



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

PROJEKTOVÁNÍ A DIMENZOVÁNÍ ELEKTROINSTALACÍ V PRŮMYSLOVÝCH OBJEKTECH

DESIGN OF ELECTRICAL INSTALLATIONS IN INDUSTRIAL BUILDINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Cabal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
TECHNICKÉ A KOMUNIKAČNÍCH
V BRNĚ TECHNOLOGIÍ

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**
Ústav elektroenergetiky

Student: Jan Cabal

ID: 98537

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Projektování a dimenzování elektroinstalací v průmyslových objektech

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Projektování elektroinstalací - základní termíny, požadavky, projektová dokumentace, ochrana před úrazem elektrickým proudem.
2. Související legislativa.
3. Dimenzování elektroinstalací.
4. Návrh elektroinstalace průmyslového objektu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., *předseda oborové rady*

Bibliografická citace práce:

CABAL, J. Projektování a dimenzování elektroinstalací v průmyslových objektech. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2016, 75 stran.

Jako autor uvedené diplomové (bakalářské) práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové (bakalářské) práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá projektováním a dimenzováním elektroinstalací v průmyslových objektech.

Teoretická část pojednává o problematice projektování a dimenzování elektroinstalací všeobecně pro všechny typy objektů. Jsou zde popsány základní termíny spojené s projektováním, požadavky na projekt a na projektanta, stupně a složení projektové dokumentace. Dále zmiňuje druhy ochrany před úrazem elektrickým proudem, související legislativní předpisy a požadavky a na závěr problematiku dimenzování a jištění elektroinstalací.

Praktická část obsahuje návrh elektroinstalace průmyslového objektu. Návrh se týká silnoproudých rozvodů pro napájení strojně - technologické části úpravny vody Zaječí, z hlediska dimenzování a jištění vedení, doplněn o technickou zprávu, dispoziční výkresy a návrh rozvaděče RM1.

KLÍČOVÁ SLOVA: Průmyslový objekt; projekt; projektant; ochrana před úrazem el. proudem; zákon; norma; pojistka; jistič; úpravna vody.

ABSTRACT

The thesis deals with planning and proportioning of electrical installations within industrial objects.

The theoretical part of the thesis looks into electrical installation planning and proportioning for all kinds of buildings. Basic terms related to projecting, project requirements, as well as the requirements on the designer, project documentation composition, and project documentation grades, are described. Furthermore, the text covers implementations of protection against electrical injuries, related legislative regulations and requirements, and finishes with the issues of electrical installations proportioning and protection.

The practical part of the thesis contains a design of electrical installations for an industrial object involving high power wiring for a mechanical – technological part of the Zaječí water treatment plant. In addition to wiring proportioning and protection, the design involves a technical report, layout drawing and distributor RM1 plan.

KEY WORDS: Industrial object; project; designer; protection against electrical injuries; law; standard; fuse; circuit breaker; water treatment plant.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

1 ÚVOD A CÍL PRÁCE	11
1.1 ÚVOD.....	11
1.2 CÍL PRÁCE	13
2 PROJEKTOVÁNÍ ELEKTROINSTALACÍ	14
2.1 VŠEOBECNÝ ÚVOD DO PROJEKTOVÁNÍ.....	14
2.1.1 PŘEHLED ČINNOSTÍ SPOJENÉ S PROJEKTOVÁNÍM	15
2.2 ZÁKLADNÍ TERMÍNY.....	16
2.2.1 PROJEKT	16
2.2.2 PROJEKTOVÁNÍ	16
2.2.3 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE.....	17
2.2.4 ZAKÁZKA.....	17
2.2.5 OBJEDNÁVKA.....	17
2.2.6 DODÁVKA A REALIZACE	17
2.3 POŽADAVKY NA PROJEKT A PROJEKTANTA	17
2.3.1 POŽADAVKY NA OPROJEKT ELEKTROINSTALACÍ.....	17
2.3.2 POŽADAVKY NA SAMOSTATNÉ PROJEKTOVÁNÍ	18
2.3.2.1 PROJEKTANT	18
2.3.2.2 OBECNÉ POŽADAVKY NA PROJEKTANTA	19
2.3.2.3 PŘEDPOKLADY PRO VÝNIK OPRÁVNĚNÍ	19
2.3.2.4 VYHLÁŠKA 50/78 SB.....	19
2.3.2.5 AUTORIZACE PRO PRJEKTOVÁNÍ	20
2.4 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE.....	22
2.4.1 STUDIE	22
2.4.2 DOKUMENTACE K ÚZEMNÍ ŘÍZENÍ-(DUR).....	22
2.4.3 DOKUMENTACE PRO VYDÁNÍ STAVEBNÍ POVOLENÍ-(DSP)	23
2.4.4 DOKUMENTACE PRO VÝBĚR ZHOTOVITELE-(DVZ)	23
2.4.5 DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY-(DPS).....	23
2.4.6 DOKUMENTACE SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ	24
2.4.7 PROTOKOL URČENÍ VNĚJŠÍC VLVIVŮ	24
2.5 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	25
2.5.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY Z HLEDISKA OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	25
2.5.2 DRUHY ROZVODNÝCH SÍTÍ	26
2.5.2.1 ZNAČENÍ SÍTÍ PODLE UZEMNĚNÍ.....	26
2.5.2.2 SÍŤ TN	26
2.5.2.3 SÍŤ TT.....	27
2.5.2.4 SÍŤ IT.....	28
2.5.3 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ Z HLEDISKA NEBEZPEČÍ ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	28
2.5.3.1 PROSTORY NORMÁLNÍ	28

2.5.3.2	PROSTORY NEBEZPEČNÉ	28
2.5.3.3	PROSTORY ZVLÁŠTĚ NEBEZPEČNÉ	29
2.5.3.4	DRUHY PROSTŘEDÍ	29
2.5.4	OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	31
2.5.4.1	PROSTŘEDKY ZÁKLADNÍ OCHRANY	31
2.5.4.2	ZÁKLADNÍ IZOLACE	31
2.5.4.3	PŘEPÁŽKY A KRYTY	31
2.5.4.4	PROSTŘEDKY OCHRANY PŘI PORUŠE	32
2.5.4.5	OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ	32
2.5.4.6	PROSTŘEDKY ZVÝŠENÉ OCHRANY	33
2.5.4.7	OCHRANNÁ OPATŘENÍ PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	34
2.5.4.8	AUTOMATICKÉ ODPOJENÍ OD ZROJE V SÍTI TN	34
2.5.5	KOORDINACE ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ A OCHRANNÝCH PROSTŘEDKŮ V ELEKTRICKÉ INSTALACI	36
2.5.5.1	TŘÍDY OCHRANY ZAŘÍZENÍ	36
3	LEGISLATIVA	37
3.1	183/2006Sb., STAVEBNÍ ZÁKON	37
3.2	458/2000Sb., ENERGETICKÝ ZÁKON	38
3.3	262/2006Sb., ZÁKONÍK PRÁCE	38
3.4	268/2009Sb., O TECHNICKÝCH POŽADAVCÍCH NA STAVBY	39
3.5	22/1997Sb., O TECHNICKÝCH POŽADAVCÍCH NA VÝROBKY	40
3.5.1	TECHNICKÉ NORMY ČSN	41
3.5.1.1	ÚPRAVA ČSN	41
3.5.1.2	ÚDAJE O NORMĚ	42
3.5.1.3	OZNAČOVÁNÍ NOREM	43
3.5.1.4	VYUŽÍVÁNÍ TECHNICKÝCH NOREM	44
4	DIMENZOVÁNÍ ELEKTROINSTALACÍ	46
4.1	DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ DLE DOVOLENÉ PROVOZNÍ TEPLoty (OTEPLENÍ)	46
4.1.1	CHARAKTERISTIKA VODIČE	46
4.1.1.1	DOVOLENÉ PROUDY VODIČŮ	47
4.1.2	CHARAKTERISTIKA PROVOZU	47
4.1.3	CHARAKTERISTIKA PROSTŘEDÍ	47
4.1.4	CHARAKTERISTIKA ULOŽENÍ	48
4.1.5	PŘÍKLAD VÝPOČTU PŘI DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ DLE DOVOLENÉ PROVOZNÍ TEPLoty	48
4.2	DIMENZOVÁNÍ PRŮŘEZŮ VODIČŮ Z HLEDISKA HOSPODÁRNOSTI	48
4.3	DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ PODLE MECHANICKÉ PEVNOSTI	49
4.4	DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ PODLE ÚBYTKU NAPĚTÍ	49
4.5	JIŠTĚNÍ VODIČŮ V SILNOPROUDÝCH ROZVODECH	50
4.5.1	DIMENZOVÁNÍ PODLE TEPELNÝCH ÚČINKŮ ZKRATOVÝCH PROUDŮ	53

5 NÁVRH ELEKTROINSTALACE PRŮMYSLOVÉHO OBJEKTU	55
5.1 ÚVOD – ÚPRAVA VODY ZAJEČÍ	55
5.2 VÝCHOZÍ PODKLADY	55
5.2.1 STROJNĚ-TECHNOLOGICKÉ PODKLADY	56
5.3 ROZSAH NÁVRHU ELEKTROINSTALACE	57
5.4 TECHNICKÁ ZPRÁVA	57
5.4.1 ÚVOD	57
5.4.2 POPIS	57
5.4.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	58
5.4.3.1 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE	58
5.4.3.2 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ STROJNĚ-TECHNOLOGICKÉ ELEKTROINSTALACE	58
5.5 PŘÍKLAD VÝPOČTU DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ VODIČŮ	59
5.5.1 POSTUP NÁVRHU	59
5.5.2 VÝPOČET PŘÍVODNÍCH KABELŮ	61
5.5.3 VÝPOČET PŘÍVODNÍHO KABELU K POHONU M3.01AB	64
6 ZÁVĚR	70
7 POUŽITÁ LITERATURA	71

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1</i> Postavení projektu v procesu výstavby[3].....	14
<i>Obr. 2-2</i> Síť TN-C-S[1].....	27
<i>Obr. 2-3</i> Síť TT	27
<i>Obr. 2-4</i> Síť IT	28
<i>Obr. 2-5</i> Přehled stupňů krytů EZ před vniknutím pevných těles a vody[12].....	32
<i>Obr. 2-6</i> Příklad ochranného uzemnění a pospojování v budově[1]	33
<i>Obr. 2-7</i> Princip automatického odpojení od zdroje v síti TN-C-S při poruše[1].....	35
<i>Obr. 4-1</i> Vypínací ampérsekundová charakteristika jističů[20].....	51
<i>Obr.4-2</i> Oteplovací charakteristika vodiče[18]	53
<i>Obr.4-3</i> Součinitelé pro tepelné účinky stejnosměrné a střídavé složky zkratového proudu[18].	54
<i>Obr. 5-1</i> Přehledové blokové schéma.....	57
<i>Obr. 5-2</i> Paprsek 1 z programu Sichr.....	60
<i>Obr. 5-3</i> Vypínací charakteristiky-paprsek 1 z programu Sichr.....	61
<i>Obr. 5-4</i> Vypínací charakteristiky-paprsek 1 z programu Sichr.....	67

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2-1 Meze bezpečných jmenovitých napětí v závislosti na prostorech[1]</i>	29
<i>Tab. 2-2 Typické příklady jednotlivých druhů prostředí[12]</i>	30
<i>Tab. 2-3 Specifikace jednotlivých druhů prostředí[12]</i>	30
<i>Tab. 2-4 Prostory s jednotlivými druhy prostředí[12]</i>	30
<i>Tab. 2-5 Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem[16]</i>	34
<i>Tab. 2-6 Maximální doby odpojení v síti TN pro koncové obvody[12]</i>	35
<i>Tab. 2-7 Značení tříd ochrany a připojení EZ k instalaci[1]</i>	36
<i>Tab. 4-1 Materiálové konstanty pro výpočet oteplení vodiče při zkratu[18]</i>	53
<i>Tab. 5-1 Seznam pohonů</i>	56
<i>Tab. 5-2 Přehled navrhovaných kabelů a jisticích přístrojů z programu Sichr</i>	68
<i>Tab. A. 1-1 Dovolené proudy vodičů s měděnými jádry[18]</i>	73
<i>Tab. A. 1-2 Přepočítací koeficienty proudové zatížitelnosti při seskupení několika vícežilových kabelů v jedné vrstvě na vzduchu – způsob uložení E (Tab. 41 z [18])</i>	74
<i>Tab. A. 1-3 Dovolené provozní a maximální teploty vodičů pro různé druhy izolace[18]</i>	75

1 ÚVOD A CÍL PRÁCE

1.1 Úvod

Za průmyslový objekt je považována provozovna plnící výhradně průmyslové účely, tzn. různé haly, závody, nikoliv kancelářské nebo obytné budovy. Jedná se např. o hutě, chemické nebo strojírenské provozovny apod. Většinou je napájený z vlastního transformátoru, podle důležitosti objektu jsou dodávky rozděleny do tří stupňů. V objektech 1. stupně musí být dodávka zajištěna za každých okolností, přerušení by mělo za následek ohrožení životů nebo velké národohospodářské škody. Ve 2. stupni mají být dodávky pokud možno zajištěny, při výpadku nehrozí ohrožení, jako v předchozím případě. 3. stupeň již nevyžaduje zajištění dodávky zvláštními opatřeními. Rozvod elektrické energie v průmyslovém objektu je proveden jako paprskový, průběžný, okružní, hřebenový, mřížový nebo dvoupaprskový. Elektrickými instalacemi průmyslových objektů se zabývá především norma ČSN 34 1610 z roku 1963.

Mezi hlavní požadavky na elektroinstalace patří bezpečnost, spolehlivost, přehlednost rozvodů, hospodárnost, přizpůsobivost rozvodů, vzhled, zamezení nepříznivých vlivů a rušení. Při projektování nesmí být opomenut komfort uživatele. Ten je zajištěn vhodným umístěním koncových prvků, kvalitou navrhovaných výrobků, ale také službami distribučních společností. V dnešní době jsou to především instalace inteligentních budov, zajišťující vysoký komfort. Jejich pořízení je podstatně nákladnější, než u klasické instalace.

Projekt je vlastně dílo, které slučuje (koordinuje) různé činnosti jednotlivých oborů, které se ve výstavbě vyskytují. Je důležitý podklad nejen pro samotné stavební práce, ale také podklad pro různé řízení a schvalovací procesy, které zahájení stavby předcházejí. Je vytvářen především autorizovanou osobou – projektantem, který ručí za správné vypracování projektu z množství hledisek. Např. je nutností zajistit vypracování z hlediska platných norem a zákonů, koordinace různých profesí, dále musí být zajištěna technická proveditelnost, bezpečnost osob (i zvířat) při provozu především elektrických instalací a v neposlední řadě instalace správně nadimenzovat (taktéž materiálově, cena, apod.). Z těchto důvodů musí mít projektant spoustu zkušeností a dovedností, v neposlední řadě také odpovídající vzdělání. Na samém počátku projekčních prací je nutnost získat výchozí podklady. Podklady projektant obdrží od samotného investora nebo jiného zadavatele. Je nutné znát požadavky, podrobné informace o technologiích a jejich parametrech, situaci projektované stavby apod.

Předložená bakalářská práce je složena ze dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část je rozložena do tří kapitol, které popisují základní termíny spojené s projektováním, požadavky na projektanta a projekt, členění a složení projektové dokumentace, týkající se projektu elektroinstalace. Důležitou součástí teoretické části je ochrana před úrazem elektrickým proudem. Dále jsou zmíněny a popsány nejdůležitější legislativní zákony související s projektovou činností a také normy ČSN, podle kterých musí být projekt elektroinstalace vytvořen či realizován. Závěr teoretické části tvoří kapitola, zabývající se dimenzováním a jištěním vodičů a pohonů z hlediska přetížení a zkratu.

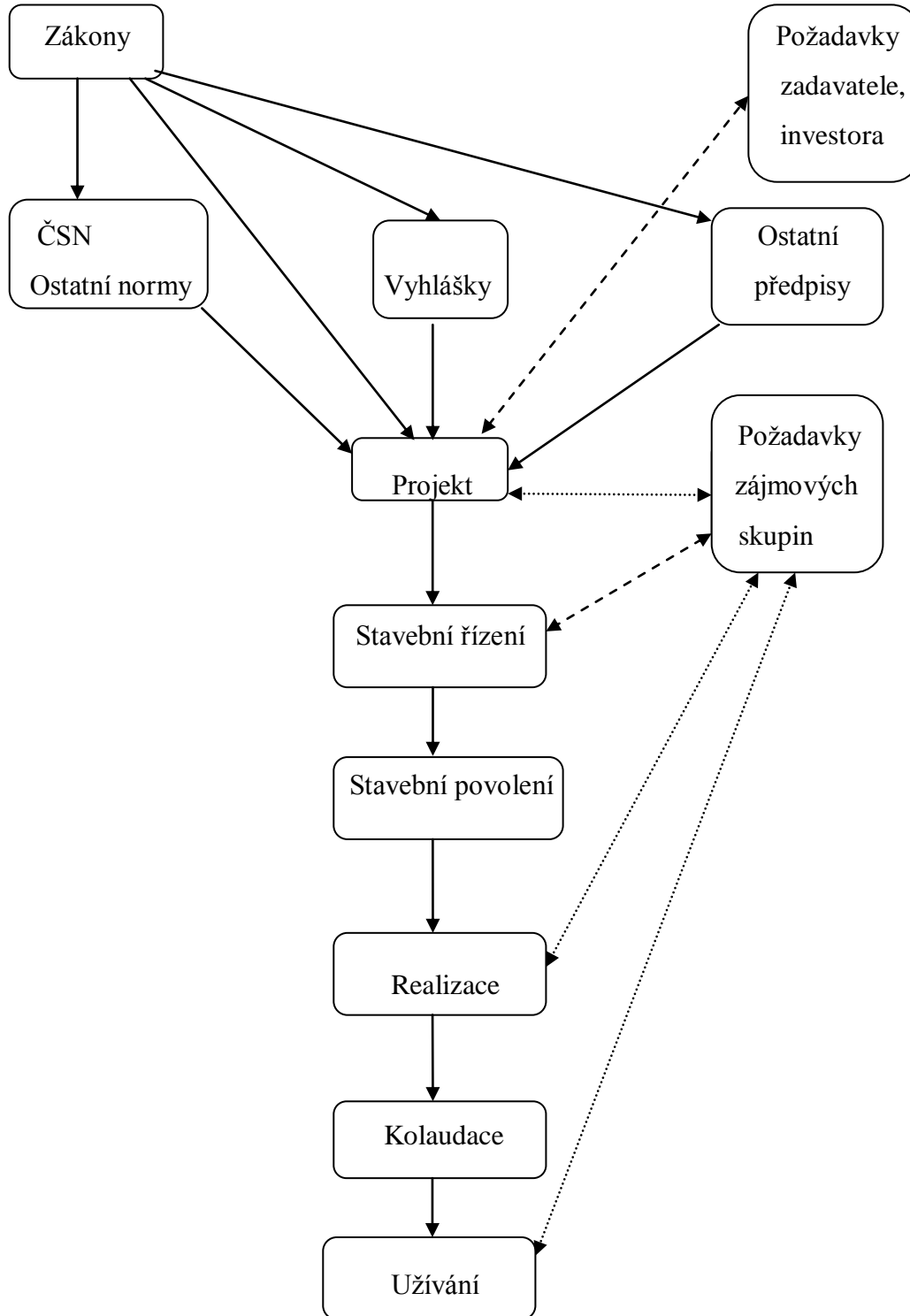
Praktická část je tvořena samotným návrhem elektroinstalace průmyslového objektu. Pro návrh byla vybrána strojně – technologická část úpravny vody Zaječí. Návrh obsahuje výchozí podklady, technickou zprávu, potřebné výstupy z výpočtového programu OEZ Sichr, příklady výpočtu vývodů. V přílohové části se nacházejí přehledy důležitých norem a vládních předpisů, tabulky potřebné k výpočtům. V elektronické příloze, z důvodu velkého rozsahu dispoziční výkresy navrhovaných kabelových tras s popisem uložení a typů kabelů vč. průřezů a návrh rozvaděče RM1.

1.2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce, jak již napovídá název, je seznámit s projektováním elektrických instalací. V práci budou objasněny základní termíny projekt, projektování, zakázka, projektová dokumentace, požadavky na samostatné projektování. Dále práce popisuje ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem, související legislativu a orientaci v normách ČSN, problematiku dimenzování a jištění proti přetížení a zkratu. Praktický návrh elektroinstalace je proveden jako dimenzování a jištění napájení strojně – technologické části (motorových rozvodů) vč. technické zprávy, návrhu rozvaděče RM1 a dispozičních výkresů úpravny vody Zaječí.

2 PROJEKTOVÁNÍ ELEKTROINSTALACÍ

2.1 Všeobecný úvod do projektování



Obr. 2-1 Postavení projektu v procesu výstavby[3]

2.1.1 Přehled činností spojené s projektováním

Přípravná a projektová dokumentace:

- Investiční záměr,
- projektový úkol,
- dokumentace pro územní rozhodnutí,
- dokumentace pro stavební povolení,
- zadávací dokumentace pro výběr dodavatele stavby,
- dokumentace pro povolení stavby (realizační dokumentace),
- dokumentace skutečného provedení stavby.

Provozní řád:

Skládá se z:

- havarijního plánu,
- manipulačního řádu.

Financování projektu:

- investor – sám z vlastních investičních prostředků,
- dtto – z vlastních prostředků + dotace z EU, + dotace z dotačních titulů MŽP, + dotace ze státního fondu životního prostředí (SFŽP),
- sdružená investice – spojení více poskytovatelů investičních prostředků, možnosti kombinace s uvedenými v bodě Dtto jsou také přípustné.

Projektové a průzkumné práce:

- geodetický průzkum,
- hydrogeologický průzkum (pro zdroj vody pro vodovod),
- stavební část (součástí je i statické posouzení a návrh konstrukční (železobeton)),
- strojně – technologická část: strojní část (součástí je elektro - silnoproud), technologická část (úprava vody, čisticí proces odpadních vod), měření a regulace (MaR), automatický systém řízení (ASŘ).

Geodetický a hydrogeologický průzkum si zajišťuje obvykle před rozhodnutím o přípravě investor sám.

Stavební a strojně – technologickou část zadává investor jednomu zhotoviteli, obvykle zpracovateli stavební části, který si v subdodávce najímá: strojaře, technologa – chemika (stanovuje procesy úpravy - čištění), specialistu na MaR, specialistu na ASŘ.

