



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava



Bezpečnost v elektrotechnice

učební text

Jan Dudek

Ostrava 2010

Recenze: Ing. Jan Vaňuš, Ph.D.
Mgr. Jan Veřmiřovský

Název: Bezpečnost v elektrotechnice
Autor: Jan Dudek
Vydání: první, 2010
Počet stran: 98
Náklad: 20

Studijní materiály pro všechny studijní obory navazujícího studia fakulty elektrotechniky a informatiky

Jazyková korektura: nebyla provedena.

Určeno pro projekt:

Operační program Vzdělávání pro konkurenceschopnost

Název: Personalizace výuky prostřednictvím e-learningu

Číslo: CZ.1.07/2.2.00/07.0339

Realizace: VŠB – Technická univerzita Ostrava

Projekt je spolufinancován z prostředků ESF a státního rozpočtu ČR

© Jan Dudek

© VŠB – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-2562-5

Obsah

BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE.....	1
CÍLEM PŘEDMĚTU	5
1. LEGISLATIVA.....	7
1.1. Bezpečnost práce a VTZ.....	7
1.2. Technické požadavky na výrobky, technické normy	12
2. DEFINICE POJMU	16
2.1. Bezpečnost elektrických zařízení.....	16
2.2. Odborné termíny	17
2.3. Dělení elektrických zařízení	18
3. ZNAČENÍ BARVAMI A PÍSMENY, VÝZNAM BAREV	21
3.1. Značení a barvy vodičů v elektrické instalaci v síti nn	21
3.2. Rozhraní člověk – stroj, sdělovače a ovládače	23
3.3. Barevné značení tabulek	25
4. ZÁKLADNÍ PRINCIPY OCHRAN PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	27
4.1. Základní pravidla ochrany před úrazem elektrickým proudem	27
4.2. Fyzikální podstata zamezení úrazu elektrickým proudem v instalacích	29
4.3. Koordinace ochrany, technické prostředky k dosažení ochrany před úrazem elektrickým proudem	30
5. ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ – PŘIPOJOVÁNÍ, TŘÍDY OCHRAN.....	32
5.1. Třídy ochrany elektrických zařízení	32
5.2. Připojování elektrických zařízení	34
6. DRUHY ROZVODNÝCH SÍTÍ NÍZKÉHO NAPĚTÍ	38
6.1. Rozdělení a značení rozvodných sítí.....	38
6.2. Síť TN	39
6.3. Sítě TT a IT	43
7. OCHRANY V ELEKTRICKÝCH INSTALACÍCH	45
7.1. Užití ochrany v elektrických instalacích.....	45
7.2. Ochrana základní	45
7.3. Ochrana při poruše.....	47
7.4. Ochrana doplňková	51
8. JISTÍCÍ A OCHRANNÉ PRVKY	53
8.1. Jištění před účinky nadproudů	53
8.2. Jistící prvky v elektrických instalacích nízkého napětí.....	54
8.3. Proudové chrániče.....	58
9. DIMENZOVÁNÍ A JISTĚNÍ VEDENÍ.....	60
9.1. Kritéria pro dimenzování vedení	60
10. VNĚJŠÍ VLIVY, KRYTÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	64
10.1. Vnější vlivy	64
10.2. Prostory normální, nebezpečné a zvlášť nebezpečné.....	65
10.3. Protokol o určení vnějších vlivů	66
10.4. Krytí elektrických zařízení.....	68
11. OBSLUHA A PRÁCE NA ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍCH	71
11.1. Předmluva, definice pojmů	71

11.2.	Ochranný prostor a zóna přiblížení	73
11.3.	Definice obsluhy a práce na elektrických zařízeních	74
11.4.	Bezpečná obsluha a práce	75
11.5.	Provozní a pracovní postupy	75
11.6.	Práce bez napětí	76
11.7.	Práce pod napětím	79
11.8.	Práce v blízkosti živých částí	79
11.9.	Uvedení do provozu, provoz elektrických zařízení	79
11.10.	Srovnání kompetencí osob poučených a znalých	80
12.	PRVNÍ POMOC PŘI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM A HAŠENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	82
12.1.	Účinky elektrického proudu na lidský organismus	82
12.2.	Nebezpečný dotyk s elektrickým zařízením	85
12.3.	Zásady poskytování první pomoci při úrazu elektrickým proudem	86
12.4.	Hašení elektrických zařízení	90
	Další zdroje, použitá literatura	91
	CD-ROM	91
	Klíč k řešení	92

POKYNY KE STUDIU

Bezpečnost v elektrotechnice

Pro předmět 1. semestru všech oborů navazujícího studia Fakulty elektrotechniky a informatiky jste obdrželi studijní balík obsahující:

- integrované skriptum pro distanční studium obsahující i pokyny ke studiu
- CD-ROM s doplňkovými animacemi vybraných částí kapitol
- harmonogram průběhu semestru a rozvrh prezenční části
- rozdělení studentů do skupin k jednotlivým tutorům a kontakty na tutorý
- kontakt na studijní oddělení

Prerekvizity

Pro studium tohoto předmětu se nepředpokládá absolvování žádného předmětu.

Cílem předmětu

je seznámení se základními předpisy a nařízeními v elektrotechnice a zásadami poskytování první pomoci. Po prostudování modulu by měl student být schopen zvládnout odbornou terminologii užívanou v elektrotechnice, znát důležité předpisy v elektrotechnice a umět zdůvodnit potřebu jejich zavedení.

Pro koho je předmět určen

Modul je zařazen do navazujícího magisterského studia všech Fakulty elektrotechniky a informatiky, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoliv jiného oboru, zejména pak studenti bakalářského studia Fakulty elektrotechniky a studenti Fakulty bezpečnostního inženýrství v předmětu Elektrotechnika.

Skriptum je svým rozsahem poměrně stručné, mnohá problematika je pouze nastíněna, protože úplný výklad norem a předpisů (tak, jak ji znají vedoucí elektrotechnici a revizní technici) by výrazně přesahoval požadovaný časový rámec. Skriptum se opírá o výtahy z technických norem a předpisů, avšak je záměrně psáno tak, aby náročnost studia odpovídala přibližně středoškolské učebnici.

Skriptum se dělí na části, kapitoly, které odpovídají logickému dělení studované látky, ale nejsou stejně obsáhlé. Předpokládaná doba ke studiu kapitoly se může výrazně lišit, proto jsou velké kapitoly děleny dále na číslované podkapitoly a těm odpovídá níže popsaná struktura.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



Čas ke studiu: xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden **čas** potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- ☐ popsat ...
- ☐ definovat ...
- ☐ vyřešit ...

Okamžitě potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



VÝKLAD

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



Shrnutí pojmů

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



Otázky

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.



KLÍČ K ŘEŠENÍ

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek výše jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.

Úspěšné a příjemné studium s touto učebnicí Vám přeje autor výukového materiálu.

Jan Dudek

1. LEGISLATIVA



Čas ke studiu: 35 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- definovat pojem vyhrazená technická zařízení
- charakterizovat vybrané stupně odborné kvalifikace podle vyhlášky o odborné způsobilosti pracovníků v elektrotechnice
- objasnit pojem riziko a zdůvodnit v čem je v pracovním procesu důležité
- definovat pojem technické požadavky na výrobky



Výklad

1.1. Bezpečnost práce a VTZ

□ Účel a cíl předmětu

Účelem těchto učebních textů je poskytnout základní přehled o zásadách bezpečnosti práce studentů při jejich činnosti na elektrickém zařízení ve školních laboratořích a ochraně před úrazem elektrickým proudem.

Podle platných zákonných ustanovení smějí studenti elektrotechnických škol vykonávat jen takovou obsluhu a práci na elektrotechnickém zařízení, která odpovídá jejich postupně nabývaným odborným znalostem, fyzické zdatnosti a vždy s dohledem nebo dozorem učitele, určeného k jejich odbornému výcviku.

