

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky manažerství a humanitních věd
Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management



Návrh elektroinstalace rodinného domu
Electrical installation of family house

Bakalářská práce

Květen 2018

Vypracoval: Pavel Šimka
Vedoucí práce: Ing. Stanislav Bouček

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....

Pavel Šimka

Poděkování

Děkuji panu Ing. Stanislavu Boučkovi za vedení mé bakalářské práce, za cenné rady, vstřícnost a trpělivost během konzultací a vypracování práce.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šimka** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **457068**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh elektroinstalace rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky:

Design of wiring in a family house

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte návrh elektroinstalace v RD podle následujících bodů:

1. Navrhněte způsob připojení z distribuční sítě nízkého napětí
2. Proveďte výpočty související s návrhem elektroinstalace
3. Navrhněte elektroinstalaci včetně slaboproudé části
4. Proveďte odhad investičních a ročních provozních nákladů elektroinstalace

Seznam doporučené literatury:

- [1] Fendl.F.: Elektrický rozvod a rozvodná zařízení, skripta ČVUT 2008
- [2]. Příslušné legislativní dokumenty, ČSN EN a PNE.
- [3] Kunc J.: Elektroinstalace krok za krokem. Praha: Grada, 2010

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Stanislav Bouček, katedra elektroenergetiky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **26.01.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Stanislav Bouček
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Anotace:

Páce se věnuje seznámení se zaváděním elektroinstalace rodinného domu a samotným návrhem elektroinstalace. Návrh zahrnuje způsob připojení na distribuční síť, výkresy pro zapojení silnoproudých i slaboproudých rozvodů, vnější ochrany proti přepětí, náklady na zavedení elektroinstalace, roční provozní náklady a náklady vzniklé ztrátami na vedení z elektroměrového rozvaděče.

Klíčová slova:

Elektroinstalace, elektrické rozvody, jistič, rozvaděč, rodinný dům, kabel, proudový chránič.

Abstract:

Theses introduces the installation of wrings of the family house and the design of the electrical installation. The design includes a way of connection to a distribution network, drawings for the installation of power and low-voltage wrings and external protection against overvoltage, the costs on electrical installation, annual operation and the costs caused by losses on the power line from the electricity meter.

Key words:

Electrical installation, wiring, circuit breaker, switchboard, family house, cable, residual-current device

Obsah

1. Úvod	11
2. Legislativa	12
3. Části domovního rozvodu.....	14
3.1 Elektrická přípojka	14
3.1.1 Kabelovým vedením pod povrchem.....	14
3.1.2 Venkovním vedením.....	15
3.2 Hlavní domovní skříň HDS	16
3.3 Hlavní domovní vedení HDV.....	16
3.4 Odbočky k elektroměrům.....	16
3.5 Elektroměrový rozvaděč ER.....	16
3.6 Domovní rozvaděč.....	17
3.7 Silnoproudé obvody	17
3.7.1 Světelné obvody	18
3.7.2 Zásuvkové obvody	20
3.7.3 Obvod pro elektrický sporák	21
3.7.4 Obvod pro boiler	21
3.7.5 Obvod pro třífázovou zásuvku.....	21
3.8 Slaboproudé obvody	22
3.8.1 Telefonní a počítačové rozvody.....	22
3.8.2 Anténní rozvody	22
3.8.3 Zvonkový rozvod.....	22
4. Uložení vodičů	23
4.1 Instalační zóny	23
4.2 Ochranné zóny v koupelnách a prostorech s vyšším rizikem úrazu	24
4.2.1 Ochranné zóny v koupelnách	25
4.2.2 Umývací prostor	26
4.2.3 Okolí plaveckých bazénů a fontán.....	27
4.3 Ukládání slaboproudých obvodů.....	28
5. Dimenzování vedení	29
5.1 Provozní teplota	29
5.2 Proudová zatížitelnost.....	30
5.3 Mechanické namáhání	31
5.4 Úbytky napětí	31

5.5 Hospodárnost	32
6. Pístrojové vybavení domovních rozvodnic	34
6.1 Jističe	34
6.1.1 Jističe s nadproudovou a zkratovou spouští.....	34
6.1.2 Rozdělení jističů podle charakteristik.....	34
6.2 Pojistky	36
6.3 Proudový chránič.....	36
6.4 Přepětové ochrany	38
6.5 Stykače.....	38
6.6 Další pístroje.....	38
7.Ochrany proti pípětí.....	39
7.1 Spínací pípětí.....	39
7.2 Atmosférická pípětí.....	39
7.3 Vnější ochrana	40
7.3.1 Typ hromosvodu.....	41
7.3.2 Jímací soustava	41
7.3.3 Svody	44
7.3.4 Uzemnění.....	45
7.4 Vnitřní ochrana.....	46
7.4.1 Rozdělení vnitřních ochran.....	46
7.5 Stupně ohrožení instalace	47
7.5.1 Malé ohrožení instalace	47
7.5.2 Střední ohrožení instalace	48
7.5.3 Velké ohrožení instalace.....	48
8. Návrh elektroinstalace	49
8.1 Způsob pípjení z distribuční sítě nízkého napětí.....	49
8.2 Výpočty související s návrhem elektroinstalace	51
8.3 Odhad investičních nákladů elektroinstalace.....	53
8.4 Odhad ročních provozních nákladů elektroinstalace	60
8.5 Investiční náklady a provozní náklady pro různé průřezy kabelů vedených od elektroměru	63
9. Závěr.....	66
10. Zdroje.....	67
11. Seznam výkresů provedení elektroinstalace	68

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1. ČÁSTI DOMOVNÍHO ROZVODU	14
OBRÁZEK 2. VARIANTY PŘIPOJENÍ KABELOVÝM VEDENÍM POD POVRCHEM [2].....	15
OBRÁZEK 3. PŘIPOJENÍ VENKOVNÍM VEDENÍM [2].....	15
OBRÁZEK 4. SCHÉMA HDS [3].....	16
OBRÁZEK 5. ELEKTROMĚROVÁ ROZVODNICE (ELPLAST-KPZ ROKYCANY, SPOL. S R. O.)	17
OBRÁZEK 6. DOMOVNÍ ROZVADĚČ (ELEKTRO-KŘIVKA)	17
OBRÁZEK 7. ZÁKLADNÍ ZAPOJENÍ VYBRANÝCH VYPÍNAČŮ V SÍTI TN-S [10].....	19
OBRÁZEK 8. ZAPOJENÍ ZÁSUVKY V SÍTI TN-S [10].....	21
OBRÁZEK 9. INSTALAČNÍ ZÓNY [3]	24
OBRÁZEK 10. OCHRANNÉ ZÓNY V KOUPELNÁCH [1]	25
OBRÁZEK 11. OCHRANNÉ ZÓNY V OKOLÍ SPRCHOVÝCH KOUTŮ [1]	26
OBRÁZEK 12. ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ V UMÝVACÍM PROSTORU [1]	26
OBRÁZEK 13. OCHRANNÉ ZÓNY V OKOLÍ ZAPUŠTĚNÉHO BAZÉNU [1]	27
OBRÁZEK 14. SOUBĚHY SILNOPROUDÝCH A SLABOPROUDÝCH KABELŮ V BĚŽNÉM ELEKTROMAGNETICKÉM PROSTŘEDÍ PODLE ČSN EN 50174-2 [4].....	28
OBRÁZEK 15. VYPÍNAČÍ CHARAKTERISTIKY JISTIČŮ [3]	35
OBRÁZEK 16. JISTIČ (EATON).....	35
OBRÁZEK 17. PŘÍKLAD PROUDOVÉHO CHRÁNIČE [1]	37
OBRÁZEK 18. PRINCIP PROUDOVÉHO CHRÁNIČE (ELEKTRIKA.CZ)	37
OBRÁZEK 19. SDRUŽOVÁNÍ OBVODŮ ZA PROUDOVÝMI CHRÁNIČI (EATON)	37
OBRÁZEK 20. SPÍNACÍ PŘEPĚTÍ V ELEKTROINSTALACI BEZ OCHRANY PROTI PŘEPĚTÍ [8]	39
OBRÁZEK 21. VARIANTY NÁVRHU VNĚJŠÍHO SYSTÉMU OCHRAN PŘED BLESKEM [9]	40
OBRÁZEK 22. OCHRANNÝ PROSTOR VYMEZENÝ VALCÍ SE BLESKOVOU KOULÍ [9]	42
OBRÁZEK 23. OCHRANNÝ PROSTOR VYMEZENÝ OCHRANNÝM ÚHLEM [9].....	42
OBRÁZEK 24. VELIKOST OCHRANNÝCH ÚHLŮ [9].....	43
OBRÁZEK 25. TYPICKÉ ROZMĚRY OK MŘÍŽOVÉ SOUSTAVY [9]	43
OBRÁZEK 26. MŘÍŽOVÁ SÍŤ NA PLOCHÉ STŘEŠE [9]	43
OBRÁZEK 27. MŘÍŽOVÁ SÍŤ NA SEDLOVÉ STŘEŠE [9]	44
OBRÁZEK 28. OBVODOVÝ ZEMNIČ [9]	45
OBRÁZEK 29. ZÁKLADOVÝ ZEMNIČ [9].....	45
OBRÁZEK 30. VÍCESTUPŇOVÁ OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ S MAXIMÁLNÍMI PŘÍPUSTNÝMI MEZEMI PŘEPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH ČÁSTECH ELEKTROINSTALACE [8].....	46
OBRÁZEK 31. MALÉ OHROŽENÍ INSTALACE [8]	47
OBRÁZEK 32. STŘEDNÍ OHROŽENÍ INSTALACE [8].....	48
OBRÁZEK 33. VELKÉ OHROŽENÍ INSTALACE [8].....	48
OBRÁZEK 34. PODÍL JEDNOTLIVÝCH NÁKLADŮ ELEKTROINSTALACE OPTIMISTICKÁ VARIANTA	59
OBRÁZEK 35. PODÍL JEDNOTLIVÝCH NÁKLADŮ ELEKTROINSTALACE PESIMISTICKÁ VARIANTA	59
OBRÁZEK 36. ODHADOVANÉ ROČNÍ NÁKLADY ELEKTROINSTALACE	62
OBRÁZEK 37. CELKOVÉ NÁKLADY NA RŮZNÉ PRŮŘEZY KABELŮ V OBDOBÍ 15 LET, SAZBA D45D	64
OBRÁZEK 38. CELKOVÉ NÁKLADY NA RŮZNÉ PRŮŘEZY KABELŮ V OBDOBÍ 15 LET, SAZBA D56D	65

Seznam tabulek

TABULKA 1. MINIMÁLNÍ POČET OBVODŮ V BYTECH VELIKOSTNÍ KATEGORIE NEBO UŽITNÉ PLOCHY [3]	18
TABULKA 2. DOPORUČENÉ MINIMÁLNÍ POČTY ZÁSUVK V JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTECH [1].....	20
TABULKA 3. ZÁKLADNÍ VYBAVENÍ MÍSTNOSTÍ NAD 2 KW [1]	21
TABULKA 4. MINIMÁLNÍ ODDĚLOVACÍ VZDÁLENOST DLE ČSN EN 50147-2 [4]	28
TABULKA 5. MAXIMÁLNÍ SOUDOBY PŘÍKON [1]	29
TABULKA 6. BAREVNÉ ODLIŠENÍ NEJČASTĚJI POUŽÍVANÝCH JISTIČŮ A POJISTEK	36
TABULKA 7. POLOMĚRY VALÍČÍCH SE KOULÍ PRO JEDNOTLIVÉ TŘÍDY OCHRAN PŘED BLESKEM [9].....	41
TABULKA 8. ROZMĚRY OK PRO METODU MŘÍŽOVÉ SÍTĚ	43
TABULKA 9. INSTALOVANÝ PŘÍKON	51
TABULKA 10. NÁKLADY NA ELEKTROMĚROVÝ ROZVADĚČ.....	53
TABULKA 11. NÁKLADY ZA ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL	54
TABULKA 12. NÁKLADY NA REVIZE.....	57
TABULKA 13. CELKOVÉ NÁKLADY NA PROVEDENÍ ELEKTROINSTALACE	58
TABULKA 14. ODHADOVANÁ ROČNÍ SPOTŘEBA EL. ENERGIE PŘI VYTÁPĚNÍ PŘÍMOTOPEM.....	60
TABULKA 15. ODHADOVANÁ ROČNÍ SPOTŘEBA EL. ENERGIE PŘI VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM Č. VZDUCH-VODA	60
TABULKA 16. ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY PŘI VYTÁPĚNÍ PŘÍMOTOPEM	61
TABULKA 17. ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY PŘI VYTÁPĚNÍ TEP. Č. VZDUCH-VODA.....	61
TABULKA 18. NÁKLADY NA RŮZNÉ PRŮŘEZY PŘÍVODNÍCH KABELŮ CYKY 4X	63
TABULKA 19. CELKOVÉ NÁKLADY NA RŮZNÉ PRŮŘEZY KABELŮ VE VYBRANÝCH LETECH, SAZBA D45D	64
TABULKA 20. CELKOVÉ NÁKLADY NA RŮZNÉ PRŮŘEZY KABELŮ VE VYBRANÝCH LETECH, SAZBA D56D	65

Seznam rovnic

ROVNICE 1. CELKOVÝ PŘÍKON SVĚTEL V DANÉM OBVODU	18
ROVNICE 2. JMENOVITÝ PROUD SVÍTIDEL DANÉHO OBVODU	18
ROVNICE 3. ZTRÁTOVÝ VÝKON.....	29
ROVNICE 4. MAXIMÁLNÍ DOVOLENÉ OTEPLENÍ VODIČE	30
ROVNICE 5. MAXIMÁLNÍ ZATĚŽOVACÍ PROUD I.....	30
ROVNICE 6. DOVOLENÉ PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ	30
ROVNICE 7. VÝPOČTOVÉ ZATÍŽENÍ.....	30
ROVNICE 8. SOUDOBYBYTŮ	30
ROVNICE 9. VÝPOČTOVÝ PROUD PRO TŘÍFÁZOVÝ PROUD	31
ROVNICE 10. VÝPOČTOVÝ PROUD PRO JEDNOFÁZOVÝ PROUD.....	31
ROVNICE 11. PODMÍNKA PRO VÝPOČTOVÝ PROUD	31
ROVNICE 12. PODMÍNKA DOVOLENÉHO MECHANICKÉHO NAMÁHÁNÍ.....	31
ROVNICE 13. PODMÍNKA MINIMÁLNÍHO PRŮŘEZU PRO DOVOLENÉ MECHANICKÉ NAMÁHÁNÍ	31
ROVNICE 14. JEDNOFÁZOVÝ ÚBYTEK NAPĚTÍ	32
ROVNICE 15. TŘÍFÁZOVÝ ÚBYTEK NAPĚTÍ.....	32
ROVNICE 16. CELKOVÉ NÁKLADY NA VEDENÍ	35
ROVNICE 17. POŘIZOVACÍ NÁKLADY NA VEDENÍ	37
ROVNICE 18. SOUČASNÁ HODNOTA NÁKLADŮ ZA ZTRÁTY	37
ROVNICE 19. DOBA PLNÝCH ZTRÁT.....	37
ROVNICE 20. SOUČINITEL ZAHRNUJÍCÍ NÁRŮST ZATÍŽENÍ, CENY EL. ENERGIE	33
ROVNICE 21. HOSPODÁRNÝ PRŮŘEZ VODIČE JEDNÉ FÁZE VEDENÍ	40

1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je návrh elektroinstalace rodinného domu, popis problematiky, analýza pořizovacích nákladů a analýza nákladů na roční provoz.

První část se zabývá příslušnou legislativou, která se zaměřuje na výše zmíněné téma.

Druhá část se věnuje připojení k distribuční síti a částem domovního rozvodu, samotným provedením a řešením elektroinstalace, jištění a principy nezbytných ochran, dimenzování vedení podle několika hledisek.

Pak se práce poukazuje na možná přepětí, jejich vzniku, vnějším a vnitřním ochranám proti přepětí.

Práce bude také obsahovat samotný návrh elektroinstalace, finanční analýzu jednotlivých nákladů na realizaci a analýzu ročních nákladů na provoz.

Pro předprojektovou přípravu a přibližnou analýzu ceny je potřeba znát objekt, pro který bude projekt vypracován. Jak již bylo zmíněno, v této práci se budeme zabývat rodinným domem. Pro práci jsem zvolil běžný dvoupodlažní rodinný dům. Dům bude bez podsklepení, se standardní požadavky na designové provedení, budou zde vyžadovány nezbytně nutné ochrany, nebude používat systém zabezpečení a ani jiné nadstandardní nízkonapěťové doplňky.

2. Legislativa

Stavba každého domu, a tedy i zavádění elektroinstalace, se musí řídit příslušnými právními předpisy. Nově zaváděné elektroinstalace, a i rozsáhlejší úpravy a rekonstrukce, podléhají Zákonu o územním plánování a stavebním řádu č. 183/2006 Sb. a navazujícím předpisům. Tento zákon nařizuje odborné vedení stavby způsobilou osobou, nebo odborný dozor pro menší stavby.

Pro práci na elektroinstalaci je nezbytná elektrotechnická kvalifikace a platné ověření podle vyhlášky č. 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice.

Zařízení a výrobky používaná v elektroinstalaci musejí splňovat technické předpisy a technické normy ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Elektrotechnické výrobky, které splňují evropské normy musejí mít ochrannou značku CE, nicméně v elektroinstalaci se setkáváme i s výrobky, které nemohou být celoevropsky normalizovány, jde především o silové zásuvky a vidlice. Tyto výrobky tedy nemohou být označeny značkou CE, musejí však splňovat požadavky technických norem ČSN. [1]

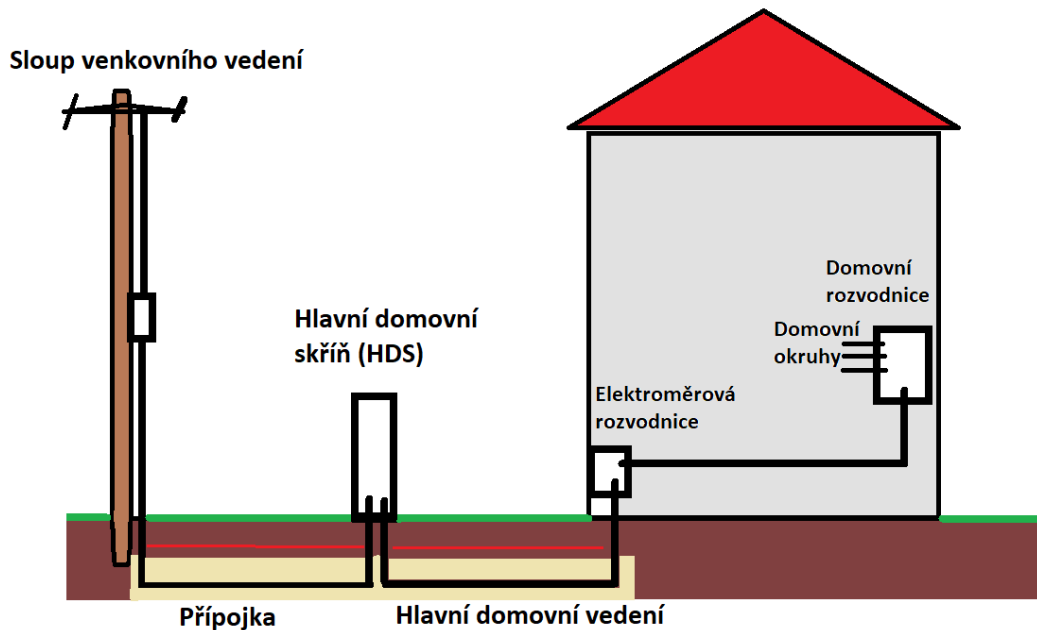
Seznam základních technických norem pro elektroinstalaci a elektrické zařízení související s tématem aktuální k datu 10. března 2018:

ČSN 33 0165 ed. 2 – Značení vodičů barvami nebo číslicemi
ČSN 33 1310 ed. 2 – Bezpečnostní požadavky na elektrické instalace a spotřebiče určené k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace
ČSN 33 1500 – Revize elektrických zařízení
ČSN 33 1600 ed.2 – Revize a kontroly elektrických spotřebičů během používání
ČSN 33 2000-1 ed.2 – Elektrické instalace nízkého napětí – Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice
ČSN 33 2000-2-21 – Pokyny k používání všeobecných termínů
ČSN 33 2000-4-41 ed.2 – Ochrana před úrazem elektrickým proudem
ČSN 33 2000-4-42 ed.2 – Ochrana před účinky tepla
ČSN 33 2000-4-43 ed.2 – Ochrana před nadproudy
ČSN 33 2000-4-44 ed.3 – Ochrana před atmosférickým nebo spínacím přepětím
ČSN 33 2000-4-444 – Ochrana před napěťovým a elektromagnetickým rušením
ČSN 33 2000-4-45 – Ochrana před podpětím
ČSN 33 2000-4-46 ed.3 – Odpojování a spínání
ČSN 33 2000-4-47 – Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti
ČSN 33 2000-4-473 – Opatření k ochraně proti nadproudům
ČSN 33 2000-4-48 – Výběr ochranných opatření podle vnějších vlivů
ČSN 33 2000-4-482 – Ochrana proti požáru v prostorách se zvláštním rizikem nebo nebezpečím
ČSN 33 2000-5-51 ed.3 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy
ČSN 33 2000-5-52 ed.2 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení
ČSN 33 2000-5-53 ed.2 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Spínací a řídicí přístroje
ČSN 33 2000-5-534 ed.2 – Přepětivá ochranná zařízení
ČSN 33 2000-5-54 ed.3 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 2000-5-551 ed.2 – Ostatní zařízení – Nízkonapěťová zdrojová zařízení
ČSN 33 2000-5-557 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Pomocné obvody
ČSN 33 2000-5-559 ed.2 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Svítidla a světelná instalace
ČSN 33 2000-5-56 ed.2 – Výběr a stavba elektrických zařízení – Zařízení pro bezpečnostní účely
ČSN 33 2000-5-57 – Koordinace elektrických zařízení pro ochranu, odpojování, spínání a řízení
ČSN 33 2000-6 ed.2 – Elektrické instalace nízkého napětí – Revize
ČSN 33 2000-7-701 ed.2 – Prostory s vanou nebo sprchou
ČSN 33 2000-7-702 ed.3 – Plavecké bazény a fontány
ČSN 33 2000-7-703 ed.2 – Místnosti a kabiny se saunovými kamny
ČSN 33 2000-7-704 ed.2 – Elektrická zařízení na staveništích a demolicích
ČSN 33 2000-7-705 ed.2 – Zemědělská a zahradnická zařízení
ČSN 33 2000-7-706 ed.2 – Omezené vodivé prostory
ČSN 33 2000-7-712 ed.2 – Solární fotovoltaické (PV) napájecí systémy
ČSN 33 2000-7-713 – Nábytek
ČSN 33 2000-7-714 ed.2 – Venkovní světelné instalace
ČSN 33 2000-7-715 ed.2 – Světelná instalace napájená malým napětím
ČSN 33 2000-7-718 – Prostory občanské výstavby a pracoviště
ČSN 33 2000-7-753 ed.2 – Topné kabely a pevně instalované topné systémy
ČSN 33 2130 ed.3 – Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody

ČSN 33 2180 – Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů
ČSN 33 2190 – Připojování elektrických strojů a pohonů s elektromotory
ČSN 34 0350 ed. 2 – Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení
ČSN EN 62208 ed.2 – Prázdné skříně pro rozváděče – Obecné požadavky
ČSN EN 61439-1 ed.2 – Rozváděče nízkého napětí – Všeobecná ustanovení
ČSN EN 61439-2 ed.2 – Rozváděče nízkého napětí – Výkonové rozváděče (PSC)
ČSN EN 61439-3 – Rozváděče nízkého napětí – Rozvodnice určené pro provozování laiky (DBO)
ČSN EN 61439-4 – Rozváděče nízkého napětí – Zvláštní požadavky pro staveništní rozváděče (ACS)
ČSN EN 61439-5 – Rozváděče nízkého napětí – Rozváděče pro veřejné distribuční sítě
ČSN EN 61439-6 – Rozváděče nízkého napětí – Přípojnicové rozvody
ČSN EN 50110-1 ed.3 – Obsluha a práce na elektrických zařízeních
ČSN EN 62305 – Ochrana před bleskem [5]

3. Části domovního rozvodu

Tato kapitola popisuje části domovního rozvodu, tyto části jsou znázorněny na obrázku č.1.