Byla by unikátní výjimka, kdyby jedna projekční firma měla vlastní zaměstnance všechny specialisty. Toto není v praxi žádoucí.

Dodavatelé (zhotovitelé) stavby:

- stavba se zadává (soutěží) dodavateli kompletní stavby,
- je možné zadat dílčí části (samostatně) různým dodavatelům, ale toto řešení se nepraktikuje, koordinace by zůstala na investorovi,

- dodavatel si dílčí části (pokud sám nemá k dispozici všechny potřebné profese) zadává u jiných specializovaných firem a je sám koordinátorem prací subdodavatelů (podzhotovitelů),
- na dodávku stavby je mezi investorem a dodavatelem sjednána smlouva.

Účastníci stavby (projektu):

- investor (zadává a finančně zajišťuje stavbu),
- stavební úřad (vydává územní rozhodnutí, stavební povolení, rozhodnutím uvádí stavbu do zkušebního provozu, kolauduje stavbu),
- poskytovatel dotace (EU, SFŽP, MŽP, MZE) pokud je využívána,
- správce stavby (stavební dozor) pokud se investor rozhodne tuto činnost zadat a nezajišťovat ji sám. Je to obvyklá praxe u náročných staveb,
- dodavatelé stavby,
- banka – v případě, že se investor rozhodne použít ke stavbě úvěr k překrytí finančních potřeb.

2.2 Základní termíny

2.2.1 Projekt

Obvykle hlavní produkt projektanta. Měl by být součástí každé dodávky, která obsahuje více dílčích prací, materiálů, výrobků či jiných dílů. Projekt stanovuje jakým způsobem se materiál, výrobky a jiné součásti uplatní jako celek, který je předmětem projektu a rovněž stanovuje postupy, které k tomu spojení vedou. Použití projektu má důvody hlavně z hlediska dodržení platných norem dále právní ochrana investora při komplikacích nebo dokonce haváriích při provozu, dostupnost informací o realizovaném dílu z důvodu případných oprav či úprav. Projekt bývá v podobě papírových výkresů a dokumentů. V dnešní době tvorby projektu na PC umožňuje celý projekt uchovávat a archivovat v paměti[2].

2.2.2 Projektování

Tvůrčí činnost, která vyžaduje kvalifikaci a řadu odborných znalostí. V elektrotechnice se jedná mnohdy o zodpovědnou práci, na které závisí nemalé finanční a majetkové hodnoty či dokonce lidské životy. Aby bylo projektování účelné a smysluplné, musí obsahovat a splňovat veškeré náležitosti, které se od této činnosti vyžadují. Jedná se tedy o soubor činností vedoucích k vytvoření hotového projektu. Patří sem zejména návrh řešení dané realizace tak, aby byla funkční a splňovala požadavky norem a předpisů, návrh pracovních postupů při vlastní realizaci zakázky a někdy i při samotném provozu díla. Dále pak tvorba výkresové a průvodní dokumentace na základě znalostí problematiky v daném oboru, rozpočtové a nákladové kalkulace, výměry prací, materiálu a dodávek apod. Při projektování musí být projektant schopen samostatně tvůrčí činnosti s využitím svých znalostí, dostupných informací a pokud možno nejnovějších poznatků o daném problému. Projektant přebírá i jistý díl zodpovědnosti za budoucí realizaci a fungování díla[2].

2.2.3 Projektová dokumentace

Jedná se o veškerou dokumentaci související s projektem, tedy o soubor papírově, elektronicky či jinak vyjádřených informací, popisující realizaci projektovaného díla. Součástí PD pak bývají obvykle výkresy, schémata, diagramy, průvodní zprávy a dokumenty, rozpočty, soupis materiálu, výkazy výměr a jiné. Pravidla tvorby PD vycházejí z norem a doporučení, které stanovují způsob vyjadřování technických informací. Dodržování norem má zde význam především ve sjednocení terminologie, schematických značek, kreslení schémat apod.[2].

2.2.4 Zakázka

Jedná se o ucelený soubor prováděných prací a dodávek materiálu a výrobků v rámci uzavřené investiční akce zpravidla pro jediného zákazníka. Zakázku objednává zákazník u dodavatele prostřednictvím objednávky. Mezi oběma stranami je poté sepsána a podepsána smlouva, která stanovuje pravidla plnění zakázky ze strany dodavatele. Dodavatel může do zakázky zapojit i jiné dodavatele nebo subdodavatele. Součástí zakázky bývá také projekt, který může tvořit samostatnou dílčí zakázku[2].

2.2.5 Objednávka

Většinou tvoří nedílnou součást zakázky a na jejím základě je zakázka přijímána ze strany dodavatele. Formou objednávky investor volí svého dodavatele. Může být písemná nebo ústní. Objednávka většího rozsahu a ceny by měla být písemná se všemi náležitostmi. Pokud se investor a dodavatel dohodou je uzavřena tzv. Smlouva o dílo[2].

2.2.6 Dodávka a realizace

Na základě navrženého projektu se přistupuje k dodávkám a realizaci projektovaného díla. Dodávka většinou znamená výměnu zboží a služeb mezi dodavatelem a objednavatelem, kde jsou předmětem výměny části sjednané v zakázce a uvedené v PD. Realizace znamená se stavení dílčích částí do celku dle projektu a to až do fáze konečné, kdy sestavené dílo plní očekávanou funkci. V rámci realizace se projekt stává skutečností a její průběh je na projektu závislý. Chyby v projektu znamenají chyby v realizaci. Zatím co chybu v PD lze jednoduše opravit, chyba v realizaci může mít vážné následky. V některých případech nelze vytvořit projekt, aby byla realizace proveditelná najednou. Realizace pak může znamenat celou řadu pozměňovacích prací, které by měly být dělány na základě změn v projektu. Jedině tak lze dodržet návaznost projekt – dodávka – realizace[2].

2.3 Požadavky na projekt a projektanta

2.3.1 Požadavky na projekt elektroinstalací

Již při projektování samotné stavby, je nutné brát v úvahu provedení pro realizaci elektroinstalací. Jedná se o umožnění provedení slaboproudých a silnoproudých rozvodu a jejich vývodu v místech, kde jsou požadovány. Tato bakalářská práce se zabývá především silnoproudými rozvody, které napájí elektrické pohony.

Při navrhování rozvodu je třeba brát ohled na velikost, počet a umístění zdrojů, na velikost a počet spotřebičů a také na důležitost napájených spotřebičů.

Elektrická instalace musí být navržena tak, aby byla zajištěna bezpečnost osob, hospodářských zvířat a majetku při zajištění správné funkce z hlediska určení zařízení. Z těchto důvodů je nutné brát v úvahu celou řadu faktorů, které splnění tohoto požadavku zajistí:

U zdrojů - je nutné znát hodnoty napájení a jejich odchylky, předpokládaný zkratový proud a impedanci proudové smyčky uzemnění při nadproudu. Návrh musí řešit i druh a počet vodičů pro AC i DC napájení.

Údaje o spotřebě - např. počet a druhy obvodu pro osvětlení, vytápění apod. Je nutné brát v úvahu místa, kde je požadován přívod energie, předpokládané zatížení v obvodech, změny zatížení, požadavky na řídicí, signalizační a další technologie.

Vnější vlivy - výrazně ovlivňují celou radu opatření, která je nutno realizovat v dané konkrétní instalaci.

Průřezy vodičů - musí být stanoveny ohledem na nejvyšší dovolené teploty, dovolený úbytek napětí, mechanickou ochranu, nejvyšší přípustnou impedanci smyčky a způsob provedení instalace.

Typy vodičů a způsob instalování - musí respektovat charakter jejich umístění, provedení zdí a jiných nosných prvků, přístupnost, napětí, mechanické účinky, elektromag. rušení a další vlivy působící v daném prostoru.

Ochranné přístroje - je nutné určit tak, aby byla zajištěna ochrana proti nadproudům, zemnímu spojení, přepětí, podpětí a ztráty napětí.

Nouzové vypínání - musí být zajištěno tam, kde je zapotřebí v případě nebezpečí zajistit okamžité odpojení od zdroje. Ovládací prvek musí být umístěn na viditelném místě a být účinně rychle ovladatelný.

Spínací přístroje - musí umožnit odpojení instalace, jednotlivých obvodu a zařízení tak, jak to vyžaduje provoz, údržba, zkoušení, opravy apod.

Ochrana před vzájemnými vlivy elektrických a neelektrických zařízení - musí být zajištěna tak, aby nedocházelo ke vzájemným škodlivým účinkům.

Přístupnost elektrických zařízení - se požaduje s ohledem na dostatečný prostor při montáži a následné potřebě výměny části zařízení, údržbu, opravy, prohlídky a revize[12].

2.3.2 Požadavky na samostatné projektování

2.3.2.1 Projektant

Projektant je osoba, která se zabývá projekční činností, projektováním. Náplní práce projektanta elektrických rozvodu a jiných elektrických zařízení je vytvářet projekty, které by byly realizovatelné, provozuschopné a při nejnižších pořizovacích nákladech byly zachovány pokud možno všechny optimální parametry. Z výše uvedeného je zřejmé, že projektování elektrických rozvodu a jiných elektrických zařízení patří mezi povolání, která kladou na pracovníky vysoké nároky zejména v oblasti odborné kvalifikace (teoretické znalosti i praktické zkušenosti), zodpovědnosti a schopnosti komunikace s investorem. V oblasti stavebnictví je blíže definována v zákoně č. 183/2006 Sb., kde je stanoveno, že se jedná o fyzickou osobu oprávněnou k projektové činnosti ve výstavbě.

Projektant zpracovává dokumentaci podle požadavku stavebního zákona, případně vykonává autorský dozor k ověření souladu prováděné stavby financované z veřejného rozpočtu s dokumentací. Na osobu projektanta je kladena rada požadavku vycházejících z elektrotechnických předpisů, elektrotechnické teorie i praxe.

2.3.2.2 Obecné požadavky na projektanta

Osoby, které hodlají vykonávat projekční činnost, by měly v první řadě splňovat obecné požadavky kladené na projektanta. Vzhledem k povaze projektování je třeba, aby byl projektant tělesně a duševně způsobilý k výkonu tohoto povolání a byl schopen nést zodpovědnost za projekt a jeho případné nedostatky. Dále by měl prokázat dostačující znalosti z oboru teoretické elektrotechniky. Uvádí se, že by tyto znalosti měly odpovídat alespoň stupni středního odborného vzdělání. Měl by se orientovat v základních elektrotechnických předpisech a v souvisejících zákonech, vyhláškách a vládních nařízeních. Také by měl mít praktické zkušenosti v oblasti projektování, popř. realizování elektromontážních prací[4, 5].

2.3.2.3 Předpoklady pro vznik oprávnění

Zákon č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon) stanovuje všechny všeobecné podmínky pro vznik a získání živnostenského oprávnění v oboru „Projektování elektrických zařízení“. Zákon požaduje odbornou způsobilost v elektrotechnice podmíněnou úspěšným složením zkoušek § 10 vyhlášky 50/1978.

V případě, že v souvislosti s projektováním elektrických zařízení je třeba projektovat i budovy a stavby, je nutné obor živnosti rozšířit na Projektovou činnost ve výstavbě (nutná autorizace v příslušném oboru podle zákona 360/1992 Sb. o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě).

Jako samostatný projektant může působit pouze osoba s příslušným vzděláním (zde elektrotechnického směru) a praxí určenou zvláštními předpisy. Na rozdíl od jiných kvalifikací, se zde neurčuje délka praxe v závislosti na výši vzdělání, to se ponechává na zaměstnateli a zvláštních předpisech. Pokud je vykonávána projektová činnost jako organizovaná, je nutné, aby byl ustanoven zodpovědný projektant, který splňuje podmínky stanovené zákonem[2].

2.3.2.4 Vyhláška 50/78 Sb.

Bezpečnost práce se řídí příslušnými normami a zákony. Každý elektrotechnik nebo pracovník vykonávající činnost na elektrickém zařízení, či rozvodu, musí mít platné zkoušky dle vyhlášky 50/78 Sb. Každé kvalifikaci přísluší určitý paragraf.

Přehled kvalifikace pracovníků dle vyhlášky 50/78Sb.:

- §3 – Pracovníci seznámení
- §4 – Pracovníci poučení
- §5 – Pracovníci znalí
- §6 – Pracovníci pro samostatnou činnost
- §7 – Pracovníci pro řízení činnosti
- §8 – Pracovníci pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu
- §9 – Pracovníci pro provádění revizí
- **§10 – Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování**

Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování jsou osoby mající odborné vzdělání a praxi určené zvláštními předpisy a kteří složili zkoušku ze znalostí předpisů souvisejících s projektováním. Danou zkoušku je povinna zajistit projektující organizace. Dále je povinna zajistit nejméně jednou za tři roky přezkoušení pracovníků pro samostatné projektování a pracovníků pro řízení projektování. Zkoušení popř. přezkoušení provádí tříčlenná zkušební komise, která je pověřena organizací.

Nejméně jeden člen této komise musí mít potřebnou kvalifikaci, § 8 nebo 9. Komise pořídí ze zkoušení nebo přezkoušení zápis, podepsaný všemi členy. O termínu a místě konání zkoušky uvědomí organizace příslušný orgán dozoru alespoň čtyři týdny před jejím konáním. Ve stejné lhůtě uvědomí i příslušný závod pro rozvod elektrické energie, půjde-li o pracovníky pro řízení projektování nebo pracovníky, kteří projektují elektrická odběrná zařízení určená pro přímé připojení zařízení veřejného rozvodu elektřiny[1, 2].

2.3.2.5 Autorizace pro projektování

Autorizaci jako oprávnění fyzických osob k výkonu odborných činností ve výstavbě upravuje zákon č. 360/1992 Sb. Autorizace představuje zvláštní podmínku provozování činnosti. Žadatel o autorizaci musí být občanem České republiky nebo státním příslušníkem členského státu Evropské Unie, plně způsobilý k právním úkonům, bezúhonný, mít požadované vzdělání, složit zkoušku odborné způsobilosti, vykonat odbornou praxi v předepsané délce a složit předepsaný slib. Cílem zkoušky odborné způsobilosti je ověřit u uchazeče odborné znalosti a dále znalosti platných právních předpisů týkajících se příslušných odborných činností[6].

Obory a specializace

Autorizace se podle zákona č. 360/1992 Sb. uděluje pro konkrétní obory a specializace, které odpovídají studijním oborům. Pro oblast elektro jsou nejpodstatnější následující obory - pozemní stavby, dopravní stavby, technika prostředí staveb a technologická zařízení staveb. Autorizaci uděluje po splnění výše uvedených podmínek Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (CKAIT). Tato právnická osoba představuje veřejnoprávní stavovskou organizaci, která existuje již od roku 1992 a v současnosti sdružuje více než 27 000 autorizovaných osob. Komora vydá elektroprojektantovi zároveň s osvědčením o autorizaci také razítko se státním znakem České republiky[6, 9].

Působnost autorizovaných osob

Autorizovanými osobami jsou ve smyslu zákona č. 360/1992 Sb. autorizovaný inženýr a autorizovaný technik.

Autorizovaný inženýr

Zákon č. 360/1992 Sb. stanoví, které odborné činnosti v rozsahu svého oboru či specializace je oprávněn autorizovaný inženýr provádět. Patří mezi ně tyto činnosti[4, 6, 9]:

- vypracovávat dokumentaci pro vydání územního rozhodnutí a projektovou dokumentaci staveb (včetně příslušných územně plánovacích podkladů) s výjimkou tech. pozemních staveb, které jsou zvláštním předpisem, územním plánem nebo rozhodnutím orgánu územního plánování označeny za architektonicky nebo urbanisticky významné; tato výjimka se nedotýká uzavírání závazkových vztahů podle obecných právních předpisů,

- podílet se na vypracování projektové dokumentace podzemních staveb, které jsou zvláštním předpisem, územním plánem nebo rozhodnutím orgánu územního plánování označeny za architektonicky nebo urbanisticky významné a které jsou vypracované autorizovaným architektem,
- vypracovávat územně plánovací podklady a příslušné části územně plánovací dokumentace,
- provádět statické a dynamické výpočty staveb,
- provádět stavebně technické nebo inženýrské průzkumy,
- provádět zkoušení a diagnostiku staveb, pokud zvláštní předpis nestanoví jinak,
- vydávat odborná stanoviska, zpracovávat dokumentaci, posudky pro dílčí hodnocení vlivu staveb na životní prostředí, a to i pro účely řízení před státními orgány,
- vést realizaci stavby,
- provádět geodetická měření pro projektovou činnost a vytyčovací práce, pokud zvláštní předpisy nestanoví jinak,
- provádět autorský nebo technický dozor nad realizací stavby,
- zastupovat stavebníky, popř. navrhovatele na podkladě zmocnění při územním, stavebním nebo kolaudačním řízení,
- vykonávat v orgánech státní správy odborné funkce na úseku stavebního řádu nebo územního plánování, pokud zvláštní předpis nestanoví jinak.

Autorizovaný technik

Je v rozsahu oboru, popř. specializace, pro kterou mu byla udělena autorizace, oprávněna vykonávat tyto vybrané a další odborné činnosti[4, 6, 9]:

- vypracování příslušné dílčí části projektové dokumentace,
- podílet se na vypracování projektové dokumentace zpracované autorizovaným architektem nebo autorizovaným inženýrem,
- provádět stavebně - technické průzkumy,
- vést realizaci stavby,
- provádět autorský nebo technický dozor nad realizací stavby,
- řídit příslušné odborné stavební a montážní práce,
- zastupovat stavebníka na podkladě zmocnění při stavebním nebo kolaudačním řízení,
- vykonávat odborné funkce.

Zásadní rozdíl mezi autorizovaným inženýrem a technikem spočívá v tom, že autorizovaný inženýr je oprávněn samostatně vykonávat vybrané a další odborné činnosti v rozsahu odboru, pro který mu byla udělena autorizace. Autorizovaný technik se může pouze podílet nebo vypracovávat dílčí části projektové dokumentace v rozsahu svého oboru. Osoby bez autorizace mohou vykonávat ostatní činnosti, např. přípravu projektové dokumentace[4, 10].

Zákon č. 360/1992 Sb. též stanovuje požadavky na odborné vzdělání v elektrotechnickém směru a minimální délku odborné praxe pro jednotlivé druhy autorizace. U autorizovaného inženýra je požadováno absolvování VŠ a 3 roky praxe, respektive 5 let praxe u Bc. absolventa. U autorizovaného technika je požadováno VŠ vzdělání a 3 roky praxe, v případě SŠ vzdělání 5 let praxe[6].

2.4 Projektová dokumentace

Složením a obsahem projektové dokumentace se zabývá prováděcí vyhláška stavebního zákona č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. V roce 2013 byla přijata novela této vyhlášky (č. 62/2013 Sb.), která nabyla účinnosti dne 15. 3. 2013 a významně změnila dosavadní právní úpravu dokumentace pro stavební řízení. Došlo ke změnám v názvech stupňů dokumentace, jejich náplni i rozsahu. Nyní je třeba při tvorbě dokumentace již zachovávat členění a značení do odstavců dle této nové vyhlášky.

Na základě rozpaků a nejasností, které tato vyhláška v praxi vzbuzuje, bylo vytvořeno ve spolupráci z ČKAIT a CSSI devět výkonových fází projektových prací.

Z pohledu projektanta silnoproudých rozvodů jsou podstatné tyto stupně PD[14]:

- studie,
- dokumentace pro územní řízení (nově dokumentace k územnímu řízení DUR),
- dokumentace pro stavební povolení (nově dokumentace pro vydání stavebního povolení DSP),
- dokumentace pro výběr zhotovitele,
- dokumentace pro provedení stavby (nově pro provádění stavby DPS),
- dokumentace skutečného provedení.

Obecně, každý stupeň je propracovanější variantou předchozího stupně. V průběhu tvorby PD dochází k upřesňování požadavků kladených na všechny profese, ale i na stavbu jako celek. Jedná se o obecné úvahy o funkci daného objektu až po konkrétní požadavky na napojení na silnoproudé rozvody od konkrétních technologických celků[14].

2.4.1 Studie

Jedná se o první fázi, kde investora především zajímá, jak bude jeho investiční záměr technicky řešen a jak budou jednotlivé varianty finančně nákladné. Projektant uvede možné varianty řešení, stanoví rozsah prací, průzkumu a specifikuje koordinace s jinými profesemi. Z pohledu projektanta silnoproudu je zde vypracována pouze technická zpráva, která obsahuje údaje o místě napojení, energetickou bilanci, popis různých zvláštností a jejich možné řešení[14].

2.4.2 Dokumentace k územní řízení - (DUR)

Vychází z předem vytvořené studie. Zde je nutné specifikovat podmínky zajištění napájení el. en., z důvodu prostorových nároku, např. umístění rozveden, trafostanic, záložních zdrojů. Jsou zde vedena jednání s úřady a dotčenými osobami a organizacemi, je nutné vyjádření těchto veřejnoprávních orgánů, které musí být součástí tohoto stupně PD. Technická zpráva obsahuje opět energetickou bilanci a popis navrženého řešení. Ve zprávě by měl být uvedený způsob

projednání s dotčenými orgány (viz výše). Výkresová část obsahuje především situaci stávajících a nově navrhovaných sítí a napájecích bodů (koordinační situace), sloužící jako podklad pro řešení vzájemných vztahů jednotlivých sítí a zajištění jejich ochranných pásem[14].

2.4.3 Dokumentace pro vydání stavební povolení - (DSP)

Jedná se opět o propracovanější formu výsledku předchozího stupně tak, aby mohla být podána žádost na stavební úřad. Na rozsah tohoto stupně PD se vztahuje vyhláška č. 499/2006 Sb. Projednávání s některými orgány je nutné absolvovat znovu a doložit splnění podmínek a připomínek, které se vyskytly a byly uplatňovány při územním řízení. Textová část obsahuje zadání, soupis podkladu (architektonické řešení, technický průzkum, podklady od specialistů, konzultace apod.), návrh řešení a popis provedení. Součástí technické zprávy je zde protokol určení vnějších vlivů. Výkresová část obsahuje (kromě situací) výkresy půdorysného řešení v měřítku 1:100. Z těchto výkresů by mělo být patrné např. umístění přípojkových skříní, rozmístění rozvaděčů, stoupacích vedení a hlavních kabelových tras. Z hlediska koordinace PD je vhodné uvádět dimenzování jednotlivých zařízení a systému. Výkresy dále obvykle obsahují pozice technologických celků a případných atypických případů, jež budou napájeny el. en. V místnostech je vhodné navrhnout počty koncových prvků (zásuvky, vypínače) bez přesné pozice (záleží na domluvě s investorem). Počty svítidel podpořit udáním světelné intenzity, na níž byl návrh osvětlovací soustavy proveden[14].