Proto studenti 1. ročníku bakalářského a 1. ročníku navazujícího magisterského studia musí absolvovat povinně předmět: „Bezpečnost v elektrotechnice“, jehož úspěšné zvládnutí předepsanou písemnou zkouškou opravňuje studenty obsluhovat a pracovat na elektrických zařízeních ve školních laboratořích FEI v 1. až 3. ročníku studia, resp. v 1. a 2. ročníku navazujícího studia.

Obsahem této publikace je především ochrana před úrazem elektrickým proudem v sítích malého a nízkého napětí. Některé z uvedených principů se dají použít i v sítích vysokého napětí, s těmi ale standardně studenti nepřicházejí do styku, proto jím tato publikace nevěnuje pozornost.

□ VTZ

Zákon 174/1968 Sb. O státním odborném dozoru nad bezpečností práce definuje pojem vyhrazená technická zařízení (VTZ). Pojem vyhrazené technické zařízení se rozumí zařízení se zvýšenou mírou ohrožení zdraví a bezpečnosti osob a majetku (právně vzato se jedná o tzv. oprávněný zájem) a jsou to zařízení tlaková, zdvihací, elektrická a plynová. VTZ elektrická jsou podrobně stanovena a zaříděna ve Vyhl. 73/2010.

Vzhledem ke specifickým rizikům plynoucím z provozu takovýchto zařízení je nutné, aby zařízení bylo v řádném technickém stavu a bylo obsluhováno osobami s příslušnou kvalifikací. Dohled nad dodržováním povinností vyplývajících z provozu vyhrazených technických zařízení kontroluje podle zákona 251/2005 Státní úřad inspekce práce.

□ **Vyhl. 50/1978 Sb.**

Problém kvalifikace osob v elektrotechnice řeší Vyhl. 50/1978 Sb. O odborné způsobilosti v elektrotechnice, která stanovuje 9 různých stupňů kvalifikace osob (§3 - § 11). Ve znění této vyhlášky se pojmem kvalifikace rozumí vzdělání a praxe.

Nejnižší stupeň kvalifikace je §3. Jedná se o osobu seznámenou. Příkladem této osoby může být např. sekretářka v podniku, pokladní atd. Tyto osoby byly seznámeny s předpisy o zacházení s elektrickými zařízeními a upozorněni na možné ohrožení těmito zařízeními. Smějí tyto zařízení obsluhovat v souladu s návody k obsluze.

Vyšším stupněm je osoba poučená - §4. Tyto osoby byly prokazatelně seznámeny s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních, školení v této činnosti, upozorněni na možné ohrožení elektrickými zařízeními a seznámení s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem. Jedná se o pracovníky obsluhující složitá zařízení v průmyslu nebo jsou pověřeni řízením pracovníků s elektrotechnickou kvalifikací.

Tyto osoby by si měly být schopny uvědomit základní rizika a ohrožení plynoucí z provozu elektrických zařízení. Studenti 1. ročníku bakalářského studia budou po absolvování předmětu Bezpečnost v elektrotechnice a úspěšném splnění testu považovány v laboratořích školy za osoby poučené.

Osoby seznámené a poučené jsou osoby, které nemají předepsané ke své kvalifikaci elektrotechnické vzdělání. Ostatní paragrafy jsou již kvalifikační stupně, kde se předpokládá ukončené elektrotechnické vzdělání (výuční list, maturitní vysvědčení, vysokoškolský diplom).

Osoba znalá (§5) je osobou s elektrotechnickým vzděláním, avšak bez předepsané praxe. Jedná se nejčastěji o absolventy elektrotechnických škol. Podle TNI 34 100/2005 smí osoba znalá pracovat v blízkosti živých částí s dohledem osoby znalé s vyšší kvalifikací, na zařízení pod napětím smí osoba znalá pracovat samostatně, není-li zařízení v prostorách mokrých, venkovních a jiných nebezpečných, kde smí osoba znalá pracovat na zařízení pod napětím jen pod dozorem osoby znalé s vyšší kvalifikací.

Pracovníci pro samostatnou činnost (§6) jsou osoby znalé s vyšší kvalifikací, jedná se o pracovníky s elektrotechnickým vzděláním a které splňují požadovanou dobu praxe. Tyto osoby smějí pracovat na elektrických zařízeních bez omezení, pouze s přihlédnutím k platným pracovním postupům a omezením napětí plynoucí z kvalifikace.

Paragrafy 7,8 jsou pro vedoucí elektrotechniky, §9 je pracovník pro provádění revizí, §10 jsou pracovníci pro samostatné projektování a řízení projektování a §11 kvalifikace ve zvláštních případech, nejčastěji pracovníci v laboratořích a odborní asistenti na vysokých školách. Rozbor kompetencí těchto vyšších paragrafů přesahuje rámec tohoto předmětu.

Přestože následující informace patří do zcela jiné vyhlášky (NV 101/2005), je zde vhodné připomenout, že každé zařízení musí mít nominovanou osobu odpovědnou za elektrické zařízení – jmenovitě odpovědnou za vedení provozní dokumentace, dodržování lhůt revizí, kontrol, údržby a zkoušek a zajištění bezpečného provozu obecně. Tato osoba nemusí mít elektrotechnické vzdělání.

□ **Zákon 262/2006**

Bezpečnosti práce a analýze rizik se věnuje i zákon 262/2006 (zákoník práce). Přestože studenti nejsou v zaměstnaneckém poměru, zákoník práce podle §391 říká v následujících odstavcích že:

- Odst. 1: Studenti vysokých škol odpovídají vysoké škole za škodu, kterou jí způsobili při studiu nebo praxi ve studijním programu uskutečňovaném vysokou školou nebo v přímé souvislosti s nimi.

- Odst. 4: Příslušná vysoká škola odpovídá studentům vysokých škol za škodu, která jim vznikla porušením právních povinností nebo úrazem při studiu nebo praxi ve studijním programu uskutečňovaném vysokou školou nebo v přímé souvislosti s nimi.

Je tedy alespoň z pohledu povinností zajištění bezpečnosti práce namísto nahlížet na vysokoškolské studium a praxi v laboratorích optikou pracovně právních vztahů. Přesný výklad pasáže zákoníku práce není obsahem tohoto předmětu, vyzdvihneme pouze některé paragrafy.

§ 101 zmíněného zákoníku pojednává o potřebě zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, povinnost zajištění bezpečnosti je na straně zaměstnavatele. Toto se vztahuje i na ochranné a pracovní pomůcky, které hradí zaměstnavatel.

§ 102 pojednává o povinnosti zaměstnavatele vyhledávat rizika a přijímat opatření k jejich odstranění. Pojem riziko bude rozebrán dále. Jedním z rizik je jednoznačně úraz elektrickým proudem při práci v laboratorích univerzity.

§ 103 pojednává o povinnosti zaměstnavatele zajistit školení pro zaměstnance na své vlastní náklady, přičemž zaměstnanci jsou povinni se těchto školení zúčastnit a to včetně prověření znalostí.

□ Rizika

V poslední době se stal pojem rizika, jeho analýzy, řízení a odhadu často skloňovaným pojmem. Bezpečnostní inženýrství je dnes již samostatný obor.

Pojmem riziko se prakticky ve všech případech myslí pravděpodobnost vzniku nebezpečné události a její závažnost (velikost škody). Je to kombinace dvou faktorů. Řízením rizik se rozumí přijímání ochranných opatření a to jak technických tak organizačních k odstranění těchto rizik. Rozeberme si analýzu a řízení rizik na následujícím příkladu.

