

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

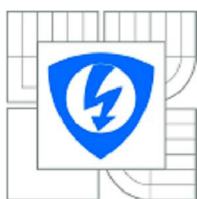
NÁVRH ELEKTROINSTALACE PRŮMYSLOVÉHO OBJEKTU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN CABAL

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Sílnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Jan Cabal
Ročník: 3

ID: 98537
Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Návrh elektroinstalace průmyslového objektu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Projektování elektroinstalací – základní termíny a legislativa
2. Dimenzování elektroinstalací
3. Návrh elektroinstalace průmyslového objektu

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

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

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

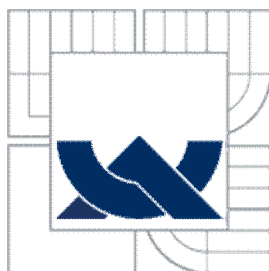
Bibliografická citace práce:

CABAL, J. *Návrh elektroinstalace průmyslového objektu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 52 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této 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.

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Petru Tomanovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady a připomínky při konzultacích.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

NÁVRH ELEKTROINSTALACE PRŮMYSLOVÉHO OBJEKTU

DESIGN OF THE WIRING FOR THE INDUSTRY BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN CABAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PETR TOMAN, Ph.D.

BRNO 2013

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá projektováním a dimenzováním elektrických instalací v průmyslových objektech. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část zmiňuje projektování instalací, z hledisek základních termínů, složení projektové dokumentace, stupňů projektové dokumentace a koordinací profesí. Dále obsahuje legislativní požadavky, ochranu před úrazem elektrickým proudem a dimenzování elektrických instalací.

V praktické části je navržena elektroinstalace ČOV Podivín pomocí CAD systémů a programu EATON Pavouk. Návrh obsahuje situaci objektu, dispozice jednotlivých navrhovaných objektů, jednopólové schéma rozvaděčů RM 1 a RM 2. Dále paprskovou síť rozvodů vč. požadovaných hodnot a vypínacích charakteristik.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Projekt; průmyslový objekt; norma; bezpečnost elektrických instalací; dimenzování instalací; ochranné prvky; čistírna odpadních vod.

ABSTRACT

This document deals with planning and proportioning of electric installations within industrial objects. The document is divided into a theoretical and a practical part. The theoretical part mentions installations projecting from the point of view of basic terms, project documentation composition, project documentation grades and professions coordination. Further it contains the legislative requirements, protection against injuries caused by the electric power, and electric installations proportioning.

In the practical part there is the electroinstallation ČOV Podivin designed, using CAD systems and the programme EATON Pavouk. The design contains the situation of an object, a particular suggested objects layout, single-pole scheme of switchboards RM1 and RM2. Further it contains radial network of distribution systems incl. required figures and disconnecting characteristics.

KEY WORDS:

Project; industrial object; regulation; electric installation safety; installation proportioning; protective components; waste water purification plant

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

1 ÚVOD A CÍL PRÁCE	11
1.1 ÚVOD.....	11
1.2 CÍL PRÁCE	12
2 PROJEKTOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH INSTALACÍ.....	13
2.1 PROJEKT A POŽADAVKY NA PROJEKTOVÁNÍ ELEKTROINSTALACÍ	14
2.2 OBSAH PRORJEKTU	15
3 LEGISLATIVA A TECHNICKÉ NORMY ČSN.....	18
3.1 VYHLÁŠKA 50/78SB.	19
3.2 TECHNICKÉ NORMY ČSN	20
3.2.1 OZNAČOVÁNÍ NOREM.....	20
3.2.2 ÚDAJE O NORMĚ.....	21
4 BEZPEČNOST ELEKTRICKÝCH INSTALACÍ	23
4.1 ZÁKLADNÍ POJMY, VZNIK ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	25
4.2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY Z HLEDISKA OCHRANY PŘED ÚRAZEM EL.PROUDEM	25
4.3 DRUHY ROZVODNÝCH SÍTÍ	26
4.3.1 ZNAČENÍ SÍTÍ PODLE UZEMNĚNÍ	26
4.3.2 SÍŤ TN.....	26
4.3.3 SÍŤ TT	27
4.3.4 SÍŤ IT	27
4.4 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ Z HLEDISKA NEBEZPEČÍ ÚRAZU EL.RPOUDEM.....	28
4.4.1 PROSTORY NORMÁLNÍ	28
4.4.2 PROSTORY NEBEZPEČNÉ	28
4.4.3 PROSTORY ZVLÁŠŤ NEBEZPEČNÉ	28
4.5 OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	29
4.5.1 DRUHY IZOLACÍ EZ	29
4.5.2 PROSTŘEDKY ZÁKLADNÍ OCHRANY.....	30
4.5.2.1 ZÁKLADNÍ IZOLACE	30
4.5.2.2 PŘEPÁŽKY A KRYTY.....	31

4.5.3	PROSTŘEDKY OCHRANY PŘI PORUŠE	31
4.5.3.1	OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ	31
4.5.4	PROSTŘEDKY ZVÝŠENÉ OCHRANY	32
4.5.5	OCHRANNÁ OPATŘENÍ PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	33
4.5.5.1	AUTOMATICKÉ ODPOJENÍ OD ZDROJE V SÍTI TN	33
4.5.5.2	OCHRANA DVOJITOU NEBO ZESÍLENOU IZOLACÍ	35
4.5.5.3	DOPLŇKOVÁ OCHRANA PROUDOVÝM CHRÁNIČEM	36
4.5.6	KOORDINACE ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ A OCHRANNÝCH PROSTŘEDKŮ V EL.INSTALACI	38
4.5.6.1	TŘÍDY OCHRANY ZAŘÍZENÍ	38
5	DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ VODIČŮ	39
5.1	DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ DLE DOVOLENÉ PROVOZNÍ TEPLoty (OTEPLENÍ).....	39
5.1.1	CHARAKTERISTIKA VODIČE	40
5.1.2	CHARAKTERISTIKA PROVOZU	41
5.1.3	CHARAKTERISTIKA PROSTŘEDÍ.....	41
5.1.4	CHARAKTERISTIKA ULOŽENÍ	42
5.1.5	PŘÍKLAD VÝPOČTU PŘI DIMENZOVÁNÍ DLE DOVOLENÉ PROVOZNÍ TEPLoty	45
5.2	DIMENZOVÁNÍ PRŮŘEZŮ VODIČŮ Z HLEDISKA HOSPODÁRNOSTI.....	46
5.3	DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ PODLE MECHANICKÉ PEVNOSTI.....	47
5.4	DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ DLE ÚBYTKU NAPĚTÍ	47
5.4.1	PŘÍKLAD VÝPOČTU PŘI DIMENZOVÁNÍ PODLE ÚBYTKU NAPĚTÍ.....	48
5.5	DOVOLENÉ PROUDY VODIČŮ	48
5.5.1	JIŠTĚNÍ VODIČŮ V SILNOPROUDÝCH ROZVODECH	52
5.5.2	PŘÍKLAD VÝPOČTU PŘI DIMENZOVÁNÍ PODLE TEPELNÝCH ÚČINKŮ ZKRATOVÝCH PROUDŮ	55
6	NÁVRH ELEKTROINSTALACE PRŮMYSLOVÉHO OBJEKTU	57
6.1	NÁVRH ČOV PODIVÍN	57
6.2	VÝCHOZÍ PODKLADY	58
6.2.1	STAVEBNÍ PODKLADY.....	58
6.2.2	STROJNĚ-TECHNOLOGICKÉ.....	58
6.4	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	61
7	ZÁVĚR.....	62
8	POUŽITÁ LITERATURA	63

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Postavení projektu v procesu výstavby</i>	13
<i>Obr. 4.1 Postavení bezpečnosti, ochran a bezpečného provozu v elektrotechnice z hlediska Norem ČSN a legislativy ČR</i>	24
<i>Obr. 4.2 Síť TN-C-S</i>	27
<i>Obr. 4.3 Přehled stupňů krytí EZ před vniknutím pevných těles a vody</i> [14].....	31
<i>Obr. 4.4 Příklad ochranného uzemnění a pospojování v budově</i>	32
<i>Obr. 4.5 Princip automatického odpojení od zdroje v síti TN-C-S při poruše</i>	34
<i>Obr. 4.6 Vnitřní uspořádání proudového chrániče (vlevo 1 – fázový, vpravo 3 - fázový)</i>	37
<i>Obr. 4.7 Proudový chránič (vlevo 1 – fázový, vpravo 3 – fázový)</i> [13].....	37
<i>Obr. 5-1 Vypínací ampérsekundová charakteristika (podle obr. 1, kap. 9.1 z [7])</i>	53
<i>Obr. 5-2 Oteplovací charakteristika vodiče (podle obr. 71 z [6])</i>	54

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 4-1 Meze bezpečných jmenovitých napětí v závislosti na prostorech</i>	28
<i>Tab. 4-2 Přehled druhů izolací EZ a jejich použití[3]</i>	30
<i>Tab. 4-3 Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem[3]</i>	33
<i>Tab. 4-4 Maximální doby odpojení v síti TN pro koncové obvody[11]</i>	34
<i>Tab. 4-5 Značení tříd ochrany a připojení EZ k instalaci</i>	38
<i>Tab. 5-1 Dovolené provozní a maximální teploty vodičů pro různé druhy izolace</i>	40
<i>Tab. 5-2 Přepočítávací součinitelé pro okolní teploty vzduchu odlišné od 30°C</i>	42
<i>Tab. 5-3 Přepočítávací součinitelé pro okolní teploty země odlišné od 20°C</i>	42
<i>Tab. 5-4 Přepočítávací součinitelé pro seskupení více kabelů</i>	43
<i>Tab. 5-5 Přepočítávací součinitelé proudové zatížitelnosti při seskupení několika vícežilových kabelů v jedné vrstvě na vzduchu pro způsob uložení E</i>	44
<i>Tab. 5-6 Přepočítávací součinitelé harmonických proudů pro čtyř a pětžilové kabely</i>	45
<i>Tab. 5-7 Dovolené proudy vodičů s měděnými jádry</i>	49
<i>Tab. 5-8 Dovolené proudy vodičů s hliníkovými jádry</i>	50
<i>Tab. 5-9 Dovolené proudy v ampérech</i>	51
<i>Tab. 5-10 Materiálové konstanty pro výpočet oteplení vodiče při zkratu</i>	55
<i>Tab. 5-11 Součinitel ke pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu</i>	55
<i>Tab. 6-1 Seznam a technická specifikace navrhovaných čerpadel</i>	58

1. Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

Průmyslovým objektem je považována taková provozovna, která plní výhradně průmyslové účely. Jedná se například o různé haly nebo celý výrobní závod, nikoliv o kanceláře, popřípadě sociální zařízení. Průmyslové objekty jsou z hlediska elektrické instalace řešeny v normě ČSN 34 1610.

Mezi hlavní požadavky na projektování a realizování elektroinstalací patří bezpečnost osob a věcí, provozní spolehlivost, přehlednost rozvodu, snadná přizpůsobivost rozvodu, hospodárnost rozvodu, hospodárné použití typizovaných jednotek, vzhled, zamezení nepříznivých vlivů a rušivých napětí. Nesmíme opomenout také požadavky investora. Při projekci, ale také provozu elektrické instalace musí být také myšleno na komfort uživatele vhodným umístěním elektroinstalačních prvků, kladením důrazu na kvalitu výrobků a jejich provedení, ale také například kvalitou nabízených služeb distribučních společností. V dnešní době zaručují vysoký komfort především inteligentní instalace.

Projekt je důležitý podklad pro stavbu, instalaci, montáž elektroinstalací. Je vytvářen činností, která vyžaduje kvalifikaci a odborné znalosti. Uvádí návrhy, aby nedošlo ke kontaktu s živou částí a tím k úrazu, požáru nebo jinému ohrožení osob, či majetku a to i z hlediska finančního. Správnost projektu zaručuje soulad s platnými normami, zákony, správné navržení a proveditelnost elektroinstalace. Dále zaručuje pečlivost, úplnost, bezpečnost, technickou a ekonomickou úroveň projektu apod. Následky nesprávné realizace ze strany projektu mohou znamenat snížení spolehlivosti dodávky elektrické energie, finanční škody, požáry a tím újmou na majetku, ale i smrtící úrazy.