2.4.4 Dokumentace pro výběr zhotovitele - (DVZ)

Slouží jako podklad pro výběrová řízení. Tato PD má obsahovat souhrn údajů a informací, nutných ke tvorbě adekvátní nabídky potenciálního dodavatele (spec. zař., jejich počet, tech. parametry apod.). Je v podstatě podobná s dokumentací pro stavební povolení, zde je nutné věnovat pozornost tvorbě výkazu výměr. Nesmí být opomenuto nic, co by mohlo mít dopad na kalkulace případných dodavatelů[14].

2.4.5 Dokumentace pro provádění stavby - (DPS)

Jedná se o nejpropracovanější variantu projektu v průběhu příprav stavby. Požadavky na kvalitu, vlastnosti stavby a instalovaných zařízení jsou zde již jednoznačně určeny. Většinou jsou známi dodavatelé jednotlivých technologických celků, kteří stanoví konkrétní požadavky na napájení el. en., resp. ovládání. Rozsah PD v tomto stupni je opět jednoznačně určen vyhláškou 499/2006 Sb.

Technická zpráva musí obsahovat: základní technické údaje elektroinstalace (napájecí napěťová soustava, způsob ochrany před úrazem el. proudem, určení vnějších vlivů, energetickou bilanci rozdělenou na jednotlivé druhy spotřebičů a druhy sítí včetně instalovaného a soudobého příkonu, způsob měření el. en., případné technické řešení kompenzace, předpokládanou roční spotřebu elektrické energie na základe provozních hodin, způsob technického řešení napájecích obvodů od napojení na rozvodnou síť (rozvody k hlavnímu a podružným rozvaděčům a instalovaným zařízením a spotřebičům), způsob řešení náhradních zdrojů včetně zálohovaných rozvodů, popis technického řešení osvětlovací soustavy včetně ovládání, zásuvkových okruhů, napojení vzduchotechniky, chlazení, topných systému, zdravotní techniky a požárních systému na el. en. včetně případného způsobu ovládání systémem MaR, připojení požárních systému, el. požární signalizace (EPS), elektrické zabezpečovací signalizace (EVS), kamerového systému (CCTV), měření a regulace (MaR) a jejich koordinace se silnoproudými zařízeními, napojení technologických celků (výtahy, slaboproudé systémy apod.), zásob uložení kabelového nebo

jiného vedení vůči stavebním konstrukcím, popis způsobu a provedení uzemnění a hromosvodu včetně uzemňovací soustavy).

Součástí technické zprávy je i seznam použitých norem a podle kterých je i nutné provádět montáž.

Výkresová část se skládá z těchto výkresů:

- silnoproudé rozvody a zařízení zakreslené do půdorysu v doporučeném měřítku 1:50, v případě větších půdorysu v měřítku 1:100,
- schémata rozvaděčů v provedení jednopólovém, jsou-li obsaženy pomocné obvody, tak včetně liniových schémat,
- celkové blokové schéma hlavních napájecích rozvodu, doplněné o základní technické údaje o instalovaném soudobém příkonu pro jednotlivé rozvaděče, dimenzování vedení a zkratové údaje na jednotlivých rozvaděčích.

Součástí výkresové části u staveb, které obsahují vazby na ostatní profese (MaR, EPS apod.), může být rovněž blokové schéma pomocných ovládacích a signalizačních kabelů[14].

2.4.6 Dokumentace skutečného provedení

U rozsáhlejších staveb bývá na přání investora zpracován projekt, který obsahuje zakreslení reálného stavu (včetně změn, ke kterým došlo v průběhu stavby). Tato dokumentace výrazně usnadňuje opravy, revize a rekonstrukce v průběhu užívání daného objektu. PD je vydána v rozsahu stupně pro provádění stavby (DPS). Kromě místního technického průzkumu samotného projektanta je nezbytně nutná precizní součinnost prováděcí (dodavatelské) firmy[14].

2.4.7 Protokol určení vnějších vlivů

Je součástí technické zprávy a obsahuje například údaje o teplotě okolí, vlhkosti vzduchu, prašnosti, výskytu vody, o konstrukci budov, ale také hlavně o prostorách z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem apod. Je jedním z výchozích dokumentů projektanta i revizní technika. Je stanoven odbornou komisí, kterou tvoří minimálně tři členové. Tento protokol jakožto součást dokumentace musí být po dobu životnosti zařízení, provozu či objektu archivována.

Značení vnějších vlivů je pomocí dvou písmen a čísla.

První písmeno vyjadřují kategorii vnějších vlivů (A-C):

A – vnější činitel prostředí (sluneční záření, mechanické namáhání, teplota okolí, ...)

B – využití objektů (vlastnost osob – duševní, pohybové, el. odpor těla,...)

C – konstrukce budov (použitý materiál a dekorace, provedení budovy, fixace k okolí).

Druhé písmeno vyjadřuje povahu vnějších vlivů (A-Z):

A – teplota

B – atmosférické podmínky

C – nadmořská výška

D – výskyt vody,

...

Číslice na třetím místě označuje třídu vlivu, blíže specifikuje upřesnění vlivu. Určuje sílu nebo rozsahy působení každého z vlivů, pouze výjimečně slouží k rozlišení původu vlivu.

Jelikož je problematika vnějších vlivů a jejich určování poměrně rozsáhlá, z důvodu možných kombinací těchto vlivů, řeší ji normy ČSN 33 2000-1 ed. 2 a 33 2000-5-51 ed. 3 a také je rozebírána v odborné literatuře např. „Karel Dvořáček – Příručka pro zkoušky projektantů elektrických instalací“ [1].

2.5 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Bezpečnost elektrických instalací je zajištěna správným návrhem a po té revizemi ochran před úrazem elektrickým proudem. Jedná se o nejdůležitější požadavek provozů, ale také vlastnost elektrických instalací a nelze ji při návrzích, provozováních za žádných okolností zanedbat či opomenout. Elektrické instalace nesmí ohrožovat za stanovených podmínek provozu lidské zdraví, zvířata, majetek a okolí nebezpečným elektrickým proudem, napětím a jevy vyvolanými účinky elektřiny. Neodborně navržená či provedená instalace může znamenat nebezpečí v podobě vzniku požárů nebo i smrtelné úrazy. Úraz elektrickým proudem bývá častým typem poranění při neopatrných manipulacích s EZ, neuvážených zásazích do rozvodů např. laiky apod. Proto je důležité těmto úrazům zabránit pomocí ochranných prostředků (prvků ochranných opatření) a ochranných opatření uvedených v normě ČSN EN 61140 ed. 2 s požadavky ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 pro instalace ve výstavbách.

Při návrzích elektrických instalací z hlediska ochran před úrazem elektrickým proudem musí být uplatněno pravidlo:

Nebezpečné živé části nesmí být přístupné a přístupné vodivé části nesmí být nebezpečné živé[1]:

- ani za normálních podmínek (normální stav),
- ani za podmínek jedné poruchy (poruchový stav).

2.5.1 Základní požadavky z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem

Elektrická instalace musí být projektována a provedena tak, aby splňovala požadavky na bezpečnost osob, majetku a životního prostředí. Elektrická instalace je sestavena z elektrických předmětů (vypínače, přepínače, zásuvky, svítidla, spotřebiče), které musí být bezpečnými výrobky.

Ochrana může být provedena[16]:

- zabráněním možnosti dotyku zneprístupněním živých částí při normální činnosti EZ,

- zabráněním průtoku či omezením doby trvání průtoku proudu tělem při nepřímém dotyku v případě poruchy EZ,
- omezením napětí nebo proudu zdroje.

2.5.2 Druhy rozvodných sítí

2.5.2.1 Značení sítí podle uzemnění[1].

První písmeno – uzemnění zdroje:

- T: terre – země (uzel zdroje je bezprostředně spojen se zemí),
- I: isolation, insulation – izolace (uzel zdroje je od země izolován nebo je spojen se zemí přes velkou impedanci (např. Petersenova zhášecí tlumivka)).

Druhé písmeno – způsob ochrany neživých částí:

- T: (neživé části jsou spojeny se zemí ochranným vodičem (jsou uzemněny)),
- N: neutre, neutral – neutrální, nulový (neživé části jsou ochranným vodičem spojeny s uzlem zdroje).

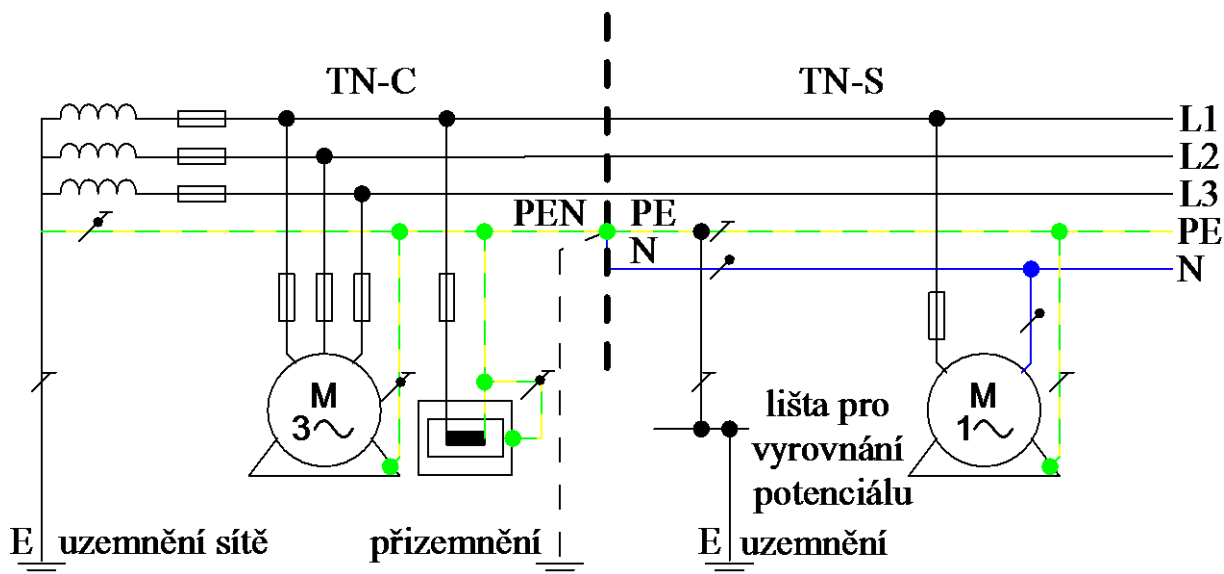
Třetí, popř. čtvrté písmeno – uspořádání ochranného a nulového vodiče:

- C: combiné, combined – kombinovaný, sloučený (funkce ochranného vodiče PE a nulového vodiče N je sloučena v jediném vodiči PEN),
- S: séparé, separated – oddělený, separovaný (ochranný vodič PE je veden odděleně od vodiče nulového N).

2.5.2.2 Síť TN

Síť TN s modifikacemi TN-C a TN-S je nejběžnější v ČR. Síť má jeden bod uzemněný a neživé části jsou spojeny s tímto bodem vodiči PEN (funkce ochranného a nulového vodiče je sloučena - TN-C) nebo PE + N (ochranný a nulový vodič oddělený - TN-S).

Princip automatického odpojení od zdroje v síti TN při poruše (dříve nulování) je podrobněji popsán v oddíle 2.5.4.8[1].

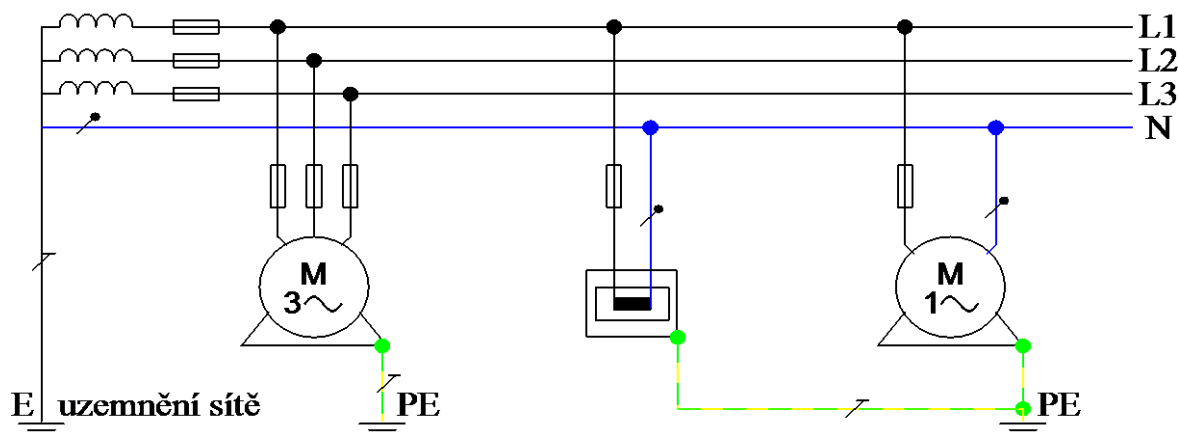


Obr. 2-2 Síť TN-C-S[1].

V provedení TN-C-S je v části sítě funkce ochranného a nulového vodiče sloučena do jednoho vodiče PEN a v další části jsou odděleny na PE a N. Místo rozdělení sítě (nesmí být přímo přípojnice hlavního pospojování) má být přizemněno, z důvodu snížení nebezpečného napětí pod mez dovolených dotykových napětí na neživých částech, při přerušení PEN vodiče, před místem rozdělení sítě. Místa rozdělení sítě bývají nejčastěji v hlavních rozvaděcích za přípojnici hlavního pospojování nebo v bytových rozvodnicích u bytových objektů. Taktéž slouží k přizemnění místa rozdělení, z důvodu již zmíněného. Vodiče PE a N se již nesmí za tímto místem spojit[1].

2.5.2.3 Síť TT

Síť TT má jeden bod uzemněný a neživé části jsou zde připojené na nezávislé zemniče s uzemněním sítě. U této sítě se musí pospojovat a připojit neživé části EZ na společný zemnič, jsou-li jištěné stejným ochranným přístrojem. Ochranným přístrojem je v této síti upřednostňován proudový chránič. Poruchový proud zde uzavírá smyčku mezi zemničem neživé části EZ a zemničem sítě (zemní spojení)[1].

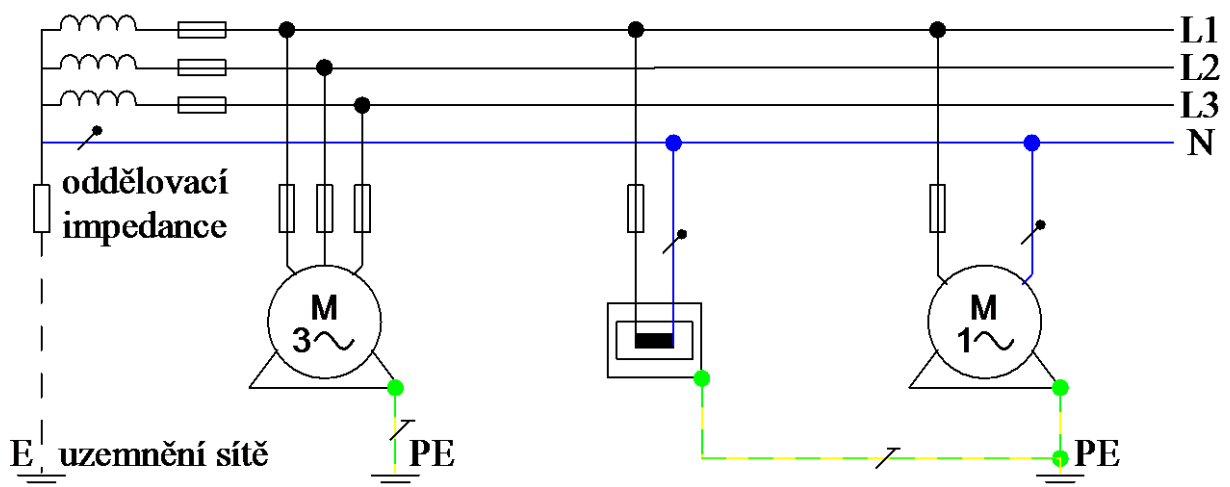


Obr. 2-3 Síť TT

2.5.2.4 Síť IT

Síť IT má všechny živé části izolovány od země nebo může mít jeden bod spojený se zemí přes velkou impedanci. Neživé části jsou uzemněny jednotlivě nebo po skupinách. Používají se tam, kde je požadavek na kontinuitu napájení, kde je nežádoucí automatické odpojení při první poruše. Jedná se např. o přenosové sítě VN, VVN.

- první porucha: poruchový proud je velmi malý a proto se vypnutí nepožaduje, nedojde k vytvoření nebezpečného dotykového napětí, porucha musí být však signalizována např. hlídačem izolačního stavu,
- druhá porucha: nastane-li druhá porucha, které předchází první porucha na jiné živé části, musí dojít k automatickému odpojení vadné části sítě[1].



Obr. 2-4 Síť IT

2.5.3 Rozdělení prostorů z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem

S ohledem na vnější vlivy a jejich působení se prostory dělí na[16]:

- prostory normální,
- prostory nebezpečné,
- prostory zvlášť nebezpečné.

2.5.3.1 Prostory normální

Jsou takové, v nichž používání elektrického zařízení je považováno za bezpečné, protože působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Jde například o běžné obytné prostory[16].

2.5.3.2 Prostory nebezpečné

Jsou takové, kde působením vnějších vlivů je stálé nebo přechodné nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Jde například o venkovní prostory nechráněné před atmosférickými vlivy, prostory v průmyslu, prostory s mechanickými rázy a vibracemi, prostory s cizími vodivými částmi, nemocniční a pečovatelská zařízení[16].

2.5.3.3 Prostory zvlášť nebezpečné

Jsou takové, ve kterých působením vnějších vlivů či zvláštních okolností nebo jejich kombinací nastává zvýšené nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Jde například o prostory s kondenzující či stříkající vodou, prostory s korozivně působícími látkami, prostory těžkého průmyslu s vibracemi, zvláštní zdravotnické prostory, prostory s nebezpečím požáru, zemědělské objekty s ustájeným dobyt看em[16].

Přehled vnějších vlivů působících v jednotlivých prostorech je uveden v normě ČSN 33 2000-5-51 ed. 3.

Tab. 2-1 uvádí bezpečné hodnoty dotykových napětí v jednotlivých prostorech[1].

Tab. 2-1 Meze bezpečných jmenovitých napětí v závislosti na prostorech[1].

Prostory	Dotyk	Nejvyšší bezpečná malá napětí živých částí [V]	
		Střídavá	Stejnoseměrná
Normální i nebezpečné	Přímý	25	60
	Nepřímý	50	120
Zvlášť nebezpečné	Přímý	-	-
	Nepřímý	12	25 (30)

2.5.3.4 Druhy prostředí

Z hlediska vzájemného působení se prostředí rozdělují na[12]:

- obyčejná - prostředí, která nemají vliv na předpokládanou životnost a spolehlivost el. zařízení a na která el. zařízení nepříznivě nepůsobí,
- aktivní - prostředí ohrožující bezpečný chod nebo životnost zařízení např. chladem, teplem vlhkem, vodou apod.,
- pasivní - prostředí ohrožovaná el. zařízení. Dělí se na:
 - prostředí s nebezpečím požáru,
 - prostředí s nebezpečím výbuchu.

Z hlediska počtu vlivu se dělí na:

- jednoduchá - s jedním druhem vlivu,
- složitá - s vlivy několika jednoduchých prostředí působících současně nebo postupně.

Tab. 2-2 Typické příklady jednotlivých druhů prostředí[12].

pasivní	pasivní složitá	aktivní	aktivní složitá
s nebezpečím požáru hmot	doly	studené (pod -10°C)	venkovní
s nebezpečím požáru hořlavých prachů		horké (nad 35°C)	pod přístřeškem
s nebezpečím požáru hořlavých kapalin		vlhké	se ztíženými klimatickými podmínkami
s nebezpečím výbuchu		mokrě	
		korosivní	

Tab. 2-3 Specifikace jednotlivých druhů prostředí[12].

prostředí základní (vnitřní prostory)	prostředí normální (vnitřní prostory)
teplota vzduchu od -5°C do 35°C	teplota vzduchu od -10°C do +40°C
relativní vlhkost pod 80%	relativní vlhkost max. 95%
	nejvyšší změna teploty za 8 hod. 20°C

Tab. 2-4 Prostory s jednotlivými druhy prostředí[12].

bezpečné	nebezpečné	zvláště nebezpečné
s prostředím: obyčejným	s prostředím: horkým	prostory, ve kterých zvláštní okolnosti nebo vlivy prostředí zvyšují nebezpečí úrazu. Jde zejména o prostory s mokrým prostředím.
studeným	vlhkým	
s nevodivým nehořlavým prachem	s vodivým prachem	
	žiravým	
	venkovním	

Prostředí určuje v provozu provozovatel, u projektovaných zařízení projektová organizace. Protokol o určení prostředí je součástí dokladové části dokumentace a musí být archivován po celou dobu životnosti zařízení. Stanovení prostředí má významný dopad do oblasti předpisu pro ochranu před nebezpečným dotykovým napětím[12].

2.5.4 Ochrany před úrazem elektrickým proudem

Z důvodu nejběžnějšího využití ochranných opatření automatického odpojení od zdroje v síti TN a ochrany dvojitou nebo zesílenou izolací v bytových a průmyslových výstavbách se bude práce podrobněji zabývat těmito ochrannými opatřeními a jejich prostředky základních ochran, ochran při poruše a zvýšené ochrany. Ostatní prostředky a opatření budou pouze zmíněny, jejich specifikace jsou uvedeny ve výše uvedených normách[1].

Ochrana před úrazem je provedena jako[1]:

- základní (za normálních podmínek, ochrana před nebezpečným dotykem živých částí),
- při poruše (ochrana při jedné poruše, ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí),
- zvýšená (současně zajišťuje ochranu základní (za normálních podmínek) i při jedné poruše).

2.5.4.1 Prostředky základní ochrany

Základní ochrana se za normálních podmínek zajišťuje[12]:

- základní izolací,
- přepážkami,
- kryty.

