnic a budou tak napájeny jedním distribučním transformátorem. Tento stav je výsledkem požadavku na nepřerušené napájení odběrných míst a může k němu dojít, pokud je některá z okolních transformoven mimo provoz a nelze tak odběrná místa napájet jinou cestou.



Obr. 5.1 Kompaktní rozvaděč VN 22kV plněný plynem SF6

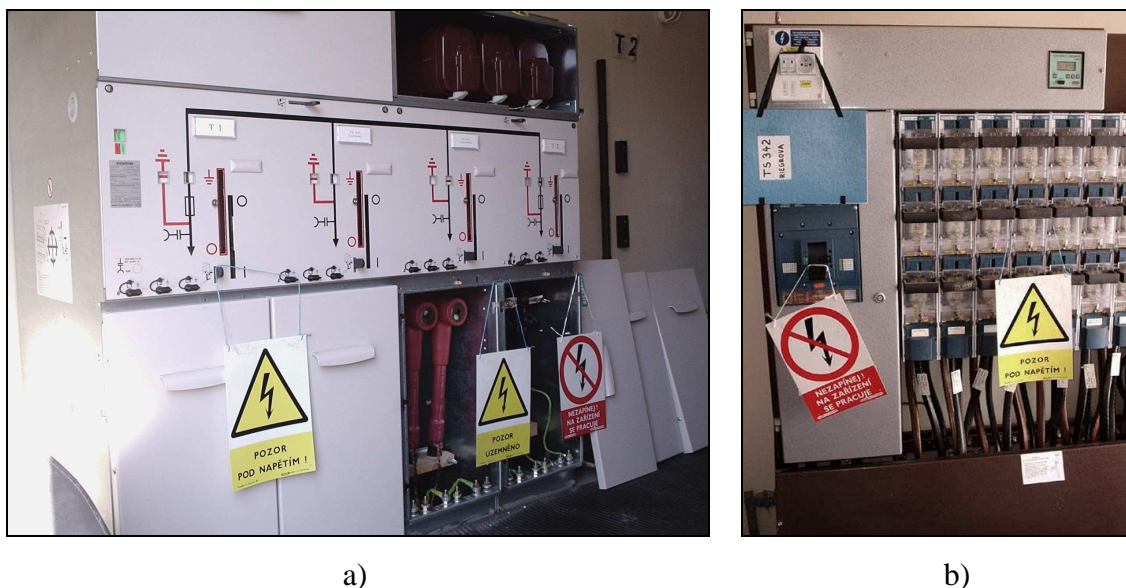
- a) schéma provedení rozvaděče
- b) skutečné provedení ovládací části rozvaděče, sekce č.2

Na obrázku 5.1 a) je schématické uspořádání rozvaděče VN 22 kV. Údržbové práce budou prováděny na pravé sekci (sekce č. 2), RK je blok kabelového vývodu napájení a T je blok vývodu pro distribuční transformátor, který je oproti RK doplněn pojistkami. Vypnutí se musí provést na obou stranách kabelu, a tak je nutno provést manipulaci i v jiné transformovně. Vypínací manipulace se provádí mechanicky pákou, zasunutou v černě označené štěrbině, pohybem nahoru. Vypínací štěrbině a ukazatele stavu spínacích prvků jsou patrné na obrázku 5.1 b). Na straně NN 0,4 kV se vypne hlavní jistič napájející sekci č. 2 rozvaděče z distribučního transformátoru č.2. Ten ale zůstane pod napětím, bude napájen z sekce č. 1, přes spínač sběrnic.