Obrázek 1. Části domovního rozvodu

3.1 Elektrická přípojka

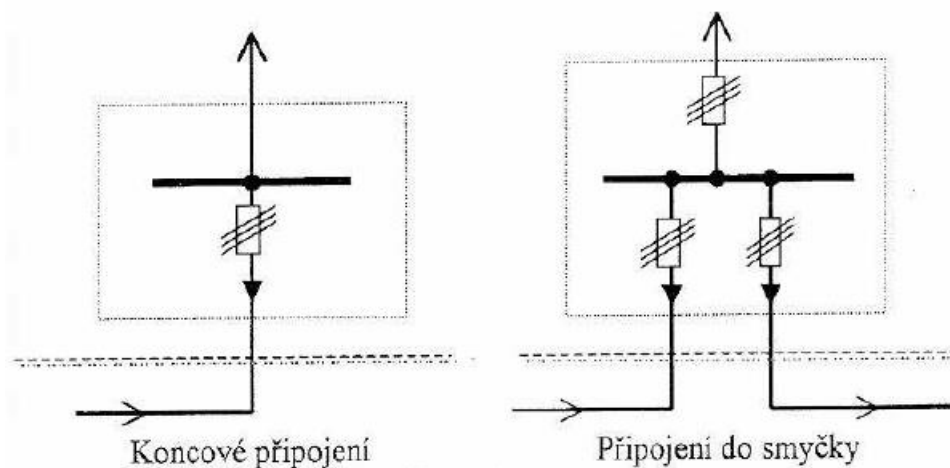
Možnost odebrat elektrickou energii je potřeba zajistit již před započítím samotné stavby. K zavedení elektrického proudu na pozemek slouží elektrická přípojka nízkého napětí. Tato přípojka připojuje objekt k distribuční síti nízkého napětí a začíná od odbočky, nebo transformátorové stanice rozvodné sítě, a končí v hlavní domovní skříni dále jen HDS. Přípojka k distribuční síti může být realizována následujícími způsoby.

3.1.1 Kabelovým vedením pod povrchem

Čtyř-žilový kabel je uložen ve vhodné hloubce odpovídající terénu povrchu a jeho minimální průřez pro měděný vodič je 10 mm^2 . Kabel je v zemi chráněn před vnějšími vlivy. Pod spodním okrajem kabelu a nad horním okrajem kabelu do vzdálenosti 8 cm je zásyp z písku. Nad kabelem je umístěna výstražná červená fólie. Kabely do 1kV, kterým nehrozí mechanické poškození nevyžadují žádné další mechanické ochrany. V případě, že mechanické poškození hrozí, umístí se mezi písečný zásyp a výstražnou fólii cihly nebo tvárnice.

Minimální krytí podzemních sítí pro silové kabely do 1kV je pod chodníkem 0,35m, pod vozovkou 1 m, a ve volném terénu 0,35-0,7m.

Při způsobu vedení pod povrchem jsou možné dvě varianty připojení, a to koncové připojení a připojení do smyčky. HDS při koncovém připojení obsahuje pouze jednu trojici pojistek, při připojení do smyčky obsahuje HDS tři trojice pojistek, kde první dvě trojice slouží pro odpojení dvou přivedených kabelů a třetí slouží pro odpojení objektu. Varianty a způsoby těchto připojení jsou schematicky zobrazeny na obrázku č.2. [2], [3]



Obrázek 2. Varianty připojení kabelovým vedením pod povrchem [2]

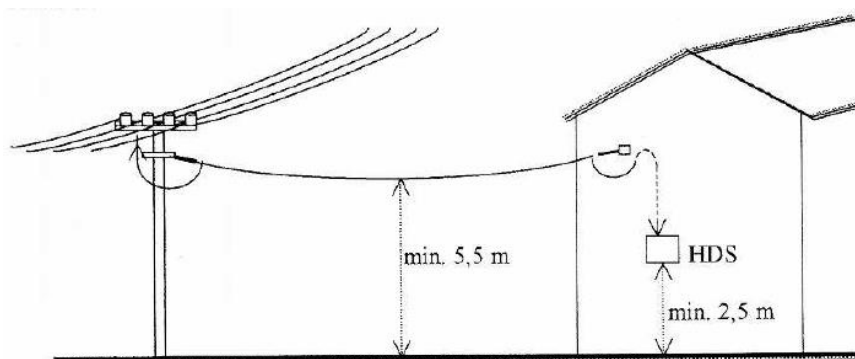
3.1.2 Venkovním vedením

Při tomto způsobu je objekt připojen na venkovní veřejné vedení a přípojka může být provedena holými vodiči, nebo závěsným kabelem, přípojka odbočuje z nejbližšího sloupu venkovního veřejného vedení. Při větší vzdálenosti objektu od sloupu je potřeba zřídit další opěrné sloupy.

V případě holých vodičů se většinou používají lana A1Fe s průřezem 16 mm², nebo měděné vodiče menšího průřezu. Vodiče jsou upevněny na izolační konstrukci připevněnou ve vhodné výšce na objektu. Přípojka dále pokračuje více žilovým vodičem uloženým do omítky, vedoucím do HDS.

V případě závěsného kabelu, se po upevnění na objekt vede kabel bez nosného lana stěnou objektu přímo do HDS.

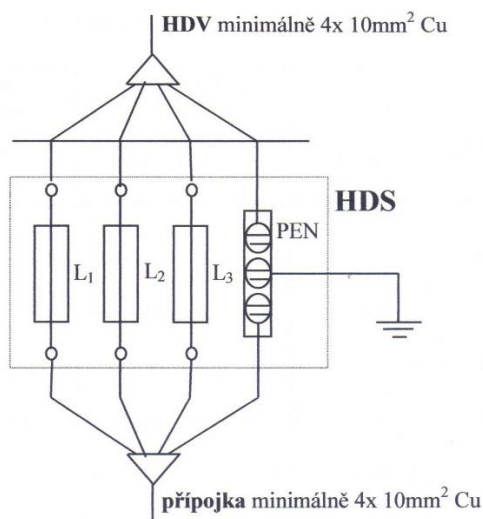
Připojení venkovním vedením spolu s minimálními výškami umístění přípojky a hlavní domovní skříně HDS je vidět na obrázku č.3. [2], [3]



Obrázek 3. Připojení venkovním vedením [2]

3.2 Hlavní domovní skříň HDS

Tato skříň obsahuje závitové, případně nožové pojistky, nebo selektivní jističe, které jistí celé odběrné zařízení a zamezuje přenosu zkratových proudů od odběratele do distribuční sítě. Dále obsahuje rozvodný pás pro vodiče PEN a po připojení zemnicí elektrody. Schématické zapojení je zakresleno v obrázku č.4. Skříně jsou situovány na objektu odběratele, nebo na hranici pozemku na veřejně přístupném místě a jsou součástí elektrické přípojky. Je-li HDS umístěna ve sloupku plotu, musí být její spodní hrana umístěna minimálně 60 cm nad povrchem země. Pojistky v HDS jsou dimenzovány o jeden až dva stupně výš než hlavní jistič v elektroměrové rozvodnici. [3]



Obrázek 4. Schéma HDS [3]

3.3 Hlavní domovní vedení HDV

Jedná se nejčastěji o čtyř-žilové kabelové vedení, vedoucí od pojistek HDS do elektroměrové rozvodnice. Toto vedení se vede nejkratší možnou trasou bez přerušení a venkovní stěnou objektu. Vedení musí být umístěno tak, aby nebylo možné zřídít nedovolený odběr. Při ukládání kabelu do země se použije kvalitní kabelová chránička, čímž je splněna podmínka, že případná výměna může být realizována bez stavebních zásahů. Pro správné určení průřezu HDV dimenzujeme vedení z několika hledisek (viz. Dimenzování vedení).

V objektech s počtem odběratelů menším než 4 není HDV nutné a odbočky k elektroměrovým rozvodnicím lze vést přímo z HDS. [2], [3], [7]

3.4 Odbočky k elektroměrům

Jsou to jednofázová, nebo třífázová vedení odbočující z HDV do jednotlivých elektroměrů. V případě rodinných domů vycházejí přímo z HDS. Platí pro ně stejné podmínky jako pro HDV. Minimální průřez vodičů je 6 mm² Cu. [7]

3.5 Elektroměrový rozvaděč ER

Zde končí HDV, v rozvodnici je umístěn hlavní jistič a elektroměr. V domech s elektrickým vytápěním a akumulacími spotřebiči se používá dvousazbový elektroměr pro vysoký a nízký tarif, součástí takové rozvodnice je i přijímač hromadného dálkového ovládání HDO. HDO přepíná měření spotřeby ve vysokém a nízkém tarifu a zapíná akumulací spotřebiče.

U rodinných domů se elektroměrová rozvodnice umísťuje buď do pilíře, nebo na vnější stěnu domu a to tak, že je možný přístup z veřejně přístupného místa.

Hlavní jistič musí být před elektroměrem a musí mít stejný počet pólů, musí mít charakteristiku typu B, tzn. zkratovou spoušť v rozsahu tří až pětinasobku jmenovitého proudu jističe. Jistič musí být předem odsouhlasen distributorem, při žádosti o použití jiného typu jističe, je povolení závislé na posouzení distributora. Obrázek č. 5 je ukázkou elektroměrové rozvodnice pro jedno odběrné místo. [3], [7]



Obrázek 5. Elektroměrová rozvodnice (ELPLAST-KPZ Rokycany, spol. s r. o.)

3.6 Domovní rozvaděč

V této rozvodnici jsou umístěny jističe pro jednotlivé okruhy, přepětové ochrany, proudové chrániče, zvonkový transformátor, také zde končí vodič PEN a pomocí propojovacích lišt se dělí na vodič PE a N. Pro jednofázové spotřebiče pokračuje tedy z jističů rozvod se třemi vodiči a pro třífázové spotřebiče rozvod s pěti vodiči.

Existuje celá řada rozvodnic, pro různé prostorové uspořádání a pro různý počet modulů, jako např. na obrázku č. 6. Při výběru volíme rozvodnici tak, aby po instalaci všech modulů zbyla rezerva. Tato rezerva nám ušetří práci a peníze za nákup větší rozvodnice v případě modernizace a zavedení dalších okruhů a ochran. [1]



Obrázek 6. Domovní rozvaděč (Elektro-Křivka)

3.7 Silnoproudé obvody

Minimální počet světelných a silových obvodů pro různě velké byty ukazuje tabulka č 1.

Tabulka 1. Minimální počet obvodů v bytech velikostní kategorie nebo užité plochy [3]

Obvod	I. Do 50 m ²	I.- IV. Do 75 m ²	V.- VIII. Do 100 m ²	Do 125 m ²	Do 125 m ²
Světelný	1 (0)	1	1 (2)	2	2
Zásuvkový	1	2 (1)	3 (2)	3 (2)	4 (3)

3.7.1 Světelné obvody

Provádějí se vodičem CYKY 3x1,5 mm². Na jeden světelný obvod lze připojit 10 svítidel. Obvod se jistí jističem typu B s jmenovitým proudem 6 nebo 10 A. Jmenovitý proud svítidel se určí z celkového příkonu svítidel podle rovnic 1 a 2. [2], [3]

$$P_{celk} = \sum_{i=1}^n P_i [W] \quad (1)$$

$$I = \frac{P_{celk}}{U} [A] \quad (2)$$

- Kde:
- P_{celk} celkový příkon světel v daném obvodu [W]
 - P_i příkon daného světla v obvodu [W]
 - n počet světel v daném obvodu [-]
 - I jmenovitý proud svítidel daného obvodu [A]
 - U napětí v daném obvodu [V]

Světelné obvody musejí být, podle nové edice normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí s platností od 1.1.2018, opatřeny ochranou pomocí proudového chrániče, jehož vybavovací proud nepřesahuje 30 mA.

Souběžně s novou edicí je možné používat edici 2 do 7.7.2020.

Na obrázku č. 7 jsou uvedeny vybrané vypínače, jejich schématické značení, zapojení v síti TN-S a montážní schémata.

Vypínač	Sch. značka	Zapojení v síti TN-S	Montážní schéma
Jednopolový - typ č. 1			
Sériový - typ č. 5			
Střídavý - typ č. 6			
Křížový - typ č. 7			
Dvojtý střídavý - typ č. 5b			

Obrázek 7. Základní zapojení vybraných vypínačů v síti TN-S [10]

3.7.2 Zásuvkové obvody

Pro jednofázové zásuvky se používá vodič CYKY 3x2,5 mm². Obvod se jistí jističem s jmenovitým proudem 16 A. Na jeden zásuvkový obvod je povoleno připojit nejvíce 10 vývodů pro zásuvku. České národní normy definují jako jeden zásuvkový vývod i jeden rámeček s několika dílčími zásuvkami. Avšak například dvě dvojitě zásuvky, nainstalované těsně vedle sebe, jsou již považovány za dva zásuvkové vývody. Všechny zásuvkové obvody, kromě obvodu pro chladničku či mrazničku, musejí být chráněny proudovým chráničem s vybavovacím proudem nejvýše 30 mA.

Zásuvky musejí být vybaveny ochranným kolíkem, na který je připojen ochranný vodič, zásuvka má být při pohledu zepředu umístěna tak, že kolík bude nahoře, na levý otvor zásuvky je přivedena fáze, na pravý otvor zásuvky je přiveden střední vodič, jako je na obrázku č. 8.

Obvod pro chladničku či mrazničku může být umístěn na samostatném obvodu. Důvodem je případné zkažení potravin, které by mohlo nastat při vypnutí kuchyňského obvodu za současné delší nepřítomnosti obyvatel domu.

Další samostatně jištěné obvody se zřizují pro myčku nádobí, pračku, mikrovlnou troubu, elektrický sporák či průtokový ohříváč vody u dřezu. Tyto obvody budou mít pouze jednu zásuvku, která bude trvale obsazena těmito spotřebiči.

Jak můžeme vidět v tabulce č. 3, česká národní norma má nižší nároky na minimální počet zásuvek v dané místnosti, než má evropský standard. Základní vybavení místností nad 2kW uvádí tabulka č.3. [1]

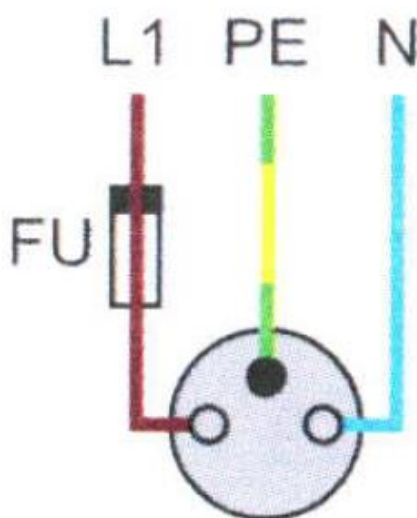
Tabulka 2. Doporučené minimální počty zásuvek v jednotlivých místnostech [1]

Místnost	ČSN 33 2130	Evropský standard	Vyšší evropský standard
Obývací pokoj do 20 m ²	4	7	9
Obývací pokoj nad 20 m ²	5	9	11
Ložnice do 12 m ²	3	5	7
Ložnice do 20 m ²	4	7	9
Ložnice nad 20 m ²	5	9	11
Kuchyně	3	7	8
Koupelna	2	4	9
WC	1	2	2
Domácí dílna, pracovna	3	5	7
Chodba	1	2	3
Místnost pro domácí práce	3	7	9
Skřípek, komora	0	2	2
Terasa	1	1	3
Obytná lodžie, atrium	1	1	3

Tabulka 3. Základní vybavení místností nad 2 kW [1]

Místnost	ČSN 33 2130	Evropský standard	Vyšší evropský standard
Obývací pokoj	1	1	1
Ložnice	+))	+))	+))
Kuchyně	Elektrický sporák: 1 Chladnička: 1 Myčka nádobí: 1 Ohřívač vody: 1	Elektrický sporák: 1 Chladnička: 1 Myčka nádobí: 1 Ohřívač vody: 1	Elektrický sporák: 1 Chladnička: 1 Myčka nádobí: 1 Ohřívač vody: 1
Koupelna	Automatická pračka: 1 Ohřívač vody: 1	Automatická pračka: 1 Ohřívač vody: 1	Automatická pračka: 1 Ohřívač vody: 1
Místnost pro domácí práce	Pračka: 1 Sušička: 1 Mandl: 1	Pračka: 1 Sušička: 1 Mandl: 1	Pračka: 1 Sušička: 1 Mandl: 1

+) Jen v případě, že je zřizován obvod klimatizace a vytápění



Obrázek 8. Zapojení zásuvky v síti TN-S [10]

3.7.3 Obvod pro elektrický sporák

Pro tento samostatný obvod se používá třífázový vodič $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$, při uložení vodiče do zdi. Obvod je jištěn jističem typu B s jmenovitým proudem 16 A. [3]

3.7.4 Obvod pro boiler

Podle příkonu boileru se používá jednofázový vodič CYKY $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ s jističem 10 A, nebo vodič CYKY $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ s jističem 16 A. [3]

3.7.5 Obvod pro třífázovou zásuvku

Nejčastěji se používá vodič $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$ a jistí se třífázovým jističem 16 A. [3]

3.8 Slaboproudé obvody

Úkolem slaboproudých obvodů je především přenos slaboproudých signálů, které dále zpracovávají odebírající zařízení. Těmito zařízeními jsou nejčastěji počítače, telefony, televizní zařízení, zvonková signalizace, domácí telefon s elektrickým vrátným. [1], [4]

3.8.1 Telefonní a počítačové rozvody

Zásuvky jsou rozřazeny do kategorií, které určují účel použití vyvozený z přenosových vlastností. Pro analogové telefonní síť stačí zásuvky kategorie 3 a pro počítačové síť je potřeba použít zásuvky minimálně kategorie 5.

Vedení pro internet se označuje zkratkou LAN, pro jeho realizaci se používá kabel UTP CAT5E, kabel vede od routeru do počítačových zásuvek. [1], [4]

3.8.2 Anténní rozvody

Přívod do anténní zásuvky je proveden koaxiálním souosým kabelem. Součástí zásuvek jsou pásmové filtry a výstupní konektor. Většinou se používá paprskový rozvod, to znamená, že na konci jednoho anténního rozvodu je jedna koncová zásuvka. [1], [4]

3.8.3 Zvonkový rozvod

Pro jeho napájení je použit modulový transformátor umístěný v bytové rozvodnici, jeho výstupem je AC napětí od 8 do 12 V. Zvonkové tlačítko, transformátor a zvonek jsou propojeny dvoužilovým zvonkovým kabelem. Jednodušším řešením je bezdrátový zvonek, tlačítko je vybaveno výměnou baterií a zvonek je zapojen do běžné zásuvky v domě. [1]

4. Uložení vodičů

Pro snadné ukládání vodičů je vhodné navrhnout silové rozvody tak, aby byla potřeba vést co nejmenší počet souběžných vodičů na co nejkratší vzdálenosti. Ve velkých objektech můžeme použít více rozvodnic propojených jedním vedením o větším průřezu, obvody vedené z těchto rozvodnic pak budou mít kratší a přímější trasu a rozvod bude přehlednější. [1]

Při ukládání slaboproudých kabelů je nutno dodržet bezpečný způsob uložení a brát v potaz možné rušení vlivem elektromagnetického pole vzniklého vedením proudu v silových kabelech. Na tuto problematiku se v normě ČSN 33 2000-5-52 a ČSN EN 50174-2. [4]

V obytných prostorách jsou vodiče a kabely skryty, tento způsob se označuje jako skrytá montáž a vodiče jsou vedeny drážkami ve zdi pod omítkou, dutými příčkami, nebo v zakrytých trubkách. Tento způsob montáže zajišťuje mechanickou odolnost a nenarušuje vzhled obytného prostoru. Drážky ve zdi, umístění trubek a uložení vodičů se provede před nanášením omítky.