V instalacích přístupných osobám znalým nebo poučeným a osobám pracujícím pod dozorem navíc[12]:

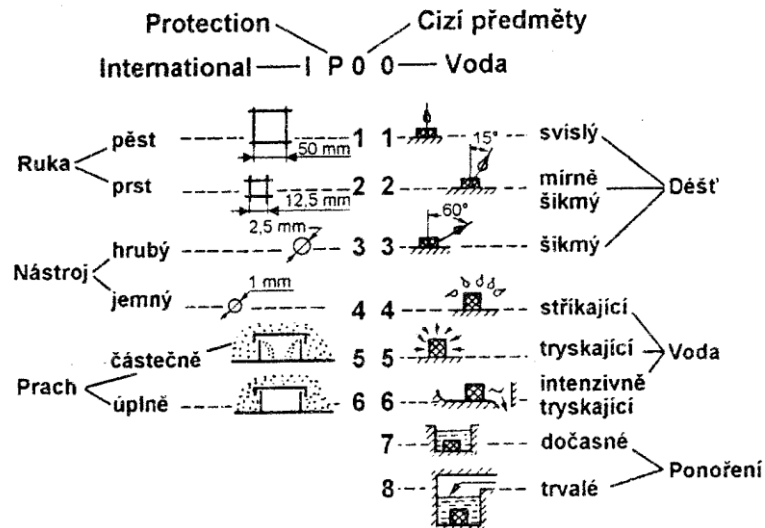
- zábranou,
- polohou.

2.5.4.2 Základní izolace

Základní izolace musí zabránit dotyku s živou částí a to tak, že ji zcela pokrývá a lze odstranit pouze jejím zničením. Provedení izolace u zařízení musí vyhovovat požadavkům příslušných norem pro EZ. Musí odolat různým druhům namáhání např. chemickému, mechanickému či tepelnému[12].

2.5.4.3 Přepážky a kryty

Přepážky a kryty stejně jako základní izolace zabraňují dotyku s živou částí. Živé části musí být za přepážkou nebo uzavřeny v krytu s minimálním krytím IP 2X (zabránění vniku prstu, alespoň jedna ze stran otvoru max. 12,5 mm), vodorovná (horní) část přepážky nebo krytu min. IP 4X (zabránění vniknutí jemného nástroje Ø 1 mm). Přepážky a kryty musí být připevněny a jejich sejmutí je možné pouze nástrojem nebo klíčem[12].



Obr. 2-5 Přehled stupňů krytů EZ před vniknutím pevných těles a vody[12]

2.5.4.4 Prostředky ochrany při poruše

Ochrana při jedné poruše se zajišťuje[12].:

- ochranným pospojováním,
- automatickým odpojením.

V instalacích přístupných osobám znalým nebo poučeným a osobám pracujícím pod dozorem navíc[12]:

- nevodivým okolím,
- neuzemněným pospojováním,
- elektrickým oddělením pro napájení více než jednoho spotřebiče.

Ochrana automatickým odpojením je popsána v oddíle 2.5.4.8.

2.5.4.5 Ochranné pospojování

Pospojováním všech neživých a cizích vodivých částí se zabrání rozdílného potenciálu, a tím se sníží hodnota možného nebezpečného dotykového napětí.

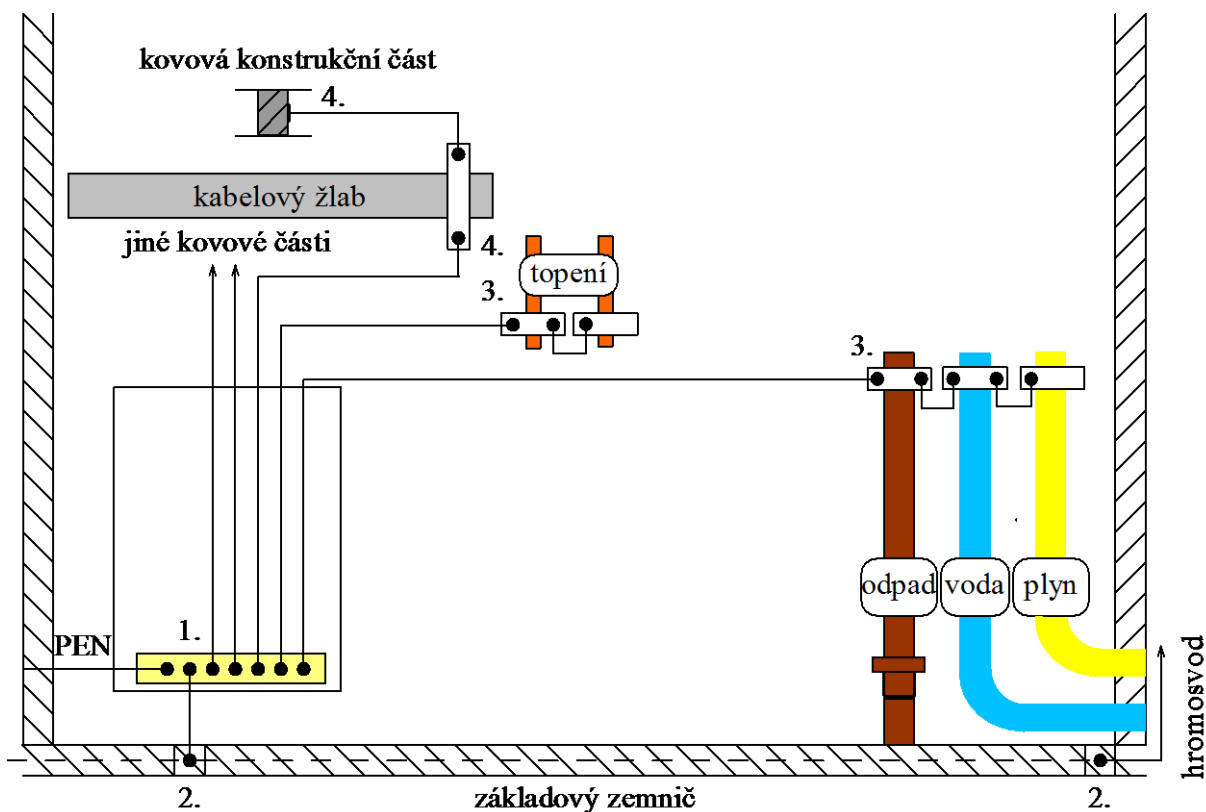
V každé budově musí být provedeno ochranné pospojování, do kterého musejí být vzájemně spojeny (viz Obr. 2-6)[12]:

- ochranný vodič,
- uzemňovací přívod,
- kovová potrubí uvnitř budovy (voda, plyn, odpad),
- konstrukční kovové části (pokud jsou dosažitelné), kovové ústřední topení a klimatizace,
- kovová konstrukční výztuž betonu (pokud je přístupná a spolehlivě propojená),

- kovové pláště telekomunikačních kabelů (nutné povolení majitele).

Dále je nutné pospojovat hromosvody a základový (hlavní zemnič). Části, které jsou přiváděny z venku (např. kovová potrubí) musí být pospojovány co nejbližě vstupu do budovy.

Pojmy, požadavky a minimální průřezy vodičů ochranného uzemnění a pospojování jsou uvedeny v normách ČSN 33 2000-5-54 ed. 2 a ed. 3[1].



Obr. 2-6 Příklad ochranného uzemnění a pospojování v budově[1]

1. – přípojnice hlavního pospojování v hlavním rozvaděči objektu
2. – spojení se zemničem
3. – zemnicí svorka na potrubí
4. – přípojovací svorka

PEN – přívod kombinovaného ochranného vodiče s nulovým z HDS, z trafostanice

2.5.4.6 Prostředky zvýšené ochrany

Ochrana základní a při jedné poruše se současně zajišťuje[12]:

- dvojitou nebo zesílenou izolací,
- ochranou malým napětím SELV a PELV.

Doplňková ochrana se zajišťuje:

- proudovým chráničem s reziduálním proudem 30 mA,
- doplňujícím ochranným pospojováním.

2.5.4.7 Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem

Ochranné opatření se zajišťuje vhodnými kombinacemi ochranných základních a ochranných při poruše nezávislých na základní ochraně nebo použitím ochrany zvýšené. Ve zvlášť stanovených případech se používá i ochrana doplňková, jak je uvedeno v Tab. 2-5, která uvádí všeobecně dovolená ochranná opatření. Kombinace musí být zvoleny tak, aby uvnitř instalace neovlivňovala funkce jedné ochrany funkcí ochrany druhé. Tímto je zajištěna kompletní ochrana zařízení [16].

Tab. 2-5 Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem [16]

Ochranné opatření	Základní ochrana	Ochrana při poruše	Další ochrana
Ochrana automatickým odpojením od zdroje	Základní izolace, přepážky, kryty	Automatické odpojení + ochranné pospojování	Doplňková ochrana proudovým chráničem
Ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací	Základní izolace	Přídavná izolace	(nebo zesílená izolace)
Ochrana elektrickým oddělením	Základní izolace, přepážky, kryty	Jednoduché oddělení obvodů + neuzemněné ochranné pospojování	-
Ochrana SELV a PELV	Omezení napětí (ELV)	Jednoduché oddělení od ostatních obvodů ELV a země (SELV)	Ochranné oddělení obvodů jiných než SELV, jiných než ELV (PELV)

2.5.4.8 Automatické odpojení od zdroje v síti TN

Jak již bylo zmíněno výše automatické odpojení od zdroje v síti TN spolu s prostředky základní ochrany, které jsou základní izolace, přepážky nebo kryty a s ochranou při poruše zajištěnou ochranným pospojováním a automatickým odpojením a dále doplněnou ochranou proudovým chráničem tvoří nejpoužívanější ochranné opatření v průmyslových a bytových výstavbách. Jedná se tak o jedno z hlavních kritérií pro návrh vnitřních elektrických rozvodů.

Princip automatického odpojení od zdroje při poruše:

Princip automatického odpojení popisuje Obr. 2-7. Při poruše dojde v síti ke zkratu. Zkratový proud prochází ze zdroje fázovým vodičem do místa poruchy a vodiči PEN nebo PE zpět ke zdroji. Pro zajištění odpojení poruchy v době stanovené v Tab. 2-6, výjimka např. v distribučních a koncových obvodech nad 32 A do 5 s, musí být před EZ instalován vhodně dimenzovaný nadproudový prvek (pojistka, jistič, popř. proudový chránič v síti TN-S), který obstará automatické odpojení. Selektivita jisticích prvků musí být odstupňována tak, aby vypínal

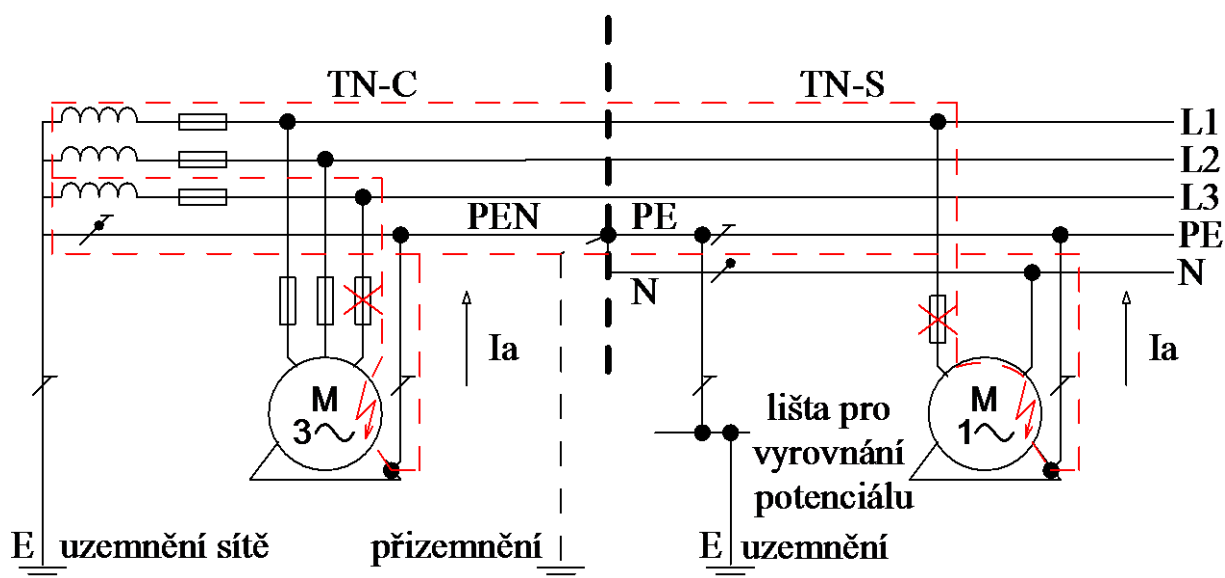
jistící prvek nejbližše poruše a nebyly ovlivněny zbývající prvky. Vypínací charakteristiky instalovaných jisticích prvků spolu s impedancí obvodů musí splňovat[1]:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (2.1)$$

kde: Z_s je impedance poruchové smyčky [Ω],

I_a poruchový proud vyvolávající působení jisticích prvků v době uvedené v Tab. 2-6
(v případě použití proudového chrániče se jedná o jmenovitý vybavovací reziduální proud chrániče) [A],

U_0 jmenovité napětí vodiče vedení vůči zemi [V].



Obr. 2-7 Princip automatického odpojení od zdroje v síti TN-C-S při poruše[1]

Tab. 2-6 Maximální doby odpojení v síti TN pro koncové obvody[12]

Síť (AC)	$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$	$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$	$U_0 \geq 400 \text{ V}$
TN [s]	0,4	0,2	0,1

Zajištění automatického odpojení se ověřuje hodnotou impedanční smyčky Z_s (nejčastěji projektant např. programem Sichr, revizní technik měřicím přístrojem), která je tvořena ze zdroje, vodiče vedení k místu poruchy a ochranného vodiče mezi místem poruchy a zdrojem. Maximální přípustné hodnoty smyčky jsou udávány tabulkově nebo přímo v měřicích přístrojích. Impedanční smyčka je ovlivněna požadavky na maximální délky vedení a tím i na povolené hodnoty úbytků napětí v rozvodech[1].

2.5.5 Koordinace elektrického zařízení a ochranných prostředků v elektrické instalaci

Koordinací je dosahováno konstrukčního uspořádání EZ s uspořádáním elektrické instalace. Elektrická zařízení jsou rozdělovány do tří tříd ochrany. Třídy vyjadřují jakým způsobem je dosaženo bezpečnosti.

2.5.5.1 Třídy ochrany zařízení

Zařízení třídy ochrany 0

Jedná se o zařízení se základní izolací jako prostředkem základní ochrany a bez jakéhokoli opatření pro ochranu při poruše. V ČR není dovoleno tyto zařízení používat[4].

Zařízení třídy ochrany I

Jedná se o zařízení se základní izolací jako prostředkem základní ochrany a ochranným pospojováním jako prostředkem ochrany při poruše[4].

Zařízení třídy ochrany II




Zařízení třídy ochrany II je zařízení se základní izolací jako prostředkem základní ochrany a přidavnou izolací jako prostředkem při poruše nebo ve kterém jsou základní ochrana a ochrana při poruše zajištěny zesílenou izolací[4].

Zařízení třídy ochrany III

Zařízení spoléhající na omezení napětí na hodnoty SELV, PELV jako prostředek základní ochrany, které nemá žádný prostředek ochrany při poruše[4].

Označení jednotlivých tříd schematickými značkami a možnosti připojení k instalaci jsou uvedeny v Tab. 2-7.

Tab. 2-7 Značení tříd ochrany a připojení EZ k instalaci [1]

Třída ochrany	Značka	Připojení zařízení k instalaci
Třída ochrany 0		Nevodivé okolí, elektrické oddělení pro každé EZ zvlášť
Třída ochrany I		Neživá část EZ spojena s ochranným vodičem sítě
Třída ochrany II		Dvojitá či zesílená izolace EZ, žádná ochranná opatření
Třída ochrany III		Pouze sítě SELV, PELV, zásuvka musí být nezáměnná

3 LEGISLATIVA

Pojem legislativa shrnuje zákony, vyhlášky, nařízení a předpisy, které schvaluje vláda ČR.

Ačkoliv je zákonů, vyhlášek a nařízení vlády ČR, kterými se musí projektant při projektování elektrických zařízení řídit opravdu mnoho, bude se tato práce některými zabývat podrobněji, vzhledem k jejich vážnosti a dopadu na projekci elektrických zařízení.

Jedná se o tyto zákony, vyhlášky a nařízení:

- 183/2006 Sb., stavební zákon,
- 458/2000 Sb., energetický zákon,
- 262/2006 Sb., zákoník práce,
- 268/2009 Sb., technické požadavky na stavby,
- 22/1997 Sb., technické požadavky na výrobky.

Některé zákony, vyhlášky, které se týkají přímo projektanta a projektové dokumentace byly již zmíněny výše.

3.1 183/2006 Sb., stavební zákon

Zákon č. 183/2006 Sb. obsahuje ustanovení, která mají dopad na oblast projektové dokumentace a projektování elektrotechnických děl. Stavební zákon postihla nedávná změna, která nastala přijetím novely (zákon č. 350/2012 Sb.), kterým se mění zákon č. 183/2006 Sb., a jež nabyl účinnosti 1. 1. 2013[7].

Za projektovou činnost ve výstavbě stavební zákon považuje zpracování územně plánovací dokumentace, územní studie, dokumentace pro vydání územního rozhodnutí, projektovou dokumentaci a odborné vedení provádění stavby nebo její změny. Projektovou dokumentací stavební zákon chápe dokumentaci stavby, která se přikládá k ohlášení stavby nebo k žádosti o stavební povolení, dokumentaci k uzavření veřejnoprávní smlouvy o provedení stavby, dokumentaci k posouzení stavby autorizovaným inspektorem, dokumentaci změn staveb před jejím dokončením, dokumentaci stavby k opakovanému stavebnímu řízení nebo dodatečnému povolení stavby, dokumentaci pro nezbytné úpravy stavby a dokumentaci vodního díla k ohlášení podle vodního zákona[8].

Stavební zákon dále stanoví odpovědnost projektanta za správnost, celistvost a úplnost dokumentace, bezpečnost a proveditelnost stavby, technickou a ekonomickou úroveň technologického zařízení. Také zakotvuje povinnost dodržovat právní předpisy, respektovat ochranu veřejných zájmů a životní prostředí, působit v součinnosti se stanovenými orgány[8].

Zákon obsahuje požadavek na vypracování projektové dokumentace pro stavební řízení. Též stanoví povinnost vypracování a archivování dokumentace skutečného provedení stavby. Vlastník je povinen tuto dokumentaci uchovávat po dobu trvání této stavby. Zákon přímo neobsahuje požadavky na obsah a rozsah projektové dokumentace, ty jsou obsahem prováděcí vyhlášky č. 499/2006 Sb[8].

Zmíněná novela stavebního zákona vnesla především změny v právních úpravách el. vedení. Jedná se o případy, kdy není vyžadováno stavební povolení nebo ohlášení např. pro vedení sítí veřejného osvětlení s výkonem do 20 kW, podzemní a nadzemní vedení přenosové nebo dis. soustavy, stavební úpravy energetických vedení, pokud nedošlo ke změně trasy apod[11].

3.2 458/2000 Sb., energetický zákon

Tvoří hlavní zákonnou platformu pro fyzické a právní osoby podnikající v oblasti energetiky obecně, tedy nikoliv pouze pro elektroenergetiky. Je společný pro všechny energetická odvětví, Předmětem podnikání je výroba a rozvod elektřiny, plynu a tepla. Pro oblast elektroenergetiky zde kromě jiného vyplývají závazná pravidla vztahů mezi dodavatelem a odběratelem elektrické energie[2].

Vliv zákona 458/2000 Sb. na projektování elektrických rozvodů[2]:

- Dodávka elektřiny – práva a povinnosti dodavatele elektřiny – dodavatel elektřiny je povinen zajistit její dodávku každému odběrateli, který:
- má zřízenou elektrickou přípojku a elektrické zařízení v souladu s technickými normami a právními předpisy na úseku bezpečnosti práce,
- splňuje podmínky týkající se místa, způsobu a termínu připojení stanovené dodavatelem,
- má souhlas vlastníka nemovitosti.

Dodavatel nepřipojí elektrickou přípojku či odběrné zařízení, které neodpovídají technickým normám a právním předpisům na úseku bezpečnosti práce.

- Elektrická přípojka, ochranná pásma, přeložky rozvodných zařízení – zákon definuje začátek a konec přípojky, hrazení nákladů na její zřízení i údržbu a zajištění provozuschopného stavu, dále definuje pojem a rozsah ochranných pásem venkovních i kabelových vedení a elektrických stanic. Také řeší majetkoprávní vztahy při vyvolání nároku na přeložku vedení.

3.3 262/2006Sb., zákoník práce

- Povinnosti zaměstnavatele – především zajistit bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika možného ohrožení života či zdraví. Tato povinnost se vztahuje na všechny fyzické osoby, které se s vědomím vedoucího pracovníka zdržují na pracovišti. Náklady na zajištění bezpečnosti hradí zaměstnavatel. Zajistit pro zaměstnance školení o právních a ostatních předpisech k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Obsah, četnost školení a způsob ověřování znalostí určí zaměstnavatel. Nepřipustit, aby zaměstnanec vykonával zakázané práce a práce, jejichž náročnost by neodpovídala jeho schopnostem a zdravotní způsobilosti. Plní-li úkoly na jednom pracovišti dva a více zaměstnavatelů mají povinnost vzájemně vyhodnotit rizika, o těchto rizicích informovat a vybrat zaměstnavatele, který bude opatření k zajištění. Zabezpečit, aby zaměstnanci jiného zaměstnavatele vykonávající práci na jeho pracovišti obdrželi potřebné informace k zajištění bezpečnosti.,
- Prevence rizik – Zaměstnavatel je povinen vyhledávat rizika, zjišťovat jejich příčiny a přijímat opatření k jejich odstranění. Nelze-li rizika odstranit, je nutné rizika alespoň minimalizovat, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti a zdraví pracovníků. Jedna z forem vyhledávání rizik je revize elektrických zařízení. Zaměstnavatel přijímá opatření pro případ zdolávání mimořádných událostí (havárie, požáry, úrazy apod.).

V případě projekce, realizace a revize elektrického zařízení je nutno tyto skutečnosti vyhodnotit a přijmout odpovídající řešení.