5.1.2 Zabezpečení proti opětovnému zapnutí

Spínací přístroje, použité k vypnutí, musí být zajištěny proti neoprávněnému sepnutí například zamknutím, odpojením ovládacího obvodu, nebo jiným vhodným způsobem podle "místních bezpečnostních a provozních předpisů". Místa odpojení musí být označeny bezpečnostními tabulkami "NEZAPÍNEJ ! NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE". V této distribuční transformovně se zajištění provede umístěním bezpečnostních tabulek na příslušných zařízeních. Tyto tabulky musí být umístěny tak, aby zůstaly viditelné i v případě, kdy je demontována část zařízení, jako například kryty rozvaděče. Bezpečnostní tabulky "NEZAPÍNEJ ! NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE" a "POZOR

UZEMNĚNO" budou umístěny na obou stranách kabelu VN 22 kV, v této distribuční transformovně a transformovně, kde je kabel ukončen na druhé straně. Vypnutý hlavní jistič v rozvaděči NN 0,4 kV sekce č.2 bude opatřen pouze bezpečnostní tabulkou "NEZAPÍNEJ ! NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE". Na sekci č. 1 rozvaděče VN 22 kV a v obou sekcích rozvaděče NN 0,4 kV bude umístěna bezpečnostní tabulka "POZOR POD NAPĚTÍM". Příklad umístěných tabulek na rozvaděči VN 22 kV a NN 0.4 kV v zajišťované distribuční transformovně je na obrázku 5.2 a) a obrázku 5.2 b).



Obr. 5.2 Umístění bezpečnostních tabulek na vypnutých zařízeních

- a) schéma provedení rozvaděče
- b) skutečné provedení ovládací části rozvaděče, sekce č.2

5.1.3 Ověření beznapět'ového stavu

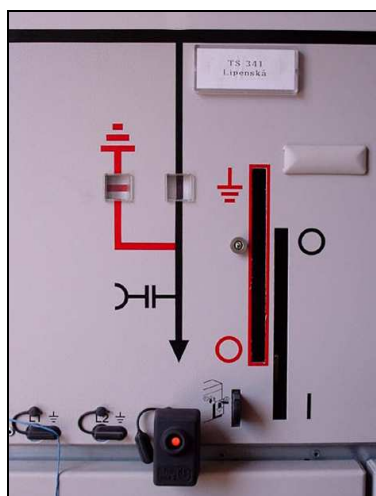
Beznapět'ový stav se musí ověřit na všech pólech a fázích elektrického zařízení zkoušečkou určenou pro daný typ zařízení a napětí. Pokud je nutné provádět práce například na venkovních distribučních transformovnách za nepříznivých povětrnostních podmínek jako je déšť, ověřuje se beznapět'ový stav jen vizuálně, pohledem na vypínací prvek. Zkouška zkoušečkou by mohla být pro obsluhu nebezpečná a mohla by při špatně vypnutém zařízení způsobit zkoušejícímu úraz elektrickým proudem, z důvodu vlhkostí vodivého povrchu zkoušečky. V tomto případě je nutno věnovat prohlídce vypnutého energetického zařízení zvýšenou pozornost. Před vlastním zkoušením vypnutého zařízení musí být ověřena správná funkce zkoušečky. Správná funkce se ověřuje testovacím tlačítkem, umístěným na zkoušečce, pokud daná zkoušečka tuto funkci umožňuje, a zkouše na zařízení, které je pod napětím. Zařízení pod napětím

musí být pro stejné napětí jako zařízení, pro které se bude provádět zkouška beznapěťového stavu. Indikace beznapěťového stavu je u zkoušeček pro hladinu VN 22 V buď vizuální, nebo doplněna zvukovou signalizací. Většinou se měří přímým dotykem měřicího hrotu zkoušečky na vodivou část zkoušeného zařízení, například holé pásové hliníkové vodiče sběrnice. Příklad zkoušečky VN do 24kV je na obrázku 5.3. Touto zkoušečkou se ověří beznapěťový stav na svorkách VN 22 kV distribučního transformátoru.