Příkladem může být například úraz obsluhy horizontální vrtačky zasažením od odletujícího předmětu. Riziko tohoto úrazu je při absenci krytů velmi vysoké, prakticky při každé činnosti s vrtačkou. Je neetické vyčíslit nenávratné poškození zraku v korunách, ale trvalé následky jsou velice vážné. Je tedy jednoznačně nepřipustné provozovat vrtačku s odstraněnými kryty, osobami bez zkušeností a proškolení.

Přijmeme-li technické opatření ve formě montáže krytu, organizační opatření tj. vrtačku bude obsluhovat pouze osoba s patřičnými zkušenostmi, je riziko poškození zraku přijatelné. Jak je patrné, riziko nelze vždy úplně odstranit, bylo by to nákladné nebo nemožné. Hovoříme zde o tzv. zbytkovém riziku, jehož velikost je všeobecně přijatelná.

Posouzení rizik stroje dle ČSN EN 1050: 2001

Strana 2 z 2

Stroj: Horizontální vrtačka

Typové označení: AAAAAA

Výrobce: Novák, spol. s r. o.

Existenční fáze	Ruční provoz bez krytů	
Nebezpečí číslo	1.8	Popis Mechanické riziko vymrštění části
Nebezpečný prostor	Prostor v blízkosti rotujícího vřetena	
Popis nebezpečí	V uvedeném prostoru hrozí úraz při uvolnění řezného plátku frézy, nebo části nástroje nebo od odletujících špon.	
Riziko před opatřením		
6	Závažnost možného poškození zdraví:	Středně těžké
	Doba pobytu v nebezpečném prostoru:	Často
	Možnost vyvarování se rizikové situace:	Sotva možné
	Pravděpodobnost vzniku rizikové situace:	Velká
Opatření:	POM	Projektové omezení mechanických rizik
Pracovní prostor stroje byl doplněn o blokovaný kryt obsluhy s vyhodnocením bezpečnosti v kategorii 3. Obsluha tento kryt může otevřít jen za klidu stroje, stroj nelze při otevřeném krytu spustit do otáček. Okolí stroje je částečně chráněno vymezením pracovního prostoru stroje obvodovým ohrazením		
Riziko po opatření		
1	Závažnost možného poškození zdraví:	Lehké
	Doba pobytu v nebezpečném prostoru:	Občas
	Možnost vyvarování se rizikové situace:	Za určitých podmínek možné
	Pravděpodobnost vzniku rizikové situace:	Střední
Zbýlé riziko	Ne ☐ uvedeno v návodu k používání ☐ užití ochranných pomůcek ☐ poučení obsluhy	
Závěr	Vyhovuje	

Zpracoval
Podpis

Ing. L. Chadima

dne

Obr. 1.1. Karta posouzení rizika horizontální vrtačky

Analýza rizik pronikla do mnohých odvětví, v elektrotechnice jsou to například:

- bezpečnostní technika strojů konkrétně návrh bezpečnostních obvodů pracovních strojů,
- ochrana před bleskem a přepětím zde návrh systémů ochrany před bleskem,
- vyhodnocení rizik práce na elektrickém zařízení, které je vedoucí elektrotechnik nucen udělat před každým započetím práce. To se vztahuje i na práci studentů v laboratořích.

Možnosti úplného odstranění rizika úrazu elektrickým proudem je absence laboratorních měření, což by bylo jednoznačně na úkor kvality výuky. Druhým řešením je povinnost studentů absolvovat školení bezpečnosti v elektrotechnice, což společně s kvalitně připravenými návody do měření a respektováním laboratorních řádů a místních provozních bezpečnostních předpisů významnou měrou snižuje rizika vzniku úrazů. Zbytkové riziko je klasifikováno jako akceptovatelné.

□ Pracovní úraz

Pracovním úrazem se rozumí úraz, jenž se stal při výkonu práce nebo v přímé souvislosti s ní. Smrtelným pracovním úrazem rozumíme pracovní úraz v jehož důsledku došlo k úmrtí zaměstnance ve lhůtě do 1 roku od vzniku úrazu. Podle zákona 262/2006 (zákoník práce) a nařízení vlády 494/2001 je **povinnost** evidovat v knize úrazů **všechny** pracovní úrazy. U úrazů s delší dobou pracovní neschopnosti než 3 kalendářní dny se sepisuje záznam o úrazu, jehož jednu kopii obdrží zaměstnavatel, druhou poškozený zaměstnanec.

Postup řešení pracovního úrazu sumarizace 				
Členění úrazu	Zranění	Povinnost zaměstnance	Povinnost vedoucího	Povinnost společnosti
Skoro nehoda („skorouřaz“)	Bez zranění	ihned ohlásit s důrazem na ověřitelná fakta	Provéřít fakta a učinit opatření, aby se nebezpečná situace neopakovala.	Jen pokud není v možnostech vedoucího učinit opatření ke snížení rizika (opakování)
Pracovní úraz pouze evidovaný	Bez neschopnosti nebo s neschopností kratší než 3 kalendářní dny	Bezodkladně oznámit nadřízenému a spolupracovat při vyšetřování jeho příčin	Vyšetří a запиše úraz do knihy úrazů (tak aby v případě delší neschopnosti než 3 dny mohl dodatečně zapsat záznam)	Řeší případné úkoly vyplývající z úrazu pokud nejsou v možnostech vedoucího, kontroluje správné vedení knihy úrazů.
Pracovní úraz dokumentovaný záznamem	S neschopností delší než 3 kalendářní dny	Bezodkladně oznámit nadřízenému (pokud zdravotní stav dovolí), oznamovat úraz jiné osoby (svědek) a spolupracovat při vyšetřování jeho příčin	Vyšetří příčiny a okolnosti za účasti zaměstnance (pokud zdr.stav dovolí) a zástupce odb.org. Proveďte sepsání záznamu nejpozději do 5 pracovních dnů, při podezření na spáchání trestného činu okamžitě uvědomí vedení společnosti.	Ohlašuje bezodkladně: odb.org., pojišťovně (PÚ), při podezření trestného činu policii nebo st.zástupci Odesílá záznamy do 5.dne násl.měsíce: přísl.oblastnímu insp.práce a zdrav.poj.
Pracovní úraz s hospitalizací v nemocnici delší než 5 dní	Vyžadující hospitalizaci v nemocnici delší než 5 dní		Po obdržení zprávy o závažnosti (hospitalizace nad 5 dnů) neprodleně informovat vedení společnosti, zachovat stav pracoviště do příchodu inspektorů orgánů inspekce práce (pokud nelze zdokumentovat).	Zajistí vyšetření a zdokumentování, ohlašuje bezodkladně: příslušnému oblastnímu inspektorátu práce, odb.org., pojišťovně (PÚ), při podezření trestného činu policii nebo st.zástupci Odesílá záznamy do 5.dne násl.měsíce: přísl.oblastnímu insp.práce a zdrav.poj.
Smrtelný pracovní úraz	Smrt nebo úmrtí na následky do 1 roku od úrazu	X	Okamžitě uvědomí vedení společnosti odborovou organizací. Zajistit svědky a zachová místo úrazu dle možností v původním stavu, viz.výše.	Viz.výše, nahlášení odb.org., obl.insp.práce, zdrav.poj. (PÚ). Navíc se ohlašuje bezodkladně policii a zdravotní pojišťovně. V případě cizího zaměstn.informovat jeho zaměstnavatele, který ho do prostoru vyslal.

Obr.1.2. Postup při řešení pracovního úrazu

Může se jevit úsměvné evidovat každý pracovní úraz, např. lehké pořezání nožem příp. nástrojem, avšak vezmeme – li v potaz, že i takové banální zranění může způsobit otravu krve s následnou delší pracovní neschopností, je takovéto chování nasnadě. Jedním z motivujících faktorů je bezesporu ušlý zisk. Při pracovním úrazu je plnění odškodného ve výši 100 % mzdy plus eventuelní bolestné a výlohy na léčení, zatímco při posuzování léčení jako obvyčejné pracovní neschopnosti (nepracovní úraz) činí v současnosti plnění maximálně 60 % mzdy.