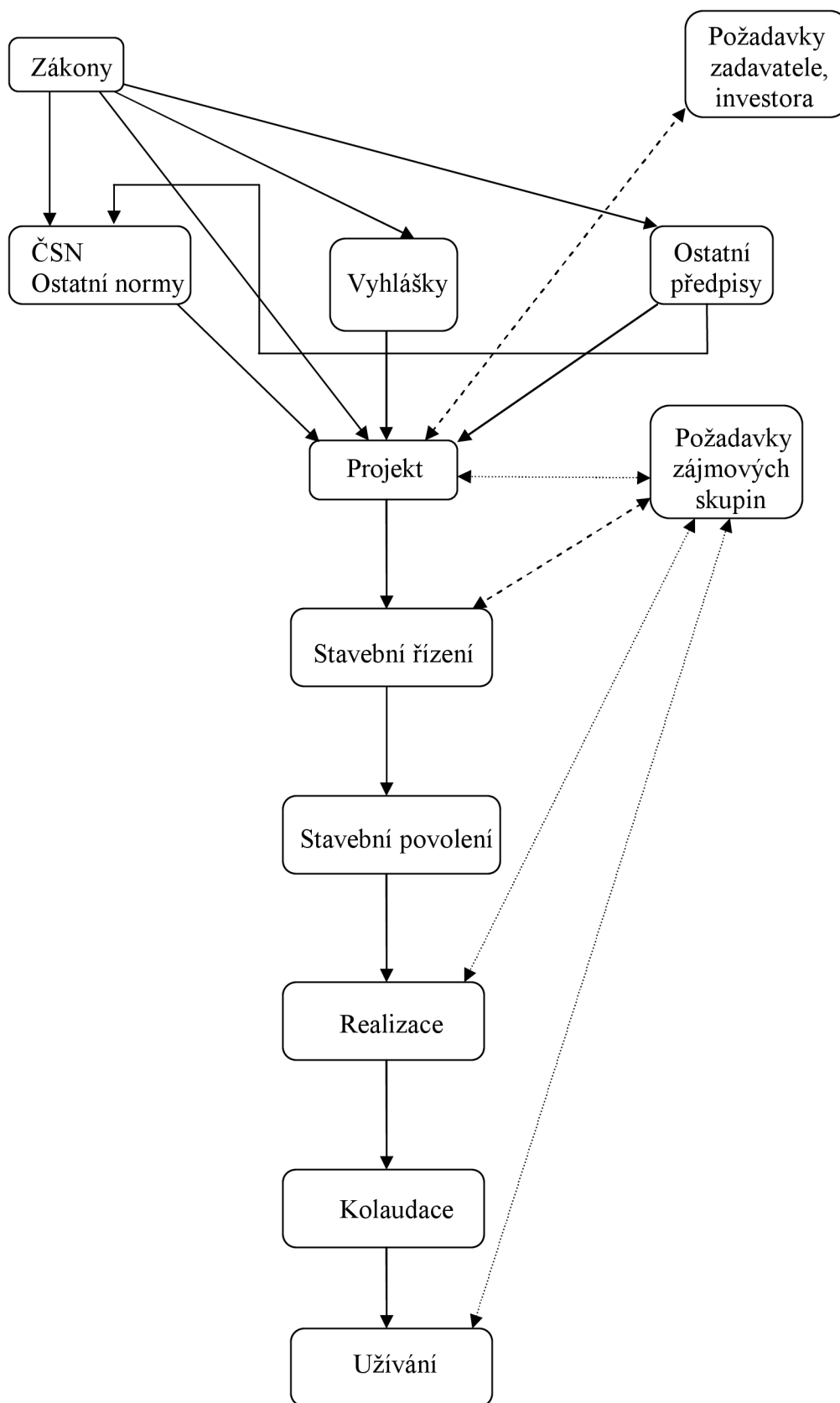
Bakalářská práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část je rozložena do pěti kapitol. Kapitoly pojednávají o činnostech a termínech spojených s projektováním, o povinnostech a výkonu projektanta při vytváření projektové dokumentace, dále o legislativních a normativních předpisech pro projekci elektrických instalací. Následující kapitola bezpečnost elektrických instalací se zabývá ochranami před úrazem elektrickým proudem, respektující normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, ČSN EN 61140 ed. 2 a poslední kapitola dimenzování, jištění vodičů, motorů problematikou návrhů elektrických rozvodů, především z hlediska norem ČSN 33 2000-4-43 ed. 2, ČSN 33 2000-4-473, ČSN 33 2000-5-523 ed. 2 a ČSN 34 1610.

Praktickou část tvoří návrh elektroinstalace čistírny odpadních vod. Návrh je tvořen výchozími podklady čistírny, technickou zprávou a potřebným výpočtem. Výkresová část a zbývající dimenzace pomocí softwarové podpory je umístěna v přílohové části, kde se dále nacházejí přehledy norem a legislativních předpisů, tabulky potřebné k výpočtům apod.

1.2 Cíl práce

Cílem této práce je seznámit s oblastí elektrotechniky – projektováním. Práce se zabývá základními termíny v projektování elektrických instalací, postupy při zadávání a vytváření projekčních prací - projektové dokumentace, stupni a skladbou projektové dokumentace, legislativními předpisy, technickými normami, bezpečností a dimenzováním elektrických instalací. Praktický návrh elektrické instalace průmyslového objektu je proveden pro motorové rozvody včetně návrhu rozvaděčů a výkresové části čistírny odpadních vod Podivín (okr. Břeclav).

2. Projektování elektrických instalací



Obr.2-1 Postavení projektu v procesu výstavby[10]

Projektování je činnost vedoucí k zhotovení projektu.

Mezi činnostmi projektování patří zejména:

- návrh řešení dané realizace tak, aby byla funkční a splňovala požadavky norem a předpisů,
- návrh pracovních postupů při vlastní realizaci tak, aby byla funkční a splňovala požadavky norem a předpisů,
- návrh pracovních postupů při vlastní realizaci a někdy i při provozu již hotového díla,
- tvorba výkresové a průvodní dokumentace na základě znalostí problematiky v daném oboru,
- rozpočtové a nákladové kalkulace,
- výměry prací, materiálu a dodávek,
- zjišťování informací o stávajícím stavu a zanesení do projektové dokumentace a jiné práce přímo nebo nepřímo s činnostmi projektanta související.

Při projektování musí být projektant schopen samostatné tvůrčí činnosti s využitím svých znalostí, dostupných informací a pokud možno nejnovějších poznatků o daném problému, který v projektu řeší. Jelikož se jedná vždy o tvůrčí činnost, přebírá projektant i jistý díl zodpovědnosti za budoucí realizaci a fungování díla [1].

2.1 Projekt a požadavky na projektování elektroinstalací

Projekt je důležitý podklad pro stavbu, instalaci, montáž elektroinstalací. Uvádí návrh, aby nedošlo ke kontaktu s živou částí a tím k úrazu, požáru nebo jinému ohrožení osob či majetku. Měl by být součástí každé dodávky, která obsahuje více dílčích prací, materiálů, výrobků či jiných dílů. Projekt tak stanovuje, jakým způsobem materiál, výrobky a jiné součásti uplatní v celku, který je předmětem projektu a rovněž může stanovovat postupy, které k tomuto spojení vedou. Použití projektu má hned několik důvodů. Mezi nejdůležitější důvody patří:

- dodržení obecně platných či normou daných nebo doporučených postupů,
- dodržování limitů,
- využití vhodných materiálů, přístrojů, součástek či jiných dílů a jejich vhodné pospojování a propojení za dosažení bezproblémové funkce realizovaného díla.

Dalším důvodem je určitá právní ochrana zákazníka při komplikacích či haváriích během provozu díla či jiných souvisejících funkčních celků. Pokud je dílo zrealizováno na základě projektu je zde vždy větší jistota uplatnění reklamačních či pojistných událostí. S existencí projektu je spjato i zjednodušené dohledání viníka případných poruch a havárií [1].

Podoba projektu je dána požadavky na vyjádření myšlenek popisující předmět projektu. Ve většině případů jde o podobu papírových výkresů a dokumentů. V dnešní době tvorby projektů na počítači je možné celý projekt vytvářet a uchovávat v paměti počítače. Papírová dokumentace je však zatím stále nedílnou součástí projektu, neboť při samotné realizaci je její použití nejsnazší a dostupné [1].

Výchozí informace pro projektování se získávají kontaktem s investorem a jeho požadavků, z informací o stavbě, kde bude realizace instalace prováděna, popřípadě z katalogů, z příslušných norem. Především je nutné znát podrobné informace o technologii a parametrech zařízení, které se budou navrhovat. Dále je nutné mít k dispozici předchozí stupeň dokumentace, objednávku investora, vyjádření dotčených orgánů, situační mapy, katalogové listy výrobců výrobků použitých v projektu, normy, které souvisejí apod. Důležitá je také koordinace s ostatními profesemi – architekt, apod.

2.2 Obsah projektu

Předprojektová příprava:

- Investiční záměr - souhrn požadavků s námětovým řešením umístění do lokality, předběžné odhady bilancí potřeb a spotřeb, odhady nákladů, typy pro výběr staveniště. Objednavatelem je investor.
- STS nebo PPR - Studie stavby nebo přípravné práce - prověření konkrétního staveniště, vhodnost lokality, vlastnosti veřejných zdrojů, limity území. Studie ve variantách - vyhledání optimálního vzhledu stavby / trasy dopravní stavby/ technického řešení. Objednavatelem je investor.
- DÚR - Dokumentace pro územní rozhodnutí - na jejím základě bude povoleno umístění stavby, vypracovává se v náležitostech stanovených přílohou č. 4 vyhlášky 503/2006 Sb. Objednavatelem je investor.

Seznam důležitých dokumentací, které bývají součástí projektů:

DSP - Dokumentace pro stavební povolení - na jejím základě bude vydáno povolení ke stavbě, vypracovává se v náležitostech stanovených přílohou č. 1 vyhlášky 499/2006 Sb. Objednavatelem je investor.

DOS - Dokumentace pro ohlášení stavby v případě, že není nutné stavební povolení, je dle požadavku vyhlášky 499/2006 Sb. obsahově identická s dokumentací pro stavební povolení

DZS nebo ZDS neboli TD - Dokumentace pro zadání stavby neboli Tendrová dokumentace (také DVZ - dokumentace pro výběr zhotovitele) - podklad pro výběrové řízení a stanovení ceny - sestavení tendrové/zadávací dokumentace. Objednavatelem je investor.

DPS - Dokumentace pro provedení stavby - podklad pro provedení (realizaci) stavby, univerzální dokumentace bez ohledu na budoucího vybraného dodavatele. Objednavatelem je investor.

RDS - Realizační dokumentace stavby - podklad pro provedení (realizaci) stavby upravena pro dodavatele stavby, dle jeho řešení, technologie a zpracování. Objednavatelem je investor nebo dodavatel.

SKP nebo DSPS - Dokumentace skutečného provedení stavby - zachycení konečného stavu stavby

Projektová dokumentace je veškerá dokumentace související s projektem, soubor vyjádřených informací popisující realizaci projektovaného díla.

Pravidla tvorby výkresové dokumentace vycházejí z norem a doporučení, které stanovují způsob vyjadřování technických informací, tak aby byly pokud možno mezinárodně srozumitelné a jednoznačně určené bez pochybností a nejasností. Dodržování norem zde má význam zejména ve sjednocení terminologie, schematických značek, kreslení schémat apod[1].

Projektová dokumentace musí vždy obsahovat části uvedené níže členěné na jednotlivé položky s tím, že rozsah jednotlivých částí musí odpovídat druhu a významu stavby, jejímu umístění, stavebnětechnickému provedení, účelu využití, vlivu na životní prostředí a době trvání stavby [2].

- Průvodní zpráva,
- souhrnná technická zpráva,
- situace stavby,
- dokladová část,
- zásady organizace výstavby,
- dokumentace objektů.

Technická zpráva – obsahuje údaje o technickém vybavení objektu včetně elektroinstalace.