Obr. 5.3 Zkoušečka VN do 24 kV

Zkoušečka na obrázku 5.3 ale neumožňuje ověření beznapěťového stavu odpojených kabelových vývodů rozvaděče VN 22 kV v sekci č.2 směrem k zajišťovanému distribučnímu transformátoru a směrem k další transformovně. Pro ověření beznapěťového stavu u těchto rozvaděčů slouží konektory na ovládacím panelu, které jsou na měřenou fázi připojeny kapacitní vazbou. Napětí na konektorech u zařízení pod napětím proto není nebezpečné a konektory poskytují pouze malé bezpečné napětí. Zasunutím speciálního indikátoru postupně do všech konektorů se zjistí stav zařízení. V případě beznapěťového stavu je kontrolka indikátoru zhaslá, v případě, že je zařízení pod napětím, kontrolka indikátoru svítí. Tento stav je na obrázku 5.4. I pro tento způsob zkoušení se musí správná funkce indikátoru nejprve ověřit na zařízení pod napětím.



Obr. 5.4 Indikátor beznapěťového stavu a schéma připojení konektoru

5.1.4 Uzemnění a zkratování

Uzemňovací a zkratovací zařízení musí být instalováno ihned po ověření beznapěťového stavu. Rychlé zkratování snižuje ohrožení pracovníka, který provádí toto zajištění. Při prodlevě mezi ověřením beznapěťového stavu a instalací zkratovače může dojít k nebezpečné vadné manipulaci na zajišťovaném zařízení, při kterém se toto zařízení uvede do stavu pod napětím. Instalace klasického zkratovače na toto zařízení způsobí vytvoření elektrického oblouku s rizikem následného požáru, či úrazu pracovníka ulétajícími roztavenými částmi svorek zkratovače.

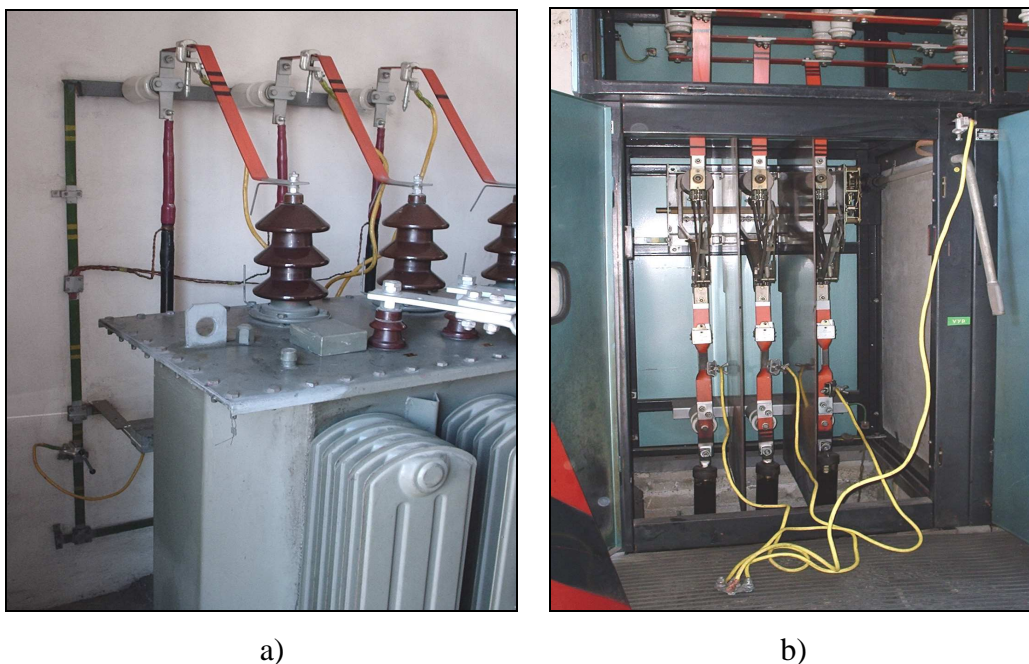
V případě požadavku zkratování kabelových vedení v zapouzdřeném rozvaděči VN 22kV, jehož schéma je na obrázku 5.1 a) se musí provést manipulace mechanicky pákou, zasunutou v červeně označené štěrbíně, pohybem nahoru. Vypínací štěrbina a ukazatel stavu uzemnění je patrné na obrázku 5.4.