- Osobní ochranné pracovní prostředky – Zaměstnavatel je povinen poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky, je povinen udržovat tyto prostředky v použitelném stavu a kontrolovat jejich používání,
- Povinnosti zaměstnavatele při pracovních úrazech – při vzniku úrazu je zaměstnavatel povinen objasnit příčinu a okolnosti úrazu za účasti zraněného. V knize úrazů je nutné vést všechny pracovní úrazy. Dokumentace se vede v případě, že zraněním došlo k zneschopnění na déle než 3 dny nebo k úmrtí.
- Práva a povinnosti zaměstnance – každý zaměstnanec je povinen dbát podle svých možností nejen o vlastní bezpečnost, ale i o bezpečnost fyzických osob, jichž se činnost bezprostředně dotýká. Dodržovat právní předpisy ale i ostatní předpisy (včetně ČSN) vztahující se k práci jimi vykonávané, s nimiž byli řádně seznámeni. Zaměstnanci jsou oprávněni odmítnout výkon práce, o níž mají důvodně za to, že bezprostředně a závažným způsobem ohrožuje život a zdraví jejich nebo jiných osob. Mají, ale povinnost oznamovat nedostatky a závady na pracovišti. Zaměstnanec je povinen prohlubovat si soustavně kvalifikaci k výkonu práce sjednané v pracovní smlouvě, prohlubováním se rozumí též její udržování a obnovování. Zaměstnavatel je oprávněn uložit zaměstnanci účast na školeních zaměřených na bezpečnost včetně ověření jeho znalostí. Zaměstnanci jsou povinni dodržovat při práci stanovené pracovní postupy, používat stanovené prostředky, dopravní prostředky, osobní ochranné prostředky a svévolně je neměnit a nevyřazovat.

Dále k zajištění bezpečnosti vychází ze zákoníku práce povinnost kontroly a revize elektrického zařízení. Je nutno pravidelně a řádně udržovat, kontrolovat a revidovat stroje, technická zařízení, dopravní prostředky, přístroje a nářadí. Tyto zařízení musí být opatřeny ochranným zařízením, které chrání život a zdraví pracovníků[12].

3.4 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

Dopad této vyhlášky na projekt elektroinstalací je především ve stanovení:

- denního a umělého osvětlení, větrání a vytápění,
- ochrany proti hluku a vibracím,
- bezpečnosti při provádění a užívání staveb,
- úspory energie a tepelné ochrany,
- provedení výtahové a větrací šachty,
- připojení staveb k distribučním sítím, vnitřní silnoproudé rozvody a vnitřní rozvody sítí elektronických komunikací,
- ochrany před bleskem,
- provedení ubytovacích zařízení a staveb pro hospodářská zvířata.

Dále dle této vyhlášky musí elektrický rozvod v souladu s normovými hodnotami splňovat:

- bezpečnost osob, zvířat a majetku,

- provozní spolehlivost,
- přehlednost rozvodu, umožňující rychlou lokalizaci a odstranění poruch,
- přizpůsobivost z důvodu požadovaného přemístování elektrických zařízení a strojů,
- funkčnost dodávky elektrické energie při požáru,
- zamezení vzájemných nepříznivých vlivu a rušivých napětí, např. při křížování a souběhu silnoproudých vedení,
- elektromagnetickou kompatibilitu a odolnost v elektrických rozvodech staveb.

Všeobecné základní požadavky na návrh stavby vycházející z respektování hospodárnosti. Jedná se o tyto požadavky:

- mechanická odolnost a stabilita,
- požární bezpečnost,
- ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí,
- ochrana proti hluku,
- bezpečnost při užívání,
- úspora energie a tepelná ochrana.

Stavba musí splňovat tyto požadavky při běžné údržbě a působení vlivu po dobu plánované životnosti. Dále navržené a použité výrobky, materiály a konstrukce pro stavbu, musí zaručit, že stavba zmíněné požadavky splní[17].

3.5 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky

Určuje pravidla pro stanovení technických požadavků na výrobky, aby tyto výrobky byly bezpečné, a dále pak práva a povinnosti k tomu, aby uvedená pravidla byla dodržována. Zákon v první řadě uvádí, že technické požadavky na výrobky jsou stanoveny technickými předpisy a normami. Z toho plyne, že za bezpečnost projektovaných elektrických zařízení ručí projektant.

Prostřednictvím nařízení pak vláda stanoví výrobky, u kterých musí být posouzena shoda s požadavky technických předpisů, technické požadavky na tyto výrobky (pokud již nejsou upraveny zvláštním právním předpisem) a výrobky, které musí být označeny českou či jinou značkou shody. Uvedenými nařízeními vláda upravuje pro jednotlivé skupiny výrobků postupy při posuzování shody (výrobcem, autorizovanou osobou apod.). U stanovených výrobků je výrobce nebo dovozce před uvedením na trh povinen vydat písemné tzv. prohlášení o shodě, bez tohoto prohlášení nelze stanovené výrobky distribuovat.

Zákon vymezuje činnosti, které prokazování shody podporují. Jedná se o:

- Státní zkušebnictví – cílem je zajistit posouzení shody,
- Certifikace – nezávislá autorizovaná nebo akreditovaná osoba vydáním certifikátu osvědčí, že výrobek je v souladu s technickými požadavky,
- Autorizace – jedná se o pověření právnické osoby k posuzování shody, pověření uděluje ÚNMZ,

- Akreditace – je postup, na jehož základě vydá právnická osoba právnické nebo fyzické osobě osvědčení o tom, že je tato osoba způsobilá ve vymezeném rozsahu provádět zkoušky výrobků, kalibraci měřidel a certifikační nebo jinou odbornou činnost.

Podle zákona lze uznávat i zahraniční dokumenty (certifikáty, osvědčení) jako dokumenty osvědčující posouzení shody nebo zahraniční značku jako českou značku shody. Dozor provádí ČOI.

Zákonem pro uplatnění výrobku na trhu stanovuje tuto hierarchii[2]:

- Technický předpis – závazný předpis vydaný ve Sbírce zákonů ČR, který obsahuje technické a další s nimi související požadavky na výrobky,
- Norma – ČSN tj. dokument poskytující pravidla, směrnice nebo charakteristiky ve vymezených souvislostech,
- Harmonizovaná norma – jedná se o normu určenou příslušným úřadem (ÚNMZ) pro splnění technických požadavků na výrobky vyplývajících z technického předpisu.

3.5.1 Technické normy ČSN

Technická norma je uznávaným pravidlem techniky, což platí nejen v našich zemích, ale i ve světě. Postavení evropských norem je dáno právními dokumenty Evropské unie. To vyplývá již z Dohody k založení Evropských společenství (Řím 1957). V článku 100 této Dohody se uvádí, že pro přizpůsobení zákonů a předpisů jednotlivých členských zemí Evropských společenství vydává Rada Evropských společenství směrnice, přičemž v technických otázkách jsou směrnice zpracovány s uplatněním a využitím příslušných technických norem. V rámci Evropy se zpracovává komplexní soubor technických norem, jehož cílem je vytvořit podmínky pro obchod mezi evropskými zeměmi tak, aby mu nebránily žádné technické překážky[1].

V ČR je již nyní normativní systém součástí širšího systému evropského, neboť řada norem je harmonizována práva s normami evropskými. Úpravami zákona č. 22/1997 Sb. Provedenými zákonem č. 71/2000 a zákonem č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobku se návaznost na evropské normy dále prohloubila a to zejména v otázce shody českých a evropských harmonizovaných norem i uznávání evropské značky shody CE[2].

3.5.1.1 Úprava ČSN

Současná úprava českých technických norem je založena na úpravě evropských mezinárodních norem, jež se v posledních letech staly základem soustavy ČSN. Přednostní formát norem je A4 (210 x 297 mm). Pro normy, kterými se přejímají evropské normy, se používá pouze formát A4. Obvykle je již namísto čísla ČSN uvedena značka a číslo mezinárodní nebo evropské normy. K začlenění takovéto normy do soustavy ČSN slouží třídící znak uvedený pod označením normy.

- Platnost ČSN – platné jsou všechny normy, které jsou uvedeny v platném seznamu norem, byly vyhlášeny ve Věstníku pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,
- Závaznost ČSN – Všechny normy mají dobrovolný charakter. U dřívějších norem (u nich byla závaznost přímo stanovena) byla závaznost ukončena 31. 12. 1999. Závazné jsou technické předpisy, jejichž požadavky jsou podrobně zpracovány

v harmonizovaných normách, které sice mají dobrovolný charakter, ale v případě jejich nedodržení nevyhoví ani požadavkům těchto technických předpisů. Výrobek se považuje za bezpečný, pokud splňuje požadavky příslušného technického předpisu nebo pokud pro něj předpis neexistuje – postačí, když splňuje požadavky norem nebo odpovídá stavu vědeckých a technických poznatků známých v době jeho uvedení na trh. Z toho plyne, že splnění ČSN se bude považovat za možný důkaz o bezpečnosti daného výrobku (v tomto případě projektovaného zařízení) [2].

3.5.1.2 Údaje o normě

V tomto seznamu je u každé normy uvedeno [2]:

- některé z označení ČSN, ČSN IEC, ČSN ISO, ČSN EN, ČSN EN ISO,
- číslo normy, třídící znak v závorce,
- název; za názvem je uveden údaj o převzetí nebo zpracování mezinárodní nebo evropské normy („idt“ - identická, „eqv“ - ekvivalentní, „neq“ - neekvivalentní, „mod“ - modifikovaná). U ČSN EN, které jsou s EN vždy identické, se zkratka „idt“ již neuvádí,
- datum vydání (označuje se též „V“), popř. u norem schválených před 15.5.1991 datum schválení (měsíc, rok),
- datum účinnosti (měsíc, rok), a to pouze u norem schválených před 15.5.1991,
- změny označené podle pořadí arabskou číslicí (u norem schválených po 15.5.1991), popř. malým písmenem (u změn schválených do 15.5.1991) nebo písmenem A a pořadovou číslicí změny mezinárodní normy.

Přitom značí např.:

3: 6.97 - třetí změnu vydanou v šestém měsíci roku 1997,

b 6.75 - druhou změnu, měsíc a rok (tj. červen 1975) uveřejnění změny ve Věstníku pro normalizaci a měření,

* a 5.85 - prvou změnu samostatně vydanou, měsíc a rok (tj. květen 1985) Věstníku Úřadu pro normalizaci a měření, v němž bylo vydání změny oznámeno.

Před číslem některých změn se vyskytuje ještě písmeno Z (snad proto, že se jedná o změnu vyvolanou změnou jiné normy - ale to není podstatné).

Některé normy není účelné překládat do češtiny. U těchto norem je způsob zavedení (převzetím nebo schválením) uveden přímo u normy, nebo je za názvem označení *) nebo **).

Normy označené *) přejímají mezinárodní nebo evropské normy převzetím originálu.

Normy označené **) přejímají mezinárodní nebo evropské normy schválené k přímému použití jako ČSN.

Jelikož norem ČSN bylo vydáno nespočet, práce uvádí výběr nejdůležitějších a nejpoužívanějších norem pro vytváření projektů elektrických instalací v běžných výstavbách. Výběr je uveden v přílohové části. Uvedené normy určují dimenzování, jištění, bezpečnost apod.[2].

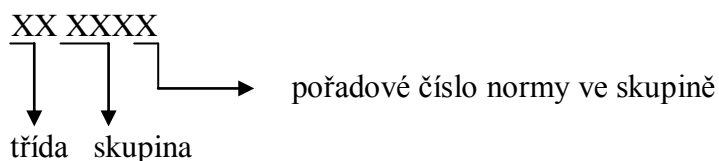
3.5.1.3 Označování norem

V tomto seznamu jsou uvedeny technické normy pro oblast elektrotechniky[2]:

- evropské normy zavedené v platných normách ČSN (označené ČSN EN a číslem evropské normy, popř. ČSN EN ISO a číslem normy ISO),
- mezinárodní normy zavedené v platných normách ČSN (označené ČSN IEC, popř. ČSN ISO a číslem mezinárodní normy ISO),
- normy národní (označené ČSN a šestimístným číslem normy shodujícím se s číslem třídícího znaku).

Normy jsou v seznamu systematicky seřazeny podle šestimístného třídícího znaku (který odpovídá dříve zavedenému číslování národních norem ČSN)[2].

Šestimístné číslo značí:



Toto číslo je uvedeno v závorce pod označením normy - v tomto seznamu pak za označením normy (rovněž v závorce) nebo se jedná přímo o číslo naší národní normy (která nezavádí evropskou nebo mezinárodní normu překladem)[2].

Seznam tříd důležitých norem (první dvojčíslí označení normy)[2]:

01 Obecná třída

03 Třídění vnějšího prostředí

05 Svařování, pájení, řezání kovů a plastů

18 Automatizace

27 Zdvihací zařízení, stroje pro povrchovou těžbu, stroje a zařízení pro zemní,
stavební, silniční práce

30 Silniční vozidla

33 až 36 Elektrotechnika

37 Elektrotechnika - Energetika

38 Energetika

73 Navrhování a provádění staveb:

31 Letectví

65 Výrobky chemického průmyslu

83 Pracovní a osobní ochrana, bezpečnost strojního zařízení

87 Telekomunikace

3.5.1.4 Využívání technických norem

- Využívání technických norem – Technická norma pouze rozpracovává do podrobnosti základní požadavky uvedené v zákonech, směrnících nebo technických předpisech. Bude-li technická norma dodržena, je v podstatě jistota dodržení požadavků závazných právních a technických předpisů,
- Projektant, který dodržuje technické normy, je v určitém slova smyslu chráněn i v případě, že dojde k úrazu, havárii či jiným nepříjemným událostem.

Požadavky

Pro vyjádření požadavků, které musí být splněny, aby bylo dosaženo souladu s normou, a od nichž není povolena žádná odchylka, se používá slovesných tvarů, kterým je nutno věnovat zvláštní pozornost.

Musí ekvivalent je, je nutné, je požadováno, požaduje se.

Nesmí ekvivalent nelze, není dovoleno, nedovoluje se, zakazuje se.

Doporučení

Pro označení možnosti, která je z několika daných možností doporučena jako nejvhodnější, aniž by byly ostatní vyloučeny, nebo dává – li se určitému postupu přednost, nebo jeli nějaká možnost označena jako nedoporučená (není však zakázaná) se používají tyto tvary:

Má ekvivalent je doporučeno, doporučuje se, je obvyklé, mělo by.

Nemá ekvivalent nedoporučuje se, mělo by se vyloučit, není obvyklé, nemělo by, jen ve výjimečných případech.

Dovolení

Pro označení postupu, který je v rámci dané normy dovolen, se používají tyto tvary:

Smí ekvivalent je dovoleno, dovoluje se, je přípustné.

Nemusí ekvivalent nepožaduje se, není požadováno, není nutné.

Možnosti

Pro vyjádření možnosti a způsobilosti z hlediska materiálního, fyzického nebo příčinného se používají tyto tvary:

Může ekvivalent umožňuje, je možnost, je možné, je schopen.

Nemůže není možné (aby...), je nemožné, není schopen.

Údaje v tabulkách jsou závazné, jsou-li uvedeny v závazné normě nebo v její závazné části. Pokud jsou údaje v závazné normě pouze doporučené, musí se k nim připojit vhodný úvodní text, nadpis, poznámka.

Poznámky pod čarou mají pouze informativní charakter a nesmí obsahovat žádné požadavky.

Při využívání technických norem je třeba postupovat velmi obezřetně a dodržovat tato pravidla[13]:

- Na technickou normu, i když má pouze doporučující charakter, pohlížet jako na závaznou,
- Je-li třeba se odchýlit od ustanovení technické normy, je nutné použít pouze rovnocenné nebo lepší řešení při zachování stejného nebo vyššího stupně bezpečnosti. Toto řešení je vhodné projednat s dodavatelem, případně revizním technikem,
- Při uzavírání smluv mezi odběratelem a dodavatelem je nutné v těchto smlouvách jednoznačně uvádět i právní předpisy a technické normy.

4 DIMENZOVÁNÍ ELEKTROINSTALACÍ

Elektrické instalace se zpravidla dimenzují z hlediska návrhu materiálů izolace a jader kabelů a jejich průřezů s ohledem na dovolené proudy a referenční uložení dle ČSN 33 2000-5-52 ed. 2. Dále je nutné dodržet dovolené meze úbytků napětí na delších kabelových trasách z důvodu správné funkce elektrického zařízení na jejím konci a tím předejít možnému poškození tohoto zařízení z důvodu nedostatečné hladiny a kolísání napájecího napětí. Dále navrhování jištění a spouštění motorů (z hlediska záběrných proudů) a vedení a jejich kontrole na tepelné účinky zkratových proudů u kabelů a schopnosti včasného vypnutí přetížení či zkratu u jisticích prvků. Problematikou jištění se zabývá ČSN 33 2000-4-43 ed. 2[1].

Při dimenzování vodičů musí být dodrženy tyto zásady[18].:

- provozní teplota nesmí překročit dovolenou mez,
- průřezy vodičů musí být v hospodárných mezích,
- vodiče musí být dostatečně mechanicky pevné,
- úbytek napětí ve vodičích musí být v dovolených mezích,
- vodiče musí odolávat dynamickým a tepelným účinkům zkratových proudů.

4.1 Dimenzování vodičů dle dovolené provozní teploty (oteplení)

Dimenzování vodičů dle dovolené provozní teploty se řídí normou ČSN 33 2000-5-52 ed. 2. Z hospodářských a bezpečnostních důvodů nelze připustit, aby oteplení vodičů dosahovalo v provozu vysokých teplot. Vysoké teploty vedou ke změně struktury materiálu a tím ke zhoršování mechanických vlastností. Dále vlivem vysokých teplot ve spojích vzniká přechodový odpor. Izolace vodičů vlivem teploty stárne a znehodnocuje se. Z těchto důvodů je normou stanovena nejvyšší dovolená trvalá provozní teplota ϑ_{dov} . Z teploty stanovíme proud, kterým lze vodič při daných podmínkách zatěžovat[18].

Provozní teplota ϑ_z závisí na:

- typu vodiče nebo kabelu,
- charakteristice provozu,
- charakteristice prostředí,
- charakteristice uložení,
- charakteristice zátěže.

4.1.1 Charakteristika vodiče

Charakteristické veličiny jsou dovolená provozní teplota jader vodičů ϑ_z , závislá na druhu izolace a jmenovitém napětí, časová oteplovací a ochlazovací konstanta. Tyto konstanty slouží pro dimenzování krátkodobého nebo přerušovaného chodu nebo zatížení a činný odpor. Hodnoty konstant udává výrobce včetně hodnoty jmenovité zatížitelnosti vodiče I_n nebo jsou uvedeny v normě ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 pro odpovídající referenční uložení, typ izolace a průřez vodiče[18].

4.1.1.1 Dovolené proudy vodičů

Průchodem elektrického proudu vodičem za určitý čas se vodič ohřívá na určitou teplotu. Vyvinuté teplo Q je úměrné procházejícímu proudu, úbytku napětí na vodiči vodiče a době jejich působení [7]. Dovolené proudy ve vodičích určují maximální přípustné oteplení vodiče, jak při bezporuchovém průchodu proudu, tak při průchodu zkratového proudu. Nadproudy mají ničivé účinky jader vodičů, ale i izolace. Proto je nutné správně dimenzovat průřezy jader a jistící prvky, které vypínají obvod při průchodu nadproudu vodičem. Jištěním vodičů se zabývá (Kap. 4.5). Dovolené proudy ve vodičích uvádí norma ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 [18].

4.1.2 Charakteristika provozu

Charakteristickou veličinou je výpočtový proud I_z a jeho časový průběh. Pro jeho výpočet potřebujeme znát výpočtový výkon P_p a jeho účinník (4.1):

$$I_z = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (4.1)$$

kde: U je jmenovité sdružené napětí spotřebiče [V],

$\cos \varphi$ je účinník v okamžiku maxima odběru v místě, kde teče počítaný proud [-].

Vztah mezi I_n a I_z je dán tzv. přepočítacím činitelem k , jenž je u krátkodobého chodu a zatížení funkcí doby t_1 a poměru I_2 / I_n . Závisí rovněž na zvoleném vodiči, přesněji řečeno na jeho oteplovacích časových konstantách a je tabulkově uveden v ČSN. Stálý proud vodiče I_n leží vždy v mezích $I_2 \leq I_n \leq I_z$ [18].

4.1.3 Charakteristika prostředí

Okolí vodiče má zásadní význam pro odvod tepla vzniklého ve vodiči provozním proudem a tím ovlivňuje výslednou provozní teplotu jader vodičů. Mezi charakteristiky prostředí patří:

- druh prostředí (vzduch, voda, půda),
- teplota prostředí ϑ_0 [°C],
- tepelný odpor půdy H [°Cm/W].

U teploty prostředí a tepelného odporu je třeba důsledně rozlišovat hodnoty referenční a hodnoty maximální skutečné. Referenční hodnoty jsou výchozími pro stanovení hodnoty I_n , což je dovolený proud daného vodiče. Skutečné maximální hodnoty se pak použijí pro přepočet tohoto proudu na I_z pomocí přepočítávacích činitelů. Referenční hodnoty okolních teplot:

- izolované vodiče a kabely na vzduchu bez ohledu na způsoby uložení 30°C,
- pro kabely uložené v zemi (přímo v půdě nebo v trubkách) 20°C.

Aby nebyla překročena teplota ϑ_z , je nutné proudovou zatíženost takového vodiče snížit ($I_z < I_n$). Zvýšení nebo snížení přenosové schopnosti vedení vlivem teploty se vyjadřuje pomocí přepočítávacích koeficientů [18].

4.1.4 Charakteristika uložení

Charakteristikou uložení rozumíme počet vodičů, jejich seskupení, uložení přímo v zemi, ve tvárnících, v kabelových kanálech různého typu apod. Tyto vlastnosti mají především vliv na ochlazování vodiče, tedy na odvod vzniklého tepla. Při uložení několika vodičů vedle sebe dochází k jejich vzájemnému tepelnému ovlivňování. Důsledkem toho je možné zatěžovat vodiče menším proudem než je I_n , jinak by došlo k překročení teploty ϑ_z . Norma ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 obsahuje tabulky dovolených proudů izolovaných vodičů pro dané referenční způsoby uložení[18].

4.1.5 Příklad výpočtu při dimenzování vodičů dle dovolené provozní teploty

Dovolené zatížení vodiče vypočteme pomocí vztahu[18]:

$$I_z \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_i \cdot I_n \quad (4.2)$$

kde: I_n je jmenovité proudové zatížení vodiče [A] pro daný typ a průřez a pro uvedené referenční způsoby uložení,

k_1, k_2, k_i jsou přepočítávací součinitelé pro vodič nebo kabel, pro teplotu prostředí, podmínky, způsob uložení, odlišných od referenčních hodnot.