Dále obsahuje:

- základní technické údaje elektroinstalace, např. napájecí napěťová soustava, způsob ochrany před úrazem elektrickým proudem, určení vnějších vlivů,
- energetická bilance rozdělená na jednotlivé druhy spotřebičů a druhy sítí včetně instalovaného a soudobého příkonu,

- způsob měření spotřeby elektrické energie (zde se předpokládá měření fakturační i podružné, například pro osvětlení, jednotlivé provozy) včetně případného technického řešení kompenzace,
- předpokládaná roční spotřeba elektrické energie na základě provozních hodin,
- způsob technického řešení napájecích rozvodů 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,
- popis technického řešení zásuvkových okruhů,
- popis technického řešení napojení vzduchotechniky, chlazení, otopných systémů, zdravotní techniky, požárních systémů na elektrickou energii včetně případného způsoby ovládání měřením a regulací,
- popis technického řešení připojení požárních systémů, elektrické požární signalizace, elektrické zabezpečovací signalizace, kamerového systému, měření a regulace a jejich koordinace se silnoproudými zařízeními,
- popis technického řešení napojení technologických celků (systémy slaboproudé, výtahy, eskalátory apod.),
- způsob uložení kabelového nebo jiného vedení vůči stavebním konstrukcím,
- popis způsobu a provedení uzemnění a bleskosvodu včetně provedení uzemňovací soustavy[2].

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 revizního 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,

...

3. Legislativa a technické normy ČSN

Legislativou rozumíme zákony, vyhlášky a předpisy schvalované Parlamentem české republiky. Každý z těchto legislativních dokumentů zpracovává příslušné ministerstvo. Zájemci o výkony projekce EZ ukládá např. povinnost složit zkoušky z vyhlášky 50/1978 Sb. §10 (viz. níže), ale také povinnost řídit se při zpracovávání projektu příslušnými platnými normami ČSN, EN apod.

Legislativa je vlastně zákonodárství. Určuje zákony předpisy a normy, kterými se projektant nebo revizní technik musí řídit.

Předpoklady pro vznik oprávnění - Zákon o živnostenském podnikání č. 455/1991 Sb. stanovuje všeobecné podmínky pro vznik a získání živnostenského oprávnění v oboru „Projektování elektrických zařízení“. Tato činnost spadá do skupiny 205: Elektrické stroje a přístroje náležící do oborů živností vázaných. Zákon požaduje odbornou způsobilost v elektrotechnice podmíněnou úspěšným složením zkoušek § 10 vyhlášky č. 50/1978[1].

Legislativní a technické předpisy, ze kterých vyplývá zákonná povinnost:

- vypracovat projekt a technickou zprávu elektrického zařízení,
- realizovat projekt odbornou firmou,
- zajišťovat ve lhůtách revize elektrického zařízení (výchozí, pravidelné),
- pro zařízení používat schválené a vhodné výrobky.

Doklady a dokumenty nutné pro přípravu revize elektrického zařízení:

- požadavky technických norem,
- požadavky z dalších předpisů,
- údaje z technické dokumentace výrobce (výrobku).

Systémový postup určení:

- prostředí podle platných norem a vyhlášek,
- provedení elektrického zařízení podle podkladů z projektu a další dokumentace,
- vztahu dokumentace k platným předpisům a normám.

Postupy a metody při revizích elektrického zařízení v praxi (měření/zkoušení) u:

- vnitřních elektrických rozvodů (světelných, zásuvkových a dalších) v budovách pro bydlení,
- vnitřních elektrických rozvodů (světelných, zásuvkových a dalších) v provozovnách, elektrických rozváděčů,
- specifických elektrických zařízení (stejnoseměrné rozvody, lékařská zařízení, chemické provozy a jiné),
- elektrických spotřebičů,
- elektrického nářadí,
- pohyblivých přívodů, šňůrových vedení a jejich příslušenství[4].

3.1 Vyhláška 50/78Sb.

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 50/78Sb. 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].

3.2 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[1].

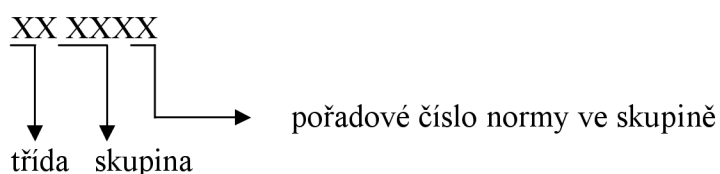
3.2.1 Označování norem

V tomto seznamu jsou uvedeny technické normy pro oblast elektrotechniky[1]:

- 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)[1].

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)[1].

Seznam tříd důležitých norem (první dvojčíslí označení normy)[1]:

- 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

3.2.2 Údaje o normě

V tomto seznamu je u každé normy uvedeno[1]:

- 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 zapracování 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 nepoužívanějších norem pro vytváření projektů elektrických instalací v běžných výstavbách. Výběr je uveden v přílohové části (viz. A.1). Uvedené normy určují dimenzování, jištění, bezpečnost apod.

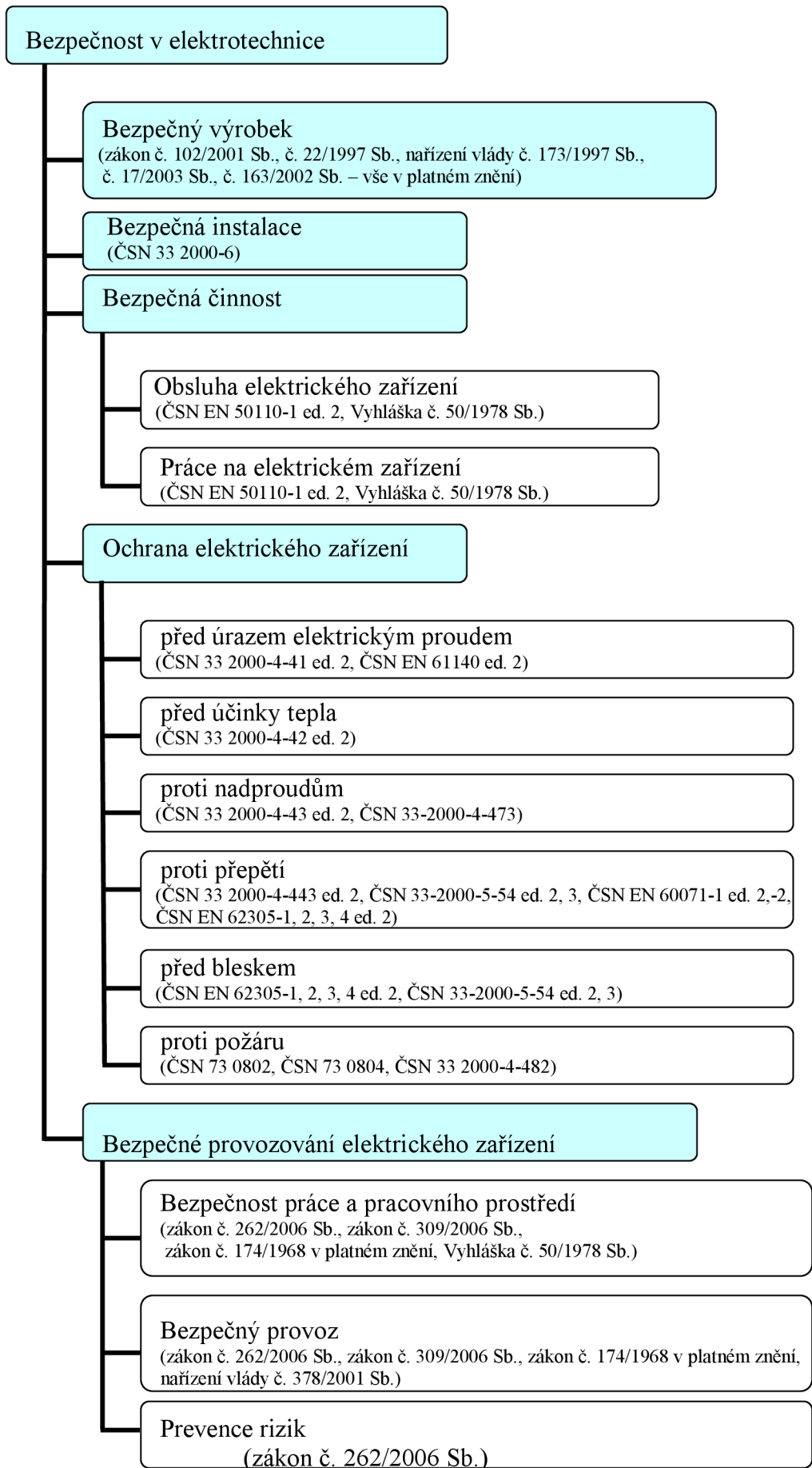
4. Bezpečnost elektrických instalací

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:

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



Obr. 4.1 Postavení bezpečnosti, ochrany a bezpečného provozu v elektrotechnice z hlediska norem ČSN a legislativy ČR[3]

4.1 Základní pojmy, vznik úrazu elektrickým proudem

Základní pojmy v oblasti ochrany před úrazem elektrickým proudem jsou:

- nebezpečná živá část (je živá část EZ, která může za určitých podmínek způsobit úraz elektrickým proudem),
- části současně přístupné dotyku (jsou části, které jsou od sebe vzdáleny **méně než 2,5 m**),
- přímý dotyk (je dotyk s nebezpečnou živou částí EZ),
- nepřímý dotyk (je dotyk s neživou částí EZ, která se v důsledku poruchy stala nebezpečně živou),
- dotykové napětí (je napětí mezi částí, které se osoba dotýká a místem na kterém osoba stojí),
- krokové napětí (je napětí dané rozdílem potenciálů země dvou míst, na kterých osoba stojí. Vyskytuje se v okolí strojených či náhodných zemničů, kterými protéká proud do země)[3].

Nebezpečná živá část, části současně přístupné dotyku, přímý a nepřímý dotyk, dotykové napětí, krokové napětí mají za následek vzniku úrazu elektrickým proudem a proto je nutné zamezit možnosti vzniku úrazu níže uvedenými prostředky a ochrannými opatřeními, tak, aby byla vyloučena možnost náhodného (neúmyslného) dotyku nebezpečných částí instalace.

Úraz elektrickým proudem může dále vzniknout:

- přeskokem elektrické jiskry nebo výbojem z elektrické části zařízení na tělo postiženého (úraz bleskem),
- působením elektrického nebo elektromagnetického pole,
- tepelným či jiným zářením,
- jinak (úlek, pád, odmrštění)[3].

4.2 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[3].

Ochrana může být provedena:

- zabráněním možnosti dotyku znepřístupněním 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[3].

4.3 Druhy rozvodných sítí

4.3.1 Značení sítí podle uzemnění

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).

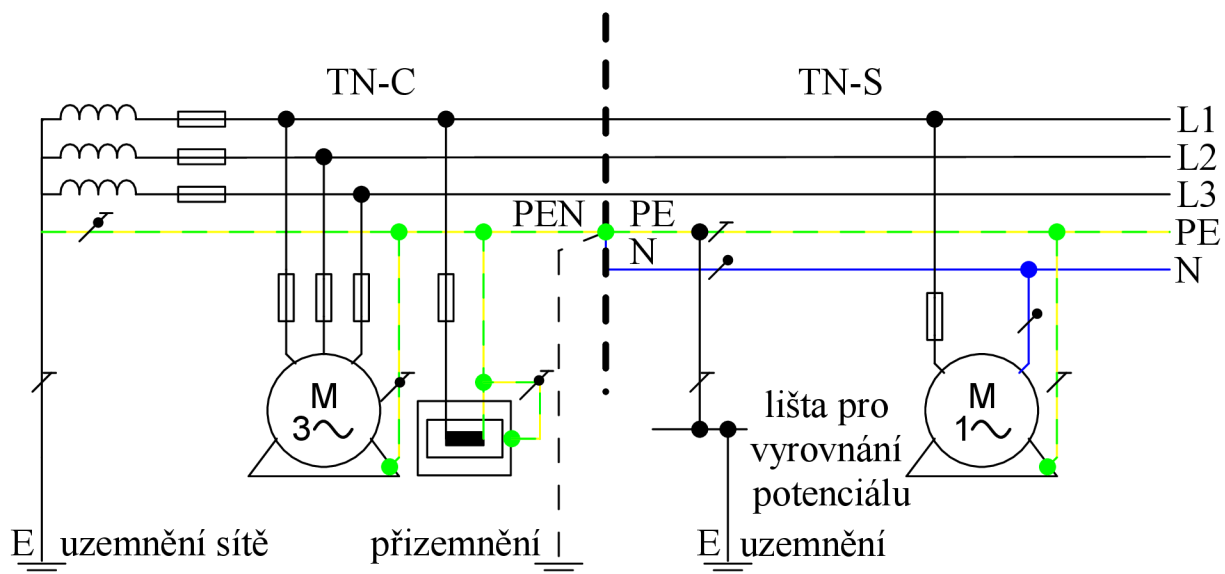
Třetí, popř. čtvrté písmeno – uspořádání ochranného a nulového vodiče:

- 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).