V případě vedení drážkami se musí používat odbočovací nebo protahovací krabice. Krabice se musí použít ve vzdálenostech do 15-ti metrů pro přímé vedení a ve vzdálenosti do 10-ti m pro vedení s ohyby. Vedení končí v přístrojových krabicích, které se zapojují po nanášení omítky. Pro vytvoření drážek se používají drážkovačky a kruhové frézy pro otvory určené elektroinstalačním krabicím. Typ frézy a drážkovačky volíme podle použitého stavebního materiálu. [1]

Vedení trubkami přináší tu výhodu, že při poruše, či zavádění dalšího vodiče není nutnost vytrhávat kabel ze zdi, a následně opravovat velkou plochu omítky. Umístí se do drážek vytvořených stejným způsobem jako drážky pro uložení vodičů. Trubky se dají pořídít ohebné, nebo tuhé s tvarovými díly pro různé ohyby. Průměr trubky je potřeba zvolit dostatečně velký, abychom neměli problém se zatahováním kabelů, a to i dodatečně zavedení. Při volbě průměru trubky je potřeba počítat i se zahříváním vodičů díky vedení zatěžovacího proudu, čím více bude vodičů v trubce a čím bude trubka menší, tím hůře se budou vodiče ochlazovat. [1]

4.1 Instalační zóny

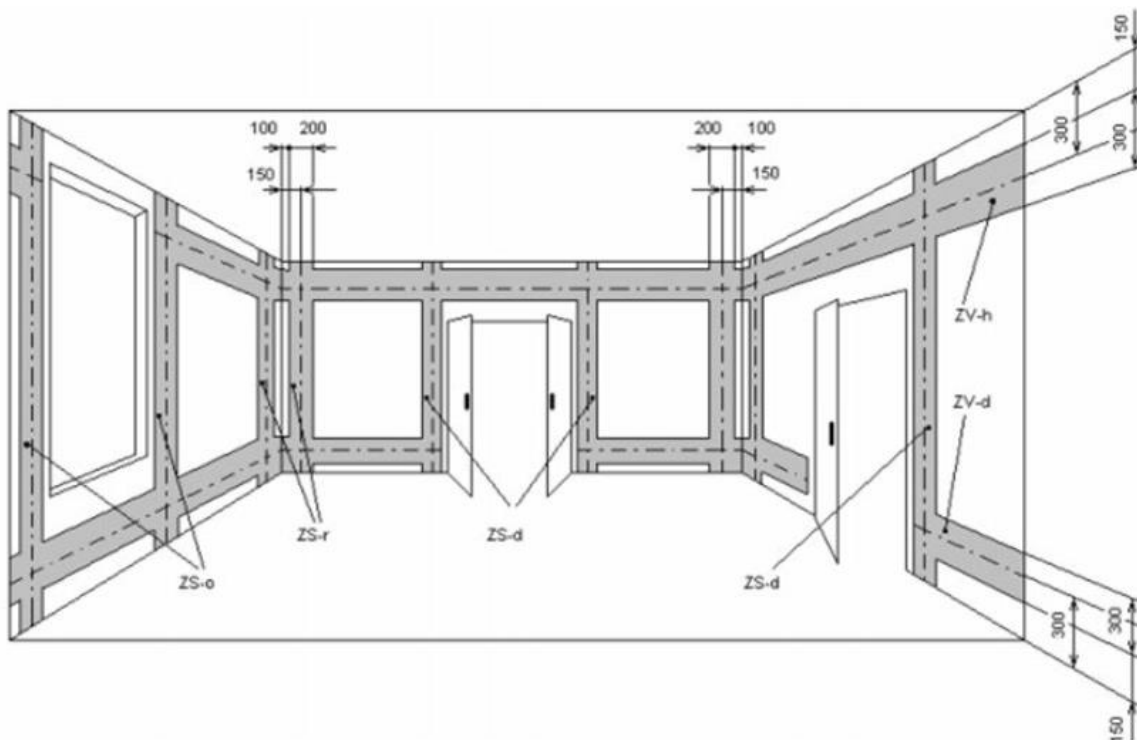
Pro lepší názornost jsou zobrazeny na obrázku 9. Vymezené zóny pro vedení vodičů. Instalační zóny se pro podlahy a stropy neurčují.

Vodorovné instalační zóny – šířka 300 mm:

- horní (ZV-h) – od 150 do 450 mm pod dokončeným stropem
- dolní (ZV-d) – od 150 do 450 mm nad dokončenou podlahou
- rohová (ZS-r) – od 900 do 1200 mm nad dokončenou podlahou

Svislé instalační zóny – šířka 200 mm:

- dveřní (ZS-d) – od 100 do 300 mm vedle dveřního otvoru
- okenní (ZS-o) – od 100 do 300 mm vedle okenního otvoru
- rohová (ZS-r) – od 100 do 300 mm vedle rohu místnosti [3]



Obrázek 9. Instalační zóny [3]

4.2 Ochranné zóny v koupelnách a prostorech s vyšším rizikem úrazu

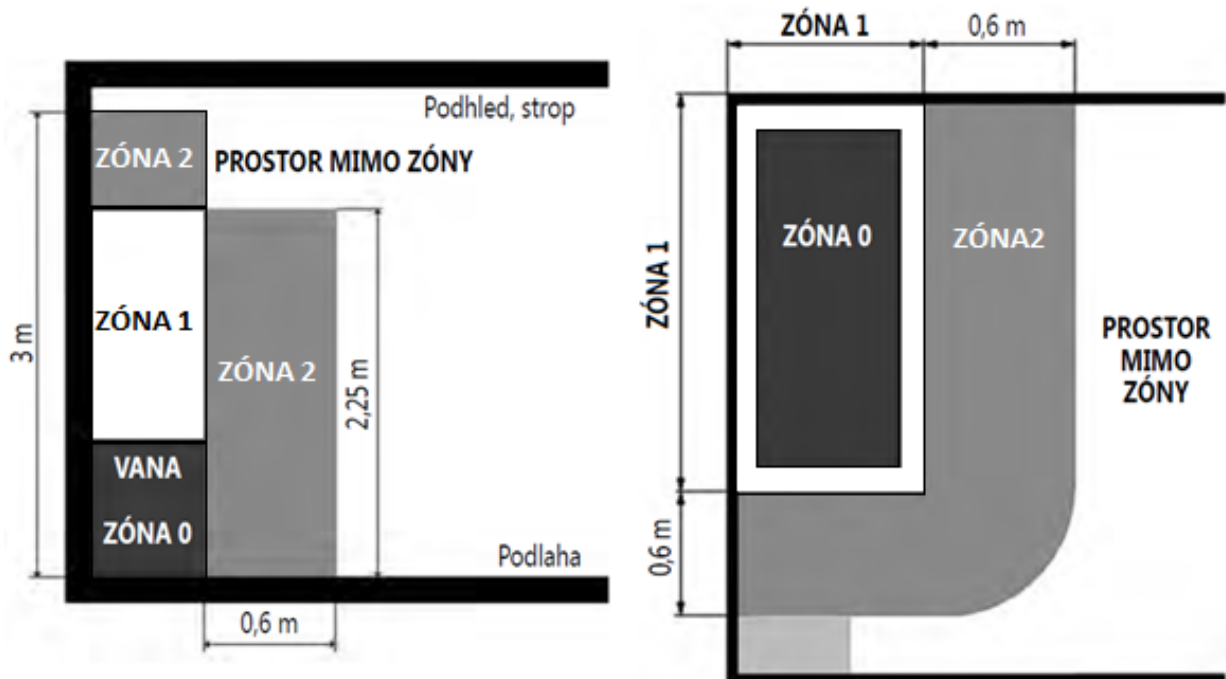
V těchto prostorech je zvýšené riziko úrazu elektrickým proudem díky možnému dotyku mokrého povrchu těla s kovovými částmi, na kterých se může objevit nebezpečné dotykové napětí. Z tohoto důvodu se zde navíc zavádí ochrana pospojováním. Ta je provedena tak, že všechny kovové části v místnosti, na kterých se může objevit nebezpečné dotykové napětí, jsou pospojovány měděným vodičem a připojeny na ochranný obvod. Touto metodou získají všechny tyto kovové předměty stejný potenciál. Vodič, kterým jsou předměty spojeny, nesmí mít průřez menší než polovinu průřezu ochranného vodiče, minimum průřezu vodiče je však $2,5 \text{ mm}^2$ je-li vodič chráněn proti mechanickému poškození, není-li vodič chráněn proti mechanickému poškození musí mít průřez minimálně 4 mm^2 .

Rozdíl mezi elektrickými instalacemi v těchto prostorech a ostatních prostorech domu definuje soubor norem ČSN 33 2000. Podle zvýšeného rizika nebezpečí jsou tyto prostory rozděleny do několika zón. [1]

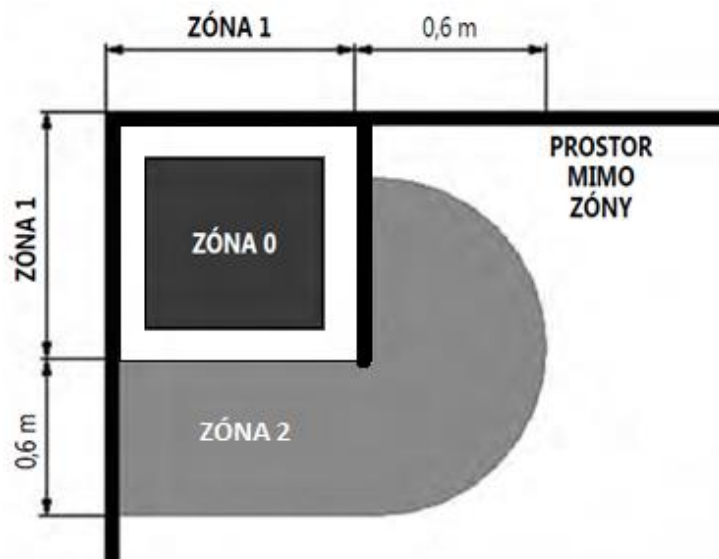
4.2.1 Ochranné zóny v koupelnách

- Zóna 0
 - vnitřní prostor koupací nebo sprchové vany
 - nesmí zde být žádné spínače ani zásuvky
 - el. zařízení musí mít krytí nejméně IP X7 a musí být napájeno bezpečným malým napětím SELV, do 12 V AC nebo do 30 V DC
 - zdroj bezpečného napětí musí být mimo zóny 0, 1, 2
- Zóna 1
 - do výšky 2,25 m nad podlahou od horního okraje vany
 - el. zařízení musí mít minimálně krytí IP X5
 - el. zařízení musí být na bezpečné malé napětí s AC napájením do 12 V nebo DC napájením do 25 V, zdroj bezpečného malého napětí musí být mimo zóny 0, 1, 2
- Zóna 2
 - ve vzdálenosti do 0,6 m od vany a do výšky 2,25 m
 - el. zařízení musí mít minimálně krytí IP X5
 - el. zařízení musí být na bezpečné malé napětí s AC napájením do 12 V nebo DC napájením do 25 V, zdroj bezpečného malého napětí musí být mimo zóny 0, 1, 2
 - jsou-li zde svítidla musejí mít třídu ochrany stupně II – dvojitá izolace

Mimo zóny 0, 1, 2 se mohou vyskytovat zásuvky, jsou-li galvanicky oddělené, na bezpečné malé napětí, nebo jsou-li chráněny samočinným odpojením od zdroje pomocí proudového chrániče s jmenovitým vybavovacím rozdílovým proudem do 30 mA. [1], [3]



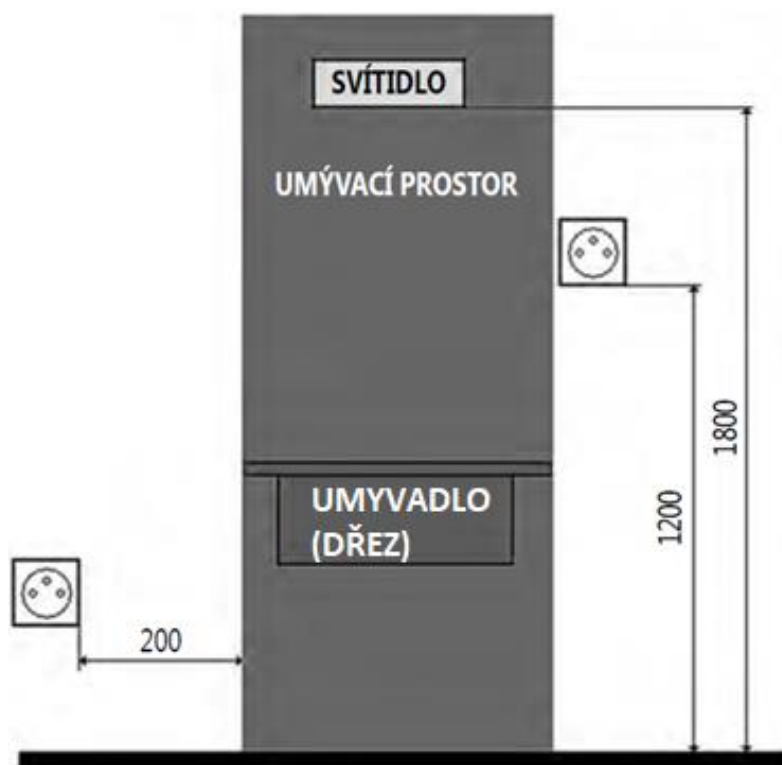
Obrázek 10. Ochranné zóny v koupelnách [1]



Obrázek 11. Ochranné zóny v okolí sprchových koutů [1]

4.2.2 Umývací prostor

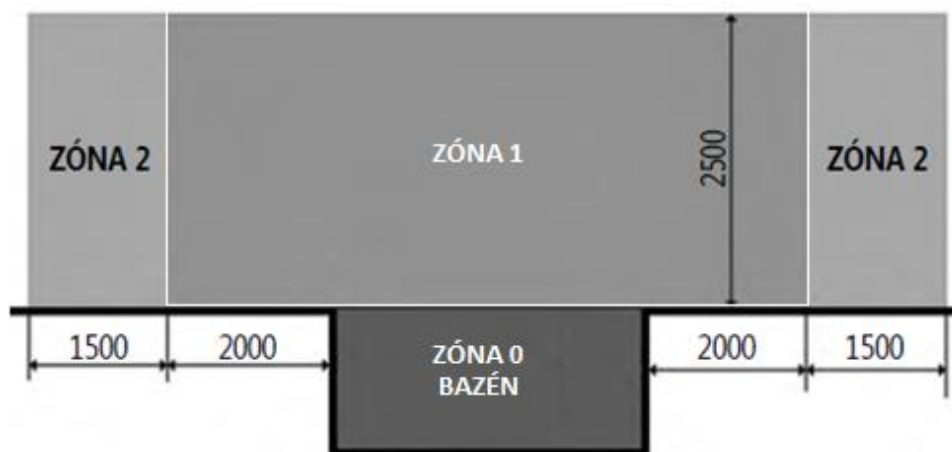
Prostor v okolí umyvadel a kuchyňských dřezů je znázorněn na obrázku. Zásuvky a spínače musejí být mimo umývací prostor. Jsou-li ve výšce 1,2 m a více nad podlahou, smějí být na hranici umývacího prostoru. V případě umístění níže než 1,2 m, musejí být vzdáleny nejméně 0,2 m od hranice umývacího prostoru. Plochy pro odkládání kolem dřezu či umyvadel se nepovažují na součást umývacího prostoru. [1]



Obrázek 12. Elektrické vybavení v umývacím prostoru [1]

4.2.3 Okolí plaveckých bazénů a fontán

- Zóna 0
 - vnitřní prostor bazénů a jiných nádrží
 - nesmí zde být žádná elektrická zařízení, kromě pevných elektrických zařízení speciálně určených pro použití v této zóně
- Zóna 1
 - ve vzdálenosti do 2 m a ve výšce 2,5 m od hranice zóny 0
 - nesmí zde být žádná elektrická zařízení, s výjimkou malých bazénů, kde mohou být zásuvky v zóně 1 ve vzdálenosti 1,25 m od hranic zóny 0 a ve výšce nejméně 0,3 m nad podlahou, jsou-li galvanicky oddělené transformátory mimo všechny zóny, anebo jsou-li chráněny samočinným odpojením od zdroje pomocí proudového chrániče s jmenovitým vybavovacím rozdílovým proudem do 30 mA
- Zóna 2
 - ve vzdálenosti do 1,5 m od hranice zóny 1
 - el. zařízení třídy I zde smějí být výšce nejméně 0,3 m nad podlahou, jsou-li galvanicky oddělené transformátory mimo všechny zóny, anebo jsou-li chráněny samočinným odpojením od zdroje pomocí proudového chrániče s jmenovitým vybavovacím rozdílovým proudem do 30 mA [1]



Obrázek 13. Ochranné zóny v okolí zapuštěného bazénu [1]

4.3 Ukládání slaboproudých obvodů

Kabely lze společně ukládat pouze s kabely do 1 kV a při dodržení několika bezpečnostních požadavků, které řeší norma ČSN 33 200-5.

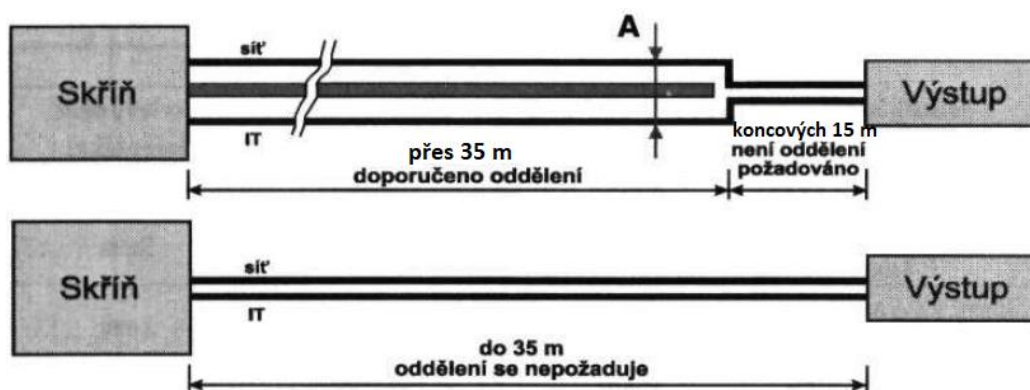
Požadavky:

- Izolace všech kabelů je navržena na nejvyšším možném napětí přítomné v systému.
- Kabely různých napěťových soustav jsou uloženy v oddělených sekcích, nebo úložných systémech.

Možné rušení vlivem elektromagnetických jevů, dále jen EMC, řeší norma ČSN EN 50174. Tato norma vyžaduje dodržení bezpečnostních požadavků, a dále:

- Umístění konců s ohledem na minimalizaci vlivu EMC, používání především symetrických vedení odolných vůči EMC, používání stíněných vedení.
- Zajištění odpovídajících oddělovacích vzdáleností mezi silnoproudými a slaboproudými kabely.
- Křížení citlivých slaboproudých kabelů se silovými pouze pravým úhlem. [4]

Provedení souběžného vedení silnoproudých a slaboproudých kabelů pro délku přes 35 m a do 35 m je znázorněno na obrázku 14, podmínky pro velikost minimální oddělovací vzdálenost uvádí tabulka 4.



Síť – silnoproudý kabel; IT – slaboproudý kabel; A – minimální oddělovací vzdálenost

Obrázek 14. Souběhy silnoproudých a slaboproudých kabelů v běžném elektromagnetickém prostředí podle ČSN EN 50174-2 [4]

Tabulka 4. Minimální oddělovací vzdálenost dle ČSN EN 50147-2 [4]

Použitý kabel	Minimální oddělovací vzdálenost A		
	Bez oddělení nebo s nekovovým děličem	Hliníkový dělič (přepážka)	Ocelový dělič (přepážka)
Nestíněný silový + nestíněný IT kabel	200 mm	100 mm	50 mm
Nestíněný silový + stíněný IT kabel	50 mm	20 mm	5 mm
Stíněný silový + nestíněný IT kabel	30 mm	10 mm	2 mm
Stíněný silový + stíněný IT kabel	0 mm	0 mm	0 mm

5. Dimenzování vedení

Funkci vodiče ovlivňuje spousta faktorů, abychom dosáhli co nejdelší životnosti vodiče a jeho nejehospodárnějšího a nejefektivnějšího fungování, musíme brát v úvahu několik hledisek, podle kterých budeme následně volit materiál, průřez a způsob uložení vodiče. Pro dimenzování vedení je také nutno zjistit stupeň elektrizace objektu a v případě většího počtu bytů jejich počet.

Stupně elektrizace

- Stupeň A - byty, v nichž se elektřina se používá k osvětlení a pro domácí elektrické spotřebiče, připojované k rozvodu pohyblivým přívodem – zásuvkami, nebo pevně připojené, přičemž příkon žádného spotřebiče nepřesahuje 3,5 kVA
- Stupeň B - byty se stejným elektrickým vybavením jako stupeň A, v nichž se navíc používají elektrické spotřebiče k vaření a pečení nad 3,5 kVA
- Stupeň C - byty jako A a B, v nichž se navíc používají pro vytápění nebo klimatizaci elektrické spotřebiče [1], [3]

Tabulka 5. Maximální soudobý příkon [1]

Stupeň elektrizace	A	B	C
P [kW]	7	11	Individuální výpočet

5.1 Provozní teplota

Při průchodu proudem vodičem dochází k jeho oteplení. Při trvalém přenášení proudy vodičem nesmí docházet k překročení povolené provozní teploty vodiče. Ta je dána a závisí na izolaci, na provozních podmínkách, proudovém zatížení a teplotě okolí. Je-li pohromadě více vodičů navzájem se oteplují.