1.2. Technické požadavky na výrobky, technické normy

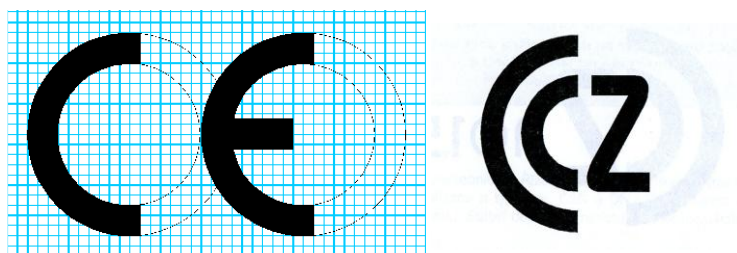
❑ Zákon 22/1997

Tento zákon upravuje způsob stanovování technických požadavků na výrobky, práva a povinnosti osob uvádějících výrobky na trh a stanovuje pravidla tvorby a uplatňování norem. Cílem zákona 22/1997 Sb. je zejména zabezpečit, aby na český trh (v souladu s právem vyspělých zemí) byly uváděny výrobky pouze jako bezpečné. Mimo požadavků na výrobky a s tím souvisejícími povinnostmi a právy jednotlivých subjektů řeší zákon i tvorbu a užití technických norem a postavení jednotlivých právních předpisů.

Bezpečným výrobkem je výrobek, který za běžných nebo rozumně předvídatelných podmínek užití nepředstavuje po dobu stanovenou výrobcem nebo po dobu obvyklé použitelnosti nebezpečí, nebo jehož užití představuje pro spotřebitele vzhledem k bezpečnosti a ochraně zdraví pouze minimální nebezpečí při užívání výrobku.

Na každý výrobek, který by při svém užívání mohl ohrozit tzv. oprávněný zájem (tj. bezpečnost a zdraví osob, hmotné škody, škody na životním prostředí) jsou stanoveny tzv. technické požadavky na výrobky. Těmito technickými požadavky se rozumí další právní dokumenty, které upravují povinnosti při uvádění výrobků na trh popřípadě do provozu.

Každý, kdo chce uvést výrobek, který by mohl ohrozit oprávněný zájem (výrobce nebo distributor) musí prokázat shodu s technickými předpisy. Tento proces je označován jako posouzení shody a jeho výsledkem je zpracování prohlášení ES prohlášení o shodě. Prohlášení o shodě s harmonizovanými technickými předpisy (platné v celé EU) se značí dvojicí písmen CE. Shoda s určenými technickými předpisy (platnost jen na území ČR, kde není doposud harmonizován technický předpis) se značí písmeny CCZ.



Obr. 1.3. Vzor značek CE a CCZ pro prokazování shody s technickými předpisy

Splnění některých požadavků danými technickými předpisy lze dosáhnout mj. dodržením tzv. harmonizované nebo určené technické normy zabývající se zmíněnými požadavky.

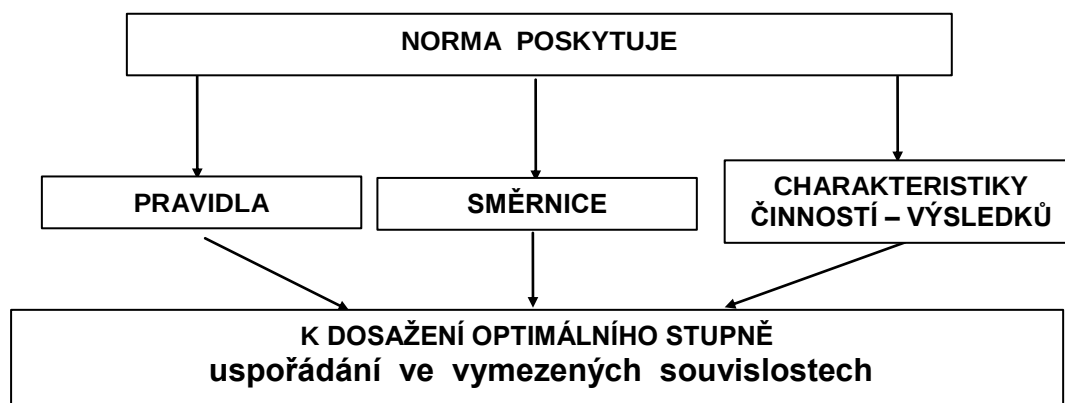
Pro výrobky nízkého napětí (50 - 1000 V střídavých a 75 – 1500 V stejnosměrných) platí nařízení vlády NV 17/2003, definující technické požadavky na zařízení nízkého napětí. Tento předpis obecně formuluje vlastnosti a požadavky na výrobek, jeho dokumentaci, provedení, ale i systém vnitřní kontroly výroby. Seznam přejatých harmonizovaných nebo určených technických norem, týkajících se

daného technického předpisu lze nalézt ve věstníku Úřadu pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (www.unmz.cz).

❑ **Technické normy**

České technické normy určují všeobecné technické věci a stanoví požadavky na výrobky a technicko – organizační činnosti pokud je to účelné z hledisek:

- jednotek, terminologie, technické dokumentace
- jakosti výrobků
- ochrany (zdraví, majetek, životní prostředí)



Česká technická norma je dokument schválený pověřenou právnickou osobou pro opakované nebo stálé použití vytvořený v souladu se zákonem 22/1997 Sb. a označený písmenným označením ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

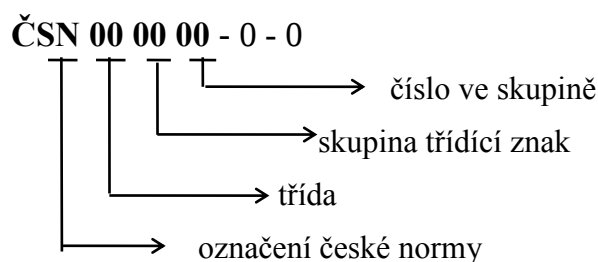
Česká technická norma není obecně závazná. Pojem nezávaznost norem však nelze chápat jako jejich neplatnost. Norma vymezuje určité optimum výrobního procesu, zabezpečení apod. Definuje se jako nezbytné bezpečnostní minimum, kdy určitý výrobek nebo ochranu lze udělat lépe. Jejich nezávaznost lze tedy chápat jako prostor pro inovace nebo aplikace nových lepších principů.

Označování a řazení českých norem (tzv. čistých)

Označení se skládá:

- ze značky české normy (např. ČSN, nebo ČSN P - předběžná, ČSN (návrh))
- z šestimístného čísla - tzv. třídícího číselného označení,
- z čísla uvedeného za pomlčkou - pomlčkami v případě rozdělení normy do více částí - podčástí, (např. ČSN 34 7010 -3, ČSN 34 1650 -2-11)

Příklad



Označování převzatých norem se skládá:

- a) - ze značky české normy a značky normy mezinárodní nebo evropské, (např. ČSN ISO 2064 - z čísla uved. za pomlčkou
- b) - nebo kombinací obou předchozích způsobů a), b) např. ČSN 01 0172-ISO 5964
- c) - v případě zapracování dokumentů HD nebo QC pak jejich označením (např. ČSN 34 7410-3 HD 21.3S2, ČSN IEC 723-1 QC 25 0000)

V případě převzatých norem je této normě přiřazen tzv. **identifikační znak**, dle kterého je norma zařazena do našeho systému číselného označení - třídění) norem. Příklad. ČSN EN 60034-1 (35 0000)

Tato norma byla prodána firmou: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, IČO 61989100
Prodej nebo poskytnutí normy třetí osobě je v rozporu se zákonem !