4.2 Dimenzování průřezů vodičů z hlediska hospodárnosti

Vodiče a kabely musíme dimenzovat tak, aby nebyly zatěžovány více než hospodárným proudem. Neměli bychom překročit optimální celkové roční náklady na jejich pořízení, provoz a údržbu. Řešit tuto problematiku je velmi obtížné, z důvodu velkého množství činitelů, které hospodárnost ovlivňují, ale i neúplné zjištění mnohých z nich. Dimenzování průřezů z hlediska hospodárnosti uvádí norma ČSN 34 1610[18].

Hospodárný průřez vypočteme pomocí vztahu[18]:

$$S = k \cdot I_z \cdot \sqrt{T} \quad (4.3)$$

kde: T je doba plných ztrát a vypočte se ze vztahu

$$T = t \left(0,2 \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \frac{A^2}{P_p^2 \cdot t^2} \right) \quad [s]$$

k je tabulková hodnota ČSN 34 1610

I_z je výpočtový proud [A]

t je počet provozních hodin zařízení [h]

A je elektrická energie přenesená vedením za rok [Wh]

P_p je výpočtové zatížení [W]

Tento způsob výpočtu se používá, je-li T více než 1000 hodin.

4.3 Dimenzování vodičů podle mechanické pevnosti

Vodiče a kabely mají být dimenzovány tak, aby odolaly mechanickým namáháním, kterým mohou být vystaveny při běžném provozu. U kabelových rozvodů jsou vodiče mechanicky namáhány zejména při pokládce kabelů, při zatahování vodičů do trubek apod. Nejmenší dovolený průřez jednotlivých vedení s ohledem na mechanické namáhání je uváděn v řadě ČSN[18].

4.4 Dimenzování vodičů podle úbytku napětí

Rozvodem elektrické energie vedením, venkovním, nebo kabelovým dochází vlivem průchodu proudu k úbytku napětí na vedení a tím k poklesu napětí na spotřebiči. Tento pokles napětí by mohl ovlivnit některé důležité provozní vlastnosti spotřebiče (např. moment motoru, světelné spotřebiče) a proto jsou dovolené úbytky síťového napětí limitovány. Jejich přípustná velikost je závislá na druhu rozvodu (občanský, zemědělský, průmyslový, podzemní, na jeřábech apod.) a je uvedena v normě ČSN 34 1610.

U střídavého rozvodu dochází k úbytku napětí nejen na činném odporu vedení, ale také na jeho reaktanci. Činný odpor vedení můžeme ovlivnit jeho průřezem (čím silnější vodič, tím menší odpor), reaktance je dána prostorovým rozložením vodičů a délkou vedení[18].

Úbytek napětí můžeme dále zmenšit samostatným napájením spotřebičů, volbou převodu regulovatelných transformátorů, vložení paralelních kompenzací apod.

Dovolené meze úbytků napětí jsou[1]:

- vnitřní rozvody v objektech občanské vybavenosti 2 - 5% podle druhu odběru,
- **průmyslové rozvody 3 - 8% podle druhu odběru,**
- elektrické zařízení v podzemí 10%, motory v podzemí při těžkém rozběhu 0%,
- stroje, pohony a elektromotory 7%,
- jeřáby a zdvihadla - 2%,
- venkovní osvětlení 8%.

Úbytek napětí vypočteme pomocí vztahu[18]:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi \cos \varphi \geq 0,5 \quad (4.4)$$

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi + \frac{(R \cdot I \cdot \sin \varphi - X \cdot I \cdot \cos \varphi)^2}{2} \quad \cos \varphi < 0,5 \quad (4.5)$$

kde: $R = \rho \cdot \frac{l}{s}$ je odpor vodiče [Ω],

X je reaktance vodiče [Ω].

4.5 Jištění vodičů v silnoproudých rozvodech

Fázové vodiče musí být chráněny před nadproudy jedním nebo více prvky pro samočinné odpojení napájení kromě případů, kdy jsou napájeny ze zdroje, jehož impedance je taková, že maximální proud, který může dodávat, není vyšší, než dovolený proud vodiče (zvonkové transformátorky, elektrostatické odlučovače, svářečky apod.). Mimo to musí ochrana proti přetížení a zkratovým proudům koordinována následujícím způsobem:

- v případě, že ochranu proti přetížení a zkratu poskytuje též jistící prvek, jedná se o jistící prvek proti přetížení, jehož vypínací schopnost je vyšší než hodnota předpokládaného zkratového proudu v místě jeho zabudování,
- v případě, že ochranu proti přetížení a zkratu poskytují samostatné jistící prvky, pak jejich charakteristiky musí být koordinovány tak, aby energie, kterou propouští jistící prvek proti zkratům, nepřesáhla energii, které odolá bez poškození jistící prvek proti přetížení.

Ochranné vodiče se jistit nesmí[18].

Jištěním vodičů nezajišťujeme potřebnou ochranu připojených zařízení. Před přetížením a nadproudy v rozvodech NN chrání vedení nejčastěji pojistky a jističe.

Zásady pro dimenzování jistících prvků[18]:

- jádro jištěného vodiče nebo kabelu při nadproudech způsobených přetížením nebo zkratem nesmí překročit dovolenou teplotu,
- v prostředích, kde je stanovena nejvyšší dovolená teplota povrchu, nesmí povrch vedení tuto teplotu překročit při přetížení a je-li to v příslušné normě výslovně uvedeno i při zkratu,
- při normálním provozu nesmí nastat nežádoucí působení jistících prvků,
- jistící prvky mají odpojit při svém působení jen postiženou část vedení.

Ochrana proti přetížení slouží k přerušení vodičů dříve, než by mohlo dojít k poškození izolace vlivem oteplení, nebo poškození spojů, koncovek, okolí vedení.

Pro výpočet přiřazení jistících prvků platí vztahy:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (4.6)$$

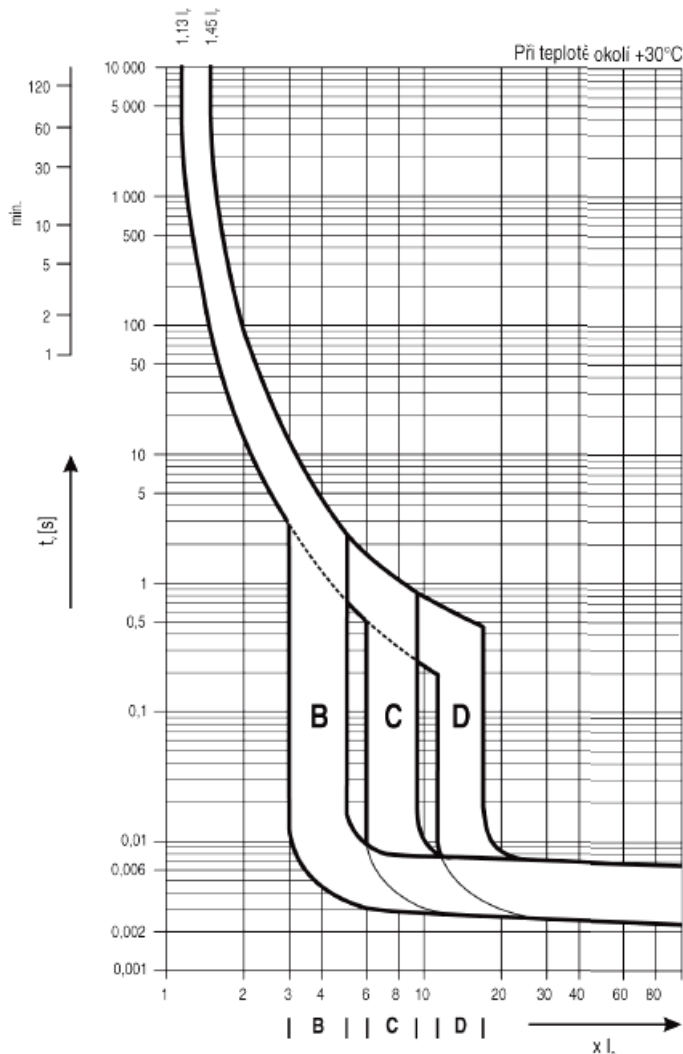
$$I_N \leq k \cdot I_z \quad (4.7)$$

kde: I_B je skutečné zatížení vedení [A],

I_Z dovolené proudové zatížení [A] podle normy ČSN 33 2000-5-52 ed. 2,

- I_N jmen. proud jisticího prvku nebo zvolené proudové nastavení u nastavitelných prvků [A],
- k součinitel přiřazení jisticího prvku proti přetížení k vedení v prostředí o teplotě, pro kterou byl stanoven I_Z .

Vypínací ampérsekundová charakteristika (Obr. 4-1) je závislost doby vypnutí na velikosti přetížení. U obou souřadnic se používají logaritmické stupnice. Určuje ji výrobce ze studeného stavu jisticího prvku jako křivku, jejíž proudová tolerance se nesmí uchylovat o více než $\pm 10\%$ [18].



Obr. 4-1 Vypínací ampérsekundová charakteristika jističů [20].

Oteplovací charakteristika vodiče je křivka závislosti oteplení jader, povrchu na čase, násobcích časové oteplovací konstanty při konstantním proudu nebo nadproudu, jako parametru.

Průběh je daný vztahem z normy ČSN 33 2000-4-43 ed.2.

$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_2 (1 - e^{-t'}) \quad (4.8)$$

$$\vartheta_2 = \vartheta_0 + \Delta\vartheta_2 \quad (4.9)$$

$$\tau' = \frac{t}{\tau} \quad (4.10)$$

- kde: ϑ oteplení v čase t od počátku průchodu proudu nebo nadproudu [$^{\circ}\text{C}$],
 $\Delta\vartheta_2$ maximální ustálené oteplení [$^{\circ}\text{C}$] při trvalém průchodu proudu I_2 [A],
 ϑ_0 počáteční teplota (teplota prostředí) [$^{\circ}\text{C}$],
 ϑ_2 ustálená teplota [$^{\circ}\text{C}$] při trvalém průchodu proudu I_2 [A],
 t čas od počátku průchodu proudu nebo nadproudu [s],
 τ' poměrný čas od počátku průchodu proudu nebo nadproudu [-],
 τ čas. oteplovací konstanta (doba vzrůstu oteplení o $0,632 \Delta\vartheta_m$ [s].

Časovou konstantu určuje výrobce pro nadproud, při kterém kabel dosáhne nejvyšší dovolené teploty při proudovém přetížení a základní teplotě prostředí. Velikost oteplení $\Delta\vartheta_2$ jader nebo povrchu izolovaného vodiče v závislosti na poměrném nadproudu i v ustáleném stavu se pro účely dimenzování a jistění stanoví z výrazů[18]:

- pro izolované vodiče a kabely

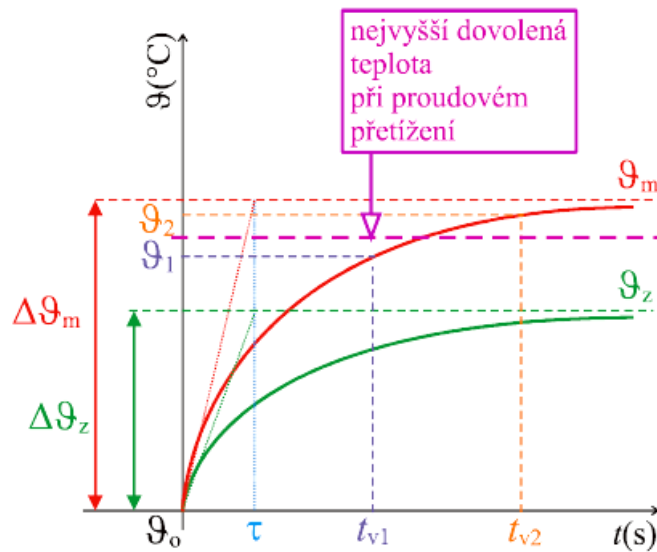
$$\Delta\vartheta_2 = \Delta\vartheta_z \cdot i^{2,492} \quad (4.11)$$

- pro holé vodiče z výrazu

$$\Delta\vartheta_2 = \Delta\vartheta_z \cdot i^2 \quad (4.12)$$

kde: $i = I_2 / I_z$

- I_2 nadproud působící max. oteplení [A],
 I_z dovolené proudové zatížení působící max. oteplení [A],
 $\Delta\vartheta_2$ max. oteplení pro nadproud I_2 [$^{\circ}\text{C}$],
 $\Delta\vartheta_z$ max. dovolené oteplení pro dovolený proud I_z [$^{\circ}\text{C}$],
2,492 mocnitél stanovený konvencí na podkladě měření.



časová oteplovací charakteristika vodiče

Obr. 4-2 Oteplovací charakteristika vodiče[18].

4.5.1 Dimenzování podle tepelných účinků zkratových proudů

Provádí se stanovení minimálního průřezu vodiče, který musí odolat tepelným účinkům zkratového proudu.

Vydeme ze vztahu:

$$S_{\min} = \frac{I_{th} \sqrt{t_k}}{\sqrt{\frac{c(\vartheta_f + 20)}{\rho} \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_z}}} \leq S \quad (4.13)$$

kde: I_{th} je ekvivalentní oteplovací proud [A],

t_k je doba zkratu [s],

c je specifické teplo vodiče při 0°C (uvedeno v Tab. 4-1),

S je průřez vodiče [mm²],

ρ je rezistivita vodiče [Ωm], která je funkcí teploty ϑ [°C]

Tab. 4-1 Materiálové konstanty pro výpočet oteplení vodiče při zkratu[18]

Materiál	Cu	Al	Fe
ρ_{20} rezistivita vodiče při 20°C [Ωmm ² /m]	0,01786	0,02941	0,147
ϑ_f fiktivní teplota [°C]	234,5	228	222
c je specifické teplo [J/cm ³ /°C]	3,5	2,417	3,77

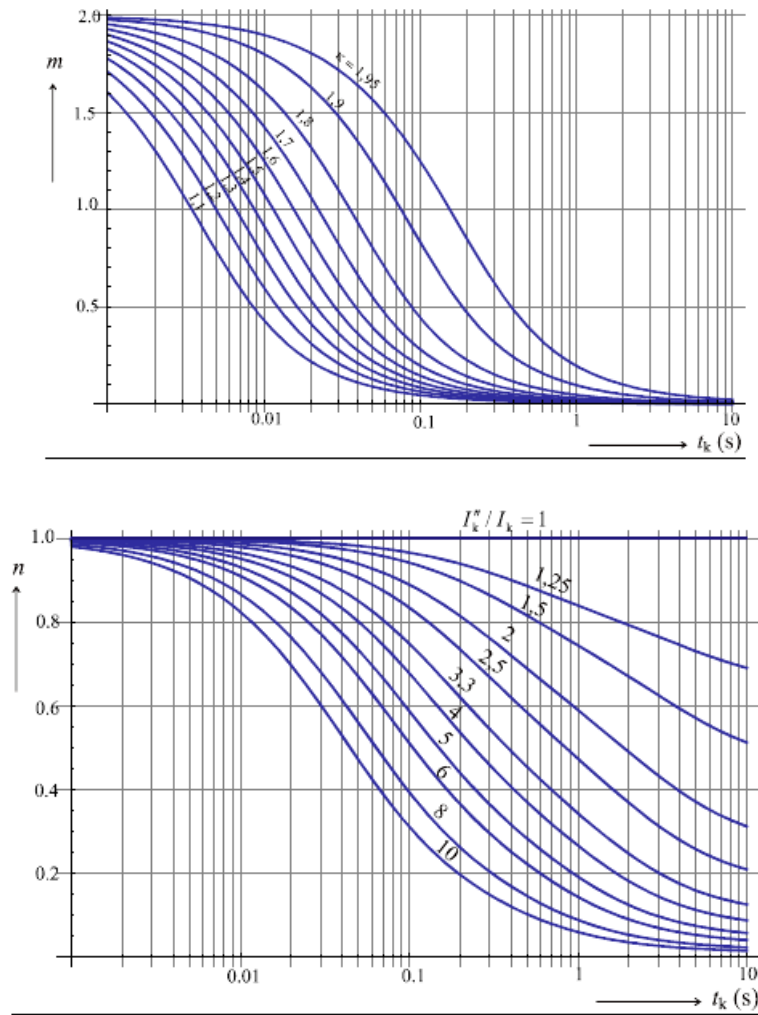
Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n} \quad (4.14)$$

kde: I_k'' je počáteční rázový zkratový proud [A],

m je součinitel pro tepelné účinky stejnosměrné složky zkratových proudů,

n je součinitel pro tepelné účinky střídavé složky zkratových proudů.



Obr. 4-3 Součinitelé pro tepelné účinky stejnosměrné a střídavé složky zkratového proudu[18].

5 NÁVRH ELEKTROINSTALACE PRŮMYSLOVÉHO OBJEKTU

5.1 Úvod – Úpravna vody Zaječí

Pro praktický návrh elektroinstalace průmyslového objektu byl vybrán vodárenský objekt úpravna vody Zaječí (dále jen ÚV), která slouží k úpravě surové vody na vodu pitnou a její distribuci do vodovodního řádu, přes další čerpací stanice a vodojemy. Jedná se o průmyslový objekt dle normy ČSN 34 1610, který je zařazen jako zdravotně - hospodářské zařízení. Nachází se zde strojně - technologická část a část chemická (filtrace, vápenné hospodářství, dávkování plynného chlóru apod.). Objekt je napájen z vlastního transformátoru 22/0,4 kV, dále musí mít stanoven stupeň zabezpečení dodávky elektrické energie, instalovaný výkon, soudobý výkon, stanovený soudobostí β . Tento objekt disponuje také vlastními kompenzačními prostředky jalového příkonu a rozvod elektrické energie bude proveden dle zmíněné normy.

Návrh elektroinstalace tohoto průmyslového objektu se bude týkat především motorových rozvodů jednotlivých částí ÚV (viz následující přehledové blokové schéma). Některé části jsou dodávány jako celek s vlastním rozvaděčem, návrh se bude tedy zabývat pouze přívodem a jištěním přívodu na základě podkladu od dodavatele takového zařízení. Jedná se o kalolis v technologické části kalového hospodářství.

Některé motory, jak bude uvedeno dále, již disponují vysokými výkony z důvodu jak dalekého nátoky surové vody z prameniště, tak daleké distribuce pitné vody do okolních měst a vesnic. Tyto motory již nelze spouštět pouze pomocí motorových spouštěčů, které chrání motory před případným přetížením, ale pouze pomocí frekvenčních měničů. Nevýhody oproti spouštěčům spočívají hlavně v ceně takového zařízení, ale také v nutnosti umístění externí teplotní sondy, která monitoruje případné přetížení motoru. Nicméně pro účel této práce jsou použity zmíněné motorové spouštěče a pro opravdu vysoké výkony výkonové jističe s modulem pro rozběh pohonů.

Bude se jednat o paprskový rozvod se stupněm zabezpečení dodávky 3.

ÚV Zaječí je tvořena stávající linkou A, a nově vybudovanou linkou B, z důvodu navýšení průtočné kapacity.

5.2 Výchozí podklady

Výchozí podklady pro návrh byly získány především kontaktem s investorem, kterým je VaK Břeclav a.s. a to, z technologického schématu, který byl vytvořen na základě požadavků zmíněného investora, požadavků příslušných profesí a jejich koordinací. K návrhu kabelových tras a umístění rozvaděčů byla nutná také prohlídka objektu.

5.2.1 Strojně – technologické podklady

Tab. 5-1 Seznam pohonů

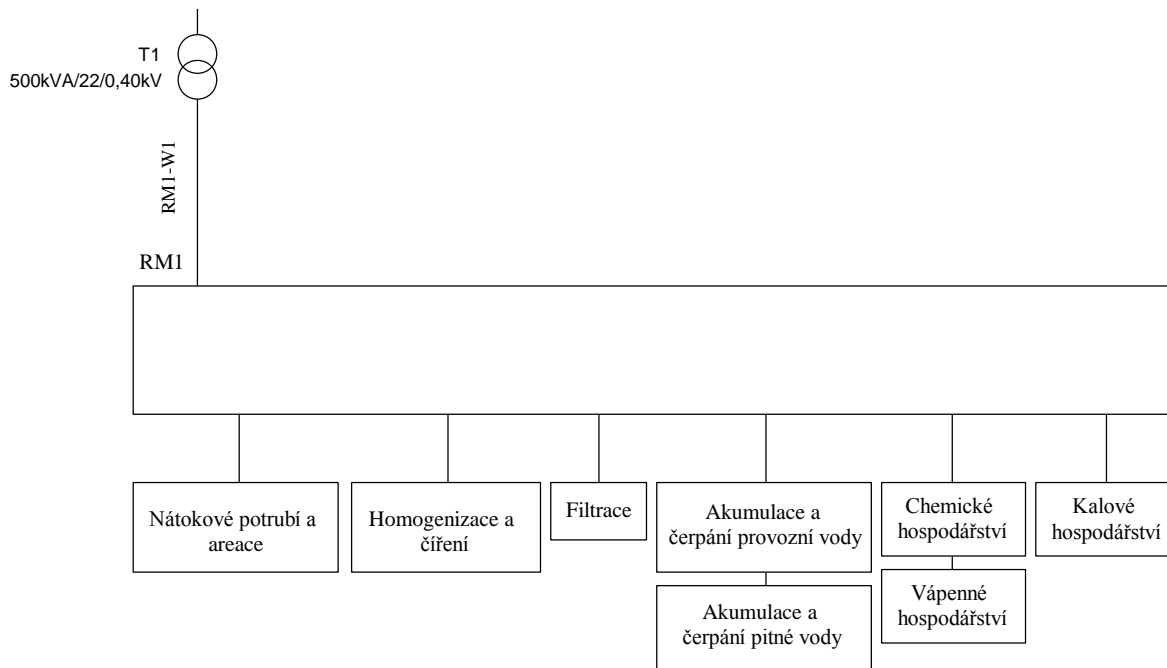
Označení pohonu	Popis zařízení	Příkon [kW]	Napětí [V]	Proud [A]	Max. záběrný proud [A]
M3.01AB	Dmýchadlo pracího vzduchu	3x15	400	28	140
M3.02AB					
M3.03AB					
M3.04AB	Čerpadlo prací vody	3x45	400	85	425
M3.05AB					
M3.06AB					
M1.01B	Ventilátory areačních věží	4x0,18	230	0,8	4
M1.02B					
M1.03B					
M1.04B					
M2.01B	Pádlové míchadlo pro míchání obsahu čířiče	4x1	400	2,5	12,5
M2.02B					
M2.03B					
M2.04B					
M4.11AB	Distribuční čerpadlo pitné vody	3x75	400	157	785
M4.12AB					
M4.13AB					
M6.01AB	Čerpadlo kalu	2x2,8	400	5	25
M6.02AB					
M6.51AB	Vratné čerpadlo odsazené vody	2x4,8	400	8,7	43,5
M6.52AB					
M0.14B	Regulace nátoků surové vody	0,18	400	0,7	3,5
M5.213B	Míchadlo vápenného mléka	2x3	400	2,8	14
M5.214B					
M5.217B	Míchadlo vápenné vody	2x3	400	2,8	14
M5.218B					
M5.223B	Podávací čerpadlo vápenného mléka	2x1,5	400	3,8	19
M5.224B					
M5.235B	Dávkovací čerpadlo vápenné vody	3x0,75	400	0,75	3,75
M5.236B					
M5.237B					
M5.271B	Čerpadlo odsazené vody	0,75	400	2,4	12
RTH	Kalolis	19	400	43	-

POZNÁMKA 1 Doba rozběhů u všech čerpadel nepřekročí 8 s. Je uvažován normální rozběh.