Přechodu tepelné energie do okolí brání izolační prvky, jak moc tomuto přechodu brání, vyjadřuje tepelný odpor mezi jádrem vodiče a okolím. [2], [3]

Ztrátový výkon P

$$P = R * I^2 = \frac{\Delta\vartheta_m}{T} [W] \quad (3)$$

- Kde:
- R je elektrický odpor vodiče na jednotku délky [$\Omega \cdot m^{-1}$]
 - I je proud protékající vodičem [A]
 - $\Delta\vartheta_m$ je maximální dovolené oteplení vodiče [$^{\circ}C$]
 - T je celkový tepelný odpor jádra vodiče a jeho obalů, kabelu a okolního prostředí [$m^2 \cdot ^{\circ}C \cdot W^{-1}$]

Maximální dovolené oteplení vodiče $\Delta\vartheta_m$

$$\Delta\vartheta_m = \vartheta_m - \vartheta_0 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (4)$$

- Kde: ϑ_m je nejvyšší dovolená provozní teplota vodiče, která je pro PVC 70°C, pryž 60°C, PE 70°C
 ϑ_0 základní teplota okolí, pro kabely a vodiče ve vzduchu je 30°C, pro kabely a vodiče v zemi je 20°C

Maximální zatěžovací proud I

Z rovnice 3:
$$I = \sqrt{\frac{\Delta\vartheta_m}{R \cdot T}} \text{ [A]} \quad (5)$$

[2], [3]

5.2 Proudová zatížitelnost

Jmenovitá proudová zatížitelnost I_n

Jmenovitá proudová zatížitelnost I_n pro daný typ vodiče je udána výrobcem, ale platí pouze pro základní způsob uložení vodičů a kabelů.

Těmi jsou:

- i) Ve vodorovné poloze v klidném vzduchu o základní teplotě 30 °C.
- ii) Ve vodorovné poloze v zemi s měrným odporem 0,7 KmW⁻¹ v hloubce 70 cm pod povrchem terénu a teplotě půdy 20 °C.

Dovolené proudové zatížení I_{dov}

Při odlišných způsobech uložení se spočte dovolené proudové zatížení. Spočte se ze jmenovité proudové zatížitelnosti a přepočítávacích koeficientů, vyjadřujících rozdílnost od základního způsobu uložení. Tyto koeficienty nalezneme v tabulkách.

$$I_{dov} = k_1 * k_2 \dots * k_n * I_n \quad (6)$$

Výpočtové zatížení P_v

$$P_v = \beta * \sum_{i=1}^n P_i \quad (7)$$

Kde: P je maximální soudobý příkon jednoho bytu

β je soudobost pro n bytů

n je počet bytů v objektu

Soudobost bytů β

Určuje se podle tabulky, nebo podle vzorce:

$$\beta = \beta_\infty + (1 - \beta_\infty) * \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

Kde: $\beta_\infty = 0,15 - 0,2$

Výpočtový proud I_v

$$\text{Pro třífázový proud: } I_v = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \quad (9)$$

$$\text{Pro jednofázový proud: } I_v = \frac{P}{U_f \cdot \cos\varphi} \quad (10)$$

Kde: P je příkon napájeného zařízení [W]
 U je sdružená hodnota napětí [V]
 U_f je fázové napětí [V]
 $\cos\varphi$ je účinnost zařízení [-], u bytového odběru $\cos\varphi = 0,9$

$$\text{Musí platit : } I_v \leq I_{dov} \leq I_n \quad (11)$$

[2], [3]

5.3 Mechanické namáhání

Dalším hlediskem dimenzování je mechanická pevnost vodiče. Ta nám zajistí odolnost vodiče při montáži, proti vlivům okolí a odolnost vodiče při zkratech. Největšímu mechanickému namáhání jsou vystaveny venkovní vodiče, na rozdíl od izolovaných vodičů uložených v zemi, v budovách nebo v lištách.

Mechanické namáhání vodiče v tahu i ohybu musí být nižší než dovolené namáhání:

$$\sigma \leq \sigma_{dov} [\text{MPa}] \quad (12)$$

Kde: σ je namáhání příslušného vodiče [MPa]
 σ_{dov} je dovolené mechanické namáhání vodiče [MPa]

Pro tuto podmínku je stanovena norma minimálních průřezů pro různé materiály a různá prostředí. Pak:

$$S \geq S_{min} [\text{mm}^2] \quad (13)$$

[3]

5.4 Úbytky napětí ΔU

V závislosti na odpor vedení a protékající proud vzniká na vodiči úbytek napětí, který lze rozdělit na několik úseků.

- i) Mezi HDS a bytovou rozvodnicí nesmí úbytek přesáhnout:
 - 2% u světelného a smíšeného odběru
 - 3% u odběru jiného než světelného
- ii) Od bytové rozvodnice ke spotřebičům nesmí úbytek přesáhnout:
 - 2% u světelných vývodů
 - 3% u vývodů pro vařiče a topidla
 - 5% u ostatních

Výpočet úbytku napětí:

$$\text{Jednofázový úbytek: } \Delta U_f = \frac{2 * l * P * 1000}{\gamma * S * U_f} \text{ [V]} \quad (14)$$

$$\text{Třífázový úbytek: } \Delta U_s = \frac{l * P * 1000}{\gamma * S * U_s} \text{ [V]} \quad (15)$$

Kde: ΔU je úbytek napětí [V]
 l je jednoduchá délka vedení [m]
 P je soudobý příkon bytu [kW]
 γ je měrná elektrická vodivost jádra vodiče [$\text{Sm} * \text{mm}^2$]
 S je průřez vodiče [mm^2] [2], [3]

5.5 Hospodárnost

Abychom měli nízké pořizovací i provozní náklady, musíme uvažovat nad tím, že při nedostatečném průřezu vodičů mohou nastat poruchy, ztráta energie a zkrácení životnosti. A naopak při předimenzovaném průřezu dochází ke zvýšení nákladů.

Celkové náklady na vedení N_c

$$N_c = N_k + N_z \text{ [Kč]} \quad (16)$$

Kde: N_k jsou pořizovací náklady na vedení
 N_z jsou provozní náklady

Pořizovací náklady na vedení N_k

$$N_k = C_k * S * l \text{ [Kč]} \quad (17)$$

Kde: C_k je cena za 1 m kabelu vzhledem k $S = 1 \text{ mm}^2$ Kč
 l je délka kabelu m

Současná hodnota nákladů za ztráty N_z

$$N_z = 3 * 0,001 * \rho_{45} * \frac{l}{S} * I_v^2 * T_z * C_w * \frac{B}{1 + \frac{i}{100}} \text{ [Kč]} \quad (18)$$

Kde: ρ_{45} je měrný elektrický odpor vodiče při 45°C [$\Omega * \text{mm}^2 * \text{m}^{-1}$]
 I_v je výpočtový proud tekoucí vedením [A]
 T_z je doba plných ztrát [$\text{h} * \text{rok}^{-1}$]
 C_w je cena 1 kWh [$\text{Kč} * \text{kW}^{-1} * \text{h}^{-1}$]
 B je součinitel zahrnující nárůst zatížení, ceny el. energie za dobu ekonomické životnosti vedení, diskontní sazbu [-]
 i je diskontní sazba %, vyjadřuje časovou hodnotu peněz, při nedostatku informací se uvažuje $i=5\%$

Doba plných ztrát T_z

Je čas, za který maximální odebíraný proud způsobí stejné ztráty jako časově proměnný proud ve sledovaném období.

$$T_z = \frac{\int_0^T I(t)^2 (dt)}{I_{max}^2} = \frac{\int_0^T P(t)^2 (dt)}{P_{max}^2} \text{ [h * rok}^{-1}\text{]} \quad (19)$$

Součinitel zahrnující nárůst zatížení, ceny el. energie B

$$B = \sum_{n=1}^{t_r} (r^{n-1}) = \frac{1-r^{t_r}}{1-r} \quad (20)$$

$$r = \frac{(1+\frac{a}{100})^2 * (1+\frac{b}{100})}{1+\frac{i}{100}}$$

Kde: $r = \frac{(1+\frac{a}{100})^2 * (1+\frac{b}{100})}{1+\frac{i}{100}}$

a je roční nárůst zatížení %*rok⁻¹

b je roční nárůst ceny el. energie %*rok⁻¹

t_r je ekonomická životnost vedení rok, je menší nebo rovna fyzické životnosti vedení

Hospodárny průřez vodiče jedné fáze vedení S_0

Stanoví se z minimální hodnoty celkových nákladů na vedení, určí se minimum funkce tak, že první derivaci funkce celkových nákladů podle průřezu vodiče bude rovna nule, následně vyjádříme průřez. Výsledkem nám bude vztah:

$$S_0 = 0,055 * I_p * \sqrt{\frac{C_w}{C_k}} * \rho_{45} * T_z * \frac{B}{1+\frac{i}{100}} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (21)$$

[6]

Stanovení hospodárneho průřezu je poměrně náročné, jelikož uvažuje mnoho hledisek a některá z nich mohou být často pouze přibližně odhadována. Proto se používá především ve větších objektech, které mají vysoký odběr elektrické energie v průběhu celého dne.

6. Přístrojové vybavení domovních rozvodnic

V rozvodnicích rodinných domů se již téměř výhradně používají modulové přístroje. Výhodou těchto modulů je snadná a rychlá montáž, a normalizované rozměry. Moduly jsou konstruovány tak, aby šly snadno umístit na lištu o šířce 35 mm, šířka modulů je násobkem šířky jednoho modulu, která je 18 mm. [1]

6.1 Jističe

Jističe mají za úkol chránit elektrický okruh před nadproudy a zkraty, musejí být použity v každém místě, kde se elektroinstalace větví. Jedním z hlavních parametrů jističů je zkratová odolnost udávaná v kilo ampérech. Pro běžné použití se používají jističe se zkratovou odolností 6 a 10 kA. Při náročnějších požadavcích se můžeme setkat i s jističi se zkratovou odolností 25 kA.

V domovních instalacích jsou nejčastěji jednofázové zásuvkové obvody jištěny jednofázovými jističi 16 A, třífázové zásuvkové obvody třífázovým jističem 16 A, světelné obvody jednofázovým jističem 6 nebo 10 A.

Jejich výhodou oproti pojistkám je, že po reakci na poruchu není nutná jejich výměna. Nevýhodou může být o málo delší doba reakce a vyšší pořizovací cena. [1]

Příklad klasického modulárního třípólového jističe je na obrázku 16.

6.1.1 Jističe s nadproudovou a zkratovou spouští

V domovních instalacích se používají jističe s termomagnetickou nadproudovou spouští, tyto jističe mají dvě spouště, každá z těchto spouští reaguje na určitou poruchu.

a) Nadproudová tepelná spoušť

Reaguje na nadproud procházející dostatečně dlouhou dobu. K samočinnému odpojení obvodu dojde díky bimetalovému pásku. Při průchodu nadproudu po určitou dobu se bimetalový pásek ohřeje a vlivem rozdílné teplotní roztažnosti použitých kovů se ohne, čímž odtlačí kotvu a dojde k mechanickému rozpojení obvodu.

b) Zkratová spoušť

Elektromagnet vyvolá při průchodu zkratového proudu silné magnetické pole, které přitáhne kotvu, což vede k odpojení obvodu. Tato spoušť působí téměř okamžitě, reaguje během desítek milisekund. [3]

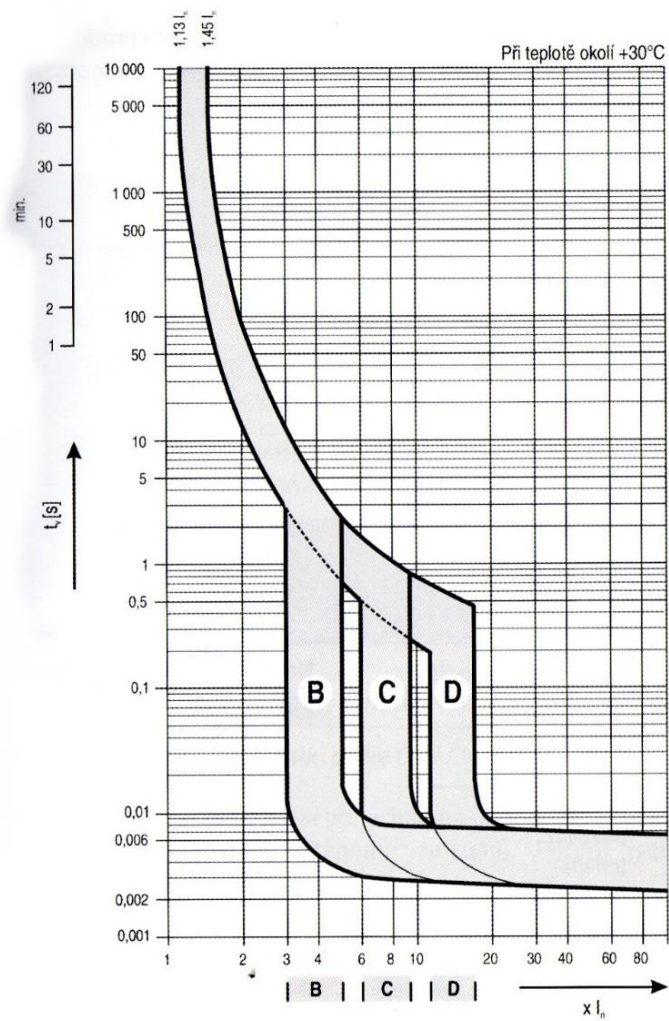
6.1.2 Rozdělení jističů podle charakteristik

Proudové jističe mají zpravidla dvě charakteristiky, závislou a nezávislou, obě tyto charakteristiky jsou na obrázku 15.

Závislé charakteristiky ukazují, za jak dlouho jistič vypne, když jím prochází konstantní nadproud určité velikosti.

Nezávislé vypínají bez zpoždění, pokud proud přesáhne příslušný násobek I_n .

- Typ B - vypíná při 3 až 5-ti násobku jmenovitého proudu I_n , používají se pro malé skupiny žárovek, výbojek, zásuvek v domovních instalacích.
- Typ C - vypíná při 5-ti až 10-ti násobku I_n , používají se pro zařízení, které způsobují proudové rázy jako: větší skupiny žárovek, výbojek, motory.
- Typ D - vypíná při 10-ti až 20-ti násobku I_n , používají se pro zařízení, které způsobují velké proudové rázy jako: transformátory, motory s těžkým rozběhem. [3]



Obrázek 15. Vypínací charakteristiky jističů [3]



Obrázek 16. Jistič (EATON)

6.2 Pojistky





Jsou nejstarším způsobem ochrany proti nadproudu. Fungují tak, že proud je veden přes tavný drátek, který se při vedení nadproudu přetaví a rozpojí obvod. Podobně jako u jističů se i pojistky vyrábějí v různých řadách, mají různé vypínací charakteristiky, ale i různé tvary a způsoby upevnění, pro různé aplikace.

Výhodou může být jejich jednoduchost a rychlost, nevýhodou může být nutnost výměny po každém přetavení.

Jmenovité proudy jističů a pojistek

Jističe a pojistky se vyrábějí pro dané jmenovité proudy. Pro snadnější orientaci jsou vedle číselného označení, označeny i barevně viz. tabulka 6. Následující tabulce jsou uvedeny nejčastěji vyráběné hodnoty, se kterými se lze setkat v domovních elektroinstalacích.

Tabulka 6. Barevné odlišení nejčastěji používaných jističů a pojistek

Jmenovitý proud [A]	Barevné označení	
2	Růžová	
4	Hnědá	
6	Zelená	
10	Červená	
16	Šedá	
20	Modrá	
25	Žlutá	
32	Fialová	
40	Černá	
50	Bílá	

6.3 Proudový chránič

Je to doplňková ochrana před úrazem elektrickým proudem, která ovšem nenahrazuje jištění obvodu. Proudový chránič s vybavovacím proudem nejméně 30 mA je podle normy ČSN 33 2000 povinný téměř pro všechny zásuvkové obvody (s výjimkou chladniček a mrazniček) a nově i pro všechny světelné obvody. Naprosto nezbytné je použití proudového chrániče v koupelnách, dílnách, kuchyních a venkovních prostorech, kde hrozí největší nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

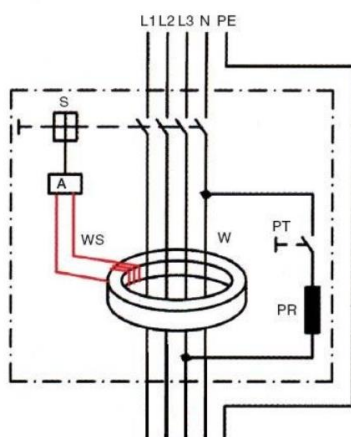
Ve větších instalacích je vhodné použít více proudových chráničů. Jeden společný selektivní se zpožděním 30 ms a vybavovacím poruchovým proudem 300 mA, který zajistí ochranu proti požáru. A v dalších obvodech, pro místnosti se zvýšeným nebezpečím úrazu elektrickým proudem, použít chránič s vybavovacím poruchovým proudem 30 mA a se zpožděním 10 ms. Při velkém množství vývodů nastává riziko překročení residuálního proudu a vypnutí všech spotřebičů, proto je vhodné zavést další proudový chránič, například pro světelné obvody. Při výpadku proudu, který způsobil některý ze spotřebičů se pak celý objekt neocitne ve tmě. Vhodné je dát samostatný proudový chránič i pro garáž, dílnu a zdroje venkovních spotřebičů. Příklad proudového chrániče je na obrázku 17. Způsob zapojení při použití společného selektivního chrániče a dalšího proudového chrániče je znázorněn na obrázku 19. [1]



Obrázek 17. Příklad proudového chrániče [1]

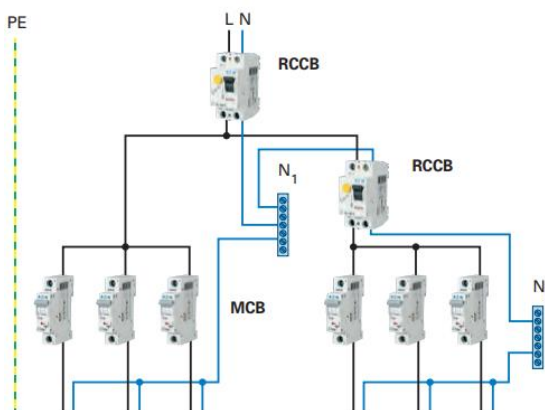
Princip proudového chrániče

Uvnitř chrániče je součtový transformátor, jehož primární vinutí tvoří u třífázového chrániče vodiče L1, L2, L3 a N. Při běžném bezporuchovém stavu je rozdíl mezi vtékajícími a vytékajícími proudy obvodu nulový, tedy i výsledný magnetický tok je nulový. Dojde-li k zemnímu zkratu nebo spojení na kostru, poteče ochranným vodičem PE vyrovnávací proud. Rozdíl proudů v proudovém chrániči, a tedy i výsledné magnetické pole, se nebude rovnat nule. V důsledku toho se na sekundárním vinutí součtového transformátoru vytvoří napětí, a protože je zde uzavřený obvod, bude jím i protékat proud. V tomto sekundárním obvodu je zapojen elektromagnetický vypínač, který odpojí silový obvod. Proudové chrániče musejí mít testovací tlačítko, které vyvolá proudovou nesymetrii a ověří správnou funkci chrániče. [1]



W – primární vinutí, WS – sekundární vinutí, A – elektromagnetický vypínač, S – zámek vypínače, PT – testovací tlačítko, PR – testovací rezistor

Obrázek 18. Princip proudového chrániče (Elektrika.cz)



Obrázek 19. Sdružování obvodů za proudovými chrániči (EATON)

6.4 Přepětové ochrany

Přepětí bývá hlavní příčinou poškození počítačů, televizorů a další citlivé elektroniky. Hlavní příčinou přepětí jsou spínací pochody v síti a údery blesku, přepětové ochrany slouží ke snížení takto vzniklého napětového impulsu. V rozvaděčích se obvykle nachází ochrana prvního stupně neboli ochrana typu B, omezující přepětí na 6 kV, a ochrana druhého stupně, také nazývaná jako typ C, omezující přepětí na 4kV. V rozvaděčích s náročnější a dražší elektronikou (např. regulátory) se používá i ochrana třetího stupně, tedy ochrana typu D, která omezuje přepětí na 2,5 kV. Společnou instalaci ochran druhého a třetího stupně do jednoho rozvaděče je nutno provést podle pokynů výrobce. [1]

6.5 Stykače

Jako stykače v domovních instalacích se nejčastěji používají stykače se sníženou hlučností, které slouží pro spínání obvodů s energeticky náročnějšími spotřebiči, jako jsou například elektrické zásobníky vody, a obvody pro vytápění. Tyto obvody spínají buď podle časového programu, nebo pomocí čidel, a nebo jsou spojeny s HDO, pro spínání obvodů při nižší sazbě. [1]

6.6 Další přístroje

Zvonkový transformátor, který slouží k napájení zvonků napětím 8, 12 nebo 24 V.

Impulsní relé, které ve spojení s tlačítkovými ovladači nahrazují schodišťové a křížové přepínače. A to tak, že stisknutím ovladače vyšleme proudový signál, který překlápí relé do jedné polohy, další stisknutí překlápí relé do druhé polohy. Všechny ovladače pro světelný obvod jsou jednoduše paralelně propojeny.