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA Srpen 2007
ICS 13.280, 91.140.50

**Elektrické instalace nízkého napětí –
Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění
bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým
proudem** **ČSN 33 2000-4-41**
ed. 2

eqv HD 60364-4-41:2007
mod IEC 60364-4-41:2005

Low voltage electrical installations –
Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock
Installations électriques à basse tension –
Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques
Errichten von Niederspannungsanlagen –
Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag

Tato norma je českou verzí harmonizačního dokumentu HD 60364-4-41:2007. Překlad byl zajištěn Českým normalizačním institutem. Má stejný status jako oficiální verze.
This standard is the Czech version of the Harmonization Document HD 60364-4-41:2007. It was translated by Czech Standards Institute. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem
S účinností od 2009-02-01 se nahrazuje ČSN 33 2000-4-41 z února 2000, která do uvedeného data platí společně s touto normou.

 © Český normalizační institut, 2007
Podle zákona č. 22/1997 Sb. smí být české technické normy rozmnožovány
a rozšiřovány jen se souhlasem Českého normalizačního institutu. 78895

Obr. 1.4. Hlavička normy ČSN 33 2000 – 4 – 41 ed. 2.



Shrnutí pojmů 1.

Vyhrazená technická zařízení jsou zařízení se zvýšenou mírou ohrožení zdraví a bezpečnosti osob a majetku (právně vzato se jedná o tzv. oprávněný zájem) a jsou to zařízení tlaková, zdvihací, elektrická a plynová.

Technický předpis je pro účely zákona 22/1997 Sb. právní předpis, obsahující technické požadavky na výrobky, popřípadě pravidla pro služby nebo upravující povinnosti při uvádění výrobku na trh, popřípadě do provozu.

Česká technická norma je dokument schválený pověřenou právnickou osobou pro opakované nebo stálé použití, vytvořený v souladu se zákonem 22/1997 Sb. a označený písmenným označením ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.



Otázky 1.

1. Proč je nutné evidovat do knihy úrazů každý pracovní úraz ?
2. Co se rozumí pojmem řízení rizik, co je to tzv. zbytkové riziko ?
3. Za jakých podmínek lze výrobek, který by mohl ohrozit oprávněný zájem (vztahují se něj technické předpisy) konstruovat v rozporu s platnými normami ?

2. DEFINICE POJMŮ



Čas ke studiu: 15 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- znát význam všeobecně užívaných odborných termínů v elektrotechnice
- charakterizovat aspekty, na kterých závisí bezpečný provoz VTZ



Výklad

2.1. Bezpečnost elektrických zařízení

□ Definice pojmu bezpečnost elektrických zařízení

Pojem bezpečnost elektrických zařízení je obtížně definovaný termín. Připustíme – li drobné zkreslení, lze pojem bezpečnost elektrických zařízení definovat jako **schopnost nezpůsobit škody**. Pojem škoda můžeme uvažovat ohrožení života a zdraví osob, hmotné škody a škody na životním prostředí (tedy to co jsme v minulé kapitole definovali jako tzv. oprávněný zájem).

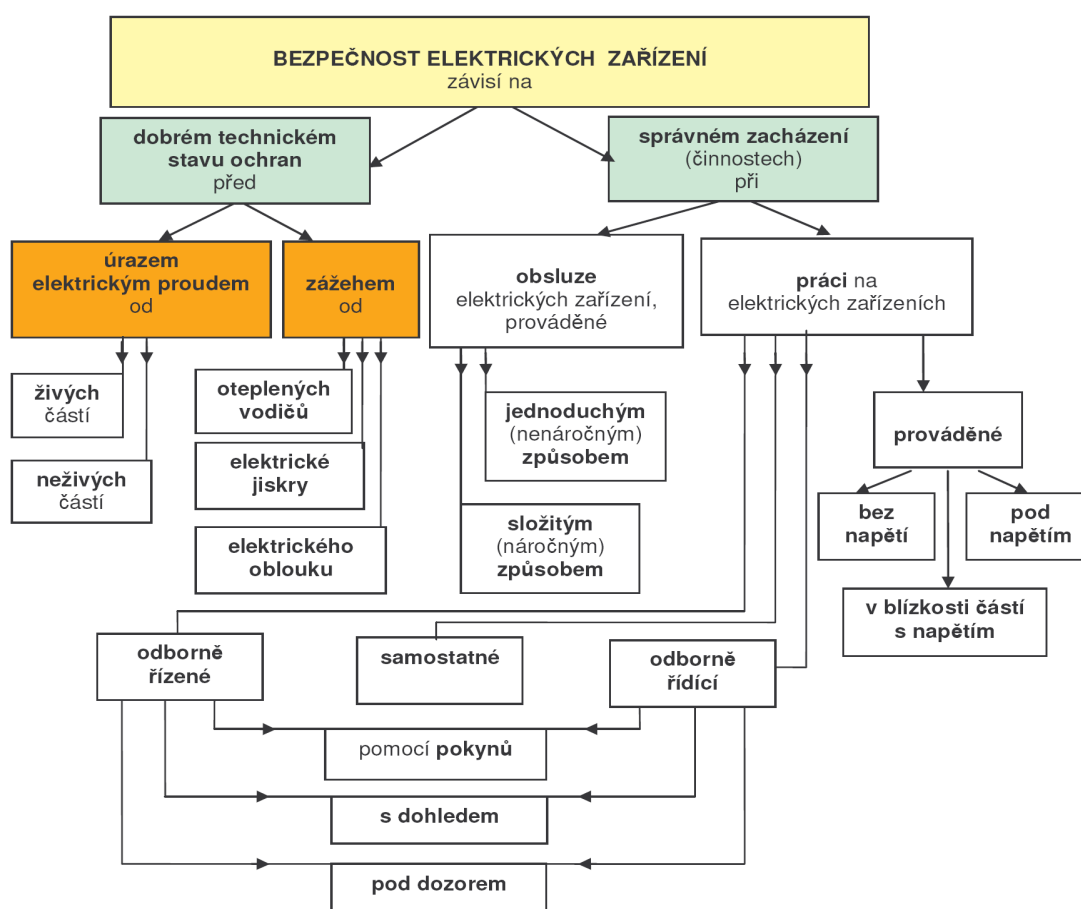
Elektrické zařízení se při svém provozu může stát zdrojem mnoha **elektrických nebezpečí** (tj. zdrojů potenciální škody). Tato nebezpečí mohou vznikat jednak **při poruše** popř. špatném technickém stavu zařízení, jehož příčinou může být úraz elektrickým proudem nebo zážeh od oteplených vodičů nebo jiskry nebo oblouku v důsledku spínání, vypínání nebo zkratu, ovšem i v **normálním** bezporuchovém stavu nejčastěji při neodborné obsluze nebo práci na elektrickém zařízení.

Proto lze bezpečnostní opatření pro zajištění bezpečného provozu elektrických zařízení rozdělit do dvou skupin:

Organizační opatření - se týkají výběru a odborné elektrotechnické kvalifikace pracovníků provádějících činnost na elektrickém zařízení.

Technická opatření - mají vyloučit nebo podstatně snížit riziko úrazu způsobené elektrickým zařízením, která svým provedením, volbou a umístěním nemusí být vždy naprosto bezpečná.

Teprve koexistence obou těchto opatření může významnou měrou snížit riziko úrazu při provozování elektrických zařízení (týká se jak elektrických rizik, z nichž je nejvýznamnější riziko úrazu elektrickým proudem, tak i např. mechanických rizik při provozu točivých elektrických strojů).