V případě kobkové transformovny se pro uzemnění a zkratování používá klasický zkratovač, který se skládá ze čtyř vodičů v izolačním plášti, spojených "do hvězdy". Tři vodiče jsou zakončeny svorkami pro fázové vodiče, čtvrtý vodič je ukončen zemnicí svorkou. Při instalaci klasického zkratovače se musí nejdříve spojit s potenciálem země zemnicí svorka zkratovače, aby se ostatní svorky uvedly na potenciál země. Poté se ostatní svorky spojí se všemi vodiči vypnutého zařízení. Uzemnění a zkratování musí být provedeno přímo na pracovišti, nebo musí být z pracoviště viditelné. Pracovníci musí mít neustálý přehled o stavu zajištění pracoviště, aby nemohlo dojít například při souběžné pracovní činnosti více skupin k deinstalaci zkratovače, zajišťující bezpečné pracoviště pro jinou pracovní skupinu. Zemnicí svorka zkratovače se instaluje pomocí plochého klíče na místo, které je pro tuto činnost určeno, nebo je pro připojení vhodné. Svorku nelze umístit na místo, které je pokryto nátěrem nebo je znečištěné. Ostatní svorky se z důvodu výše zmíněného nebezpečí instalují pomocí speciální izolační tyče, viz obrázek 5.5.



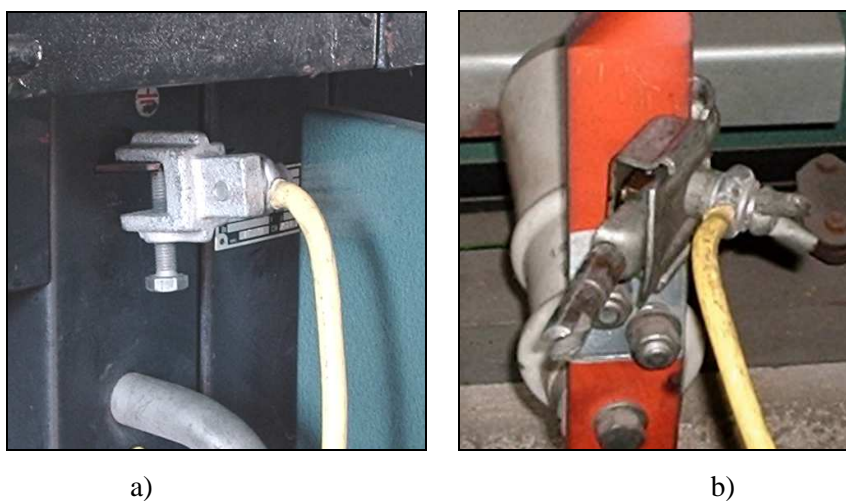
Obr. 5.5 Tyč šroubovacích zkratovacích svorek fázových vodičů, do 40,5 kV

Na obrázku 5.6 a) je snímek instalovaného zkratovače na distribučním transformátoru 22/0,4 kV. Zemnicí svorka je připojena na zemnicí pásku v místě, kde je pro tento účel odstraněn nátěr. Fázové svorky jsou umístěny na pásových vodičích 22 kV, také v místě bez nátěru. Instalace zkratovače uvnitř klasického skříňového rozvaděče 22 kV je na obrázku 5.6 b). Uzel vodičů zkratovače je vhodné po instalaci umístit do vnitřního prostoru skříňe, aby nedošlo k neúmyslnému poškození vodičů při práci.