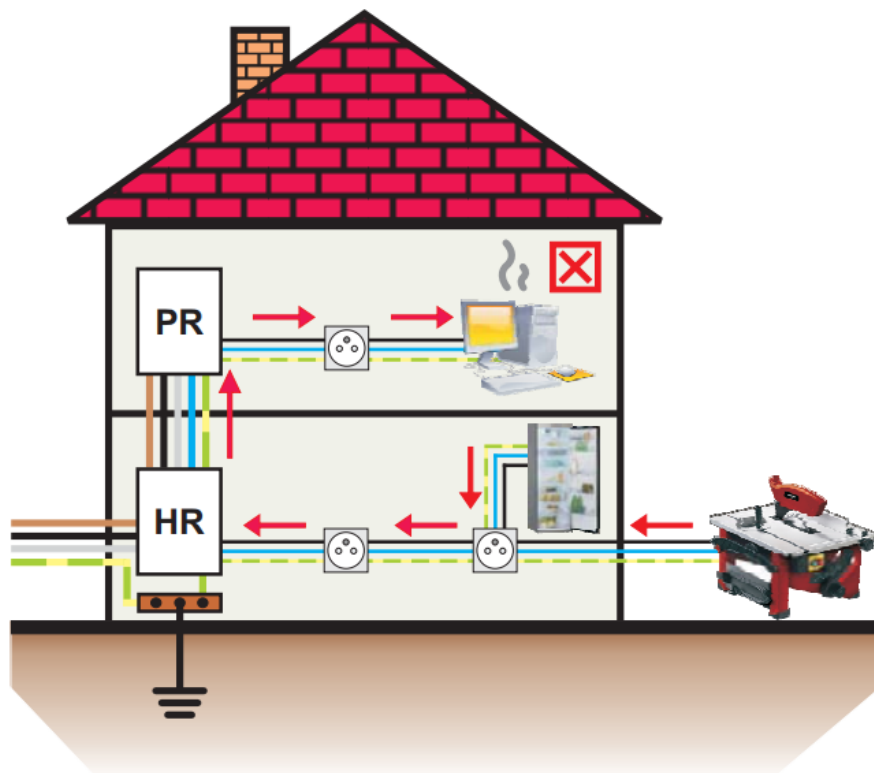
Dále se můžeme setkat s různými přístroji, které zvyšují komfort nebo ochrany, například se stmívači, časovými zásuvkami, blokovací relé a dalšími přístroji.

7. Ochrany proti přepětí

Přepětí je napětí, které je vyšší než nejvyšší provozní napětí v elektrickém obvodu. Při zavádění domovní elektroinstalace, se nejvíce věnujeme ochraně před přechodovým přepětím, což je přepětí trvající v řádech milisekund. Tato přepětí mohou být způsobena spínacími pochody v síti, nebo údery blesku. Instalace ochrany proti přepětí, které je způsobeno úderem blesku, ochrání objekt i proti přepětí způsobené spínacími pochody v síti. [1], [8]

7.1 Spínací přepětí

Spínací přepětí je způsobeno spínacími pochody v síti, elektrická zařízení připojená do elektrické sítě při spínání vysílají do obvodu elektrické impulzy. Tyto impulzy poškozují především citlivé elektronické přístroje jako počítače a televizory viz. obrázek 20. Impulzy spínacího přepětí jsou mnohem menší než impulzy způsobené úderem blesku. [1], [8]



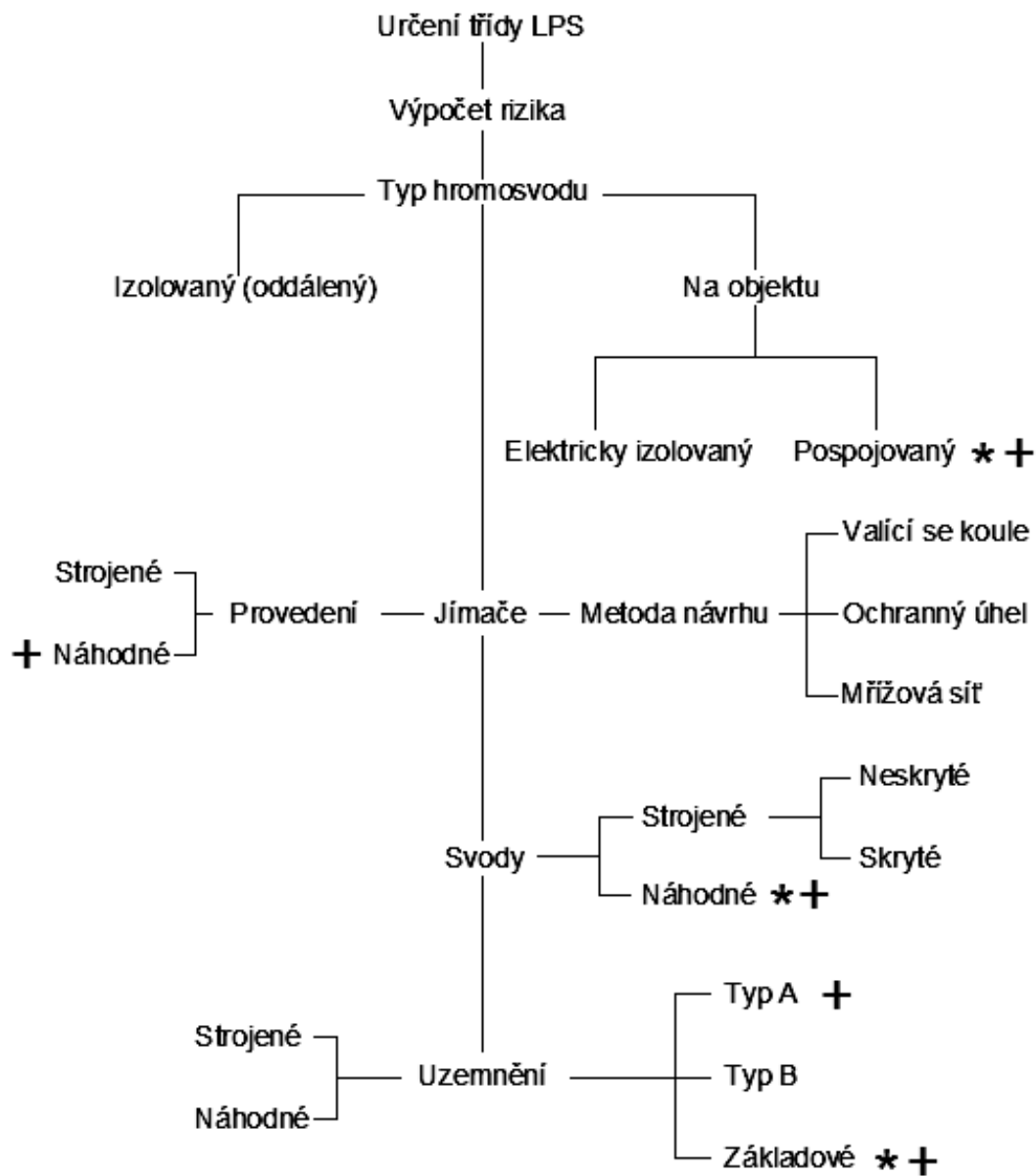
Obrázek 20. Spínací přepětí v elektroinstalaci bez ochrany proti přepětí [8]

7.2 Atmosférická přepětí

Atmosférická přepětí jsou přepětí způsobená úderem blesku, napěťové impulzy způsobené bleskem jsou mnohonásobně vyšší než impulzy spínacího přepětí, jsou tedy i mnohem nebezpečnější. Velikost impulzů se odvíjí od místa úderu blesku. Podle místa úderu blesku rozlišujeme v normě ČSN EN 62305 příčiny poškození a podle nich definujeme ohrožení instalace bleskem. [8]

7.3 Vnější ochrana

Jedná se především o hromosvody, jímače a uzemnění. Možný postup při návrhu vnější ochrany je znázorněn na následujícím obrázku.



* Využití armování ve stavbě z železobetonu

+ Využití ocelové konstrukce

LPS – systém ochrany před bleskem

Obrázek 21. Varianty návrhu vnějšího systému ochrany před bleskem [9]

7.3.1 Typ hromosvodu

U rodinných domů je nejčastějším typem hromosvod upevněný na stavbě, a to buď elektricky izolovaný od stavby, nebo spojený s vodivými částmi stavby. Existuje také hromosvod oddálený od stavby, který svede bleskový proud do země, aniž by pronikl do budovy. Používá se pro budovy s hořlavou střechou nebo stěnami v prostředích, kde hrozí nebezpečí požáru či výbuchu.

Hromosvod upevněný na stavbě elektricky izolovaný od stavby je spojený s vodivými částmi domu až u země, a od země po střechu je dodržena určitá vzdálenost mezi hromosvodem a vodivými částmi domu. Tato vzdálenost musí být přesně spočítána a v žádném místě nesmí být porušena, proto se často používá druhý způsob hromosvodu. Výhodou je zamezení proniknutí dílčích bleskových proudů do domu.

Hromosvod upevněný na stavbě spojený s vodivými částmi stavby je jednoduchý na provedení upevnění, jeho nevýhodou je však možnost proniknutí dílčích bleskových proudů do domu, a nutnost použití příslušné ochrany a větší nákladnost. Výhodou může být vznik slabšího elektromagnetického pole, nebo efektu Faradayovi klece. [9]

7.3.2 Jímací soustava

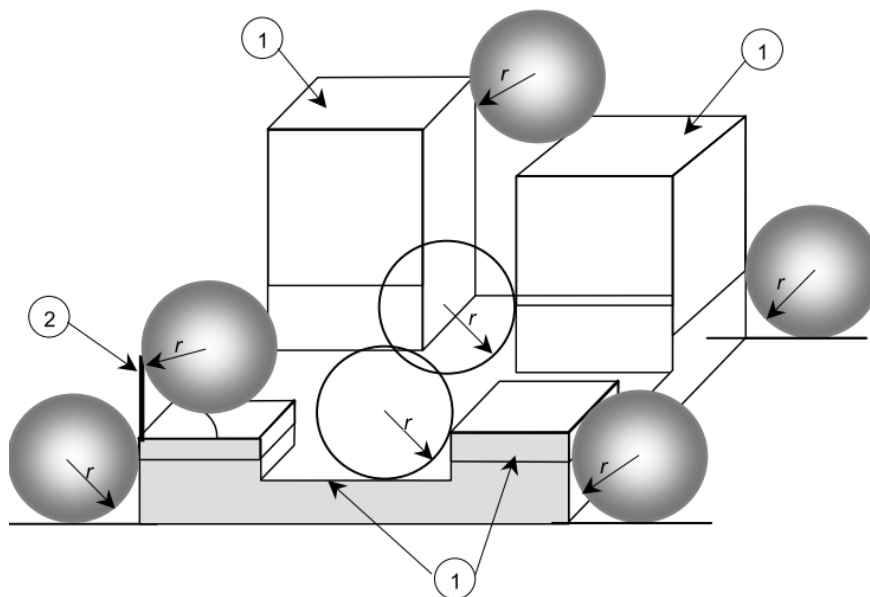
Jímací soustava má za úkol zachytit blesk. Skládá se z tyčí, podélných vedení nebo zavěšených lan, mřížové sítě. Jímače musejí být umístěny na vyvýšených místech, hranách a rozích. Jímač pod sebou vytváří ochranný prostor třemi metodami: metodou valící se koule, metodou ochranného úhlu a metodou mřížové sítě. [3], [9]

- **Metoda valící se koule**

Od této metody jsou odvozeny ostatní metody. Ochranný prostor je všude, kam se nedostane pomyslná koule valící se přes objekt viz. obrázek 22. Problémem této metody je, že poloměry valící se koule (viz. tabulka 7) jsou příliš velké, to vede k zanedbání detailů budovy při zobrazování, nebo k problémům při výpočtech. [9]

Tabulka 7. Poloměry valících se koulí pro jednotlivé třídy ochrany před bleskem [9]

Třída ochrany před bleskem	Poloměr valící se koule r [m]
I	20
II	30
III	45
IV	60

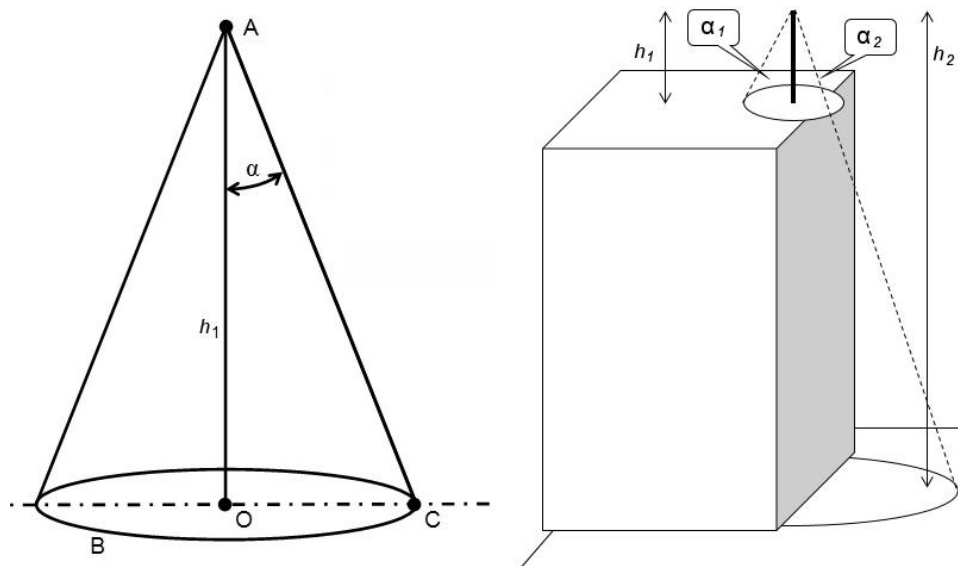


1 – plochy jsou vystavené úderům blesku a potřebují ochranu; 2 – stožár na stavbě;
 r - poloměr valcí se koule.

Obrázek 22. Ochranný prostor vymezený valcí se bleskovou koulí [9]

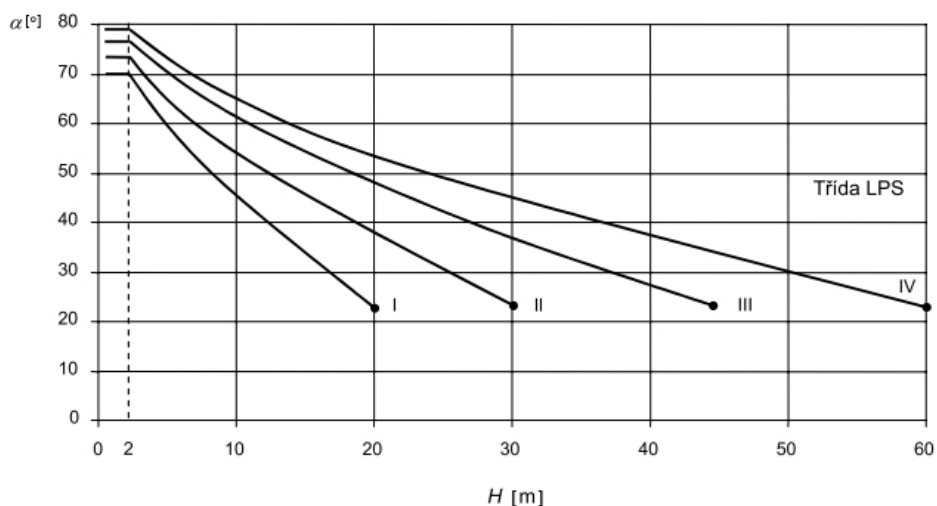
- **Metoda ochranného úhlu**

Metoda je sejná jako metoda valcí se koule, ale pro určení ochranného prostoru používá úhel ve stupních jako na následujícím obrázku. Nejprve si představíme valcí se kouli a následovně odečteme na obrázku 24 z výšky jímací ochranný úhel, který je pro různé třídy ochrany různý.



α – ochranný úhel; h – výška jímací tyče nad referenční rovinou; A – vrchol jímací tyče; B – referenční rovina; OC – poloměr ochranného prostoru

Obrázek 23. Ochranný prostor vymezený ochranným úhlem [9]



Obrázek 24. Velikost ochranných úhlů [9]

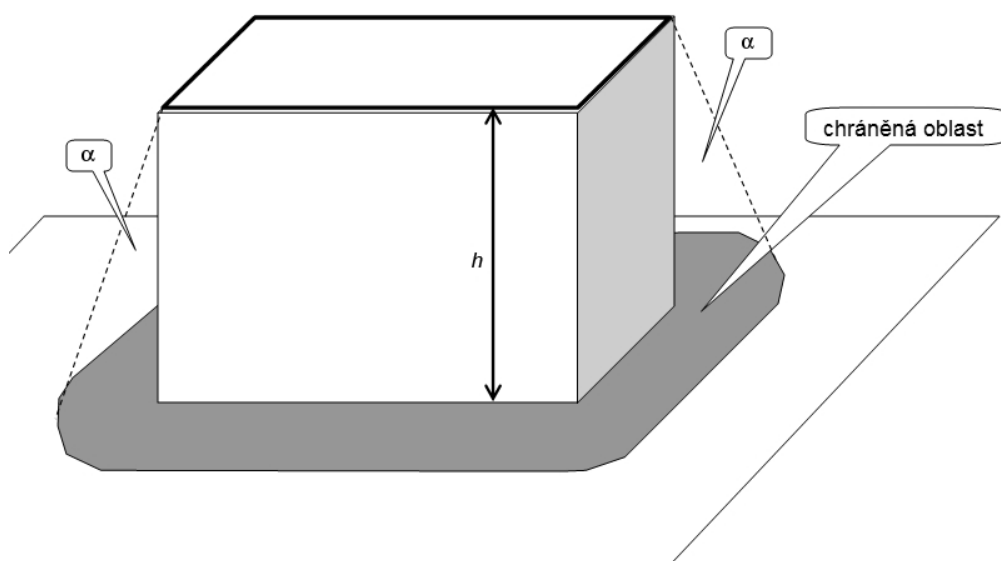
- **Metoda mřížové sítě**

Používá se pro ploché (obr.25) a sedlové střechy (obr. 26), po obvodu střechy je veden vodič, a další vodič je veden přes střechu, tak aby vznikla oka o velikostech daných tab. 8. [9]

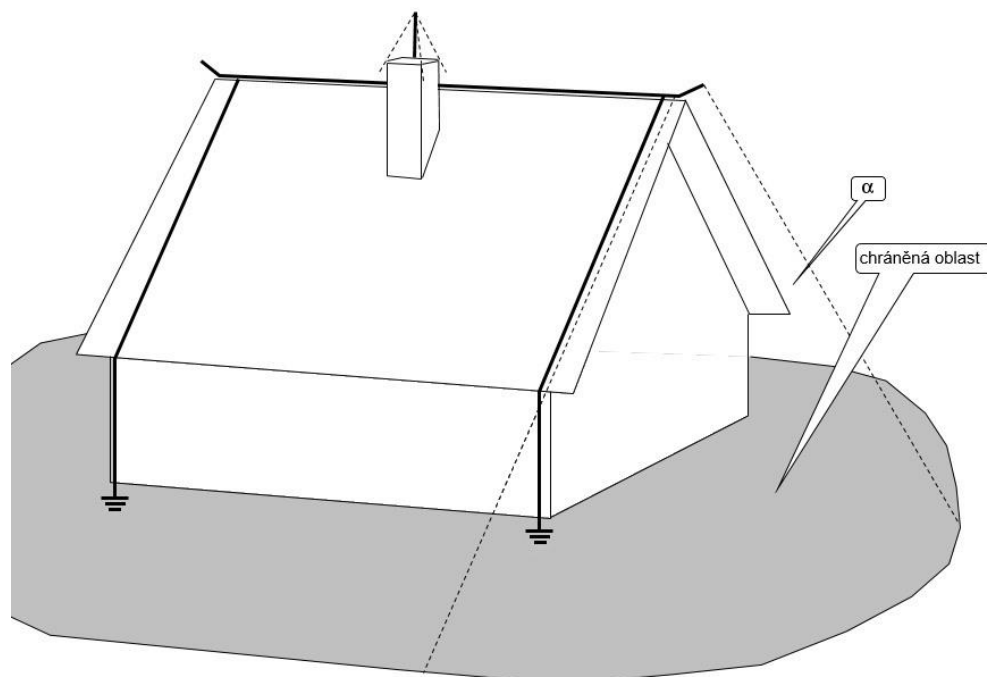
Tabulka 8. Rozměry ok pro metodu mřížové sítě

Třída ochrany před bleskem	Rozměry ok [m]
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Obrázek 25. Typické rozměry ok mřížové soustavy [9]



Obrázek 26. Mřížová síť na ploché střeše [9]



Obrázek 27. Mřížová síť na sedlové střeše [9]

7.3.3 Svody

Svody mají být vedeny co nejpřímější cestou od jímače k zemi, mají být rovnoměrně rozmístěny po obvodu budovy. Měl by jich být dostatečný počet a vždy více než jeden, je vhodné spojit příčně svody na každých 10 až 20 metrech výšky. Je velmi důležité, aby byly dostatečně silné a musejí být správně pospojovány. Nesmějí být uloženy v okapech a okapových rourách z důvodu vlhkosti. Vzdálenost mezi podpěrami svodů je pro budovy do výšky 20 m jeden metr a pro budovy vyšší než 20 m půl metru. Kolem svodu je nebezpečný prostor, který může způsobit vážná zranění, proto musí být svod umístěn v bezpečné vzdálenosti nebo opatřen izolací, izolací musí být opatřen i povrch kterým vchází svod do země, a to v okruhu tří metrů. [3], [9]

7.3.4 Uzemnění

Přes zemnič vstupuje blesk ze svodu do země, musí mít vhodný tvar, být dostatečně silný a kvalitně pospojovaný. Měl by mít zemní odpor do 10 Ω . Zemniče se dělají ve třech provedeních, a často se realizují jejich kombinace. [3], [9]

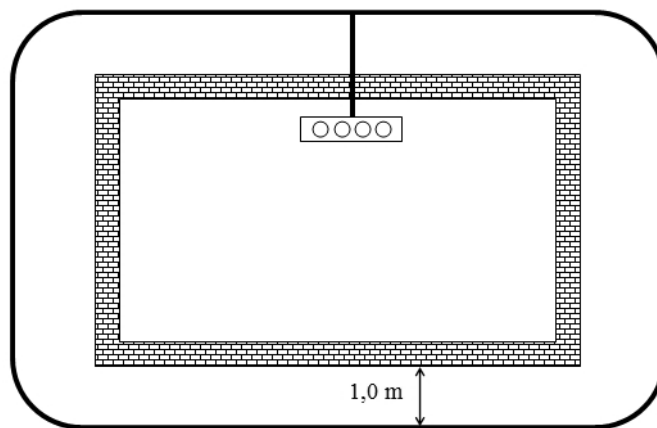
- **Zemnič typu A**

Svislá tyč nebo vodorovný paprsek, připojený ke každému svodu. Jejich délka se vybírá podle úrovně ochrany, způsobu provedení a velikosti odporu uzemňovací soustavy. Instaluje se přibližně metr od základu budovy. Aby došlo k lepšímu rozdělení bleskového proudu, je dobré všechny zemniče pospojovat.