4.3.2 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 4.5.5.1.



Obr. 4.2 Síť TN-C-S

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.

4.3.3 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).

4.3.4 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.

4.4 Rozdělení prostorů z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem

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

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

4.4.1 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[3].

4.4.2 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[3].

4.4.3 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 dobytkem[3].

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

Tab. 4-1 uvádí bezpečné hodnoty dotkových napětí v jednotlivých prostorech.

Tab. 4-1 Meze bezpečných jmenovitých napětí v závislosti na prostorech

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)

4.5 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 ochranných, ochranných při poruše a zvýšené ochrany. Ostatní prostředky a opatření budou pouze zmíněny, jejich specifikace jsou uvedeny ve výše uvedených normách.

Ochrana před úrazem je provedena jako:

- 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).

4.5.1 Druhy izolací EZ

V oblasti ochrany před úrazem elektrickým proudem se setkáváme s různými typy izolací EZ, jejichž přehled udává Tab. 4-2.

Tab. 4-2 Přehled druhů izolací EZ a jejich použití[3]

Název izolace	Použití	Požadavky
Pracovní	Základní předpoklad pro správnou a spolehlivou funkci zařízení <u>Nesouvisí s ochranou před úrazem</u>	Jsou dány technickými požadavky konstrukce zřízení
Základní	Zajišťuje základní ochranu, tedy při normálním provozu EZ	Musí být navržena s ohledem na možné přepětí Všechny vodivé části, které nejsou od živých částí odděleny základní izolací, se považují rovněž za živé
Přídavná	Zajišťuje ochranu při poruše. Spolu s izolací základní vytváří izolaci dvojitou.	Musí odolávat stejnému namáhání jako izolace Základní
Dvojitá	Kombinace izolace základní a přídavné	Při poruše základní izolace se izolační schopnosti nesmí zhoršit.
Zesílená	Rovnocenná s izolací dvojitou	Kvalitou izolantu a povrchovými cestami musí odpovídat alespoň požadavkům na kombinaci izolace základní a přídavné.

4.5.2 Prostředky základní ochrany

Základní ochrana se za normálních podmínek zajišťuje:

- základní izolací,
- přepážkami,
- kryty.

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

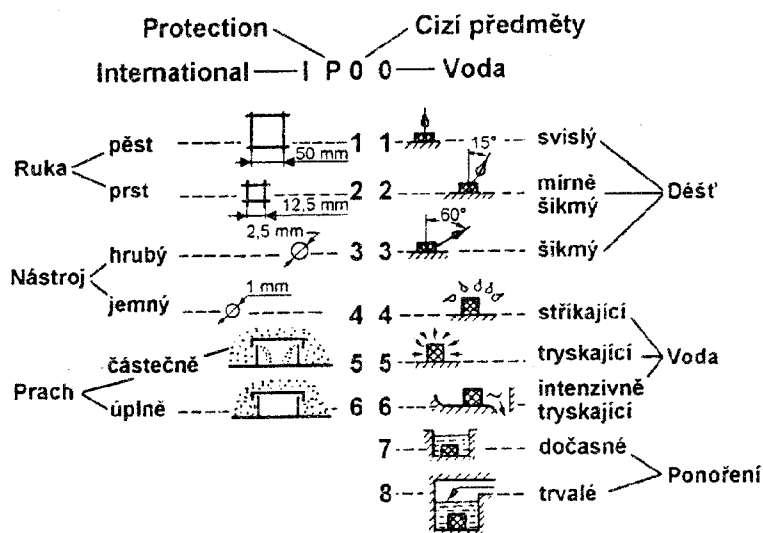
- zábranou,
- polohou.

4.5.2.1 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.

4.5.2.2 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, viz. Obr. X.X), vodorovná (horní) část přepážky nebo krytu min. IP 4X (zabránění vniknutí jemného nástroje \varnothing 1 mm, viz. Obr. 4.3). Přepážky a kryty musí být připevněny a jejich sejmutí je možné pouze nástrojem nebo klíčem.



Obr. 4.3 Přehled stupňů krytí EZ před vniknutím pevných těles a vody[12]

4.5.3 Prostředky ochrany při poruše

Ochrana při jedné poruše se zajišťuje:

- ochranným pospojováním,
- automatickým odpojením.

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

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

Ochrana automatickým odpojením je popsána v oddíle 4.5.5.1.

4.5.3.1 Ochranné pospojování

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

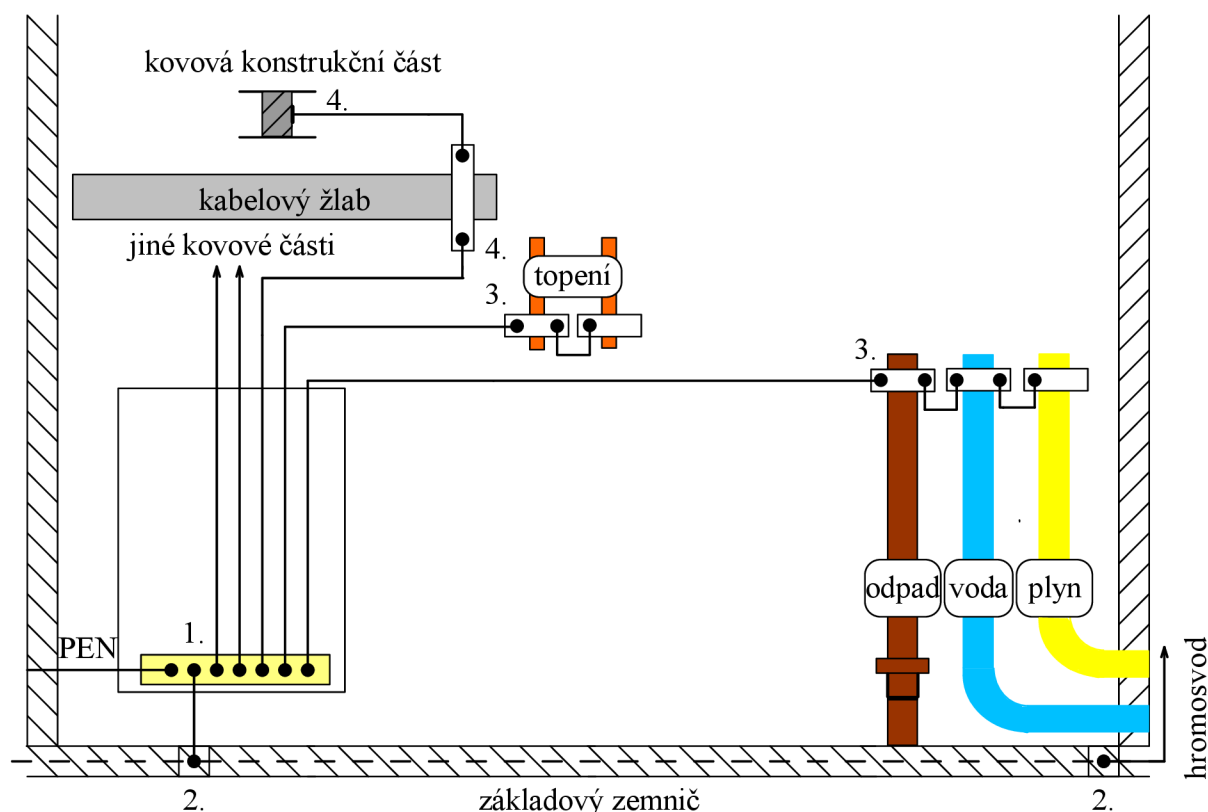
V každé budově musí být provedeno ochranné pospojování, do kterého musejí být vzájemně spojeny (viz. Obr. 4.4):

- 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 nejbližší 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.



Obr. 4.4 Příklad ochranného uzemnění a pospojování v budově

1. – přípojnice hlavního pospojování v hlavním rozvaděči objektu
 2. – spojení se zemničem
 3. – zemnicí svorka na potrubí
 4. – připojovací svorka
- PEN – přívod kombinovaného ochranného vodiče s nulovým z HDS, z trafostanice

4.5.4 Prostředky zvýšené ochrany

Ochrana základní a při jedné poruše se současně zajišťuje:

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

Doplňková ochrana se zajišťuje:

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

Ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací je popsána v oddíle 4.5.5.2 a doplňková ochrana proudovým chráničem v oddíle 4.5.5.3.

4.5.5 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. 4-3, která uvádí všeobecně dovolená ochranná opatření. Kombinace musí být zvoleny tak, aby uvnitř instalace neovlivňovala funkce jedné ochrany funkci ochrany druhé. Tímto je zajištěna kompletní ochrana zařízení.

Tab. 4-3 Ochranná opatření před úrazem elektrickým proudem[3]

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)

4.5.5.1 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 (viz. oddíly 4.5.2.1, 4.5.2.2, 4.5.3.1) a dále doplněnou ochranou proudovým chráničem (viz. oddíl 4.5.5.3) 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. 4.5. 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. 4-4, výjimka např.

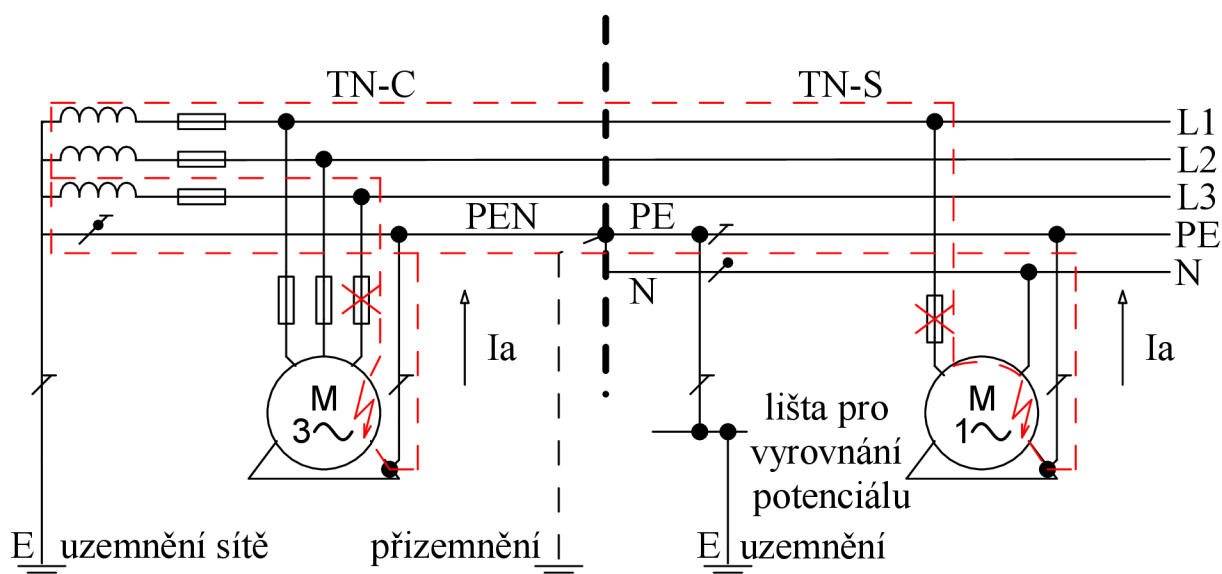
v distribučních a koncových obvodech nad 32 A do 5 s, musí být před EZ instalován vhodně dimenzovaný nadproudový prvek (pojistka, jistič, popř. proudový chránič v síti TN-S viz. oddíl 4.5.5.3), který obstará automatické odpojení. Selektivita jisticích prvků musí být odstupňována tak, aby vypínal jisticí prvek nejbližší poruše a nebyly ovlivněny zbývající prvky. Vypínací charakteristiky instalovaných jisticích prvků spolu s impedancí obvodů musí splňovat:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (4.1)$$

kde: Z_s je impedance poruchové smyčky [Ω],

I_a poruchový proud vyvolávající působení jisticích prvků v době uvedené v Tab. 4-4 (v případě použití proudového chrániče se jedná o jmenovitý vybavovací reziduální proud chrániče) [A],

U_0 jmenovité napětí vodiče vedení vůči zemi [V].