Obr. 5.6 Instalované klasické uzemňovací a zkratovací zařízení

- a) instalace na distribučním transformátoru 22/0,4 kV
- b) instalace uvnitř klasického skříňového rozvaděče 22 kV



Obr. 5.7 Svorky klasického uzemňovacího a zkratovacího zařízení

- a) zemnicí svorka připojená na zemnicí plošku rozvaděče
- b) fázová svorka instalovaná na pásovém vodiči

Na obrázku 5.7 a) je detail instalované zemnicí svorky zkratovače. Z obrázku 5.7 b) je patrný způsob instalování svorky na pásovém vodiči. Prvek v ose svorky se zářezem slouží k nasazení do tyče zkratovače. Tyčí s takto nasazenou svorkou se nejprve obsluha lehce dotkne vodivé části, aby se vybil elektrický náboj na kapacitě vodiče. Poté se svorka zahákne za pásový vodič a utáhne pomocí tyče. Křídlová matice na svorce slouží pouze k uchycení kabelového oka vodiče zkratovače ke svorce.

Zařízení NN 0,4 kV, které bude přístupné, je také nutno uzemnit a zkratovat. V tomto případě se jedná o kabelové vedení mezi Tr2 a rozvaděčem NN. Zkratovací souprava se osadí na svorky průchodek NN transformátoru.

5.1.5 Ochranná opatření ve vztahu k živým částem, které jsou v blízkosti

Zde se jedná se o soubor opatření, aby pracovníci nemohli omylem vstoupit na místo s živými částmi pod napětím. K těmto opatřením patří například ohrazení, vyznačení cesty na pracoviště, uzamknutí nezáměnnými klíči, označení bezpečnostními tabulkami, přelepení zámků kobek apod. Na pracovišti musí být vyvěšena bezpečnostní tabulka „JEN ZDE PRACUJ“ jednoznačně označující zajištěné pracoviště. Na obrázku 5.8 a) je stání transformátorů. U transformátoru Tr2 je demontována zábrana a pracoviště označeno modrou příkazovou tabulkou "JEN ZDE PRACUJ", pozice transformátoru Tr1 je zabezpečena zábranou a označena žlutou výstražnou tabulkou "POZOR POD NAPĚTÍM". Zajištěný rozvaděč na obrázku 5.8 b) je opatřen zákazovou tabulkou "NEZAPÍNEJ ! NA ZAŘÍZENÍ SE PRACUJE", proti náhodnému zapnutí.



a)

b)

Obr. 5.8 Zajištěné pracoviště

a) stání transformátorů

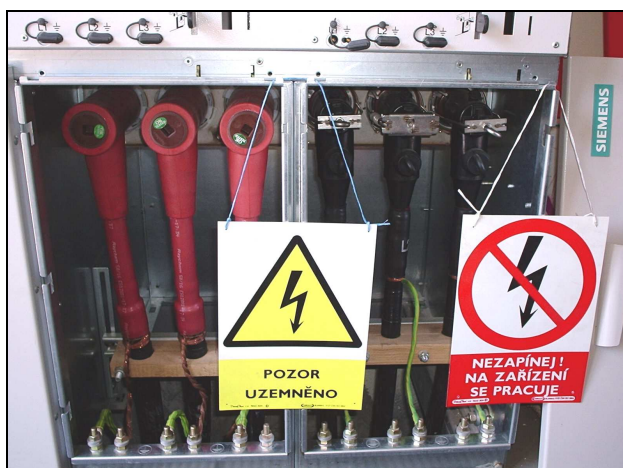
b) cartridge a pojistkovou patronou

5.1.6 Zajištěné pracoviště

Na pracovišti zajištěném dle kapitol 5.1.1 až 5.1.5 lze provést například pravidelnou kontrolu zahrnující běžné údržbové práce a čištění. V zajišťované distribuční transformovně je instalována dvojice olejových hermetizovaných transformátorů. Při údržbové a kontrolní činnosti se provádí:

- kontrola těsnosti nádoby, zejména výpustný ventil oleje
- kontrola nastavení a zajištění přepínače odboček
- dotažení svorek na průchodkách VN 22 kV a NN 0,4 kV
- čištění povrchu nádoby a průchodek
- kontrola izolačního stavu vinutí mezi sebou a proti zemi

V zajištěné sekci rozvaděče VN 22 kV se provede kontrola a čištění povrchu a přístupných vnitřních částí, kontrola stavu indikátoru úniku elektronegativního plynu SF₆, který slouží jako izolační médium v hermeticky uzavřeném systému. Na obrázku 5.8 b) je sejmут vrchní kryt, který umožní čištění prostoru pro pojistkové cartridge. Demontovat lze i kryt speciálních kabelových koncovek, který je na obrázku 5.9., pro čištění tohoto prostoru.



Obr. 5.9 Spodní část rozvaděč VN 22kV se sejmутým krytem kabelových koncovek

Dále se provádí čištění prostor od prachu, který může poškodit přístupné mechanismy ovládacího a indikačního zařízení v distribuční transformovně, kontrola funkčnosti osvětlení a dále ostatní práce, zmíněné v předchozích kapitolách.

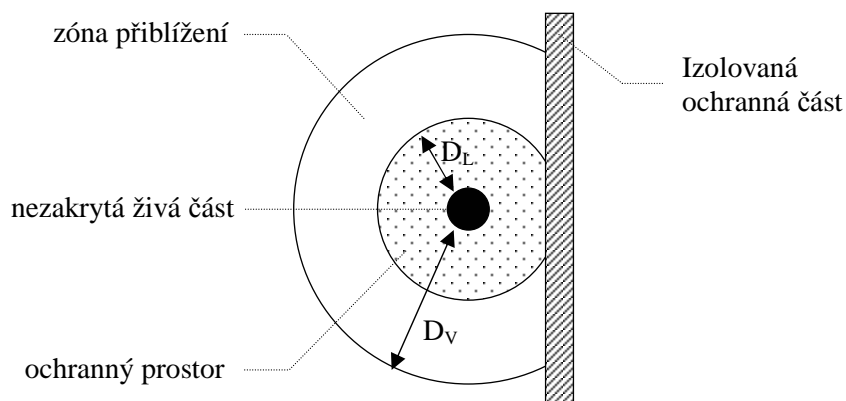
Některé práce mohou být v tomto případě prováděné v zóně přiblížení, tedy ve vzdálenosti od živé části, ne menší než je ochranný prostor živé části. Pracoviště musí splňovat takové podmínky, aby pracující osoba měla obě ruce volné a byla zřejmě označena hranice pracoviště. Velký důraz musí být kladen na pozornost a opatrnost. Rozsah zóny přiblížení a vzdálenosti od nezakryté živé části definuje ČSN EN 50110-1. PNE 33 0000-6, ale tyto vzdálenosti dále zpřísňuje. Uvedeny jsou v tabulce 5.1. a označení vzdáleností odpovídá obrázku 5.10.

Tab. 5.1 Vzdálenosti zóny přiblížení od nezakryté živé části dle PNE 33 0000-6

Jmenovité napětí U_n (kV)	Vnější hranice zóny přiblížení D_V (mm)	Vnější hranice ochranného prostoru D_L (mm)
do 1	300	bez dotyku
1 - 10	1150	120
22	1260	260

Při pracích na zařízeních v blízkosti živých částí pod napětím, kdy není možno dodržet vzdálenost podle tabulky 5.1 a zařízení nelze z vážných důvodů vypnout, je nutno dodržet alespoň vzdálenosti:

pro vnitřní zařízení do 10kV	$D_V = 250$ mm
pro venkovní zařízení do 10kV	$D_V = 300$ mm
pro vnitřní zařízení do 22kV	$D_V = 350$ mm
pro venkovní zařízení do 22kV	$D_V = 400$ mm