- **Zemnič typu B**

- **Obvodový zemnič**

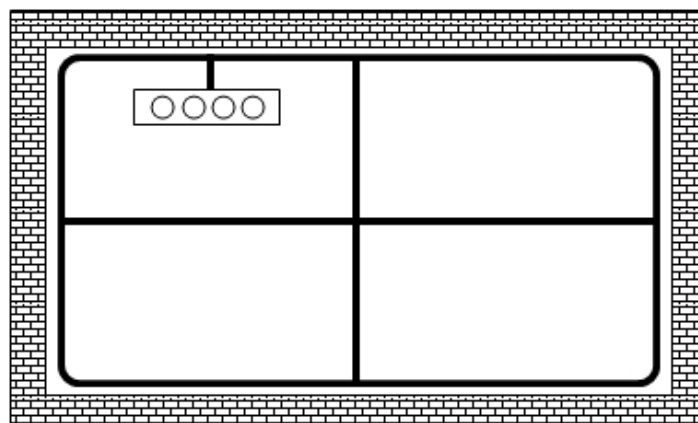
Zavádí se jako uzavřený okruh kolem vnějšího okraje základu budovy, a to ve vzdálenosti jednoho metru a hloubce půl metru. Musí být minimálně z 80 % své délky spojen s půdou. [9]



Obrázek 28. Obvodový zemnič [9]

- **Základový zemnič**

Je obvod v základu, nebo mříž s oky do 10 metrů pod celým základem. Musí být minimálně 5 cm v betonu.



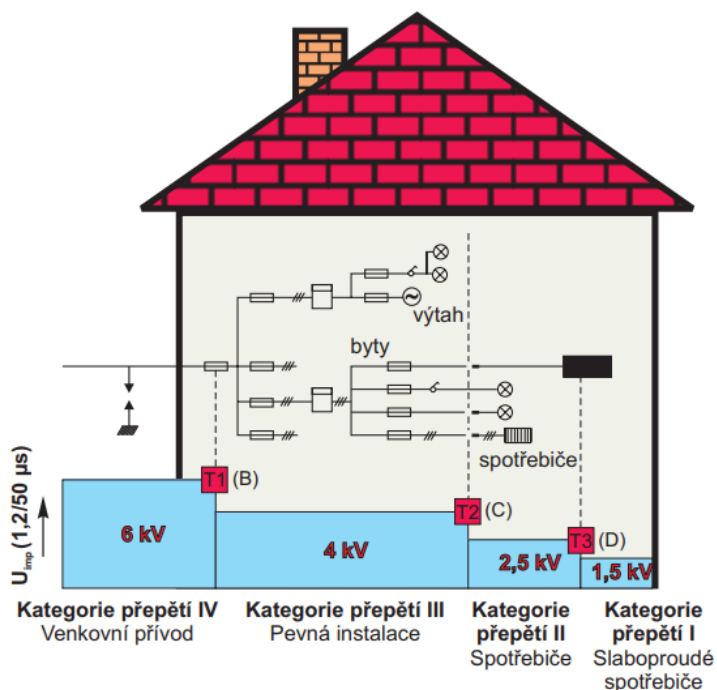
Obrázek 29. Základový zemnič [9]

7.4 Vnitřní ochrana

Úkolem vnitřní ochrany je odstranit následky blesku, používá se nejčastěji **ochrana pospojováním** funguje tak, že zamezuje vzniku nebezpečného napětí, které je zapříčiněno rozdílem potenciálů vodivých částí v objektu. Vzájemným pospojováním všech vodivých částí v objektu dojde k vyrovnání jejich potenciálů. K tomuto spojení však dojde pouze v okamžiku, kdy přepětí překročí mez, na kterou je daná přepětiová ochrana definována. Při překročení této meze se rapidně sníží impedance napětiové ochrany a dojde k vyrovnání potenciálů. [3], [8], [9]

7.4.1 Rozdělení vnitřních ochran

- **Typ 1 (B)** - svodiče bleskového proudu
Svádí bleskové proudy při přímých úderech blesku, vyrovnávají potenciál a rovnoměrně rozkládají bleskové proudy mezi všechny vodiče vedení. Používají se výhradně jiskřiště, které při daném napětí zažehnou elektrický oblouk mezi elektrodami, tento oblouk se chová jako vodič a svede proud.
- **Typ 2 (C)** - svodiče přepětí pro rozvody a pevné instalace
Svádí přepětí vzniklá úderech blesku i spínacími pochody, chrání před přepětím pevně uložené instalace, používají se varistory, které vedou proud při dosažení určitého napětí.
- **Typ 3 (D)** - vodiče přepětí pro zásuvky/koncová zařízení
Chrání spotřebiče, obvykle jsou instalovány k zásuvkám, svádějí atmosférické a spínací přepětí. [9]



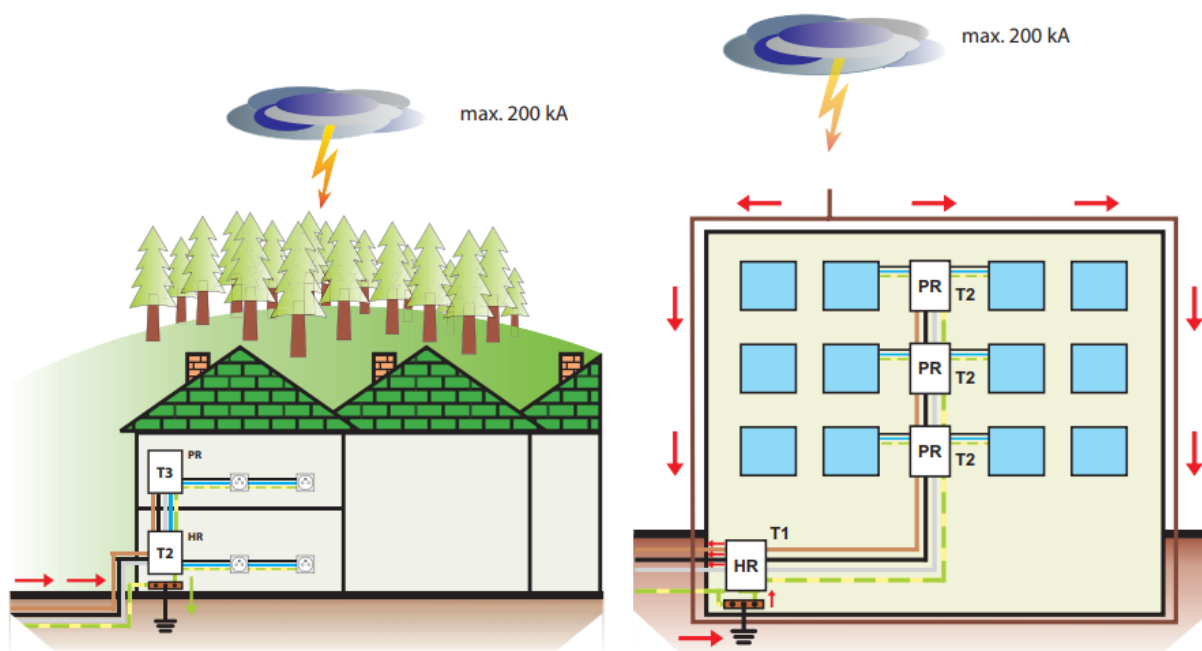
Obrázek 30. Vícetupňová ochrana proti přepětí s maximálními přípustnými mezemi přepětí v jednotlivých částech elektroinstalace [8]

7.5 Stupně ohrožení instalace

Před započítáním stavby musíme vyhodnotit riziko poškození úderem blesku zejména riziko újmu na zdraví nebo na životě, a riziko ztráty služeb. Toto riziko lze spočítat pomocí programů, vypočítané riziko musí být nižší, než je limitní hodnota systému ochrany před bleskem. [8]

7.5.1 Malé ohrožení instalace

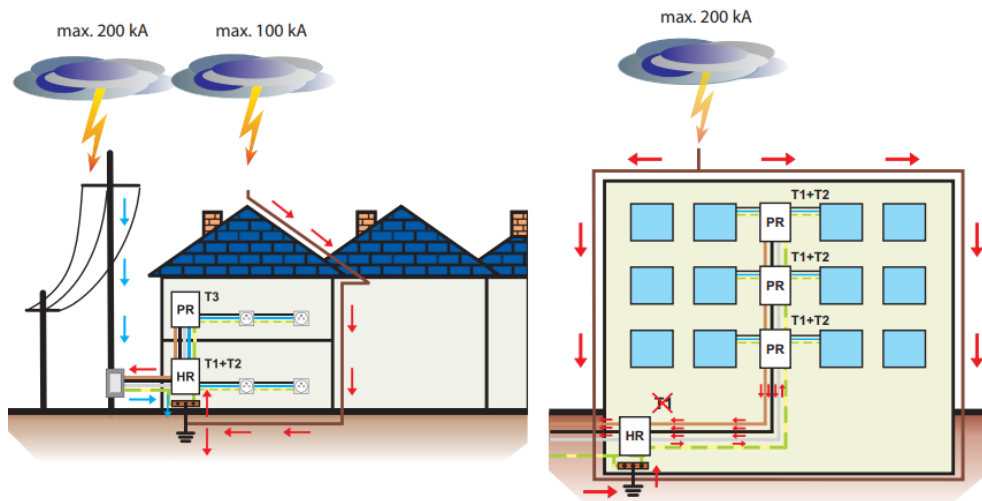
Napětí nedosahuje vysokých hodnot a vytvořená rázová vlna nadproudu má velikost do 5 kA. Přepětí se indukuje na kovových částech vystavením elektromagnetickému poli, které bylo vyvoláno úderem blesku v blízkosti inženýrské sítě, nebo v blízkosti stavby. V těchto objektech nehrozí přímý úder do objektu ani do blízkých objektů, které jsou galvanicky propojeny. Zároveň zde nehrozí ani přímý úder do vedení. Do této skupiny patří rodinné domy bez hromosvodu s kabelovým přívodem uloženým v zemi v hustě zastavěné oblasti obklopené vyššími objekty a bytové rozvaděče, je-li v hlavním rozvaděči nainstalován první stupeň ochrany společný pro celý bytový objekt, jako na obr. 31. [8]



Obrázek 31. Malé ohrožení instalace [8]

7.5.2 Střední ohrožení instalace

Vytvořená rázová vlna nadproudu může dosahovat až 10 kA. Toto ohrožení instalace je způsobeno úderem do inženýrské sítě připojené ke stavbě venkovním vedením ve vzduchu, nebo úderem do jímací soustavy v objektech, kde se předpokládá že zhruba polovina přepětí je svedena do země a zbylé přepětí se rozdělí mezi dostatečný počet svodů a jednotlivé bytové přípojky. Situace je znázorněna na obr. 32. [8]

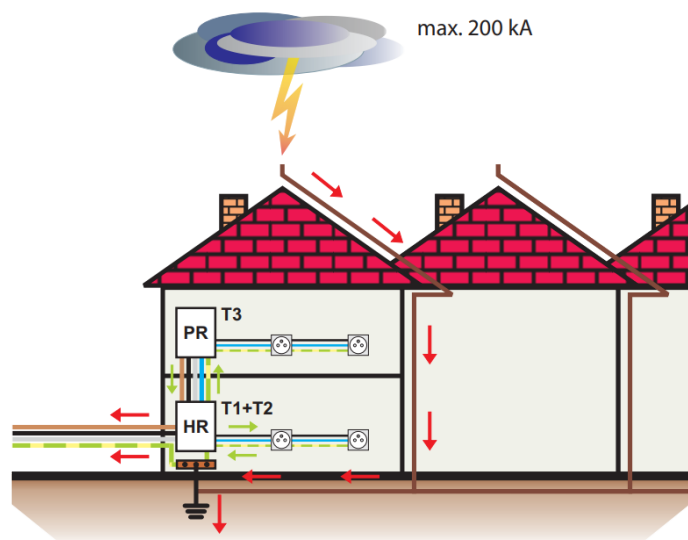


Obrázek 32. Střední ohrožení instalace [8]

7.5.3 Velké ohrožení instalace

Rázová proudová vlna může dosahovat až 25 kA. Přepětí vzniká při přímém úderu do stavby jako na obrázku 33, je indukováno na vodičích stavby díky jejich impedanci a dosahuje tak velkých hodnot, z důvodu galvanického spojení elektroinstalace a jímací soustavy.

Předpokládá se, že zhruba polovina přepětí je svedena do země a zbylá polovina odtéká přes připojené inženýrské sítě a dělí se v poměru jejich impedancí. Pokud tedy uhoří blesk do stavby, s 4 vodičovým přívodem TN-C a jeho vrcholový proud prvního krátkého výboje je 200 kA, svede se 100 kA do země a zbylých 100 kA se rozdělí na 4 vodiče po 25 kA. [8]



Obrázek 33. Velké ohrožení instalace [8]

8. Návrh elektroinstalace

8.1 Způsob připojení z distribuční sítě nízkého napětí

Dodavatelem energie bude ČEZ Distribuce, a.s., pro připojení je nutno splnit připojovací podmínky nn pro osazení měřících zařízení v odběrných místech napojených z distribuční sítě nízkého napětí, které stanovuje distributor a musejí být v souladu s Energetickým zákonem. Odběrné místo bude nově uvedené do provozu.

Hlavní domovní skříň HDS

Hlavní domovní skříň zřizuje u nových odběrných míst u ČEZ Distribuce obvykle samotný distributor.

HDS bude připojena z kabelového vedení, bude umístěna v betonovém pilíři oplocení společně s elektroměrovým rozvaděčem. Pilíř bude na hranici pozemku, odkud bude trvalý bezpečný přístup umožňující plné otevření dvířek. Spodní okraj HDS bude ve výšce minimálně 0,6 m nad konečně upraveným terénem, pokud nebude pracovníkem distributora rozhodnuto jinak. Jištění bude o jeden stupeň vyšší než u jističe před elektroměrem. Přívodní vedení bude připojeno přímo na hlavní jistič před elektroměrem.

Hlavní domovní vedení HDV

Nebude zřízeno, v budovách s nejvýše třemi odběrnými místy jej není nutno zřizovat. Odbočka k elektroměru bude přímo z HDS.

Odbočka k elektroměru

Je ve vlastnictví majitele objektu, musí být v soustavě TN-C, kabel CKYK 4Bx10 bude uložen v trubce uvnitř pilíře, odbočka nemusí být jištěna, protože je kratší než 3 m.

Elektroměrový rozvaděč

Ve společném pilíři s HDS, jeho střed bude ve výšce 1 až 1,7 m nad konečným terénem, spodní hrana bude nad HDS, tedy bude splněna podmínka umístění min. 0,6 m nad terénem a bude splněna i podmínka přístupnosti. Zkratová odolnost rozvaděče musí být nejméně 10 kA.

Provedení

Musí mít označení o shodě CE, štítek a technickou dokumentaci, krytí nejméně IP 43, přepážku pro stále oddělení kabelového prostoru.

Musí mít rozměry a provedení tak, aby byla možná snadná a přehledná manipulace a kontrola, možnost zaplombování odnímatelných částí krytu a aby byla minimalizována možnost zřítit neoprávněný odběr.

Zámek bude na trnový klíč 6x6 mm, bude bez odnímatelného krytu za dvířky rozvaděče.

Vybavení

Jistič před elektroměrem musí být odsouhlasen distributorem, bude třípólový, typ B, 32 A propojka mezi póly musí ovládat všechny 3 póly současně a musí umožňovat přidělení plomby.

Zapojení je znázorněno ve výkresu.

Vodiče

S plným jádrem, označeny popisy. Ovládací vodiče tarifu, stykače a spínacího prvku musí mít průřez 1,5 mm² Cu.

Popisy v zapojení elektroměru:

- přívod do elektroměru - L1P, L2P, L3P
- vývod z elektroměru - L1, L2, L3
- střední vodič – N

Popisy v zapojení spínacího prvku:

- přívodní fáze - L
- střední vodič - N
- stykač přímotopného spotřebiče – topení PV
- stykač akumulárního spotřebiče – ohřívač vody TUV
- svorka pro ovládání tarifu – TAR

Distribuční sazba

D 45d

Zapojení třífázového dvoutarifního elektroměru s vícepovelovým spínacím prvkem – soustava TN-C s blokováním přímotopného vytápění a dalších topných elektrických spotřebičů.

D 55d, D56d

Zapojení třífázového dvoutarifního elektroměru s vícepovelovým spínacím prvkem pro sazby v zapojení s tepelným čerpadlem – soustava TN-C.

8.2 Výpočty související s návrhem elektroinstalace

Celkový instalovaný příkon

Tabulka 9. Instalovaný příkon

Spotřebič	Pn [kW]
Bojler 150l	1,6
Příprava pokrmů	8
Myčka	1,5
Chladnička kombinovaná	0,2
Mikrovlnná trouba	1
Pračka	2,2
Ostatní	1,3
Osvětlení	1,8
Elektronika	0,4
El. kotel	9
Tep. čerpadlo	3
Pi	30

Výpočtové zatížení

Podle rovnic 7 a 8.

$$P_v = \beta * \sum_{i=1}^n * P_i [kW]$$

$$P_v = 0,7 * 30 = 21 [kW]$$

Výpočtový proud I_v

Za předpokladu že je proud rovnoměrně rozložen mezi 3 fáze platí rovnice 9:

$$I_v = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} [A]$$

$$I_v = \frac{21}{\sqrt{3} * 400 * 0,95} = 31,9 [A]$$

Tomu odpovídá hlavní třífázový jistič 32 A.

Způsob uložení odbočky od elektroměru je základní – ve vodorovné poloze v zemi v hloubce 0,7 m pod povrchem a teplotě půdy 20°C. Tomu by odpovídal kabel CYKY 4B x 6, pro snížení ztrát navrhuji použít kabel CYKY 4B x 10, nebo x 16, který má pro základní způsob uložení v zemi podle výrobce proudovou zatížitelnost 73 A, podmínka je splněna, kabel bude mít délku 20m.

Výpočet úbytku napětí na vedení od elektroměru

Viz. rovnice 15:
$$\Delta U_s = \frac{\rho * l * P * 1000}{S * U_s} [V]$$

- Kde: ΔU je úbytek napětí [V]
 l je jednoduchá délka vedení [m]
 P je soudobý příkon bytu [kW]
 ρ je měrná elektrická rezistivita pro Cu = $1,78 * 10^{-8} [\Omega * m]$
 S je průřez vodiče [m^2]

Příklad výpočtu pro $S = 10 \text{ mm}^2$:

$$\Delta U_{s10} = \frac{1,78 * 10^{-8} * 20 * 21 * 10^3}{10 * 10^{-6} * 400} = 1,87 [V]$$

Třífázové úbytky napětí pro různé průřezy Cu kabelu:

- $S = 6 \text{ mm}^2$ $\Delta U_{s6} = 3,12 [V]$
- $S = 10 \text{ mm}^2$ $\Delta U_{s10} = 1,87 [V]$
- $S = 16 \text{ mm}^2$ $\Delta U_{s16} = 1,17 [V]$
- $S = 25 \text{ mm}^2$ $\Delta U_{s25} = 0,75 [V]$

Povolený úbytek 3% z 400 V = 12V, splňují to všechny kabely.

Ztrátový výkon způsobený úbytky napětí na vedení od elektroměru

$$P_{Zs} = \Delta U_s * I_V [W]$$

Příklad výpočtu pro $S = 10 \text{ mm}^2$:

$$P_{Zs} = 1,87 * 31,9 = 59,65 [W]$$

- $S = 6 \text{ mm}^2$ $P_{Zs6} = 99,53 [W]$
- $S = 10 \text{ mm}^2$ $P_{Zs10} = 59,65 [W]$
- $S = 16 \text{ mm}^2$ $P_{Zs16} = 37,32 [W]$
- $S = 25 \text{ mm}^2$ $P_{Zs25} = 23,93 [W]$

8.3 Odhad investičních nákladů elektroinstalace

Náklady na zhotovení přípojky

Náklady na zřízení elektrické přípojky hradí, podle Energetického zákona č. 458/2000 Sb. § 45, v zastavěném území a mimo zastavěné území do délky 50 m provozovatel distribuční soustavy, přistoupí-li odběratel na způsob a technické podmínky zřízení takovéto přípojky.

Dle vyhlášky č. 51/2006 Sb. se však žadatel o připojení k distribuční soustavě NN musí podílet na nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného rezervovaného příkonu dle vyhlášky č. 51/2006 Sb. částkou 500 Kč/A při troj-fázovém odběru.