Obr. 4.5 Princip automatického odpojení od zdroje v síti TN-C-S při poruše

I_a – poruchový proud vyvolávající působení jisticích prvků při poruše

Tab. 4-4 Maximální doby odpojení v síti TN pro koncové obvody[11]

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 měřícím 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.

Podmínky a požadavky na automatické odpojení:

Aby bylo spolehlivě zajištěno automatické odpojení v síti TN, musí být spolehlivě spojené uzemnění sítě s ochrannými vodiči spojující neživé části. Na tyto prvky jsou kladeny zejména následující požadavky:

- vodič PEN má být uzemněn v řadě bodů a uložen tak, aby se minimalizoval riziko jeho přerušení,
- nulový bod sítě musí být uzemněn,
- doporučuje se, aby ochranné vodiče byly se zemí spojeny ve všech bodech kde je to možné a tyto body aby byly rozloženy co možná nejrovnoměrněji,
- ve velkých (výškových) objektech se doporučuje ke splnění výše uvedených požadavků využít i ochranné pospojování mezi ochrannými vodiči a cizími vodivými částmi,
- doporučuje se, aby vodiče PEN resp. PE byly uzemněny v místě vstupu objektu,
- odpor uzemnění uzlu zdroje nemá být větší než 5Ω (výjimečně až 15Ω),
- celkový odpor uzemnění uzlu zdroje a uzemnění vodičů PEN odcházejících z transformovny nemá být větší jak 2Ω (platí pro síť $U_0 = 230 \text{ V}$),
- vodič PEN v síti TN-C resp. PE v síti TN-S se musí kromě uzlu zdroje uzemnit i těchto místech:

Venkovní rozvody:

- u vrchních vedení každých 500 m a na jeho konci,
- u odboček z vrchního vedení delších než 200 m a na jejich konci,
- u kabelového vedení delšího než 200 m od místa předchozího uzemnění na jeho konci,
- u přípojkových skříní vzdálenějších než 100 m od předchozího uzemnění.

Vnitřní rozvody:

- u objektů s vlastním transformátorem vždy u hlavních rozvaděčů,
- u objektů bez vlastního transformátoru, je-li hlavní rozvaděč vzdálen více než 100m od předchozího uzemnění, se uzemnění provede u tohoto rozvaděče,
- na konci odboček delších než 200m od místa předchozího uzemnění[12].

Vodič PEN musí mít dle požadavku ČSN 33 2000-5-54 ed. 2 a ed. 3 min. průřez $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$. Do obvodu vodiče PEN se nesmějí zařazovat žádná spínací ani odpojovací zařízení (nesmí být jištěn).

4.5.5.2 Ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací

Ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací je ochranné opatření, jehož smyslem je zabránit výskytu nebezpečného napětí na přístupných částech EZ v případech, kdy dojde k poruše základní izolace. Neživé části EZ se nesmí připojit na ochranný vodič. Nepoužívá se tedy ochrana automatickým odpojením[3].

Základní ochrana živých částí je tedy zajištěna základní izolací a ochrana při poruše je zajištěna přídatnou izolací nebo základní ochrana i ochrana při poruše jsou zajištěny

zesílenou izolací mezi živými částmi a přístupnými částmi (přístupnými vodivými částmi a přístupnými povrchy z izolačního materiálu)[10].

4.5.5.3 Doplnková ochrana proudovým chráničem

Proudový chránič s vybavovacím reziduálním proudem 30 mA se použije jako doplňková ochrana v případě selhání prvků základní ochrany, ochran při poruše nebo při neopatrnosti uživatelů způsoby uvedenými níže. Slouží tedy jako ochranný přístroj pro automatické odpojení poruchy, nikoliv jako ochrana před nadproudy. Poruchový proud, který protéká tělem, spustí ochranou spoušť, která v krátké době (do 0,2 s) odpojí poruchu a zamezí tak úrazu elektrickým proudem. Smí být použit pouze v kombinaci s ochranným opatřením např. automatickým odpojením od zdroje a nadproudovým ochranným přístrojem, který v tomto případě plní funkci ochrany proti přetížení a zkratům.

Doplňková ochrana proudovým chráničem musí být použita jen v sítích TN-S a to např. v těchto případech:

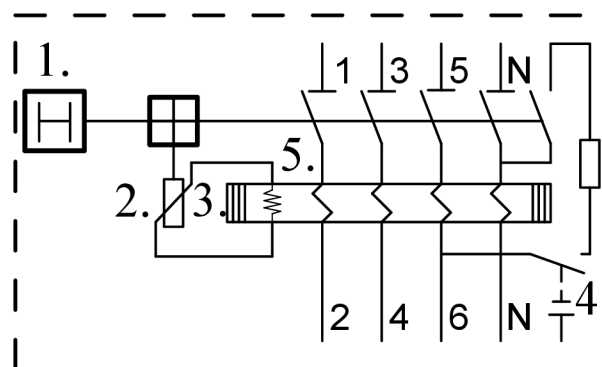
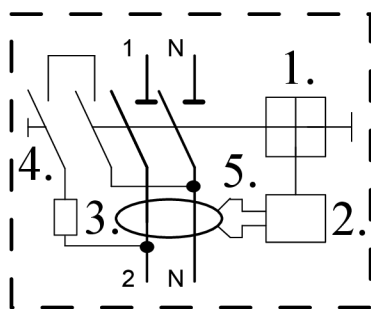
- instalace v koupelnách,
- zásuvky do 20 A používány laiky a jsou určeny pro všeobecné použití,
- mobilní zařízení pro venkovní použití do 32 A,
- instalace plaveckých bazénů a fontán,
- přípojná místa na stanovištích karavanů a v kempech,
- na staveništích a demolicích,
- v zemědělských a zahradnických zařízeních,
- v prostorách s nebezpečím požáru a v prostorách, kde působí jiné vnější vlivy, než normální apod.

Proudový chránič reaguje na poruchy:

- poškozenou izolaci (dotyk živé části),
- přerušení PE vodiče a poškozenou izolaci v přístroji (unikající proudy v přístroji),
- záměnu vodičů (PE a fázového).

Princip funkce proudového chrániče:

Pracovní vodiče jsou připojeny k součtovému transformátoru (ochranný vodič musí vést mimo něj), který sekundárním vinutím napájí ochrannou spoušť (viz. Obr. 4.6). Za normálních podmínek je vektorový součet proudů transformátoru roven nule, a proto se v jeho sekundárním vinutí neindukuje žádné napětí. Dojde-li k poruše tj. úniku proudu do země (např. zkratem nebo dotykem osoby), vznikne rozdíl mezi porovnávanými proudy. Dosáhne-li hodnota poruchového proudu hodnoty reziduálního proudu chrániče, za pomoci napětí indukovaného v sekundárním vinutí transformátoru se uvede do činnosti přes relé spínací mechanismus (viz. Obr 4.6), který odpojí poruchu.



Obr. 4.6 Vnitřní uspořádání proudového chrániče (vlevo 1 – fázový, vpravo 3 – fázový)

1. – spínací mechanismus
2. – diferenciální relé
3. – součtový transformátor
4. – testovací tlačítko
5. – sekundární vinutí



Obr. 4.7 Proudový chránič (vlevo 1 – fázový, vpravo 3 – fázový)[13]

Správná funkce ochranných opatření je kontrolována dle ČSN 33 2000-6 výchozími revizemi a dále pak revizemi v pravidelných lhůtách uvedených ve výše zmíněné normě.

Při revizích elektrických instalací je:

- prohlídkou potvrzeno, že je v souladu s projektovou dokumentací a s bezpečnostními požadavky předpisů a norem,
- zkoušením prokázána funkčnost ochranných a signálních zařízení,
- měřením zjištěny hodnoty nutné pro posouzení účinnosti ochranných zařízení, které se nedají ověřit zkoušením[3].

4.5.6 Koordinace elektrického zařízení a ochranných prostředků v elektrické instalaci

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

4.5.6.1 Třídy ochrany zařízení

Zařízení třídy ochrany 0

Jedná se o zařízení se základní izolací jako prostředkem základní ochrany a bez jakéhokoliv opatření pro ochranu při poruše. V ČR není dovoleno tyto zařízení používat[10].

Zařízení třídy ochrany I

Jedná se o zařízení se základní izolací jako prostředkem základní ochrany a ochranným pospojováním jako prostředkem ochrany při poruše[10].

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[10].

Zařízení třídy ochrany III

Zařízení spoléhající na omezení napětí na hodnoty SELV, PELV jako prostředek základní ochrany, které nemá žádný prostředek ochrany při poruše[10].

Označení jednotlivých tříd schématickými značkami a možnosti připojení k instalaci jsou uvedeny v Tab. 4-5.

Tab. 4-5 Značení tříd ochrany a připojení EZ k instalaci

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

5. Dimenzování a jištění vodičů

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 2000-5-523 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 (záběrné proudy) a vedení a jejich kontrole na tepelné účinky zkratových proudů u kabelů a schopnosti včasného vypnutí přetížení či zkratu u jisticích prvků.

Při dimenzování vodičů musíme dodržet tyto zásady:

- 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

5.1 Dimenzování vodičů dle dovolené provozní teploty (oteplení)

Dimenzování vodičů dle dovolené provozní teploty se řídí normou ČSN 33 2000-5-523 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[7].

Provozní teplota ϑ_z závisí na:

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

5.1.1 Charakteristika vodiče

Charakteristické veličiny jsou dovolená provozní teplota jader vodičů ϑ_z , závislá na druhu izolace a jmenovitém napětí (Tab. 5-1), 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 2000-5-523 ed. 2 pro odpovídající referenční uložení, typ izolace a průřez vodiče.

Tab. 5-1 Dovolené provozní a maximální teploty vodičů pro různé druhy izolace (podle tab. 36 z [7])

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 10kV		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 10kV		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 nebo slané Al nebo Cu	mechanicky zatížené		30	80	180	300
	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

5.1.2 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 (5.1):

$$I_z = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (5.1)$$

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

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

Skutečný protékající proud vodičem nesmí být větší než I_z ($I_p = I_1 \leq I_z$).

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 $I_2 \leq I_n \leq I_z$ [7].

5.1.3 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 [7](Tab. 5-2, Tab. 5-3).

Tab. 5-2 Přepočítávací součinitele pro okolní teploty vzduchu odlišné od 30°C (podle tab. 31 z [7])

Nejvyšší dovolená provozní teplota jádra °C	Teplota prostředí									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
60	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
65	1,25	1,20	1,13	1,07	1	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53
70	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
75	1,20	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67
80	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
85	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
90	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76
95	1,11	1,08	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85

Tab. 5-3 Přepočítávací součinitele pro okolní teploty země odlišné od 20°C (podle tab. 32 z [7])

Nejvyšší dovolená provozní teplota jádra [°C]	Teplota prostředí [°C]									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
65	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,58	0,47
70	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
75	1,09	1,04	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74	0,67	0,60
80	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65
90	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76	0,71

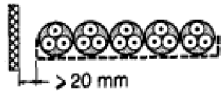
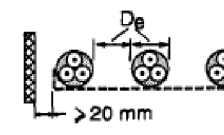
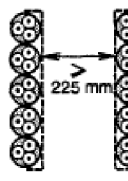
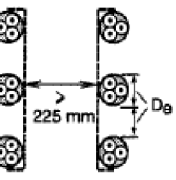
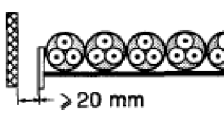
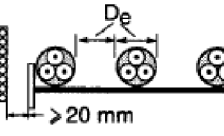
5.1.4 Charakteristika uložení

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 2000-5-523 ed. 2 obsahuje tabulky dovolených proudů izolovaných vodičů pro dané referenční způsoby uložení[7].