Obr. 2.1. Schéma bezpečnosti elektrických zařízení

2.2. Odborné termíny

□ Užití odborných termínů

Pro správné pochopení principů a požadavků normativních dokumentů nestačí pouhá znalost fyzikální podstaty. Ta je nutnou, nikoliv však postačující podmínkou. Aby se technici byli schopni mezi sebou domluvit, musí platit jednoznačně definované termíny, jejichž význam je zcela přesně definován. Proto ve většině technických norem je v úvodu kapitola *termíny a definice*.

Velmi často se lze setkat s neodborně přeloženým manuálem a návody k obsluze elektrických zařízení nebo nesmyslnými výrazy v technické dokumentaci. Pro zcela jednoznačný výklad i do cizích jazyků je součástí technických norem soubor IEC 50 (ČSN IEC 50) – Mezinárodní elektrotechnický slovník. Není nutné zdůrazňovat, že překlad s pomocí kapesního konverzačního slovníku leckdy degraduje snahu o srozumitelnost dokumentace a bylo by pravděpodobně lepší zachovat plnohodnotný a terminologicky správný anglický manuál (je-li k dispozici).

Citát:

"Odborné názvosloví neboli terminologie je nezbytnou podmínkou ke zvládnutí a využití všech zkušeností a myšlenek ve všech oborech. Vyspělá terminologie je nutná nejen k jejich dokumentování, ale i k jejich překládání a k pohotovému tlumočení, k jejich využívání při výuce na odborných školách jakož i k vyučování cizím jazykům".

2.3. Dělení elektrických zařízení

□ Pojem elektrické zařízení

Elektrické zařízení je zařízení, které ke své činnosti nebo působení využívá účinků elektrických nebo elektromagnetických jevů. Elektrické zařízení nebo jeho části se skládají z elektrických obvodů, elektrické instalace a elektrických předmětů.

- Elektrický obvod je soustava vodičů a jiných prvků, kterými může protékat elektrický proud.
- Elektrická instalace je sestava vzájemně spojených elektrických předmětů a částí zařízení v daném prostoru nebo místě.
- Elektrický předmět je konstrukční část, sestava nebo celek, která se připojuje nebo zapojuje do elektrického obvodu.

□ Dělení elektrických zařízení podle účelu používání

Elektrická zařízení se podle svého účelu dělí na zařízení sdělovací, řídicí, silová a zvláštní.

- Silová zařízení jsou zařízení sloužící k výrobě, přeměně, přenosu a rozvodu elektrické energie. Jejich účel je tedy využití elektřiny jako formy energie.
- Sdělovací zařízení jsou elektrická zařízení sloužící k přenosu, zpracování, znamu a reprodukci informací v jakékoliv formě. Jejich účelem je využití elektřiny k přenosu a zpracování informací.
- Řídicí zařízení jsou elektrická zařízení, která slouží k ovládání, měření, řízení ochraně a kontrole elektrických a neelektrických zařízení.
- Zvláštní zařízení jsou elektrická zařízení, která slouží zvláštním účelům, jiným, než zařízení výše jmenovaná. Jedná se např. o laboratorní, nebo zdravotnická zařízení.

Elektrické zařízení se posuzuje jako celek podle účelu, ke kterému má sloužit. Proto silové zařízení může obsahovat řídicí a sdělovací. Zejména v dnešní době je hranice mezi řídicími a sdělovacími zařízeními neostrá, vzniklá nepřesnost našťěstí ovšem neznamena problémy.

□ Dělení elektrických zařízení podle nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Elektrická zařízení se podle nebezpečí úrazu elektrickým proudem dělí na zařízení silnoprůdová a slaboprůdová.

U silnoprůdových zařízení mohou při obvyklém užívání vznikat proudy nebo dojít k výskytu napětí, která mohou být nebezpečná osobám, užitkovým zvířatům, majetku a věcem.

Slaboprůdovými zařízeními nazýváme ta zařízení, u nichž tyto proudy a napětí nevznikají.

□ Dělení elektrických zařízení podle druhu a velikosti napájecího napětí

V tabulce 2.1. je uvedeno dělení elektrických druhů zařízení podle druhu a velikosti napájecích napětí a dělení napětí do kategorií. Zde je důležité zdůraznit meze tzv. malého napětí (bezpečné malé napětí je druh malého napětí) a to je 50 V střídavých (ať již proti zemi nebo mezi vodiči navzájem) a tzv. nízké napětí, které je již napětím, které může vyvolat úraz elektrickým proudem a toto napětí je napětím vyšším než je malé napětí, ale nejvýše 1000 V sdružené nebo 600 V fázové u střídavých napájecích soustav a 1500 V u stejnosměrných soustav.

Kategorie napětí	Označení napětí	Název zařízení	Jmenovité napětí		
			v uzemněné soustavě		v izolované soustavě
			mezi vodičem a zemí	mezi vodiči	mezi vodiči
1.	2.	3.	4.	5.	6.
I	mn	zařízení malého napětí	do 50 V**) včetně	do 50 V**) včetně	do 50 V **) včetně
II	nn	zařízení nízkého napětí	nad 50 V do 600 V včetně	nad 50 V*) do 1000 V**) včetně	nad 50 V*) do 1000 V**) včetně
A	vn	zařízení vysokého napětí	nad 0,6 kV a menší než 30 kV	nad 1 kV a menší než 52 kV	nad 1 kV a menší než 52 kV
B	vvn	zařízení velmi vysokého napětí	od 30 kV a menší než 171 kV	od 52 kV a menší než 300 kV	od 52 kV a menší než 300 kV
C	zvn	zařízení zvlášť vysokého napětí	—	od 300 kV do 800 kV včetně	—
D	uvn	zařízení ultra vysokého napětí	—	nad 800 kV	—

Tab. 2.1. Dělení elektrických zařízení podle napětí a dělení napětí do kategorií

□ Výběr termínů z oblasti bezpečnosti v elektrotechnice

V následujícím odstavci budou objasněny některé termíny, se kterými se v textu bude dále pracovat, mnohdy bez dalšího upřesnění.

Živá část elektrického zařízení je vodič nebo vodivá část určená k tomu, aby při obvyklém užívání byla pod napětím. Nejčastěji se jedná o vodiče, vinutí motorů, transformátorů, ale i např. svorku baterie nebo akumulátoru.

Neživá část elektrického zařízení je vodivá část, které se lze dotknout a která není obvykle živá, ale může se stát živou v případě poruchy. Nejčastěji se jedná o kovové kryty.

Nebezpečná živá část je živá část, která za určitých podmínek může způsobit úraz elektrickým proudem. Prakticky se jedná o živou část s vyšším než tzv. bezpečným napětím.

Základní izolace je izolace živých částí, která zajišťuje tzv. základní ochranu, tj. ochranu před dotykem živých částí. Tato izolace musí mít definovanou kvalitu např. pro pracovní napětí 230 V AC musí tato izolace mít izolační pevnost 1250 V.

Přídavná izolace je izolace, která v kombinaci se základní izolací zajišťuje ochranu tzv. dvojitou izolací. Prakticky je to např. u prodlužovacích šňůr vnější plášť. Přídavná izolace má rovněž definovanou kvalitu, pro pracovní napětí 230 V AC je předepsána izolační pevnost 2500 V.

Dvojitá nebo zesílená izolace je kombinací základní a přídavné izolace nebo, je-li to výrobně jednodušší jedné vrstvy tzv. zesílené izolace tj. izolace mající vlastnosti základní a přídavné izolace. Je to izolace, jejíž zaručená elektrická pevnost musí být nejméně 4 kV (teoreticky 3750 V).

Ochranné uzemnění - uzemnění může být pracovní (pro správnou funkci) a ochranné. Ochranné uzemnění je spojení neživých částí pomocí ochranného vodiče se zemí. To je předpoklad vyrovnání potenciálů vadné části zařízení a země při poruše. Ochranné uzemnění slouží tedy buď k eliminaci dotykového napětí nebo k zajištění tzv. automatického odpojení od zdroje.