*Podíl na nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného rezervovaného příkonu činní při osazení třífázovým jističem 32 A **16 000,-Kč.***

Náklady na zhotovení HDS

Při poskytování připojení od ČEZ Distribuce, a.s. je v připojovacích podmínkách uvedeno, že hlavní domovní skříň obvykle zřizuje samotný distributor. Vše, co vychází z HDS, je již v majetku vlastníka objektu.

V našem případě vznikají náklady na vytvoření Betonového pilíře, kde je HDS uložena a na propojovací kabel s elektroměrem. Budeme předpokládat že pilíř si vytvoří vlastník objektu svépomocí. Cenu kabelu zahrnuji do nákladů pro elektroměrový rozvaděč, který bude ve společném pilíři.

Náklady na elektroměrový rozvaděč

Za předpokladu, že výkopové a montážní práce spojené s přivedením kabelu a umístěním pilíře si zhotoví majitel svépomocí.

Tabulka 10. Náklady na elektroměrový rozvaděč

	Cena bez DPH	Cena včetně DPH
Kabel CYKY 4x10 mm ² 1,5 metru na propojení s HDS	120,00 Kč	145,20 Kč
Rozvaděč elektroměrový s 2 tarif. 3-f. elektroměrem + HDO	5 832,00 Kč	7 056,72 Kč
Jistič 32A 3P B 10kA	397,58 Kč	481,07 Kč
Odborné zapojení firmou	1 600,00 Kč	1 600,00 Kč
celkem	7 949,58 Kč	9 282,99 Kč

Náklady na elektromateriál

Tabulka 11. Náklady za elektroinstalační materiál

	množství	Ks/m	Ks/m bez DPH	Ks/m včetně DPH (21%)	celkem bez DPH	celkem včetně DPH
Zásuvka jednonásobná Swing L ABB bílá	41		49,54 Kč	59,94 Kč	2 031,14 Kč	2 457,68 Kč
Zásuvka dvojnásobná Swing ABB bílá	9		90,50 Kč	109,51 Kč	814,50 Kč	985,55 Kč
Z. dvojnásobná s natočenou dutinou Swing ABB	9		118,73 Kč	143,66 Kč	1 068,57 Kč	1 292,97 Kč
Pětínásobný rámeček typ Swing L	4		84,60 Kč	102,37 Kč	338,40 Kč	409,46 Kč
Zásuvka IP 44	2		69,13 Kč	83,65 Kč	138,26 Kč	167,29 Kč
Zásuvka třífázová 16A	1		310,00 Kč	375,10 Kč	310,00 Kč	375,10 Kč
Datová zásuvka	4		128,03 Kč	154,92 Kč	512,12 Kč	619,67 Kč
Kombinace přepínače střídavého a zásuvky IP44	1		105,40 Kč	127,53 Kč	105,40 Kč	127,53 Kč
Zásuvka anténí	4		190,00 Kč	229,90 Kč	760,00 Kč	919,60 Kč
Zásuvka nástěnná 16 A - 4p., IP 67	1		238,70 Kč	288,83 Kč	238,70 Kč	288,83 Kč
Termostat univ. s ot. nastavením teploty	1		512,12 Kč	619,67 Kč	512,12 Kč	619,67 Kč
Spínač jednopólový s bezšroubovými svorkami	14		69,13 Kč	83,65 Kč	967,82 Kč	1 171,06 Kč
Přepínač střídavý s bezšroubovými svorkami	7		73,80 Kč	89,30 Kč	516,60 Kč	625,09 Kč
Přepínač střídavý dvojitý s bezšroubovými svorkami	5		119,35 Kč	144,41 Kč	596,75 Kč	722,07 Kč
Přepínač křížový s bezšroubovými svorkami	8		107,00 Kč	129,47 Kč	856,00 Kč	1 035,76 Kč
Ventilátor s automat. žaluzií a hydrostatem	2		533,00 Kč	644,93 Kč	1 066,00 Kč	1 289,86 Kč
Ventilátor nástěnný s časovým spínačem	1		334,00 Kč	404,14 Kč	334,00 Kč	404,14 Kč
Automatický spínač pohybu	2		545,60 Kč	660,18 Kč	1 091,20 Kč	1 320,35 Kč
Bezdrátový zvonek síťový se dvěma přijmači	1		390,40 Kč	472,38 Kč	390,40 Kč	472,38 Kč
Svítilno venkovní 60W IP33 se senzorem	1		492,45 Kč	595,86 Kč	492,45 Kč	595,86 Kč
Svítilno nástěnné venkovní 60W 230V IP33	1		305,00 Kč	369,05 Kč	305,00 Kč	369,05 Kč
Stropní svítidlo 2x60W 230V - bílá	2		297,00 Kč	359,37 Kč	594,00 Kč	718,74 Kč
Stropní svítidlo 60W 230V - bílá	2		128,00 Kč	154,88 Kč	256,00 Kč	309,76 Kč
Stropní svítidlo 2x60W 230V - dub	6		311,00 Kč	376,31 Kč	1 866,00 Kč	2 257,86 Kč
Stropní svítidlo 60W 230V - dub	4		209,00 Kč	252,89 Kč	836,00 Kč	1 011,56 Kč
Nástěnné svítidlo 60W 230V - dub	2		227,00 Kč	274,67 Kč	454,00 Kč	549,34 Kč
Svítilno nástěnné 60W 230V IP44	1		161,00 Kč	194,81 Kč	161,00 Kč	194,81 Kč
Svítilno zářivkové, IP40, 2x18W	3		455,00 Kč	550,55 Kč	1 365,00 Kč	1 651,65 Kč
Svítilno nad zrcadlo 8W	3		540,00 Kč	653,40 Kč	1 620,00 Kč	1 960,20 Kč
Svítilno kuchyňské LUMINA 13W IP20	3		265,00 Kč	320,65 Kč	795,00 Kč	961,95 Kč
Svítilno 60W IP54	1		41,44 Kč	50,14 Kč	41,44 Kč	50,14 Kč
Halogenová žárovka E27 53W	12		15,00 Kč	18,15 Kč	180,00 Kč	217,80 Kč
Kompaktní žárovka E27, 15W - teplá bílá	15		69,00 Kč	83,49 Kč	1 035,00 Kč	1 252,35 Kč
Zářivka lineární 18W, T8 - teplá bílá	9		31,80 Kč	38,48 Kč	286,20 Kč	346,30 Kč
Krabice kruhová odbočná	20		16,00 Kč	19,36 Kč	320,00 Kč	387,20 Kč
Krabice přístrojová	90		4,30 Kč	5,20 Kč	387,00 Kč	468,27 Kč

Ohebná trubka 22,9x28,5 mm (husí krk)	25	8,20 Kč	9,92 Kč	205,00 Kč	248,05 Kč
ohebná dvouplášť. trubka (červená)	20	14,30 Kč	17,30 Kč	286,00 Kč	346,06 Kč
Svorkovnice krabicová	20	24,00 Kč	29,04 Kč	480,00 Kč	580,80 Kč
Rozbočovač	2	72,00 Kč	87,12 Kč	144,00 Kč	174,24 Kč
Konektor F vidlice pro	6	3,00 Kč	3,63 Kč	18,00 Kč	21,78 Kč
Konektor IEC zásuvka šroubovací	4	3,50 Kč	4,24 Kč	14,00 Kč	16,94 Kč
TV anténa	1	650,00 Kč	786,50 Kč	650,00 Kč	786,50 Kč
Drát AlMgSi 8 měkký	100	19,40 Kč	23,47 Kč	1 940,00 Kč	2 347,40 Kč
Tyč zemnicí z křížového profilu FeZn	4	180,00 Kč	217,80 Kč	720,00 Kč	871,20 Kč
Svorka křížová	15	18,00 Kč	21,78 Kč	270,00 Kč	326,70 Kč
Svorka FeZn na potrub	20	20,00 Kč	24,20 Kč	400,00 Kč	484,00 Kč
Svorka spojovací s příložkou	6	9,50 Kč	11,50 Kč	57,00 Kč	68,97 Kč
Svorka zkušební	1	33,20 Kč	40,17 Kč	33,20 Kč	40,17 Kč
Svorka univ. s jednou příložkou	20	7,80 Kč	9,44 Kč	156,00 Kč	188,76 Kč
Jímací tyč 500mm	4	124,80 Kč	151,01 Kč	499,20 Kč	604,03 Kč
Celkem				29 514,47 Kč	35 712,51 Kč

Kabely

	množství	Ks/m	Ks/m bez DPH	Ks/m včetně DPH (21%)	celkem bez DPH	celkem včetně DPH
Kabel CYKY 4x10 mm ²	25		83,50 Kč	101,04 Kč	2 087,50 Kč	2 525,88 Kč
ohebná dvouplášť. trubka (červená)	20		14,30 Kč	17,30 Kč	286,00 Kč	346,06 Kč
Kabel instalační CYKY 3x1,5 mm ² značení O	50		9,80 Kč	11,86 Kč	490,00 Kč	592,90 Kč
Kabel CYKY 3x1,5 mm ²	250		10,80 Kč	13,07 Kč	2 700,00 Kč	3 267,00 Kč
Kabel CYKY 3x2,5 mm ²	250		15,90 Kč	19,24 Kč	3 975,00 Kč	4 809,75 Kč
Kabel CYKY 4x2,5 mm ²	100		23,00 Kč	27,83 Kč	2 300,00 Kč	2 783,00 Kč
Kabel CYKY-A 2x1,5 mm ²	100		9,90 Kč	11,98 Kč	990,00 Kč	1 197,90 Kč
Kabel CYKY 7x1,5 mm ²	30		23,40 Kč	28,31 Kč	702,00 Kč	849,42 Kč
Kabel plochý CYKYLO 2x1,5 mm ²	20		7,20 Kč	8,71 Kč	144,00 Kč	174,24 Kč
Kabel CYKY 5x1,5 mm ²	50		16,20 Kč	19,60 Kč	810,00 Kč	980,10 Kč
Anténní koaxiální kabel stíněný 10m - rovné vidlice	20		62,40 Kč	75,50 Kč	1 248,00 Kč	1 510,08 Kč
Datový kabel UTP	30		6,50 Kč	7,87 Kč	195,00 Kč	235,95 Kč
Koaxiální kabel CB100F	30		7,70 Kč	9,32 Kč	231,00 Kč	279,51 Kč
celkem					16 158,50 Kč	19 551,79 Kč

Domovní rozvaděč

	množství	Ks/m	Ks/m bez DPH	Ks/m včetně DPH (21%)	celkem bez DPH	celkem včetně DPH
Páčkový spínač 40A 3P	1		594,60 Kč	719,47 Kč	594,60 Kč	719,47 Kč
Plastová rozvodnice, montáž pod omítku	1		1 001,00 Kč	1 211,21 Kč	1 001,00 Kč	1 211,21 Kč
Proudový chránič, 4P, 40A, 300mA, 10kA	1		1 034,00 Kč	1 251,14 Kč	1 034,00 Kč	1 251,14 Kč
Proudový chránič, 4P, 40A, 30mA, 10kA	1		580,50 Kč	702,41 Kč	580,50 Kč	702,41 Kč
Jistič EV-6J (6 kA) 1P B 16A	10		47,00 Kč	56,87 Kč	470,00 Kč	568,70 Kč
Jistič EV-6J (6 kA) 1P B 10A	4		47,00 Kč	56,87 Kč	188,00 Kč	227,48 Kč
Jistič PEP-6J (6 kA) 1P B 2A	1		63,00 Kč	76,23 Kč	63,00 Kč	76,23 Kč
Jistič 3P 16A C 6kA	1		152,00 Kč	183,92 Kč	152,00 Kč	183,92 Kč
Jistič PEP-6J (6 kA) 3P B 16A	2		155,00 Kč	187,55 Kč	310,00 Kč	375,10 Kč
Hlavní vypínač 40A 3P 6kA	1		479,00 Kč	579,59 Kč	479,00 Kč	579,59 Kč
Stykač 20A 1x	1		286,00 Kč	346,06 Kč	286,00 Kč	346,06 Kč
Stykač 25A 3P	1		383,00 Kč	463,43 Kč	383,00 Kč	463,43 Kč
Celkem					5 541,10 Kč	6 704,73 Kč

Celkem za materiál

Celkem za materiál	51 214,07 Kč	61 969,02 Kč
S rezervou 20%	61 456,88 Kč	74 362,83 Kč

Náklady na revize

Provádí se vždy před prvním uvedením elektroinstalace do provozu, po rekonstrukci či opravě. Provádí se vizuální prohlídkou, zkoušením a měřením.

Tabulka 12. Náklady na revize

Revize elektrické přípojky cca	600 až 1000Kč
Cena revize rodinného domu cca	1500 až 2500 Kč
Revize pevného připojení elektrického spotřebiče (sporák apod.) cca	1 000,00 Kč
Revize hromosvodů	1 000,00 Kč
Celkem	4100 až 5500 Kč

+ náklady za dopravu.

Cenu revize nelze pevně stanovit, je třeba brát v potaz spoustu faktorů jako počet místností, počet okruhů, počet rozvaděčů, počet spotřebičů a počet svodů hromosvodu.

Ceny jednotlivých položek si stanovuje každý revizní technik sám. Zde uvedené ceny vyplývají z ceníků několika různých revizních techniků, které se dají vyhledat online a ze situace námi zvoleného rodinného domu.

Náklady na projekt elektroinstalace

Cena za projekt hromosvodu, přípojky a elektroinstalace **8000 až 13500,-Kč.**

Cenu je zaznamenána z online nabídky několika různých firem, které se zabývají tvorbou projektové dokumentace.

Opět zde rozhoduje složitost stavby a ceník konkrétního projektanta. Projekt elektroinstalace bývá zahrnut v celkové projektové dokumentaci, jejíž tvorbu většinou zadáváme jedné firmě. Celková cena projektové dokumentace se pohybuje jinde než tato jednotlivá položka.

Náklady na provedení elektroinstalace

Náklady na provedení elektroinstalace v rodinném se opět nedají přesně určit, opět záleží na velikosti domu, složitosti projektu a na ceníku samotných řemeslníků, část práce je možné zhotovit svépomocí.

Cena za realizaci elektroinstalace běžného rodinného domu se může v našem případě pohybovat přibližně **od 80 000,- do 130 000,- Kč, náklady na realizaci bleskosvodu** se mohou pohybovat **od 20 000,- do 30 000,- Kč.**

Celkové náklady na provedení elektroinstalace

Pro celkové náklady na elektroinstalaci v rodinném domě volím dvě varianty. První varianta bude optimistická a bude vycházet z dolních hranic zjištěných nákladů. Druhá varianta bude pesimistická a bude vycházet z horních hranic ze zjištěných nákladů. Celkové náklady na elektroinstalaci, zvoleného objektu, by se měli bezpečně pohybovat v rozmezí těchto dvou variant.

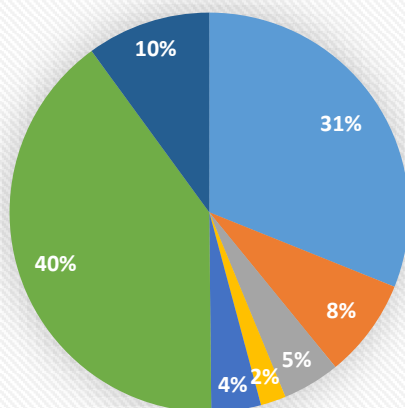
Tabulka 13. Celkové náklady na provedení elektroinstalace

	Optimistická varianta	Pesimistická varianta
Náklady na elektromateriál	61 969,02 Kč	74 362,83 Kč
Spoluúčast na zavedení rezervovaného I	16 000,00 Kč	16 000,00 Kč
Náklady na elektroměrový rozvaděč	9 282,99 Kč	9 282,99 Kč
Náklady na revize	4 100,00 Kč	5 500,00 Kč
Náklady na projekt elektroinstalace	8 000,00 Kč	13 500,00 Kč
Náklady na provedení elektroinstalace	80 000,00 Kč	130 000,00 Kč
Náklady na provedení bleskosvodu	20 000,00 Kč	30 000,00 Kč
Celkové náklady	199 352,02 Kč	278 645,82 Kč

Optimistická varianta může nastat v případě, že velká část práce bude provedena svépomocí, a firmy, které figurují při zavedení elektroinstalace, budou například z menšího města (např. cena práce bude určitě jiná v okresním městě a např. v Praze) a velkoobchod s elektromateriálem bude mít příznivé ceny.

Pesimistická varianta může nastat v případě, že si zákazník téměř nic neprovede svépomocí, cena práce bude vyšší (např. velká krajská města nebo Praha) a velkoobchod s elektromateriálem bude mít méně příznivé ceny.

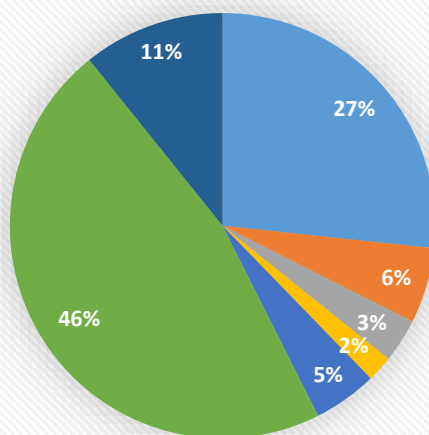
Podíl jednotlivých nákladů Optimistická varianta



- Náklady na elektromateriál
- Náklady na elektroměrový rozvaděč
- Náklady na projekt elektroinstalace
- Náklady na provedení bleskosvodu
- Spoluúčast na zavedení rezervovaného I
- Náklady na revize
- Náklady na provedení elektroinstalace

Obrázek 34. Podíl jednotlivých nákladů elektroinstalace optimistická varianta

Podíl jednotlivých nákladů Pesimistická varianta



- Náklady na elektromateriál
- Náklady na elektroměrový rozvaděč
- Náklady na projekt elektroinstalace
- Náklady na provedení bleskosvodu
- Spoluúčast na zavedení rezervovaného I
- Náklady na revize
- Náklady na provedení elektroinstalace

Obrázek 35. Podíl jednotlivých nákladů elektroinstalace pesimistická varianta

8.4 Odhad ročních provozních nákladů elektroinstalace

Odhad tepelných ztrát a roční spotřeby tepla

Tepelné ztráty objektu podle klimatických podmínek dle údajů ČSN 38 3350 v lokalitě Klatovy:

- Venkovní výpočtová teplota -15 °C
- Střední venkovní teplota topného období 3,9 °C
- Počet dnů topného období 248

Dům je v nechráněné poloze v krajině, např. na okraji města. Prosklení objektu je méně než 20 % fasády. Průměrná vnitřní výpočtová teplota je 19 °C, celkový vytápěný objem je přibližně 282 m³. Orientační odhad tepelných ztrát pro nový dům, jehož tepelné vlastnosti splňují současné požadavky, činní podle kalkulačky tepelných ztrát na serveru vytapeni.cz přibližně 9 kW.

Celková roční spotřeba elektrické energie na vytápění a ohřev teplé vody činí podle kalkulačky na severu tzb-info.cz 25,2MWh, z toho spotřeba el. energie na vytápění činí 19,5MWh, na ohřev teplé vody je roční spotřeba el. energie 5,7MWh, uvažujeme-li že denní spotřeba vody je 0,2 m³.

Spotřebu tepelné energie na vytápění můžeme snížit použitím tepelného čerpadla, při zavedení tepelného čerpadla dostaneme i výhodnější sazbu za el. energii. Nicméně i s tepelným čerpadlem je nutno instalovat elektrokotel, v případě že by nastaly takové mrazy, že by samotné čerpadlo nestíhalo. Nicméně roční podíl elektrokotle na vytápění obvykle nepřesahuje 1 %.

Zbylá spotřeba elektrické energie pro ostatní využití je průměrně odhadována na 4400kWh ročně, když je dům obýván čtyřmi osobami.

Shrnutí roční spotřeby el. energie při vytápění přímotopem nebo akumulací

Tabulka 14. Odhadovaná roční spotřeba el. energie při vytápění přímotopem

Tepelná ztráty cca	9 kW
Roční spotřeba el. energie na vytápění	19,5 MWh
Roční spotřeba el. energie na ohřev teplé vody	5,7 MWh
Roční spotřeba el. energie na zbylé činnosti	4,4 MWh
Roční spotřeba el. energie v nízkém tarifu	25,2 MWh
Roční spotřeba el. energie ve vysokém tarifu	4,4 MWh

Shrnutí ročních spotřeby el. energie při použití tepelného čerpadla vzduch-voda

Tabulka 15. Odhadovaná roční spotřeba el. energie při vytápění tepelným č. vzduch-voda

Tepelná ztráty cca	9 kW
Roční spotřeba el. energie na vytápění	18,9 MWh
Roční spotřeba el. energie na ohřev teplé vody	5,7 MWh
Roční spotřeba el. energie na zbylé činnosti	4,4 MWh
Roční spotřeba el. energie v nízkém tarifu	24,6 MWh
Roční spotřeba el. energie ve vysokém tarifu	4,4 MWh

Roční provozní náklady při vytápění přímotopem

Pro období 2018, odběratelem je domácnost v západočeském kraji, distributorem je ČEZ Distribuce, a.s., distribuční sazba je D45d, jistič 3x32A, dodavatelem je ČEZ Prodej, s.r.o. a produkt je Elektřina na 1 rok, podle kalkulátoru Energetického regulačního úřadu.