Tab. 5-4 Přepočítávací součinitelé pro seskupení více kabelů (podle tab. 34 z [7])

Položka	Uspořádání (kabelů v dotyku) Svazek ve vzduchu, na povrchu, zapuštěný nebo uzavřený	Počet obvodů vícežilových kabelů												Použije se na dovolené proudy v tabulkách	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
1		1,00	0,80		0,65	0,50	0,57	0,54	0,52		0,45	0,41	0,38	52-C1 až 52-C12 způsoby uložení A až F	
2	Jednoduchá vrstva na stěně, podlaze nebo na neperforované látce		0,85		0,75		0,72		0,71					Přepočítací součinitel pro více než devět obvodů nebo vícežilových kabelů zůstává stejný	
		1,00		0,79		0,73		0,72		0,70					
3	Jednoduchá vrstva upevněná přímo pod dřevěným stropem	0,95	0,81		0,68	0,66	0,64	0,63		0,62					52-C1 až 52-C6 způsob uložení C
				0,72						0,61					
4	Jednoduchá vrstva na perforované vodorovné nebo svislé látce	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72						
										0,72					
5	Jednoduchá vrstva na kabelových žebřících nebo distančních příchytkách	1,00	0,87		0,80		0,79		0,78					52-C7 až 52-C12 způsob uložení E až F	
				0,82		0,80		0,79		0,78					

Tab. 5-5 Přepočítávací součinitelé proudové zatížitelnosti při seskupení několika vícežilových kabelů v jedné vrstvě na vzduchu pro způsob uložení E (podle tab. 35 z [6])

Způsob uložení E		Počet lávek	Počet kabelů						
			1	2	3	4	6	9	
Perforované lávky (poznámka 2)	13	Těsně seskupené 	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68	
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
	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 lávky (poznámka 3)	13	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	
		3	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	-	
		3	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-	
Kabelové žebříčky, rošty, háky apod. (poznámka 2)	14	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	
	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	-	

Součinitele se uplatňují pro kabely seskupené v jedné vrstvě, jak je vidět výše, a nikoliv na kabely uložené ve více vzájemně se dotýkajících vrstvách. Hodnoty pro taková uložení mohou být podstatně nižší a musí být určeny vhodnou metodou.

POZNÁMKA 1 Uvedené hodnoty jsou průměrné platné pro průřezy a typy kabelů uvedené v tabulkách 52-G7 až 52-G12. Rozptyl těchto hodnot je obecně menší než ± 5 %.

POZNÁMKA 2 Uvedené hodnoty platí pro svislý odstup mezi lávkami 300 mm a alespoň 20 mm mezi lávkami a zdí. Pro menší vzdálenosti by součinitele měly být sníženy.

POZNÁMKA 3 Uvedené hodnoty platí pro vodorovné vzdálenosti mezi lávkami 225 mm, jestliže jsou lávky montovány zády k sobě. Pro menší vzdálenosti by součinitele měly být sníženy.

Tab. 5-6 Přepočítávací součinitelé harmonických proudů pro čtyř a pětižilové kabely (podle tab. 18 z [7])

Obsah třetí harmonické ve fázovém proudu [%]	Přepočítací součinitel	
	Volba průřezu založena na fázovém proudu	Volba průřezu založena na proudu středním vodičem
0-15	1,0	-
15-33	0,86	-
33-45	-	0,86
>45	-	1,0

5.1.5 Příklad výpočtu při dimenzování vodičů dle dovolené provozní teploty

Dovolené zatížení vodiče vypočteme pomocí vztahu:

$$I_z \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_i \cdot I_n \quad (5.2)$$

kde: I_n je jmenovité proudové zatížení vodiče [A] pro daný typ a průřez a pro uvedené referenční způsoby uložení. Hodnoty jsou uvedeny v (Tab. 5-7, Tab. 5-8, Tab. 5-9).

k_1, k_2, k_i jsou přepočítávací součinitelé pro vodič nebo kabel, pro teplotu prostředí, podmínky, způsob uložení, odlišných od referenčních hodnot. Hodnoty součinitelů jsou uvedeny v (Tab. 5-3, Tab. 5-4).

Příklad:

Navrhneme přívod pro osvětlení haly dlouhý 100 m, výkon svítidel je $P = 6 \text{ kW}$, $\cos \varphi = 0,8$, napájecí napětí je 400 V. Kabel je uložen v přímo tepelně izolované stěně s dalšími čtyřmi kabely. Teplota okolí je 25°C . Zkratový proud $I_k'' = 2 \text{ kA}$, doba vypnutí zkratu je 0,1s (bude použito ve výpočtech dále).

Použijeme kabel CYKY s PVC izolací ($\vartheta_z = 70^\circ\text{C}$), (Tab. 5-1). Uložení kabelu odpovídá referenčnímu uložení A1, musíme zvolit přepočítávací koeficienty pro uložení ve skupenství s více kabely (Tab. 5-4) a pro odlišnou teplotu okolí vůči referenční teplotě (Tab. 5-2).

$k_1 = 0,6$ pro uložení s celkem pěti kabely

$k_2 = 1,06$ pro kabel CYKY s PVC izolací

Rovnici (5.2) upravíme $I_n \geq \frac{I_z}{k_1 \cdot k_2}$

$$I_z = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 10,8 \text{ A.}$$

$$I_n \geq \frac{I_z}{k_1 \cdot k_2} = \frac{10,8}{0,6 \cdot 1,06} = 16,98 \text{ A.}$$

Pro náš účel, včetně rezervy zvolíme podle (Tab. 5-6) kabel **CYKY 5C x 4 mm²** s jmenovitým proudem $I_n = 24 \text{ A}$.

5.2 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.

Hospodárný průřez vypočteme pomocí vztahu

$$S = k \cdot I_z \cdot \sqrt{T} \quad (5.3)$$

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

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

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.

5.3 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[7].

5.4 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[7].

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

Dovolené meze úbytků napětí jsou:

- 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:

$$\Delta U = R.I.\cos\varphi + X.I.\sin\varphi \quad \cos\varphi \geq 0,5 \quad (5.4)$$

$$\Delta U = R.I.\cos\varphi + X.I.\sin\varphi + \frac{(R.I.\sin\varphi - X.I.\cos\varphi)^2}{2} \quad \cos\varphi < 0,5 \quad (5.5)$$

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

X je reaktance vodiče [Ω]

5.4.1 Příklad výpočtu při dimenzování vodičů podle úbytku napětí

Z (Kap. 5.1.5) mějme přívod CYKY 5C x 4 mm² pro osvětlení haly dlouhý 100 m, výkon svítidel je P = 6kW, cos φ = 0,8, napájecí napětí je 400 V.

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

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,01786 \cdot \frac{100}{4} = 0,4465\Omega$$

$$X = x_k \cdot l = 0,06 \cdot 100 = 0,006\Omega \quad \text{-měrná reaktance se u NN kabelů volí } 0,06 \Omega/\text{km}$$

$$\Delta U = R.I.\cos\varphi + X.I.\sin\varphi = 0,4465 \cdot 10,8 \cdot 0,8 + 0,006 \cdot 10,8 \cdot 0,6 = 3,9V$$

$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_n} \cdot \sqrt{3} = \frac{3,9 \cdot 100}{400} \cdot \sqrt{3} = 1,7\% \leq 3\%$$

Zvolený kabel pro osvětlení haly **vyhovuje** z hlediska úbytků napětí.

5.5 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. 5.5.1). Dimenzování minimálních průřezů jader a jistících prvků si ukážeme v (Kap. 5.5.2). Dovolené proudy ve vodičích uvádí norma ČSN 33 2000-5-523 ed. 2.

Hodnoty dovolených proudů pro kabely s různou izolací a materiálem jádra uvádí (Tab. 5-7, Tab. 5-8, Tab. 5-9).

Vyvinuté teplo na vodiči určují vztahy:

$$Q = \int u \cdot i(dt) \text{ [J]} \quad (5.6)$$

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \text{ [J]} \quad (5.7)$$

Tab. 5-7 Dovolené proudy vodičů s měděnými jádry (podle tab. 28 z [6])

Referenční způsob uložení v tabulce	Počet zatížení vodičů a druhů 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] Měď	Dovolené proudy I A											
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17,5	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	29,6	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. 5-8 Dovolené proudy vodičů s hliníkovými jádry (podle tab. 29 z [6])

Referenční způsob uložení v tabulce	Počet zatížení vodičů a druhů 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] Hliník	Dovolené proudy I A											
	2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	-	-	-	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	-	-	-	104	110	117	125	134	146	154	164	184
70	-	-	-	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	-	-	-	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	-	-	-	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389
185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447
240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530

Tab. 5-9 Dovolené proudy v ampérech (podle tab. 30 z [6])

Způsob uložení	Průřez mm	Počet zatížených vodičů a druh izolace			
		Dva PVC	Tři PVC	Dva XLPE	Tři XLPE
D	Měď				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	408	336	474	396	
D	Hliník				
	2,5	22	18,5	26	22
	4	29	24	34	29
	6	36	30	42	36
	10	48	40	56	47
	16	62	52	73	61
	25	80	66	83	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	24	20	279	236
	240	277	230	322	272
300	313	260	364	308	

5.5.1 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[7].

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:

- Jádru jištěného vodiče nebo kabelu při nadproudech způsobených přetížením nebo zkratem nesmí překročit dovolenou teplotu (podle Tab. 5-1)
- 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.

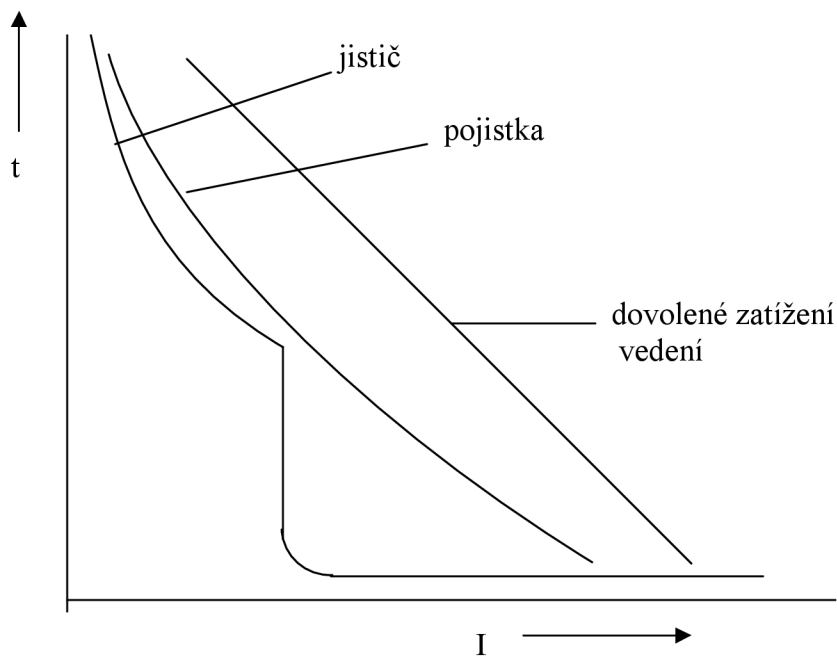
Ochrana proti přetížení slouží k přerušení vodičů dříve, než by mohlo dojít k poškození izolace vlivem oteplení, nebo poškození spojů, koncovek, okolí vedení.

Pro výpočet přiřazení jistících prvků platí vztahy:

$$\begin{aligned} I_B &\leq I_N \leq I_Z \\ I_N &\leq k \cdot I_z \end{aligned} \quad (5.8)$$

- kde:
- I_B je skutečné zatížení vedení,
 - I_Z dovolené proudové zatížení podle normy ČSN 33 2000-5-523 ed. 2
 - I_N jmen. proud jistícího prvku nebo zvolené proudové nastavení u nastavitelných prvků
 - k součinitel přiřazení jistícího prvku proti přetížení k vedení v prostředí o teplotě, pro kterou byl stanoven I_Z .