Ochranné pospojování – pospojování se provádí za účelem vyrovnání potenciálů. Dvě části dobře vodivě spojené mají stejné napětí. Je tedy vyloučena existence dotykového napětí. Na rozdíl od ochranného uzemnění není obvod pospojování uzemněn.

Porucha – poruchou z bezpečnostního hlediska u instalací a elektrických spotřebičů se myslí stav, kdy jsou buď volně přístupné nebezpečné živé části (např. porušením izolace) nebo kdy se neživé části stanou částmi nebezpečně živými (například spojením nebezpečných živých částí s částmi neživými).

Dotykové napětí – jedná se o napětí, kterému může být vystavena osoba při doteku elektrického zařízení. Nejčastěji se jedná o napětí část elektrického zařízení v poruše – potenciál země, ale může se jednat i o napětí mezi dvěma částmi elektrického zařízení v poruše např. u ochrany elektrickým oddělením.

Malé napětí – mn jedná se o napětí, které by nemělo způsobit úraz elektrickým proudem. V prostorech normálních se malým napětím rozumí hodnoty do 50 V AC resp. 120 V DC.

Nízké napětí – nn jedná se o napětí vyšší než napětí malé, ale nižší než napětí vysoké. Jeho meze jsou tedy 50 V AC – 600 V fázové, resp. 1 kV sdružené napětí a 120 V DC – 1,5 kV pro stejnosměrné.

Vysoké napětí – vn může být interpretováno dvěma způsoby. Vždy se jedná o napětí vyšší 1 kV AC (sdružené), resp. 1,5 kV DC. Z hlediska rozdělení napětí do hladin je vysoké napětí do 52 kV, u hladin napětí nad 52 kV hovoříme o velmi vysokém napětí, zvlášť vysokém napětí atd.. Často však pojmem vysoké napětí charakterizujeme napětí vyšší než 1 kV (tedy všechny další skupiny). V některých evropských zemích (a často bohužel i v českých překladech) figuruje pojem střední napětí – jeho meze jsou podobné našemu napětí vysokému.



Shrnutí pojmů 2.

Bezpečnost elektrických zařízení – schopnost nezpůsobit škody

Technická opatření – opatření spočívající v konstrukci, koncepci a provedení (zařízení).

Organizační opatření – opatření spočívající v kvalifikaci osob, jejich kompetencích, proškolení, v zásadách bezpečné činnosti a bezpečného provozu.

Živá část, neživá část, nebezpečná živá část – viz objasnění v kap. 2.2. výběr termínů z oblasti bezpečnosti.

Základní izolace, přídatná izolace dvojitá nebo zesílená izolace – viz objasnění v kap. 2.2. výběr termínů z oblasti bezpečnosti.

Ochranné uzemnění, ochranné pospojování – viz objasnění v kap. 2.2. výběr termínů z oblasti bezpečnosti.

Porucha, dotekové napětí – viz objasnění v kap. 2.2. výběr termínů z oblasti bezpečnosti.

Malé napětí – mn, nízké napětí – nn, vysoké napětí – vn – viz objasnění v kap. 2.2. výběr termínů z oblasti bezpečnosti.



Otázky 2.

4. Objasněte rozdíly mezi pojmy nebezpečí, škoda, riziko.
5. Může být živou částí kovové tělo malé ruční svítilny na bateriový provoz ?
6. Je plastový kryt notebooku neživou částí ?
7. Lze jakoukoliv izolaci vodiče považovat za alespoň izolaci základní ?

3. ZNAČENÍ BARVAMI A PÍSMENY, VÝZNAM BAREV



Čas ke studiu: 20 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- znát barevné a písmenné značení vodičů a svorek v elektrické instalaci
- objasnit pojem ovládač a sdělovač a přiřadit správné barevné kódování těmto prvkům v závislosti na jejich funkci
- charakterizovat druhy informačních tabulek užívaných v průmyslu



Výklad

3.1. Značení a barvy vodičů v elektrické instalaci v síti nn

□ Vyhrazené barvy

V elektrické instalaci nízkého napětí je v zásadě povoleno používat barvy: černá, hnědá, oranžová, červená, modrá, zelená, žlutá, bílá, fialová, šedá, růžová, tyrkysová. Předpis použití jednotlivých barev uvedený dále v textu je přednostní, tj. pokud nehrozí záměnou nebezpečný stav je možné od něj v krajním případě upustit.

Existují ovšem dvě výjimky. Jsou to tzv. vyhrazené barvy – jsou to barvy a kombinace jenž **nesmí** být použity pro jiný účel, než pro jaký jsou vyhrazeny. Jedná se o zeleno žlutou (kombinace zelené barvy a žlutých pruhů) a v České republice rovněž o málo sytou modř, nazývanou česky světle modrá.

Zeleno-žlutá barva musí být použita jen pro ochranný vodič (vodič PE). Proto se nedoporučuje ani užití vodičů barvy zelené nebo žluté tam, kde by toto mohlo vézt k záměně s ochranným vodičem.

Světle modrá barva musí být použita jen k identifikaci vodiče N (nulový nebo střední vodič).

Vodiče vyhrazených barev není dovoleno přeznačovat za účelem jiné funkce.

□ Přednostní barvy vodičů

Barvy vodičů se liší v závislosti na tom, jestli se jedná o tzv. holé nebo izolované vodiče. Holými vodiči rozumíme přípojnice (hliníkové nebo měděné pásy v rozvodnách, rozváděcích apod.). Izolovanými vodiči rozumíme jednotlivé izolované žíly (například kabelu) nebo tzv. jednožilové vodiče.

Tyto barvy jsou barvami přednostními, tj. je možné (s výjimkou barev vyhrazených) užít pro daný vodič i jiných barevných kombinací. Je profesní ctí a dobrým zvykem užívat přednostních barev. Velmi výjimečně lze trvanlivým značením přeznačit vodič pro účely jiné funkce.

Barvy holých a izolovaných vodičů jsou uvedeny v tab. 3.1 a v tab. 3.2. Kromě barev zmíněných silových vodičů v instalaci se setkáváme s vodiči, které mají odlišné barevné značení a slouží pro napájení ovládacích okruhů strojních zařízení (napájení relé, stykačů, kontaktní logika obecně), a s vodiči, které nejsou vypínány hlavním vypínačem (obvody místního osvětlení, zásuvka v rozváděči pracovního stroje). Tyto a některé jiné odlišnosti jsou vidět v tabulce 3.3.

Stejnoseměrná soustava (DC)		Trojfázová a jednofázová střídavá soustava (AC)	
kladný pól	červená	fázový vodič	oranžová, pro rozlišení pořadí fáze se používají černé pruhy
záporný pól	tmavě modrá		
střední vodič	světle modrá	nulový vodič	světle modrá
ochranný vodič	zeleno-žlutá	ochranný vodič	zeleno-žlutá
PEN vodič	zeleno - žlutá	PEN vodič	zeleno - žlutá

tab.3.1. Přednostní barvy holých vodičů.

Stejnoseměrná soustava (DC)		Trojfázová a jednofázová střídavá soustava (AC)	
kladný pól	černá	fázový vodič	hnědá, černá, šedá
záporný pól	černá		
střední vodič	světle modrá	nulový vodič	světle modrá
ochranný vodič	zeleno-žlutá	ochranný vodič	zeleno-žlutá
PEM vodič (ochranný a střední)	zeleno – žlutá s modrými návrsky na koncích	PEN vodič (ochranný a nulový)	zeleno – žlutá s modrými návrsky na koncích

tab.3.2. Přednostní barvy izolovaných vodičů.