Tabulka 16. Roční provozní náklady při vytápění přímotopem

	Bez DPH [Kč/rok]	DPH [Kč/rok]	Včetně DPH [Kč/rok]
Celková platba	73 342,80 Kč	15 401,99 Kč	88 744,78 Kč
Z toho za silovou elektřinu	42 866,00 Kč	9 001,86 Kč	51 867,86 Kč
Z toho za distribuci	12 150,87 Kč	2 551,68 Kč	14 702,55 Kč
Z toho za ostatní regulované služby	17 488,25 Kč	3 672,53 Kč	21 160,78 Kč
Z toho daň z elektřiny	837,68 Kč	175,91 Kč	1 013,59 Kč

Roční provozní náklady při vytápění tepelným čerpadlem vzduch-voda

Tepelné čerpadlo s COP 3,5, pro období 2018, odběratelem je domácnost v západočeském kraji, distributorem je ČEZ Distribuce, a.s., distribuční sazba je D56d, jistič 3x32A, dodavatelem je ČEZ Prodej, s.r.o. a produkt je Elektřina na 1 rok, podle kalkulátoru Energetického regulačního úřadu.

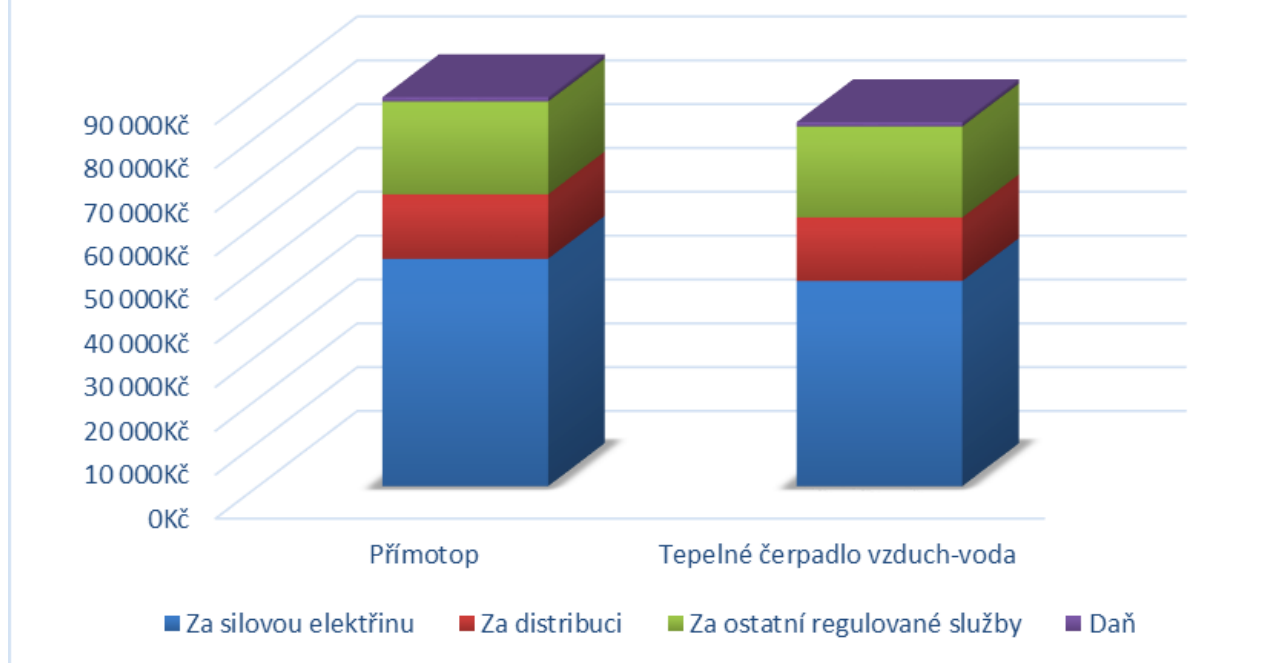
Tabulka 17. Roční provozní náklady při vytápění tep. č. vzduch-voda

	Bez DPH [Kč/rok]	DPH [Kč/rok]	Včetně DPH [Kč/rok]
Celková platba	68 629,84 Kč	14 412,27 Kč	83 042,11 Kč
Z toho za silovou elektřinu	38 685,00 Kč	8 123,85 Kč	46 808,85 Kč
Z toho za distribuci	11 989,07 Kč	2 517,71 Kč	14 506,78 Kč
Z toho za ostatní regulované služby	17 135,07 Kč	3 598,36 Kč	20 733,43 Kč
Z toho daň z elektřiny	820,70 Kč	172,35 Kč	993,05 Kč

Z těchto tabulek vyplývá, že při vytápění tepelným čerpadlem vzduch voda ušetříme za uvedených podmínek ročně 5702,67 Kč než kdybychom k vytápění použili pouze přímotop.

Další možností by bylo vytápění akumulací, tato metoda má nejvýhodnější tarif D35d, celkové roční provozní náklady by při tomto způsobu vytápění za stejných podmínek činili 75 387,14 Kč (včetně DPH), nicméně tento způsob vytápění má velmi vysoké pořizovací náklady, velmi špatnou regulovatelnost, a proto se v novostavbách již téměř nepoužívá, výjimkou jsou spojení s fotovoltaickými panely, nicméně tím investiční náklady ještě více stoupají. To je důvodem, proč se zde tímto způsobem podrobně nezabýváme.

Odhadované roční náklady elektroinstalace



Obrázek 36. Odhadované roční náklady elektroinstalace

Všechny tyto údaje jsou pouze orientační, nemohou sloužit pro přesné určení výkonu topného zařízení, přesné výpočty musí být provedeny specializovanou osobou nebo firmou, které budou poskytnuty podrobné technické informace konkrétní stavby.

8.5 Investiční náklady a provozní náklady pro různé průřezy kabelů vedených od elektroměru

Při průchodu proudu vodičem vznikají ztráty, které jsou naměřeny elektroměrem a ovlivňují tedy naše provozní náklady, proto je vhodné nad těmito náklady zauvažovat. Ztráty můžeme ovlivnit materiálem a průřezem vodičů - měď je lepší vodič než hliník, ale je dražší; kabel o větším průřezu způsobuje menší ztráty, ale je dražší.

Náklady na různé průřezy přívodních kabelů CYKY 4x

Tabulka 18. Náklady na různé průřezy přívodních kabelů CYKY 4x

S[mm ²]	Ztráty[W]	Ztráty za rok [kWh]	Investiční náklady na pořízení 20m kabelu CYKY 4x	Provozní náklady na ztráty za první rok včetně DPH	
				Sazba D45d	Sazba D56d
6	99,53	859,94	1 660,00 Kč	2 508,56 Kč	2 367,62 Kč
10	59,65	515,38	2 520,00 Kč	1 904,87 Kč	1 820,68 Kč
16	37,32	322,44	4 260,00 Kč	1 566,82 Kč	1 514,15 Kč
25	23,93	206,76	5 440,00 Kč	1 364,13 Kč	1 330,37 Kč

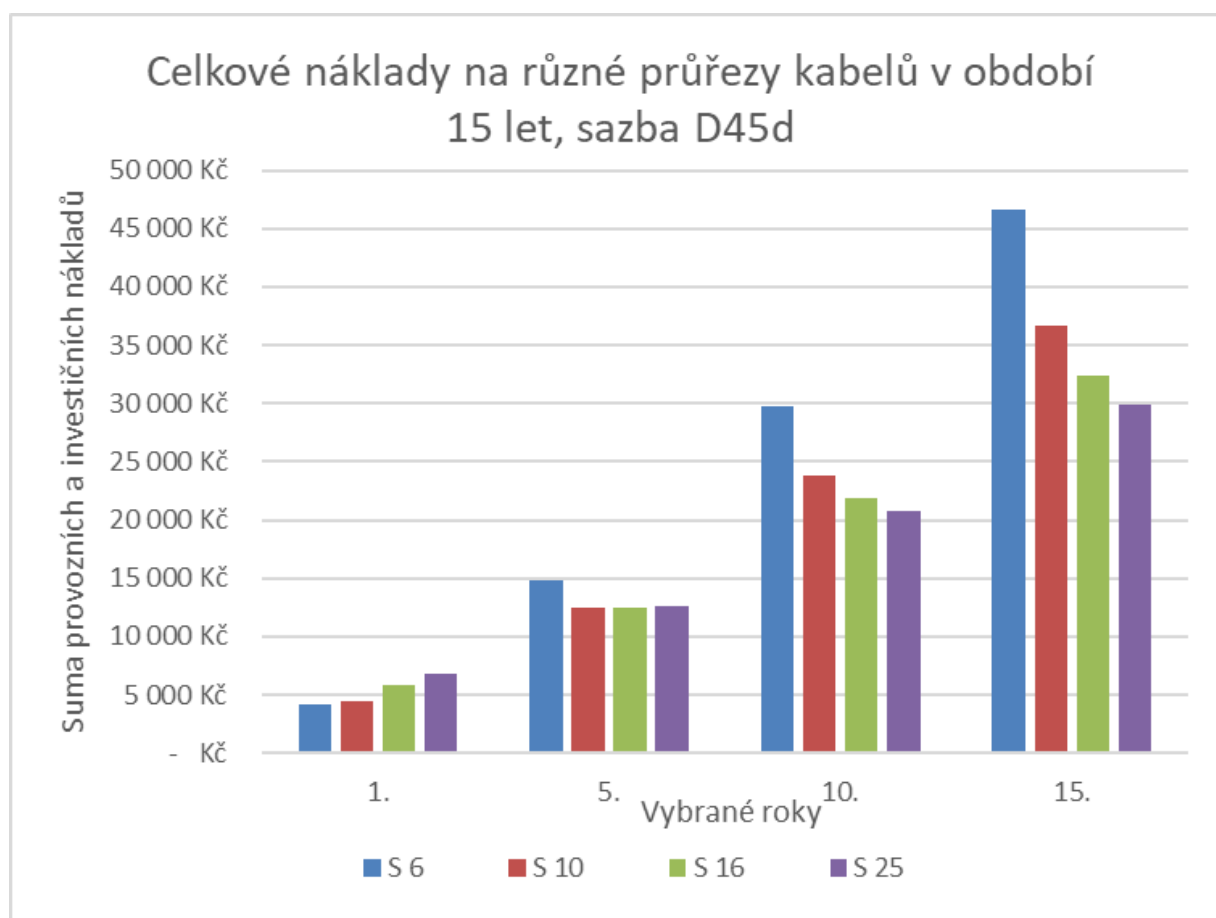
Celkové provozní a investiční náklady na různé průřezy kabelů ve vybraných letech

Při sazbě D45b – sazba při vytápění přímotopem

Částka v Kč vyjadřuje sumu nákladu na pořízení 20 m kabelu CYKY 4x o různých průřezech S a nákladů vzniklých úbytky napětí ve vybraných letech včetně DPH a vychází z rovnice 16. Suma předpokládá že cena el. energie pro domácnosti se bude ročně navyšovat o 2,5 %. Z tabulky č.19 a obrázku č.36 lze vyčíst, že v horizontu pěti let jsou kabely o průřezech S10, S16 a S25 téměř stejně výhodné, budeme-li uvažovat v horizontu 15 let ušetříme výběrem kabelu S16 oproti kabelu S10 více jak 4.000 Kč. Kabely průřezu S6 a S25 jsem uvedl pro ilustraci, v praxi se při zapojování rodinného domu nepoužívají.

Tabulka 19. Celkové náklady na různé průřezy kabelů ve vybraných letech, sazba D45d

Rok	1.	5.	10.	15.
S 6	4 169 Kč	14 846 Kč	29 764 Kč	46 643 Kč
S 10	4 425 Kč	12 533 Kč	23 861 Kč	36 678 Kč
S 16	5 827 Kč	12 496 Kč	21 814 Kč	32 356 Kč
S 25	6 804 Kč	12 610 Kč	20 723 Kč	29 901 Kč



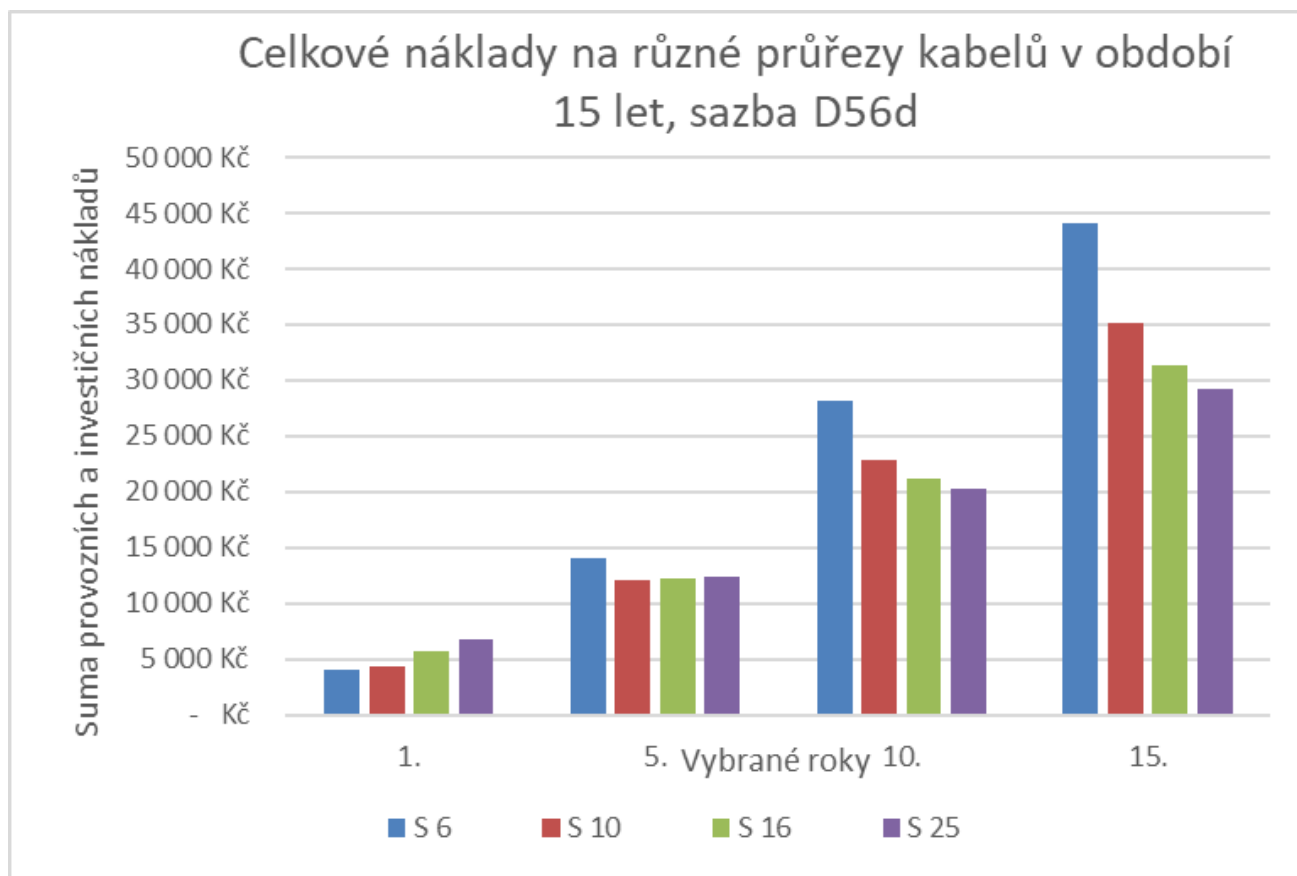
Obrázek 37. Celkové náklady na různé průřezy kabelů v období 15 let, sazba D45d

Při sazbě D56b – sazba při vytápění tepelným čerpadlem

Tabulka a graf vyjadřují to samé jako předchozí případ, při sazbě s tepelným čerpadlem. V horizontu pěti let se vyplatí pořízení kabelů o průměrech S10 a S16 vychází opět téměř stejně, v horizontu deseti let nám pořízení kabelu s S16 ušetří přibližně 1.500 Kč a v horizontu patnácti let ušetří přibližně 3.500-4.000 Kč.

Tabulka 20. Celkové náklady na různé průřezy kabelů ve vybraných letech, sazba D56d

Rok	1.	5.	10.	15.
S 6	4 028 Kč	14 105 Kč	28 185 Kč	44 116 Kč
S 10	4 341 Kč	12 090 Kč	22 918 Kč	35 168 Kč
S 16	5 774 Kč	12 219 Kč	21 224 Kč	31 412 Kč
S 25	6 770 Kč	12 433 Kč	20 345 Kč	29 296 Kč



Obrázek 38. Celkové náklady na různé průřezy kabelů v období 15 let, sazba D56d

9. Závěr

Teoretická část mé práce mi poskytla znalosti potřebné pro samotný návrh elektroinstalace. Některé praktické znalosti sem již měl z práce na zavádění elektroinstalací, ale spousta znalostí zejména z okruhu legislativy, ochran, provádění výkresů mi nebyla zcela známa, proto jsem ji také v práci podrobně probral.

Samotný návrh elektroinstalace se zabývá běžným rodinným domkem, který jsem si pro tyto účely navrhnul. Elektroinstalace obsahuje komponenty, které se nacházejí v běžné domácnosti. S více komfortními komponenty nemám zkušenosti a náročnější sdělovací technika a chytré instalace by spíše odpovídali slaboproudému oboru. Výkresy jsem zpracoval v programu AutoCAD, se kterým sem se v průběhu práce důvěrně seznámil. U návrhu vnější přepěťové ochrany pomocí metody valivé koule jsem zvolil poloměr 30 m, který odpovídá druhé třídě ochrany před bleskem, ta je vhodná i pro budovy s náročnější elektroinstalací, pro tuto elektroinstalaci by stačil poloměr valivé koule 45 m odpovídající třetí třídě. Nicméně volba většího poloměru není na škodu, naopak je zajištěna lepší ochrana před bleskem. Obvody jsem mohl rozdělit na více proudových chráničů, ale pro snížení nákladů jsem použil pouze dva nezbytné. Jeden společný selektivní s delším zpožděním a vyšším vybavovacím proudem, a jeden se zpožděním 10 ms a vybavovacím poruchovým proudem 30 mA.

Užitečné poznatky jsem nabyt v ekonomické části práce, ta mi dala všeobecný přehled o nákladech na elektroinstalaci a způsobech elektrického vytápění. Jako vhodný způsob vytápění menší zateplené novostavby s menšími tepelnými ztrátami považuji vytápění přímotopem. Nejsou zde velké investiční náklady a při nízkých tepelných ztrátách nejsou náklady nijak závratné. V případě delšího uvažování do budoucna a v případě většího domu považuji za dobrou investici pořízení tepelného čerpadla, které získává výkon z okolí, pořizovací náklady tepelného čerpadla jsou vyšší a rozhoduje zde několik faktorů, jako je například výkon a typ čerpadla. Tepelná čerpadla vzduch-voda mohou být dobrou volbou v případě, že pozemek není vhodný pro pořízení geotermálního čerpadla, a v období vysokých teplot jej lze využívat i jako chlazení. Geotermální čerpadlo získává energii ze zemského jádra, okruhy pro získávání energie jsou uloženy v zemi, buď v plošném výkopu nebo ve vrtu, proto zde velmi záleží na situaci pozemku. Jejich pořizovací náklady jsou vyšší, ale mají vysokou účinnost i ve velmi chladných obdobích, kdy některá čerpadla vzduch-voda již nemusejí stíhat a při vytápění jsou doplňována elektrickým kotlem.

Práce může být užitečná pro každého, kdo se chce seznámit se současnými podmínkami provádění elektrické instalace v rodinném domě, návrhem a náklady na realizaci.

10. Zdroje

- [1] KUNC, Josef. *Elektroinstalace krok za krokem2., zcela přepracované vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3249-7
- [2] FENCL, František., 2008. *Elektrický rozvod a rozvodná zařízení*. Praha: skripta ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04351-6
- [3] MUDRUŇÁKOVÁ, Anna. *Elektroenergetika 1*. Praha 1: VOŠ a SPŠ elektrotechnická Františka Křížika, 2016. ISBN 978-80-88058-81-6
- [4] HEŘMAN, Josef a Zdeněk TRINKEWITZ. *Elektrotechnické a telekomunikační instalace: komplexní zpracování problematiky elektrotechnických a telekomunikačních instalací v budovách. [Svazek 2]*. Praha: Dashöfer, 2007. ISBN 80-86897-06-0
- [5] Normy pro elektroinstalace, elektrická zařízení a spotřebiče - Elektro Fiala, Praha 4. Elektrikář, elektroinstalace, elektrická zařízení - Elektro Fiala, Praha 4 [online]. Copyright © 2000 [cit. 08.05.2018]. Dostupné z: <https://www.elektrofiala.cz/elektro-revize/normy/>
- [6] Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů nn - Časopis Elektro - Odborné časopisy. Odborné časopisy [online]. Copyright © 2014 [cit. 08.05.2018]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/ekonomicka-optimalizace-prurezu-silovych-kabelu-nn--10408>
- [7] Připojovací podmínky NN pro osazení měřicích zařízení v odběrných místech napojených z distribuční sítě nízkého napětí. ČEZ Distribuce, a.s.[online]. Copyright © [cit. 08.05.2018]. Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/pripoj_podminky/cezdistribuce_pripojovacipodminkynn_20150601_web2.pdf
- [8] Aplikační příručka - Přepěťové ochrany, OEZ. OEZ [online]. Copyright © 2001 [cit. 08.05.2018]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/aktuality/aplikacni-prirucka-prepetove-ochrany>
- [9] KLIMŠA, David. *Vnější a vnitřní ochrana před bleskem, aktualiz. vyd.* Praha: IN-EL, 2014. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-86230-98-6.
- [10] BERKA, Štěpán. *Elektrotechnická schémata a zapojení v praxi 1*. Praha: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4598-2

11. Seznam výkresů provedení elektroinstalace

1. Zásuvkové obvody přízemí
2. Zásuvkové obvody patro
3. Světelné obvody patro
4. Světelné obvody přízemí
5. Půda
6. Slaboproudé obvody přízemí
7. Slaboproudé obvody patro
8. Domovní rozvaděč
9. Obvodový zemnič typ B
10. Ochrana valivou koulí pohled z boku
11. Ochrana valivou koulí pohled zepředu
12. Situace
13. Zapojení elektroměrového rozvaděče