Vypínací ampérsekundová charakteristika (Obr. 5-1) je závislost doby vypnutí na velikosti přetížení. U obou souřadnic se používají logaritmické stupnice. Určuje ji výrobce ze studeného stavu jistícího prvku jako křivku, jejíž proudová tolerance se nesmí uchylovat o více než $\pm 10\%$.



Obr. 5-1 Vypínací ampérsekundová charakteristika (podle obr. 1, kap. 9.1 z [8])

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.

$$\Delta \vartheta = \Delta \vartheta_2 (1 - e^{-\tau}) \quad (5.9)$$

$$\vartheta_2 = \vartheta_0 + \Delta\vartheta_2 \quad (5.10)$$

$$\tau' = \frac{t}{\tau}, \quad (5.11)$$

- kde ϑ oteplení v čase t od počátku průchodu proudem nebo nadproudem [°C],
 $\Delta\vartheta_2$ maximální ustálené oteplení [°C] při trvalém průchodu proudem I_2 [A],
 ϑ_0 počáteční teplota (teplota prostředí) [°C],
 ϑ_2 ustálená teplota [°C] při trvalém průchodu proudem I_2 [A],
 t čas od počátku průchodu proudem nebo nadproudem [s],
 τ' poměrný čas od počátku průchodu proudem nebo nadproudem [-],
 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 podle Tab. 5-1. 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[7]:

- pro izolované vodiče a kabely

$$\Delta\vartheta_2 = \Delta\vartheta_z \cdot i^{2,492}, \quad (5.12)$$

- pro holé vodiče z výrazu

$$\Delta\vartheta_2 = \Delta\vartheta_z \cdot i^2 \quad (5.13)$$

kde $i = I_2/I_z$

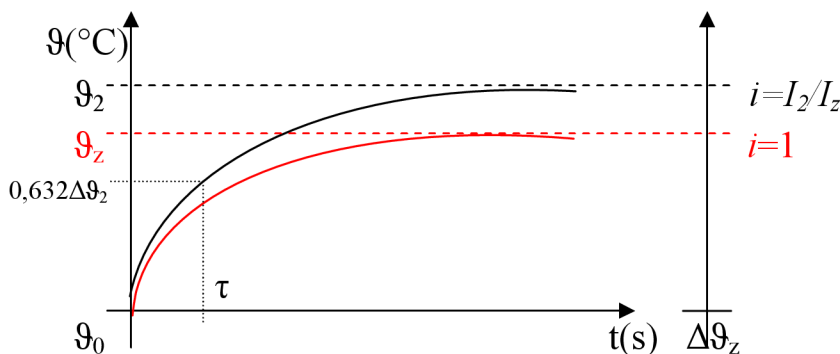
I_2 nadproud působící max. oteplení

I_z dovolené proudové zatížení působící max. oteplení

$\Delta\vartheta_2$ max. oteplení pro nadproud I_2

$\Delta\vartheta_z$ max. dovolené oteplení pro dovolený proud I_z

2,492 mocnitél stanovený konvencí na podkladě měření



Obr. 5-2 Oteplovací charakteristika vodiče (podle obr. 71 z [7])

5.5.2 Příklad výpočtu při dimenzování podle tepelných účinků zkratových proudů

Vydeme ze vztahu:

$$S_{\min} = \frac{I_{ke} \sqrt{t_k}}{\sqrt{\frac{c(\vartheta_f + 20)}{\rho} \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_z}}} \leq S. \quad (5.14)$$

- kde I_{ke} je ekvivalentní oteplovací proud [A],
 t_k je doba zkratu [s],
 c je specifické teplo vodiče při 0°C (uvedeno v Tab. 5-9),
 S je průřez vodiče [m²],
 ρ je rezistivita vodiče [Ω m], která je funkcí teploty ϑ [°C]

Tab. 5-10 Materiálové konstanty pro výpočet oteplení vodiče při zkratu (podle tab. 19 z [6])

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

Tab. 5-11 Součinitel k_e pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu (podle tab. 21 z [6])

Místo zkratu	T_s (s)	k_e pro t_k (s)								
		0,02	0,035	0,05	0,08	0,1	0,2	0,5	1,0	3,0
za alternátorem do 55MW ¹⁾	0,16	1,65	1,60	1,58	1,54	1,50	1,46	1,23	1,08	1,03
v soustavě ²⁾										
vv _n a zv _n	0,03	1,44	1,32	1,24	1,16	1,13	1,07	1,03	1,01	1,00
V _n	0,02	1,35	1,24	1,17	1,11	1,09	1,05	1,02	1,01	1,00
N _n	0,01	1,24	1,15	1,10	1,07	1,05	1,03	1,01	1,00	1,00
v kabelovém rozvodu nn ²⁾	0,008	1,18	1,11	1,08	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00	1,00
za transformátory ³⁾										
vv _n /vn nebo vn/vn	0,036	1,49	1,37	1,29	1,20	1,17	1,09	1,04	1,02	1,01
vn/nn do 250 MVA včetně	0,008	1,18	1,11	1,08	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00	1,00
do 630 MVA včetně	0,014	1,29	1,18	1,13	1,09	1,07	1,04	1,01	1,01	1,00
do 1600 MVA včetně	0,019	1,35	1,24	1,17	1,11	1,09	1,05	1,02	1,01	1,00

Poznámka k tab.5-10:

- 1 – Pro zkrat v blízkosti alternátoru nebo za blokovým transformátorem;
- 2 – Pro zkrat vzdálený od napájecího transformátoru i alternátoru (impedance mezi místem zkratu a napájecím transformátorem je větší než 10% ze sousledné impedance zkratového obvodu)
- 3 – Pro zkrat v blízkosti sekundární strany transformátoru (impedance mezi místem zkratu a napájecím transformátorem je do 10% sousledné impedance zkratového obvodu).

Kontrolu na tepelné účinky provedeme na zvoleném kabelu z (Kap. 5.1.5).

Ze vztahu (5.15) vypočítáme ekvivalentní oteplovací proud:

$$I_{ke} = k_e \cdot I_k'' \quad (5.15)$$

Podle (Tab. 5-11) určíme hodnotu k_e pro dobu zkratu $t_k = 0,1s$, pro rozvod NN.

$$k_e = 1,05$$

$$I_{ke} = k_e \cdot I_k'' = 1,05 \cdot 2 = 2,1kA$$

Dále z (Tab. 5-1, Tab. 5-10) odečteme hodnoty pro kabel CYKY z PVC izolací:

$$\vartheta_z = 70^\circ C$$

$$\vartheta_k = 160^\circ C$$

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

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

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

Ze vztahu (5.14) vypočítáme S_{min} :

$$S_{min} = \frac{I_{ke} \sqrt{tk}}{\sqrt{\frac{c(\vartheta_f + 20)}{\rho} \ln \frac{\vartheta_f + \vartheta_k}{\vartheta_f + \vartheta_z}}} = \frac{2,1 \cdot 10^3 \sqrt{0,1}}{\sqrt{\frac{3,5(234,5 + 20)}{0,01786} \ln \frac{234,5 + 160}{234,5 + 70}}} = 5,84mm^2$$

Zvolený kabel CYKY 5C x 4 mm² **neodolá** tepelným účinkům zkratových proudů, proto musíme volit kabel s průřezem minimálně 6 mm² nebo s izolací XLPE.

6. Návrh elektroinstalace průmyslového objektu

6.1 Úvod - ČOV Podivín

ČOV je typickým zástupcem průmyslového objektu z hledisek uváděných v normě ČSN 34 1610. Jedná se totiž o provozní celek s vlastním transformátorem, který musí mít např. stanovený stupeň dodávky elektrické energie, stanovené výpočtové zatížení v závislosti na součiniteli náročnosti β , elektrické rozvody a vlastní kompenzaci provedené dle zmíněné normy. Objekt je dle normy nazýván jako zdravotně – vodohospodářské zařízení, které v sobě slučuje např. strojně - technologickou část s částí biologickou či chemickou.

ČOV obsahuje čerpadla a pohony technologických částí různých výkonů, ale také různých záběrných proudů, které jsou pro dimenzování jištění, jak již bylo řečeno, velice důležité.

Motorická instalace (čerpadla), kterou se tato bakalářská práce zabývá, se nachází v těchto částech a objektech ČOV:

- mechanické předčištění - hrubé česle, vstupní šneková ČS, dešťová ČS, dešťová zdrž, lapák písku, jemné česle, dále v provozní budově: ČS surových vod, AT stanice provozní vody, jímky septikových, podlahových vod a užitkové vody,
- biologické čištění – aktivační nádrže, dosazovací nádrž, kalová ČS, dále v provozní budově dmýchárna.

ČOV Podivín se dále skládá z částí 3. stupně čištění a kalového hospodářství, které jsou napájeny z vlastních rozvaděčů dodávanými dodavateli těchto technologických částí, proto nebudou v této práci řešeny.

6.2 Výchozí podklady

6.2.1 Stavební podklady

Výkresová dokumentace (viz. přílohy), ve které se nachází podklady pro:

- celkový objekt ČOV,
- objekty mechanického předčištění,
- objekty biologického čištění.

6.2.2 Strojně – technologické podklady

Tab. 6-1 Seznam a technická specifikace navrhovaných čerpadel

Číslo pohonu	Popis zařízení	Navrhované místo přípoj.	Výkon [kW]	Napětí [V]	Proud [A]	Záběrný proud [A]	Poznámky
MT 1	Hrubé strojně stírané česle	RM 1	3	400	-	-	DOD.TE.
M 2	Šnekové čerpadlo	RM 1	2,2	400	4,85	5,1	
M 3	Šnekové čerpadlo	RM 1	2,2	400	4,85	5,1	
M 4	Šnekové čerpadlo	RM 1	2,2	400	4,85	5,1	
M 5	Čerpadlo lapáku písku	RM 1	2	400	4,6	23	
M 6	Kompresorová stanice	RM 1	3	400	-	-	DOD.TE.
MT 7	Separátor písku	RM 1	2,5	400	-	-	DOD.TE
MT 8	Jemné strojní česle	RM 1	3	400	-	-	DOD.TE
M 9	Čerpadlo dešťových vod	RM 1	13,5	400	28	150	
M 10	Čerpadlo dešťových vod	RM 1	13,5	400	28	150	
M 11	Čerpadlo dešťových vod	RM 1	13,5	400	28	150	
M 12	Čerpadlo dešťové zdrže	RM 1	1,5	400	3,8	14	
M 13	Čerpadlo surových vod	RM 1	4,7	400	10	56	
M 14	Čerpadlo surových vod	RM 1	4,7	400	10	56	
M 15	Čerpadlo surových vod	RM 1	4,7	400	10	56	
MT 16	AT stanice provoz. vody	RM 1	3	400	-	-	DOD.TE
MT 17	Strojní česle septik. vod	RM 1	1,5	400	-	-	DOD.TE
M 18	Míchadlo septik. vod	RM 1	1,5	400	3,8	-	
M 19	Čerpadlo septik. vod	RM 1	3	400	6	23	
M 20	Čerpadlo podlah. vod	RM 1	1,1	400	2,5	-	
M 21	Dmychadlo AN	RM 1	30	400	-	FM	DOD.TE
M 22	Dmychadlo AN	RM 1	30	400	-	FM	DOD.TE
M 23	Dmychadlo AN	RM 1	30	400	-	FM	DOD.TE
M 24	Míchadlo aktivace	RM 2	2	400	4,7	24	
M 25	Míchadlo aktivace	RM 2	2	400	4,7	24	
M 26	Míchadlo aktivace	RM 2	2	400	4,7	24	
M 27	Míchadlo aktivace	RM 2	2	400	4,7	24	
MT 28	Rozvaděč mostu DN	RM 2	0,5	400	-	-	DOD.TE
M 29	Čerpadlo vratného kalu s FM	RM 2	1,4	400	-	FM	DOD.TE
M 30	Čerpadlo vratného kalu s FM	RM 2	1,4	400	-	FM	DOD.TE
M 31	Čerpadlo přebytečného kalu	RM 2	1	400	2,9	23	
M 32	Čerpadlo podlahových vod	RM 2	1,1	230	-	-	DOD.TE

POZNÁMKA 1 Doba rozběhů u všech čerpadel nepřekročí 5 s.
POZNÁMKA 2 Pro pohony označené DODÁVKA TECHNOLOGIE se vyžaduje pouze běžný jističový vývod bez stykače a mot. spouštěče, popř. pojistkový s FM. Řešen bude pouze přívod a hlavní jistič v RM 1, RM 2.
POZNÁMKA 3 U čerpadel, kde nebyl zjištěn záběrný proud, se uvažuje max. $6 \times I_n$.