5.3 Rozsah návrhu elektroinstalace

Návrh se týká dimenzování napájení pohonů v technologických částech, jak zobrazeno na Obr. 5-1.

Návrh je proveden pomocí výpočtového programu Sichr, podložen požadovanými výpočty. Dále je proveden návrh rozvaděče RM1 a provedeno zakreslení navržených kabelových tras do dispozičních výkresů.



Obr. 5-1 Přehledové blokové schéma

5.4 Technická zpráva

5.4.1 Úvod

Předmětem tohoto návrhu elektroinstalace průmyslového objektu je dimenzování a jištění silnoproudých rozvodu pro napájení vybraných pohonů strojně - technologické části ÚV Zaječí.

Jako výchozí podklady pro vypracování návrhu sloužily:

- celkový objekt ÚV,
- stavební a strojně - technologické podklady,
- prohlídka stavby.

5.4.2 Popis

Předmětem tohoto návrhu, jak již bylo zmíněno výše, je motorová elektroinstalace ÚV Zaječí, která zahrnuje dimenzování a jištění přívodu k jednotlivým pohonům, návrh rozvaděče RM1 a kabelových tras.

5.4.3 Technické řešení

5.4.3.1 Základní technické údaje

Napájecí napětí rozvaděče RM1:	3PEN 3x400V AC, 50Hz, TN-C
Napájecí obvody rozvaděče RM1:	3NPE 3x400V AC, 50Hz, TN-C-S
Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí:	
Základní:	Automatickým odpojením od zdroje
Doplňková:	Pospojováním
Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí:	Izolací, kryty
Kompenzace jalového příkonu:	Centrální, automatická
Stupeň dodávky el. energie:	3
Bilanční údaje:	Provoz je nepřetržitý, 24 hod/den, 365 dní/rok, 8760 hod/rok
	Instalovaný příkon: $P_i = 462 \text{ kW}$
	Soudobý příkon: $P_p = 314 \text{ kW}$
	Soudobost: $\beta = 0,68$

5.4.3.2 Technické řešení strojně – technologické elektroinstalace

1) Napájení objektu ÚV elektrickou energií

- ÚV Zaječí bude napájena z trafostanice, která bude umístěna v areálu ÚV před stávající budovou. Trafostanice bude osazena jedním transformátorem o příkonu 500 kVA. Distribuce napájení motorové elektroinstalace elektrickou energií ÚV Zaječí bude pro názornost řešen rozvaděčem, který bude označen RM1.

2) Technologický rozvaděč RM1

- Rozvaděč RM1 bude sloužit jako hlavní distribuční rozvaděč pro motorové rozvody nové části ÚV a vybrané pohony části stávající. Rozvaděč bude tedy napájet pohony technologických částí přívodu surové vody, akumulace a čerpání provozní a pitné vody, areace, filtrace, homogenizace a čiření, vápenného hospodářství a rozvaděč kalového hospodářství RTH, který je dodáván jako součást kalolisu (viz Obr. 5-1). Přesný soupis pohonu je uveden v Tab. 5-1.
- Rozvaděč RM1 bude tvořen sestavou oceloplechových skříní, bude umístěn v rozvodně nn v nové budově ÚV v 1. P.P. Vývody budou provedeny spodem do kabelového kanálu pod rozvaděčem. Napájení bude provedeno dvěma paralelními kabely s PVC izolací 1-CYKY 3x120+70 z trafostanice. Kabely budou jištěny společným jističem, umístěným v RM1, vybaveným řídicí jednotkou pro nastavení ochrany proti zkratu a proti přetížení. Jistič bude na jmenovitý proud 630A s nastavenou spouští na 480A.
- Pro napájení pohonu bude rozvaděč vybaven stykačovými vývody, které budou jištěny motorovými spouštěči. Motorové spouštěče budou mít nastavenou tepelnou spoušť na jmenovitý proud pohonu z důvodu zajištění ochrany proti přetížení.

Zkratová spoušť je pevná a odolá záběrným proudům pohonu, jak je ukázáno v příkladu výpočtu.

- Kompenzace jalového příkonu (není v návrhu řešena) je jako centrální. Účinník je kompenzován automaticky na požadovanou hodnotu 0,95.
- Rozvaděč RM1 bude chráněn proti přepětí svodiči přepětí třídy B+C, které budou umístěny na přívodu do rozvaděče.
- Krytí rozvaděče bude IP 54/20.

3) Kabely a kabelové trasy v ÚV

- Hlavní kabelové trasy uvnitř budovy ÚV pro motorové rozvody budou provedeny pozinkovanými drátěnými žlaby. Kabelové žlaby budou montovány do kabelových kanálů a na zdi budov. Jejich umístění bude vždy přizpůsobeno pohonům a technologickým potrubním rozvodům při dodržení stanovených vzdáleností. Pro odbočení z hlavních kabelových tras budou jednotlivé kabely uloženy individuálně v tuhých trubkách z PVC.
- Ve venkovním prostředí budou kabelové rozvody uloženy do země, uložení se týká pouze napájecího kabelu 400VAC pro ÚV. Kabely budou uloženy v chrániče tak, že pro každý kabel bude jedna chránička.
- Pro napájení pohonu budou použity PVC kabely s plnými měděnými jádry typu CYKY pro napětí 0,6/1kV.
- Uzemňovací soustava (součást stavební instalace) bude mít vývody do rozvodny nn a prostoru s pohony. Vnitřní prostory budou proti zamezení vyrovnání potenciálu opatřeny ekvipotenciálním pospojováním. Budou vzájemně pospojovány všechny ocelové konstrukce, potrubí, el. zařízení, vzduchotechnika. Přípojnice ekvipotenciálního pospojování bude vodivě spojena s uzemňovací soustavou ÚV.

5.5 Příklad výpočtu dimenzování a jistění vodičů

5.5.1 Postup návrhu

Jak již bylo zmíněno, návrh byl z důvodu kontroly proveden ve výpočtovém programu Sichr. V následujícím textu jsou popsány jednotlivé kroky návrhu, dále jsou uvedeny příklady výpočtu paprsku 1, který obsahuje přívod do ÚV a napájení pohonu M3.01AB z rozvaděče RM1.

Návrh byl proveden v těchto krocích:

- stanovení výkonové bilance a výpočet proudů obvodu z hodnot uvedených pohonů,
- návrh napájecího transformátoru,
- návrhy kabelových vedení s ohledem na dovolené proudy a uložení,
- návrhy jisticích prvků s ohledem na ochranu proti přetížení, zkratu a záběrné proudy pohonů,
- návrh z hlediska ochrany před úrazem el. proudem, požadovaná doba vypnutí je uvažována do 5 s.



Projekt : ÚV Zaječí

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Jan Cabal

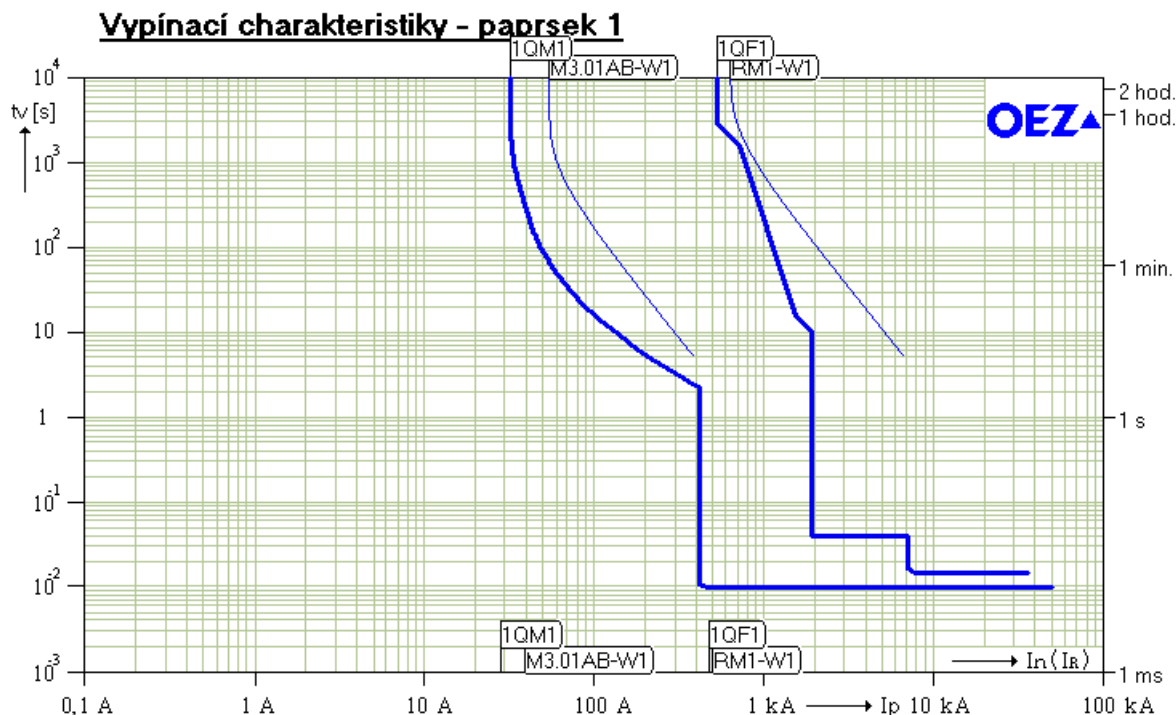
Datum : 19.5.2016

Soubor : ÚV Zaječí

Síť TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
T1	SGB DOTZ 500H 22/0.40 In = 722 A Sr = 500 kV/k" = 11.8 kA U2 = 231/400 V dU = 2.2 % uk = 6 % ip = 24.4 kA	
RM1-W1	2III-CYKY3x120+70 Iz = 500.2 A tm = 98 °C Ik" = 9.30 kA 80 m v zemi (D) dU = 1.7 % $I^2 t < k^2 S^2$ ip = 16.2 kA	
1QF1	BH630N-DTV3 In = 630 A IR = 480 A Icu = 36 kA IR = 480 A, restart = T(t), li = 4xIR ip = 16.2 kA	
BRM1	Sběrnice I = 314 A, cos fi = 0.95 Ik" = 9.30 kA U = 386 V (Un - 3.5%) ip = 16.2 kA	
1QM1	SM503-32 In = 32 A IR = 28.16 A Icu = 50 kA IR = 28.16 A (0.88x32 A), li = 416 A io = 6.35 kA	
M3.01AB-W1	CYKY4x10 Iz = 39.6 A tm = 54 °C Ik" = 781 A 150 m ve vzduchu (E) dU = 3.8 % $I^2 t < k^2 S^2$ ip = 1.13 kA	
M3.01AB	Vývod P = 15 kW x B = 15 kcos fi = 0.77: Ik" = 781 A I = 28.1 A U = 373 V (Un - 6.7%) = 1 ip = 1.13 kA	

Obr. 5-2 Paprsek 1 z programu Sichr



Obr. 5-3 Vypínací charakteristiky - paprsek 1 z programu Sichr

5.5.2 Výpočet přívodních kabelů

Celkový instalovaný příkon: $P_i = 462 \text{ kW}$

Soudobost: $\beta = 0,68$

Napětí: $U_s = 400 \text{ V}$

Účinnost: $\cos \varphi = 0,95$

Délka: $l = 80 \text{ m}$

Stanovení soudobosti beta:

Koeficient soudobosti je poměr maximálního soudobého příkonu P_p všech pohonů (tj. pohonů, které jsou v jednom momentu v provozu) a instalovaného příkonu P_i (součet příkonů všech instalovaných pohonů).

Maximální soudobý příkon $\dot{U}V P_p$ určuje vždy projektant technologie, který provádí její návrh. Pro potřebu stanovení soudobosti byly některé pohony brány jako rezervní, z důvodu návrhu tří, někdy i čtyř na danou technologii. Z praktického hlediska a účelu této práce je vždy jeden pohon považován v návrhu za rezervní. Za rezervní jsou považovány pohony M3.03AB, M3.06AB, M1.04B, M2.04B, M4.13AB, M5.214B, M5.218B, M5.224B, M5.237B.

Stanovení soudobého příkonu:

$$P_b = P_i \cdot \beta = 462 \cdot 0,68 = 314 \text{ kW} \quad (5.1)$$

Stanovení výpočtového proudu:

$$I_z = \frac{1000 \cdot P_b}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{314 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 477 \text{ A.} \quad (5.2)$$

Budou zvoleny dva paralelní kabely 1-CYKY 3x120+70 se jmenovitým proudem 317 A (Tab. 25 z [19]). Tato hodnota je určena při odporu půdy 0,7 K.m/W a bude dále upravena potřebným přepočítacím koeficientem. Např. hodnota v tabulce v ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 je nižší, protože je stanovena při odporu půdy 2,5 K.m/W. Jak je uvedeno níže, proudy se sčítají, výsledný proud kabelů je při referenčních podmínkách 634 A.

Stanovení dovoleného proudu kabelu:

Výsledný jmenovitý proud je nutno korigovat na dané uložení pomocí příslušných přepočítacích koeficientů. Jedná se o kabely uložené v zemi při tepelné rezistivitě půdy 1 K.m/W, při teplotě 10°C, kabely jsou v seskupení a uloženy v trubkách. Koeficienty podle (Tab. 27, 30, 31, 32 z [19]).

Nejprve stanovíme přepočítací koeficient ze vztahu (5.3):

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 1,10 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,87 = 0,78 \quad (5.3)$$

Následně vyjdeme ze základního vztahu (5.4):

$$I_z \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_i \cdot I_n \quad (5.4)$$

Tento vztah musíme upravit, jelikož je vedení navrženo ze dvou paralelních kabelů. Kabely mají stejné parametry, tudíž se kabely považují jako jeden. Proudů obou paralelních kabelů se sčítají.

$$I_z \leq k \cdot I_n \cdot 2 \quad (5.5)$$

$$477 \text{ A} \leq 0,78 \cdot 317 \cdot 2 = 495 \text{ A}$$

Navržené kabely **vyhovují** z hlediska vypočteného proudu a daného uložení.

Kontrola úbytku napětí:

Pro kabel s měděným jádrem je rezistivita $\rho = 0,01786 \text{ } \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$.

Nejprve, dle vztahů (5.6 a 5.7) musíme vypočítat odpor a reaktanci vedení na danou vzdálenost.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} = 0,01786 \cdot \frac{80}{120} = 0,0119 \Omega \quad (5.6)$$

$$X = x_k \cdot l = 0,06 \cdot 0,08 = 4,8 \cdot 10^{-3} \Omega \quad (5.7)$$

- měrná reaktance se u NN kabelů volí 0,06 Ω/km

Dále dle vztahů (5.8 a 5.9) vypočteme hodnoty úbytku na daném vedení.

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi = 0,0119 \cdot 477 \cdot 0,95 + 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot 477 \cdot 0,31 = 6,1 \text{ V} \quad (5.8)$$

Dovolený úbytek napětí v procentech:

$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_n} \cdot \sqrt{3} = \frac{6,1 \cdot 100}{400} \cdot \sqrt{3} = 2,6\% \leq 3\% \quad (5.9)$$

Zvolený kabel **vyhovuje** z hlediska úbytku napětí.

Kontrola na tepelné účinky zkratových proudů:

Doba vypnutí zkratu t_k bude uvažována 0,2s, $I_k'' = 9,3kA$ (odečteno pomocí programu Sichr). Z Obr. 4-3 odečteme hodnoty součinitelů $m = 0,1$, jedná se o zkrat na úrovni NN – zkrat vzdálený, platí $I_k'' / I_k = 1$. Tedy součinitel $n = 1$.

Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m+n} = 9,3 \sqrt{0,1+1} = 9,75kA \quad (5.10)$$

Maximální dovolená teplota při přetížení: $\vartheta_z = 70^\circ C$

Maximální dovolená teplota při zkratu: $\vartheta_k = 160^\circ C$

Z Tab. 4-1 odečteme tyto hodnoty:

$$\vartheta_f = 234,5^\circ C$$

$$c = 3,5J / cm^3 / ^\circ C$$

$$\rho_{cu} = 0,01786 \Omega mm^2 / m$$

Ze vztahu (5.11) vypočítáme S_{min} :

$$S_{min} = \frac{I_{th} \sqrt{tk}}{\sqrt{\frac{c(\vartheta_f + 20)}{\rho} \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_z}}} = \frac{9,75 \cdot 10^3 \sqrt{0,2}}{\sqrt{\frac{3,5(234,5 + 20)}{0,01786} \ln \frac{234,5 + 160}{234,5 + 70}}} = 38,37mm^2 \quad (5.11)$$

Zvolený kabel 1-CYKY 3x120+70 **odolá** tepelným účinkům zkratových proudů.

Návrh jistění vedení z hlediska přetížení:

Navržený jisticí prvek musí splňovat následující podmínku (viz 5.12), aby bylo vedení chráněno proti přetížení. Opět se jedná o dva paralelní kabely, proto se musí uvažovat i zde. Tento jisticí přístroj je umístěn na konci vedení, protože transformátor je proti zkratu chráněn VN ochranou. Vedení od transformátoru nemusí být dle ČSN chráněno proti zkratu.

Hodnota I_N je nastavená na modulové spoušti jisticího prvku, jak je uvedeno v technické zprávě.

$$I_B \leq I_N \leq n \cdot I_Z \quad (5.12)$$

$$477A \leq 480A \leq 495A$$

Paralelní vedení je chráněno proti přetížení.

Stanovení teploty kabelu v době vypnutí přetížení:

Abychom mohli tuto teplotu stanovit, je nutné znát časovou oteplovací konstantu $\tau = 1830s$, dobu vypnutí $t_v = 2 \cdot \tau = 3660s$. Dále pomocí programu Sichr odečteme z ampérsekundové charakteristiky jisticího prvku 1QF1 hodnotu nadproudu $I_2 = 533A$. Vypočítáme poměrný nadproud $i = \frac{I_2}{I_z} = \frac{533}{477} = 1,12$.

Stanovení teploty kabelu v okamžiku vypnutí nadproudu I_2 :

$$1) \text{ Určíme hodnotu } \Delta \vartheta_2 = \Delta \vartheta_z \cdot i^{2,492} \text{ pro } i = 1,12 \quad (5.13)$$

$$2) \Delta \vartheta_z = \vartheta_z - \vartheta_0 = 70 - 10 = 60^\circ C \Rightarrow \Delta \vartheta_2 = 60 \cdot 1,12^{2,492} = 79,6^\circ C$$

$$3) \text{ Vypočítáme z rovnice oteplovací charakteristiky pro } \tau' = \frac{t_v}{\tau} = \frac{3660}{1830} = 2, \text{ oteplení nadproudem } I_2 : \Delta \vartheta = \Delta \vartheta_2 (1 - e^{-\tau'}) = 79,6(1 - e^{-2}) = 68,8^\circ C \quad (5.14)$$

$$4) \Delta \vartheta = 68,8^\circ C, \text{ teplota kabelu v okamžiku vypnutí jisticím prvkem je } \vartheta = \vartheta_0 + \Delta \vartheta = 68,8^\circ C + 10^\circ C = 78,8^\circ C \quad (5.15)$$

$$5) \text{ Musí platit: } \vartheta < \Delta \vartheta_m, \text{ kde } \Delta \vartheta_m = 120^\circ C \text{ je nejvyšší dovolená teplota při přetížení. (5.16)}$$

$78,8^\circ C < 120^\circ C$ podmínka je splněna

5.5.3 Výpočet přívodního kabelu k pohonu M3.01AB

Příkon pohonu: $P = 15kW$

Soudobost: $\beta = 1$

Napětí: $U_s = 400V$

Maximální záběrný proud: $I = 140A$

Účinit: $\cos \varphi = 0,77$

Délka: $l = 150m$

Výpočet je prakticky totožný s předchozím výpočtem. Rozdíl je v jistění kabelu motorovým spouštěčem a grafickým zpracováním, jako důkaz správného navržení zkratové spouště z hlediska záběrných proudů.

Stanovení výpočtového proudu:

$$I_z = \frac{1000 \cdot P_b}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,77} = 28A. \quad (5.17)$$

Bude zvolen kabel CYKY 4x10 se jmenovitým proudem 60 A (Tab. A. 1-1 z [18]).

Stanovení dovoleného proudu kabelu:

Výsledný jmenovitý proud je nutno korigovat na dané uložení pomocí příslušných přepočítacích koeficientů. Jedná se o kabel uložený ve vzduchu na vodorovných perforovaných

lávkách o teplotě okolí 30°C, v seskupení jedné vrstvy, celkem devět obvodů na třech roštech. Koeficient podle (Tab. A. 1-2 z [18]).

Nejprve stanovíme přepočítací koeficient ze vztahu (5.18):

$$k = 0,66 \quad (5.18)$$

Následně vyjdeme ze základního vztahu (5.19):

$$I_z \leq k \cdot I_n \quad (5.19)$$

$$28A \leq 0,66 \cdot 60 = 39,6A$$

Navržený kabel **vyhovuje** z hlediska vypočteného proudu a daného uložení.

Kontrola úbytku napětí:

Pro kabel s měděným jádrem je rezistivita $\rho = 0,01786 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Nejprve, dle vztahů (5.20 a 5.21) musíme vypočítat odpor a reaktanci vedení na danou vzdálenost.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} = 0,01786 \cdot \frac{150}{10} = 0,2679\Omega \quad (5.20)$$

$$X = x_k \cdot l = 0,06 \cdot 0,15 = 9 \cdot 10^{-3}\Omega \quad (5.21)$$

- měrná reaktance se u NN kabelů volí 0,06 Ω/km

Dále dle vztahů (5.22 a 5.23) vypočteme hodnoty úbytku na daném vedení.