Obr. 5.10 Vzdálenosti zóny přiblížení od nezakryté živé části

6 Závěr

Stejně tak jako ve své bakalářské práci, musím uvést, že současný stav distribučních transformoven ve zkoumané lokalitě lze označit jako velmi dobrý, a to jak po stránce provozní, tak bezpečnostní. Kromě poznatků, ke kterým jsem dospěl v průběhu své bakalářské práce, zde musím zmínit vysoké pracovní nasazení techniků a elektromontérů, kteří jsou schopni zasáhnout v terénu i v extrémních povětrnostních situacích jako jsou orkány, povodně a polomy. Společnost E.ON se proto neustále snaží vybavovat tyto pracovníky nejmodernější a nejkvalitnější technikou, pracovními pomůckami nebo terénními dopravními prostředky tak, aby byla zajištěna jejich bezpečnost a byla co možná nejvíce eliminována rizika. Důležité je i vybavení těchto pracovníků kvalitními pracovními oděvy a obutím pro teplá i chladná roční období. Oblečení je nehořlavé a neomezuje v pohybu. I tímto faktem se výrazně zvyšuje pasivní bezpečnost pracovníků. Dále jsou pracovníci pravidelně proškolení a přezkušováni. Mají také možnost se účastnit dalších školení dle vlastního výběru dle katalogu. I když jsou tato školení nepovinná, je o ně velký zájem, což svědčí o tom, že pracovníci mají chuť se nadále vzdělávat a být odborníky ve svém oboru. Ze strany zaměstnavatele jsou prováděny namátkové kontroly pracovní kázně. Tyto kontroly se zaměřují na používání pracovních a ochranných pomůcek, způsob zajištění pracovišť a kontrolu požívání alkoholu v pracovním procesu. V poslední době ale nebyla při těchto kontrolách zjištěna žádná vážná pochybení.

Technický stav zařízení je jednoznačně závislý na kvalitním a odpovědném pracovním týmu složeným z techniků a elektromontérů, kteří se o svěřené zařízení starají. Výborný stav zařízení chápou všichni jako vizitku své práce. Společnost E.ON vynakládá nemalé prostředky na investice do nových energetických zařízení, vybavených moderní technikou, do údržby a modernizace stávajících zařízení aby, splňovaly nejvyšší požadavky na bezpečnost a spolehlivost. Jsou stále více používány moderní metody práce, jako například práce pod napětím na hladinách NN i VN. V oblasti zkoumaného regionu bylo například v roce 2007 provedeno 32% všech prací na zařízení NN metodou práce pod napětím. Tato metoda práce vyžaduje použití speciálních pomůcek a pracovníci musí být pro tuto práci vyškoleni. Používání těchto moderních pracovních metod má omezit v co možná největší míře nedodávku elektrické energie zákazníkům a zvýšit komfort jejich obsluhy.

Je obecně známým faktem, že investice do údržby zařízení je v porovnání s potenciálními škodami, které by způsobila porucha, výrazně nižší. Proto je pravidelné provádění údržbových prací a kontrolních činností výhodnou investicí.

Pro společnost E.ON je prioritou zajištění bezpečí energetických zařízení a spolehlivého provozu tak, aby byla zajištěna bezproblémová dodávka elektrické energie zákazníkům. Přes veškerou péči o zařízení dojde ale k situaci, že zařízení již není možno provozovat, a to z několika důvodů. Prvky instalovaného technologického vybavení mohou být natolik mechanicky opotřebovány, že hrozí jejich porucha. Některé starší prvky mohou být také neopravitelné, protože se již nevyrábí a není možná jejich oprava. Problémová může být i výměna zařízení, které bylo i v době své instalace nestandardní. To jsou důvody pro demontáž transformovny a nahrazení novou technologií.