6.2.3 Specifikace napájecího transformátoru

SGB DOTN 250H 22/0.40; $S_r = 250 \text{ kVA}$, $u_k = 4\%$, $I_n = 361 \text{ A}$, $P_k = 4100 \text{ W}$, $R = 10,50 \text{ m}\Omega$, $X = 23,35 \text{ m}\Omega$, $I_k'' = 8,91 \text{ kA}$, $i_p = 16,1 \text{ kA}$.

6.2.4 Použité normy

Návrh je zpracován dle platných ČSN.

6.3 Rozsah návrhu elektroinstalace

Návrh je proveden na úrovni realizačního projektu pro dimenzování motorových instalací technologií (čerpadel) napájených z rozvaděčů RM 1 a RM 2 (viz. oddíl 6.1). Výkresová část obsahuje celkovou situaci částí a objektů ČOV Podivín, dispozice jednotlivých objektů, jednopólové schéma rozvaděčů RM 1 a RM 2 a výstupy programu pro dimenzování sítě NN Pavouk.

6.4 Technická zpráva

Napěťová soustava: 3 + PE + N, 50 Hz, 400 V / TN-C-S.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2:

- základní izolací, dvojitou izolací,
- přepážky, kryty,
- automatickým odpojením v síti TN,
- uzemněním, ochranným pospojováním.

Kovové části objektů budou pospojovány ochranným pospojováním, přizemnění kovových částí a uzemnění rozvaděčů vytvoří společné uzemnění.

ČOV je napájena el. energií přípojkou nn z trafostanice v areálu ČOV. Přípojka je vedena do rozvaděče RM 1 v provozní budově. Z něj jsou napájeny pohony čerpací stanice, zařízení hrubého předčištění a dešťových zdrží a rozvaděče RM 2, 3, 4. RM 2 napájí kalovou ČS a míchadla aktivací. RM 3 a RM 4 jsou součástí příslušných technologických celků. Součástí tohoto projektu je příslušná kabeláž. Kabele jsou uloženy mimo objekty do země, v objektech a na objektech do plechových žlabů a plastových trubek. Instalace je přizemněna na společnou zemnicí soustavu.

7. Závěr

Ve své práci jsem spolupracoval s investorem ČOV Podivín VAK Břeclav. Bylo nahlíženo do katalogů dodavatelů strojně-technologické části. Absolvoval jsem několik osobních návštěv objektu ČOV Podivín. Rozvaděč RM 1 a příklady výpočtu dimenzace budou zahrnuty v případné obhajobě. Důvod využití softwarové podpory v dimenzování spočívá v přesné automatizované práci projektanta, protože manuální výpočty jsou velice složité a zdlouhavé.

8. Použitá literatura

- [1] BAXANT, Petr: *Projektování v elektroenergetice*.
- [2] DVOŘÁČEK, Karel: Technická zařízení budov [online]. 2008 [CIT. 2011-12-14]. Projektová dokumentace, technická zpráva. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/4798-projektova-dokumentace-pro-elektroinstalaci-podle-noveho-stavebniho-zakona-i>
- [3] KALÁB, Petr, STEINBAUER, Miloslav, VESELÝ, Miroslav. *Bezpečnost v elektrotechnice*. Elektronické texty, FEKT VUT v Brně, 2009, 72 stran.
- [4] KRÍŽ, Michal: Základ ochrany před úrazem elektrickým proudem [online]. 2010 [CIT. 2011-12-14]. Požadavky na bezpečnost. Dostupné z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/zakladni-pozadavky-na-ochranu-pred-urazem-elektrickym-proudem>
- [5] URBAN, Zbyněk: Odborný časopis ELEKTRO [online]. 2010 [CIT. 2011-12-14]. Současná legislativa a normy nejen pro znalce. Dostupné z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=44632
- [6] Solid Team Olomouc: Elektro v praxi 1 [online]. 2010 [CIT. 2011-12-14]. Dostupné z WWW: http://www.solidteam.cz/nabidka/dil_1_zakladni.html
- [7] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení*. Elektronické texty, FEKT VUT v Brně, 2010, 150 stran.
- [8] ČVUT: Rozvody elektrické energie a pohony [online]. 2010 [CIT. 2011-12-14]. Dimenzování vodičů v rozvodech NN. Přednáška. Dostupné z WWW: http://motor.feld.cvut.cz/www/materialy/A5M14RPI/Prednaska_2_-_dimenzovani_vodicu.pdf
- [9] Český elektro svaz [online]. 2010 [CIT. 2011-12-14]. Legislativa. Dostupné z WWW: <http://www.ces-cz.eu/cz/legislativa-vyhlasaky-elektro-zdarma-ke-stazeni.html>
- [10] DVOŘÁČEK, Karel. *Příručka pro zkoušky projektantů elektrických instalací*. Praha: IN-EL, 2003, 97 stran.
- [11] 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*.
- [12] SOLID TEAM Olomouc. *Elektro v praxi 1*. Olomouc: Solid Team s.r.o., 2009, 191 stran.
- [13] Katalogy Schrack Technik.

Příloha A - Přehled norem ČSN a legislativy ČR

A.1 Přehled norem

Elektroinstalace v běžných výstavbách bývají projektovány a realizovány zejména podle následujících norem:

- ČSN 33 0165** Elektrotechnické předpisy. Značení vodičů barvami nebo číslicemi. Prováděcí ustanovení.
- ČSN 33 2130 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody.
- ČSN 33 2000-1 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice.
- ČSN 33 2000-2-21** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 2: Definice. Kapitola 21: Pokyn k používání všeobecných termínů.
- ČSN 33 2000-4-41 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem.
- ČSN 33 2000-4-42** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 42: Ochrana před účinky tepla.
- ČSN 33 2000-4-42 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 4-42: Bezpečnost. Ochrana před účinky tepla.
- ČSN 33 2000-4-43** Elektrické instalace budov. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 43: Ochrana proti nadproudům.
- ČSN 33 2000-4-43 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 4-43: Bezpečnost. Ochrana před nadproudy.
- ČSN 33 2000-4-45** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 45: Ochrana před podpětím.
- ČSN 33 2000-4-46 ed.2** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 46: Odpojování a spínání.
- ČSN 33 2000-4-442** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 44: Ochrana proti přepětí. Oddíl 442: Ochrana zařízení nn při zemních poruchách v síti vysokého napětí.
- ČSN 33 2000-4-442 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 4-442: Bezpečnost. Ochrana instalací nízkého napětí proti dočasným přepětím v důsledku zemních poruch v soustavách vysokého napětí.
- ČSN 33 2000-4-443 ed. 2** Elektrické instalace budov - Část 4-44: Bezpečnost - Ochrana před rušivým napětím a elektromagnetickým rušením - Kapitola 443: Ochrana proti atmosférickým nebo spínacím přepětím.
- ČSN 33 2000-4-473** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům.

- ČSN 33 2000-4-482** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost.
Kapitola 48: Výběr ochranných opatření podle vnějších vlivů.
Oddíl 482: Ochrana proti požáru v prostorách se zvláštním rizikem nebo nebezpečím.
- ČSN 33 2000-5-51 ed. 3** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy.
- ČSN 33 2000-5-52** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení.
- ČSN 33 2000-5-52 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení.
- ČSN 33 2000-5-54 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování.
- ČSN 33 2000-5-54 ed. 3** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče.
- ČSN 33 2000-5-56 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-56: Výběr a stavba elektrických zařízení - Zařízení pro bezpečnostní účely.
- ČSN 33 2000-5-523 ed. 2** Elektrické instalace budov. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Oddíl 523: Dovolené proudy v elektrických rozvodech.
- ČSN 33 2000-5-537** Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 53: Spínací a řídicí přístroje. Oddíl 537: Přístroje pro odpojování a spínání.
- ČSN 33 2000-5-551 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 5-55: Výběr a stavba elektrických zařízení - Ostatní zařízení. Článek 551: Nízkonapěťová zdrojová zařízení.
- ČSN 33 2000-5-559** Elektrické instalace budov - Část 5-55: Výběr a stavba elektrických zařízení - Ostatní zařízení - Oddíl 559: Svítidla a světelná instalace.
- ČSN 33 2000-5-559 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-559: Výběr a stavba elektrických zařízení - Svítidla a světelná instalace.
- ČSN 33 2000-6** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 6: Revize.
- ČSN 33 2000-7-701 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-701: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Prostory s vanou nebo sprchou.
- ČSN 33 2000-7-702 ed. 2** Elektrické instalace budov. Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech. Oddíl 702: Plavecké bazény a jiné nádrže.
- ČSN 33 2000-7-702 ed. 3** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-702: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Plavecké bazény a fontány.
- ČSN 33 2000-7-703 ed.2** Elektrické instalace budov. Část 7-703: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Místnosti a kabiny se saunovými kamny.

- ČSN 33 2000-7-704 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-704: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Elektrická zařízení na staveništích a demolicích.
- ČSN 33 2000-7-705 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-705: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Zemědělská a zahradnická zařízení.
- ČSN 33 2000-7-706 ed. 2** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-706: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Omezené vodivé prostory.
- ČSN 33 2000-7-708 ed. 3** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-708: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Parkoviště karavanů, kempinková parkoviště a obdobné lokality.
- ČSN 33 2000-7-729** Elektrické instalace nízkého napětí. Část 7-729: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Uličky pro obsluhu nebo údržbu.
- ČSN 34 1610** Elektrotechnické předpisy ČSN. Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách.
- ČSN 34 2710** Elektrická požární signalizace - Projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba.
- ČSN 36 0020-1** Sdružené osvětlení. Část 1: Základní požadavky.
- ČSN EN 12464-1** Světlo a osvětlení. Osvětlení pracovních prostorů. Část 1: Vnitřní pracovní prostory.
- ČSN EN 12665** Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení.
- ČSN EN 61140 ed. 2** Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení.
- ČSN EN 62305-1, -1 ed. 2** Ochrana před bleskem. Část 1: Obecné principy.
- ČSN EN 62305-2, -2 ed. 2** Ochrana před bleskem. Část 2: Řízení rizika.
- ČSN EN 62305-3, -3 ed. 2** Ochrana před bleskem. Část 3: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života.
- ČSN EN 62305-4, -4 ed. 2** Ochrana před bleskem. Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách.
- ČSN 73 0802** Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty.
- ČSN 73 0804** Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty.
- ČSN 73 0875** Požární bezpečnost staveb - Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení.

Některé z výše uvedených norem mají dvě platné verze. Jelikož se předpokládá nahrazení starší verze verzí novější nebo je možné jejich překrývání, z těchto důvodů přehled uvádí všechny platné verze. Mimo uvedené normy musí být respektovány i normy navazující či související.

A.2 Přehled nařízení, vyhlášek a zákonů vlády ČR

Přehled nejdůležitějších zákonů, nařízení a vyhlášek vlády ČR:

- Zákon č. 22/1997 Sb. technické požadavky na výrobky v energetických odvětvích a o Státní energetické inspekci,
- Zákon č. 102/2001 Sb., č. 17/2003 Sb., č. 163/2002 Sb. o bezpečnosti výrobků,
- Zákon č. 110/1964 Sb., o telekomunikacích,
- Zákon č. 130/2008 Sb. živnostenský zákon,
- Elektrizační zákon č.158/2009 Sb,
- Nařízení vlády č. 168/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí,
- Nařízení vlády č. 173/1997 Sb. o bezpečnosti výrobků,
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon),
- Zákon č. 262/2006 Sb. zákoník práce,
- Zákon ČNR č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů,
- Zákon č. 458/2000 Sb. energetický zákon,
- Vyhláška č.50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice,
- Vyhláška č.268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby,
- Vyhláška č.499/2006 Sb. o dokumentaci staveb.