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi = 0,2679 \cdot 28 \cdot 0,77 + 9 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 0,64 = 5,94V \quad (5.22)$$

Dovolený úbytek napětí v procentech:

$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_n} \cdot \sqrt{3} = \frac{5,94 \cdot 100}{400} \cdot \sqrt{3} = 2,6\% \leq 3\% \quad (5.23)$$

Zvolený kabel **vyhovuje** z hlediska úbytku napětí.

Kontrola na tepelné účinky zkratových proudů:

Doba vypnutí zkratu t_k bude uvažována 0,2s, $I_k'' = 781A$ (odečteno pomocí programu Sichr). Z Obr. 4-3 odečteme hodnoty součinitelů $m = 0,1$, jedná se o zkrat na úrovni NN – zkrat vzdálený, platí $I_k'' / I_k = 1$. Tedy součinitel $n = 1$.

Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m+n} = 781 \sqrt{0,1+1} = 819A \quad (5.24)$$

Maximální dovolená teplota při přetížení: $\vartheta_z = 70^\circ C$

Maximální dovolená teplota při zkratu: $\vartheta_k = 160^\circ C$

Z Tab. 4-1 odečteme tyto hodnoty:

$$\vartheta_f = 234,5^\circ C$$

$$c = 3,5 J / cm^3 / ^\circ C$$

$$\rho_{cu} = 0,01786 \Omega mm^2 / m$$

Ze vztahu (5.25) vypočítáme S_{min} :

$$S_{min} = \frac{I_{th} \sqrt{tk}}{\sqrt{\frac{c(\vartheta_f + 20)}{\rho} \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_z}}} = \frac{819 \sqrt{0,2}}{\sqrt{\frac{3,5(234,5 + 20)}{0,01786} \ln \frac{234,5 + 160}{234,5 + 70}}} = 3,22 mm^2 \quad (5.25)$$

Zvolený kabel CYKY 4x10 **odolá** tepelným účinkům zkratových proudů.

Návrh jištění vedení z hlediska přetížení:

Navržený jisticí prvek musí splňovat následující podmínku (viz 5.26), aby bylo vedení chráněno proti přetížení.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (5.26)$$

$$28A \leq 32A \leq 39A$$

Kabel je chráněn proti přetížení.

Stanovení teploty kabelu v době vypnutí přetížení:

Abychom mohli tuto teplotu stanovit, je nutné znát časovou oteplovací konstantu $\tau = 680s$, dobu vypnutí $t_v = 2 \cdot \tau = 1360s$. Dále pomocí programu Sichr odečteme z ampérsekundové charakteristiky jisticího prvku 1QM1 hodnotu nadproudu $I_2 = 33A$. Vypočítáme poměrný nadproud $i = \frac{I_2}{I_z} = \frac{33}{28} = 1,18$.

Stanovení teploty kabelu v okamžiku vypnutí nadproudu I_2 :

$$1) \text{ Určíme hodnotu } \Delta \vartheta_2 = \Delta \vartheta_z \cdot i^{2,492} \text{ pro } i = 1,18 \quad (5.27)$$

$$2) \Delta \vartheta_z = \vartheta_z - \vartheta_0 = 70 - 30 = 40^\circ C \Rightarrow \Delta \vartheta_2 = 40 \cdot 1,18^{2,492} = 60,4^\circ C$$

$$3) \text{ Vypočítáme z rovnice oteplovací charakteristiky pro } \tau' = \frac{t_v}{\tau} = \frac{1360}{680} = 2, \text{ oteplení nadproudem } I_2 : \Delta \vartheta = \Delta \vartheta_2 (1 - e^{-\tau'}) = 60,4 (1 - e^{-2}) = 52,2^\circ C \quad (5.28)$$

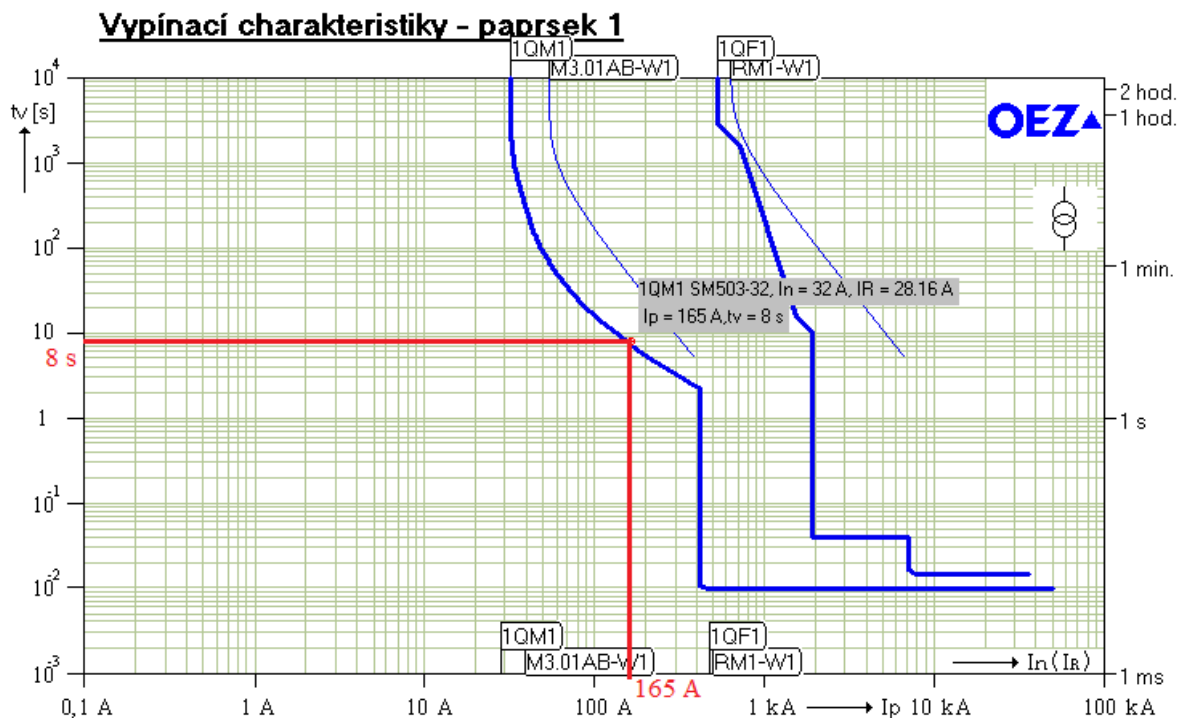
$$4) \Delta \vartheta = 52,2^\circ C, \text{ teplota kabelu v okamžiku vypnutí jisticím prvkem je } \vartheta = \vartheta_0 + \Delta \vartheta = 52,2^\circ C + 30^\circ C = 82,2^\circ C \quad (5.29)$$

$$5) \text{ Musí platit: } \vartheta < \Delta \vartheta_m, \text{ kde } \Delta \vartheta_m = 120^\circ C \text{ je nejvyšší dovolená teplota při přetížení. (5.30)}$$

$82,2^\circ C < 120^\circ C$ podmínka je splněna

Kontrola zkratové spouště z pohledu rozběhu pohonu:

Jak je vidět na Obr. 5-4, zkratová spoušť navrhnutého spouštěče odolá záběrnému proudu, jelikož vybaví při proudu 165 A. Pohon M3.01AB disponuje záběrným proudem 140 A (viz Tab. 5-1).



Obr. 5-4 Vypínací charakteristiky - paprsek 1 z programu Sichr.

Tab. 5-2 Přehled navržených kabelů a jisticích přístrojů z programu Sichr

Označení	Typ	Množství
T1	SGB DOTZ 500H 22/0,4, In = 722 A, Sr = 500 kVA	1 ks
RM1-W1	1-CYKY3x120+70	160 m
1QF1	BH630NE305	1 ks
	SE-BH-0630-DTV3	1 ks
1QM1	SM503-32	1 ks
M3.01AB-W1	CYKY4x10	150 m
2QM1	SM503-32	1 ks
M3.02AB-W1	CYKY4x10	150 m
3QM1	SM503-32	1 ks
M3.03AB-W1	CYKY4x10	150 m
4QM1	SM1003-90	1 ks
M3.04AB-W1	1-CYKY4x50	130 m
5QM1	SM1003-90	1 ks
M3.05AB-W1	1-CYKY4x50	130 m
6QM1	SM1003-90	1 ks
M3.06AB-W1	1-CYKY4x50	130 m
7QM1	SM1E-1	1 ks
M1.01B-W1	CYKY3x1,5	85 m
8QM1	SM1E-1	1 ks
M1.02B-W1	CYKY3x1,5	85 m
9QM1	SM1E-1	1 ks
M1.03B-W1	CYKY3x1,5	85 m
10QM1	SM1E-1	1 ks
M1.04B-W1	CYKY3x1,5	85 m
11QM1	SM1E-2,5	1 ks
M2.01B-W1	CYKY4x1,5	90 m
12QM1	SM1E-2,5	1 ks
M2.02B-W1	CYKY4x1,5	90 m
13QM1	SM1E-2,5	1 ks
M2.03B-W1	CYKY4x1,5	90 m
14QM1	SM1E-2,5	1 ks
M2.04B-W1	CYKY4x1,5	90 m
2QF1	BD250NE305	1 ks
	SE-BD-0160-MTV8	1 ks
M4.11AB-W1	1-CYKY3x120+70	32 m
3QF1	BD250NE305	1 ks
	SE-BD-0160-MTV8	1 ks
M4.12AB-W1	1-CYKY3x120+70	32 m
4QF1	BD250NE305	1 ks
	SE-BD-0160-MTV8	1 ks
M4.13AB-W1	1-CYKY3x120+70	32 m

15QM1	SM1E-6,3	1 ks
M6.01AB-W1	CYKY4x1,5	15 m
16QM1	SM1E-6,3	1 ks
M6.02AB-W1	CYKY4x1,5	15 m
17QM1	SM253-10	1 ks
M6.51AB-W1	CYKY4x1,5	25 m
18QM1	SM253-10	1 ks
M6.52AB-W1	CYKY4x1,5	25 m
19QM1	SM1E-1	1 ks
M0.14B-W1	CYKY4x1,5	55 m
20QM1	SM1E-6,3	1 ks
M5.213B-W1	CYKY4x1,5	115 m
21QM1	SM1E-6,3	1 ks
M5.214B-W1	CYKY4x1,5	115 m
22QM1	SM1E-6,3	1 ks
M5.217B-W1	CYKY4x1,5	115 m
23QM1	SM1E-6,3	1 ks
M5.218B-W1	CYKY4x1,5	115 m
24QM1	SM1E-4	1 ks
M5.223B-W1	CYKY4x1,5	115 m
25QM1	SM1E-4	1 ks
M5.224B-W1	CYKY4x1,5	115 m
26QM1	SM1E-1,6	1 ks
M5.235B-W1	CYKY4x1,5	115 m
27QM1	SM1E-1,6	1 ks
M5.236B-W1	CYKY4x1,5	115 m
28QM1	SM1E-1,6	1 ks
M5.237B-W1	CYKY4x1,5	115 m
1FA1	LTE-50C-3	1 ks
RTH-W1	CYKY 5x16	55 m

6 ZÁVĚR

Správně a současně optimálně navrhovat kabelová vedení a zároveň je správně jistit není snadné, protože je nutné brát v úvahu mnoho okolností. Jak je vidět v praktické části, navrhovat dimenzování a jištění manuálním výpočtem je složité a časově náročné. Z tohoto důvodu se v praxi a také v této bakalářské práci využívá softwarové podpory v podobě výpočtového programu Sichr od společnosti O EZ Letohrad.

Hodnoty uváděné výpočtovým programem Sichr se od vypočítaných liší z důvodu výpočtu odlišným postupem u stanovení úbytku napětí na vedení, rozdíl dosažené teploty kabelu při vypnutí přetížení je způsobeno přesnějším stanovením nadproudu z ampér-sekundové charakteristiky výpočtovým programem nebo jinou použitou časovou oteplovací konstantou, také je možnost uvažování jiné vztažené teploty okolí kabelu. Dále je rozdíl hodnot z důvodu rozdílného zaokrouhlování.

Z důvodu vysokého příkonu navrhované ÚV Zaječí, již musely být použity paralelní kabely, z důvodu proudového přesahu jednoho kabelu CYKY s nejvyšším průřezem. V dnešní době jsou na trhu jisticí prvky s vyměnitelným modulem a nastavitelnými spouštěmi. Z tohoto důvodu tyto jisticí prvky vykazují vysokou univerzálnost použití a snadné přiřazení k jištění kabelu nebo el. zařízení.

Při návrhu bylo zajímavé pozorovat, jak podmínky na kabelové trase snižují proudovou zatížitelnost kabelů.

V bakalářské práci bylo navrženo napájení elektrických pohonů z transformátoru T1, který napájí rozvaděč RM1. Z rozvaděče RM1 bylo navrženo napájení jednotlivých pohonů technologií zvolené ÚV. Vycházelo se z příslušných příkonů, soudobosti, délek a podmínek na kabelových trasách. Na kabelových trasách nesmí vznikat nežádoucí úbytky napětí, kabely nesmějí být přetěžovány a musí odolat zkratovým proudům. Jisticí prvky musejí odolat jak zkratovým proudům, tak záběrným proudům pohonů. V neposlední řadě musí být zajištěna ochrana před úrazem el. proudem, včasnou reakcí jisticích prvků. Byla sepsána technická zpráva a bylo provedeno zakreslení kabelových tras.

V návrhu bylo stanoveno výpočtem: soudobost, soudobý příkon, výpočtový proud, dovolený proud kabelu, úbytek napětí, odolnost tepelných účinků zkratového proudu, návržení jištění z hlediska přetížení a teplota kabelu v době vypnutí přetížení.

Ve své práci jsem spolupracoval s investorem a vlastníkem ÚV Zaječí, společností VaK Břeclav.

V elektronické příloze na DVD se nachází: Dispoziční výkresy, jednopólové schéma rozvaděče RM1, zdrojový kód návrhu programu Sichr, výstupy z programu Sichr.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] CABAL, Jan. *Návrh elektroinstalace průmyslového objektu*. Bakalářská práce, FEKT VUT v Brně, 2013, 52 stran.
- [2] BAXANT, Petr. *Projektování v elektroenergetice*. Elektronické texty, FEKT VUT v Brně, 2002, 98 stran.
- [3] DVOŘÁČEK, Karel a Vincent CSIRIK. *Projektování elektrických zařízení*. Praha: IN-EL, 1999. Knižnice Elektro. ISBN 80-86230-10-4.
- [4] DVOŘÁČEK, Karel. *Příručka pro zkoušky projektantů elektrických instalací*. 2., přeprac. vyd. Praha: IN-EL, 2011. Elektro. ISBN 978-80-86230-53-5.
- [5] Česká republika. Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice ve znění vyhlášky 98/1982 Sb. In: Sbíрка zákonů. 22. 5. 1978, roč. 1978 č. 50, 11. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/sbirka-zakonu-stejnopisy-sbirky-zakonu.aspx>
- [6] Česká republika. Zákon o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě ve znění zákonů č. 164/1993 Sb., č. 275/1994 Sb., č. 224/2003 Sb., č. 189/2008 Sb. a č. 153/2011 Sb. In: Sbíрка zákonů. 7. 7. 1992, roč. 1992, č. 360, 73. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/sbirka-zakonu-stejnopisy-sbirky-zakonu.aspx>
- [7] Česká republika. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění zákona č. 183/2006 Sb., In: Sbíрка zákonů. 11. 5. 2006, roč. 2006, č. 183, 63. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/sbirka-zakonu-stejnopisy-sbirky-zakonu.aspx>
- [8] Česká republika. Zákon, kterým se mění zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění pozdějších předpisů, a některé související zákony ve znění zákona č. 350/2012 Sb., In: Sbíрка zákonů. 22. 10. 2012, roč. 2012, č. 350, 130. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/sbirka-zakonu-stejnopisy-sbirky-zakonu.aspx>
- [9] L. P. ELEKTRO s.r.o. *Sborník přednášek č. 66 – Úvod do projektování elektroinstalací 2013*. 1. vyd. Brno: L. P. Elektro s.r.o., 2013. 184 s. ISBN 978-80-87616-14-7.
- [10] L. P. ELEKTRO s.r.o. *Sborník přednášek č. 64 – Projektování v elektrotechnice 2013*. 1. vyd. Brno: L. P. Elektro s.r.o., 2013. 104 s. ISBN 978-80-87616-16-1.
- [11] L. P. ELEKTRO s.r.o. *Sborník přednášek č. 68 – Úvod do projektování elektroinstalací 2014*. 1. vyd. Brno: L. P. Elektro s.r.o., 2014. 176 s. ISBN 978-80-87616-16-1.
- [12] SOLID TEAM Olomouc. *Elektro v praxi 1*. Olomouc: Solid Team s.r.o., 2015, 179 stran.
- [13] SOLID TEAM Olomouc. *Elektro v praxi 6*. Olomouc: Solid Team s.r.o., 2002, 82 stran.
- [14] PROCHÁZKA, Radek: *tzb-info* [online]. 2007 [CIT. 2016-05-23]. Fáze projektové dokumentace pro silnoproudé rozvody. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3917-faze-projektove-dokumentace-pro-silnoproude-rozvody>
- [15] ČSN 33 2000-4-41 ed. 2:2010. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*.
- [16] KALÁB, Petr, STEINBAUER, Miloslav, VESELÝ, Miroslav. *Bezpečnost v elektrotechnice*. Elektronické texty, FEKT VUT v Brně, 2011, 70 stran.

-
- [17] DVOŘÁČEK, Karel: *ProfiElektrika.cz* [online]. 2014 [CIT. 2016-05-23]. Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Dostupné z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/vyhlaska-268-2009-sb-o-technicky-pozadavcich-na-stavby-2013-jeji-dopad-na-elektricke-rozvody/view>
- [18] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení*. Elektronické texty, FEKT VUT v Brně, 2015, 178 stran.
- [19] KRÍŽ, Michal. *Dimenzování a jištění elektrických zařízení - tabulky a příklady*. Čtvrté - aktualizované vydání. Pardubice: IN-EL, 2015. Elektro. ISBN 978-80-87942-07-9.
- [20] OEZ s. r. o.: *Příručka elektrotechnika*, 2011, 92 stran.




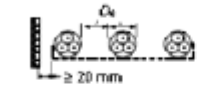
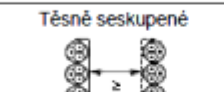
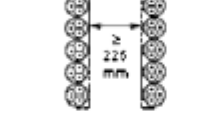
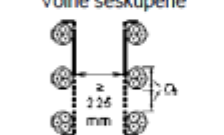





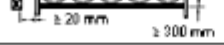
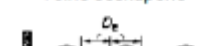

Příloha A

A. 1 Tabulková příloha

Tab. A. 1-1 Dovolené proudy vodičů s měděnými jádry[18]

Referenční způsob uložení v tabulce	Počet zatížených vodičů a druh izolace											
		Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE						
A1		Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE						
A2	Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE							
B1				Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE		Dva XLPE			
B2			Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE					
C					Tři PVC		Dva PVC	Tři XLPE		Dva XLPE		
E						Tři PVC		Dva PVC	Tři XLPE		Dva XLPE	
F							Tři PVC		Dva PVC	Tři XLPE		Dva XLPE
Průřez [mm ²] měď	Dovolené proudy I _n [A]											
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	16,5	19,5	22	23	24	26	-
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	-	-	-	207	216	236	258	278	298	328	352	377
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504
185	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575
240	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679

Tab. A. 1-2 Přepočítací koeficienty proudové zatžitelnosti při seskupení několika vícežilových kabelů v jedné vrstvě na vzduchu – způsob uložení E (Tab. 41 z [18])

Způsob uložení podle tabulky A.52.3		Počet lůvek nebo žebříků	Počet kabelů								
			1	2	3	4	6	9			
Perforované kabelové lůvky (poznámka 3)	31	Těsně seskupené		1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73	
				2	1,00	0,87	0,8	0,77	0,73	0,68	
				3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
				6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,68	0,64	
		Volně seskupené		1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	–	
				2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	–	
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	–			
Svislé perforované kabelové lůvky (poznámka 4)	31	Těsně seskupené		1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72	
				2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70	
		Volně seskupené		1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	–	
				2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	–	
Neperforované kabelové lůvky	31	Těsně seskupené		1	0,97	0,84	0,78	0,75	0,71	0,68	
				2	0,97	0,83	0,76	0,72	0,68	0,63	
				3	0,97	0,82	0,75	0,71	0,66	0,61	
				6	0,97	0,81	0,73	0,69	0,63	0,58	
Kabelové žebříky, rošty, háky apod. (poznámka 3)	32	Těsně seskupené		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78	
				2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73	
				3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70	
	33			6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,68	0,64	
		34	Volně seskupené		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
					2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	–		

Tab. A. 1-3 Dovolené provozní a maximální teploty vodičů pro různé druhy izolace[18]

Druh izolace vodiče	Zkratka názvu	Značka	Základní teplota okolního vzduchu	Nejvyšší dovolená provozní teplota	Nejvyšší dovolená teplota	
					při proudovém přetížení	při zkratu
Polyvinylchlorid měkčený	PVC	Y	30	70	120	140-160
Elastomery na bázi přírodního nebo syntetického kaučuku	guma pryž kaučuk	G	30	60-120	120-150	200-250
do 10 kV		G	30	60		150
Etylenpropylenová pryž	EPR		30	90	130	250
Polyetylén	PE	E	30	70		130-150
Zesítený polyetylén	XE	X	30	90	120	250
Polytetrafluoretylén	PTFE		90	200	300	300
propylén	FEP		90	200	250	250
Napuštěný papír						
normální		N	30	80	120	200
nemigrující		M	30	80	120	300
do 6 kV		N	30	80		200
do 10 kV		N	30	75		150
22 kV		N	30	70		150
35 kV		N	30	65		150
Skleněné vlákno			90	130	180	300
Holé vodiče plné	mechanicky zatížené		30	80	180	300
nebo slaněné Al nebo Cu	mechanicky nezatížené		30	80	180	200
Slitina Al			30	80	150	170
Ocel mech. zatížená			30	80	180	250
Ocel mech. nezatížená			30	80	180	300