Velké úsilí je věnováno péči o životní prostředí. To spočívá v používání technologií, které nepředstavují riziko pro své okolí, a to jak v nových instalacích, tak při výměnách zařízení při nových instalacích. Například se používají výhradně olejové transformátory neobsahující PCB, demontované části zařízení jsou ekologicky likvidovány prostřednictvím firem s ekologickou certifikací. Nové instalace jsou navrhovány tak, aby co možná nejvíce splynuly s okolním prostředím, nebo esteticky zapadly do okolní zástavby.

Závěrem lze říci, že péče o distribuční transformovny je neustálý proces, který vyžaduje profesionální přístup pracovníků a jejich vysokou kvalifikaci.

7 Seznam použité a citované literatury

Knižní publikace

- [1] KADLEC, F. *Mobilní transformovna typ MT630 - Technický popis*. České Budějovice: Energetika servis s.r.o. České Budějovice. 2002. 27 s.
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ. *Trivium elektrotechnika*. 3 Vyd. Havířov: Iris. 2005. 286 s.
- [3] MERTLOVÁ, J., KOCMICH, M. *Elektrické stanice a vedení*. 2. Vyd. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity. 1997. 161 s. ISBN 80-7082-356-9
- [4] STABRYN, M. *Elektrotechnické předpisy v praxi*. Ostrava: Tandem. 1992. 136 s.
- [5] VOVES, V. *Elektrotechnické normy a předpisy*. 2. Vyd. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity. 2004. 82 s. ISBN 80-7043-338-8
- [6] STERINGA, J. *Bakalářská práce: Ochrana živých částí distribučních transformoven 22/0,4 kV*. Vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. 2006. 50 s.

Normy

- [7] ČSN EN 60529 Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)
- [8] ČSN IEC 417 (ČSN 34 5555) Elektrické předměty a zařízení. Značky nahrazující nápisy
- [9] ČSN 33 1500 Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení
- [10] ČSN 33 1610 Elektrické instalace budov - část 6-61: Revize - výchozí revize
- [11] ČSN 33 2000-4-41 Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - Část 4: Bezpečnost - Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- [12] ČSN 33 2000-4-41 ed.2 Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení Část 4: Bezpečnost - Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- [13] ČSN 33 2000-5-54 Elektrická zařízení, část 5: výběr a stavba elektrických zařízení, kapitola: 54: uzemnění a ochranné vodiče
- [14] ČSN 33 3201 Elektrické instalace nad AC 1 kV
- [15] ČSN 33 3220 Společná ustanovení pro elektrické stanice
- [16] ČSN 34 3100 Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních
- [17] ČSN EN 50 110-1 Obsluha a práce na elektrických zařízeních

- [18] ČSN EN 61140 Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení
- [19] PNE 33 0000-1 ed.3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny
- [20] PNE 33 0000-1 ed.4 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny
- [21] PNE 33 0000-6 Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektrické energie
- [22] PNE 34 3100 Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních
- [23] PNE 38 1981 Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy

Zákony a vyhlášky

- [24] Vyhláška 50/1978 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu
- [25] Vyhláška 324/1990 Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o bezpečnosti práce a technických zařízeních při stavebních pracích
- [26] Zákon 591/2006 Sb. Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích
- [27] Zákon 309/2006 Sb. kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)
- [28] Zákon 91/2006 Sb. Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích
- [29] Zákon 101/2005 Sb. (O podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí)
- [30] Zákon 378/2001 Nařízení vlády, kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí
- [31] Zákon 458/2000 Sb. (Energetický zákon)
- [32] Zákon 22/1997 Sb., Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

Internetové zdroje

- [33] Katalog produktů Betonbau s.r.o. <http://www.betonbau.cz/engine/index2.htm>
- [34] Katalog produktů Moeller s.r.o. <http://www.moeller.cz/sortiment.php?t=26>
- [35] Katalog produktů Siemens a.s.
<http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/products/Main/index.jet>
- [36] Sbírky zákonů, Ministerstvo vnitra ČR
<http://www.mvcr.cz/sbirka/index.html>