Barva	Význam
tmavě modrá	stejnoseměrné napájení řídicích okruhů pracovních strojů
tmavě červená	střídavé napájení řídicích okruhů pracovních strojů
oranžová	obvody nevypínané hlavním vypínačem (!!! mohou být pod napětím)

tab.3.3. Barvy izolovaných vodičů užívaných pro zvláštní funkci.

Kromě zmíněných přednostních barev je dobré vést v evidenci následující fakta:

- šedým vodičem se v instalacích a u strojů v Japonsku a USA značí nulový vodič;
- zeleným vodičem se v instalacích v Japonsku a USA značí ochranný vodič;
- ve starých instalacích u nás se zeleným vodičem značil ochranný vodič. Styk starého a nového značení PE vodiče je možný bez úprav.

□ Značení vodičů a svorek písmeny

Pro písmenné značení vodičů a svorek existuje rovněž jednoznačný předpis. Význam značení je uveden v tab. 3.4. resp. v tab. 3.5. Místa připojení ochranného vodiče napájecí sítě se značí písmeny PE, místa připojení ochranného vodiče uvnitř stroje, rozváděče pro zachování spojitosti ochranného obvodu se značí grafickou značkou „stromečku“ na obr. 3.1.



Obr. 3.1. Grafická značka připojovacích míst ochranného vodiče PE.

Stejnoseměrná soustava (DC)		Trojfázová a jednofázová střídavá soustava (AC)	
kladný pól	L+	fázový vodič	L – u 1-f soustavy
záporný pól	L-		L1, L2, L3 u 3-f
střední vodič	M	nulový vodič	N
ochranný vodič	PE	ochranný vodič	PE
PEM vodič (ochranný a střední)	PEM	PEN vodič (ochranný a nulový)	PEN
vodič ochranného pospojování uzemněného	PBE	vodič ochranného pospojování neuzemněného	PBU

tab.3.4. Značení vodičů písmeny.

Stejnoseměrná soustava (DC)		Trojfázová a jednofázová střídavá soustava (AC)	
svorka kladného pólu	+	svorky pro připojení fázového vodiče	U – u 1-f soustavy
svorka záporného pólu	-		U, V, W u 3-f
svorka připojení středního vodiče	M	svorka připojení nulového vodiče	N
svorka ochranného vodiče	PE	svorka připojení ochranného vodiče	PE
svorka pro PEM vodič (ochranný a střední)	PEM	svorka pro PEN vodič (ochranný a nulový)	PEN
svorka vodiče ochranného pospojování uzemněného	PBE	svorka vodiče ochranného pospojování neuzemněného	PBU

tab.3.5. Značení svorek písmeny.

3.2. Rozhraní člověk – stroj, sdělovače a ovládače

□ Rozhraní člověk stroj

Rozhraním člověk stroj (*man-machine interface (MMI)*) rozumíme část zařízení určená k poskytování přímých komunikačních prostředků mezi obsluhou a zařízením, která umožňuje obsluhu řídit a sledovat provoz zařízení. V praxi obsahují ovládače, sdělovače a obrazovky. Ovládačem je část ovládacího systému, na který člověk působí při ovládací činnosti, sdělovačem mechanické, optické

nebo elektrické zařízení, nebo určitá část zařízení poskytující viditelné, slyšitelné nebo hmatové informace. Zjednodušeně vzato můžeme pod pojmem ovládač rozumět např. tlačítko, sdělovačem např. signálku indikující provozní stav zařízení.

Snahou je, aby z barvy sdělovače nebo ovládače bylo možno rychle a jednoznačně odhadnout funkci resp. závažnost vzniklé situace. Vzhledem k tomu, že světelná signalizace a barvy byly v posledních letech vícekrát podstatně změněny, lze signalizaci a ovládací tlačítka provedená podle předchozích norem ponechat do nejbližší rekonstrukce nebo zániku zařízení. Rovněž je nutné respektovat jednotné provedení významu barev na jednom pracovišti (tj. aby vedle sebe nebyla zařízení, kde jedna a tatáž barva může mít jiný význam).

❑ Staré a nové značení sdělovačů a ovládačů

Barva	Význam		
	Bezpečnost osob nebo životního prostředí	Provozní podmínky	Stav zařízení
ČERVENÁ	Nebezpečí	Nouzové	Porucha
ŽLUTÁ	Varování/výstraha	Abnormální	Abnormální
ZELENÁ	Bezpečí	Normální	Normální
MODRÁ	Zvláštní význam		
BÍLÁ ŠEDÁ ČERNÁ	Není přidělen zvláštní význam		

tab.3.6. Význam barevného značení.

Červenou barvou značíme u sdělovače nebezpečný stav, poruchu důležitého zařízení pro ovládače je červenou barvou značen nouzový vypínač nebo spuštění nouzové funkce.

Žlutou barvou značíme u sdělovače záadu, méně podstatnou poruchu, mimořádné stavy obecně jako přetížení nebo výpadek, u ovládače mimořádný stav jako např. ruční najetí přerušeného automatického cyklu.

Zelená barva značí u sdělovače i ovládače bezpečnou a řádnou funkci zařízení, u ovládače například zapnutí za normálních provozních podmínek.

Modrá barva značí u sdělovače a ovládače podmínky vyžadující zásah (příkaz) u ovládače to může být např. seřízení nebo nastavení stroje resp. strojního zařízení.

Bílá, šedá a černá barva nemá zvláštní význam, u sdělovače značí všeobecnou informaci bez hlubší návaznosti na bezpečnost.

Pro úplnost, je v tab. 3.7. uvedeno staré značení se kterým se lze dosud setkat v laboratořích a u energetických zařízení obecně. Není přípustné, aby v rámci jednoho celku bylo užito staré i nové značení.

Barva	Význam barvy	Příklad
<i>Zelená</i>	<i>Normální klidový stav</i>	<i>El. zařízení bez napětí, motor v klidu, spínač vypnut</i>
<i>Červená</i>	<i>Normální provozní stav</i>	<i>Motor v chodu, spínač sepnut</i>
<i>Žlutá</i>	<i>Mimořádný provozní stav, porucha, kritický stav</i>	<i>Zvýšení napětí, nouzové vypnutí</i>
<i>Modrá</i>	<i>Ostatní hlášení</i>	

tab.3.7. Význam dříve užívaného barevného značení

□ Provedení ovládacích tlačítek

Pro provedení ovládacích tlačítek (spouštění a vypínání strojů, části instalace apod.) platí níže uvedené zásady v tab. 3.8.

Funkce tlačítka	Barva	Provedení	Poznámka
Start/Zap	Bílá, šedá, černá, může být zelená	Spínací tlačítko	Přednostní barva je bílá, mohou být i další uvedené, ale nikdy červená
Stop/Vyp	Černá, šedá, bílá, může být červená	V kontaktní logice rozpínací tlačítko	Přednostní barva je černá, mohou být i další uvedené, ale nikdy zelená
Total stop	Červená (pokud možno na žlutém reflexním pozadí)	Rozpínací tlačítko	Tlačítko je většinou hříbek, vždy s aretací (není samovolný návrat do výchozí pozice), znovu nastavení nesmí vyvolat spuštění stroje nebo instalace
Opakované použití Start-Stop	Bílá, šedá, černá	Spínací tlačítko	

tab.3.8. Provedení a barvy tlačítek.

3.3. Barevné značení tabulek

□ Barvy a druhy tabulek

Barevné značení tabulek je v zásadě shodné s barevným kódováním sdělovačů a ovládačů. Značky se dělí na zákazové (červené), příkazové (modré), výstražné (žluté) a informativní (zelené). Příklady značek jsou na obr. 3.2.



Obr.3.2. Barvy a druhy tabulek



Shrnutí pojmů 3.

Vyhrazená barva – barva, jenž nesmí být užita k jinému účelu, než pro jaký je určena.

Rozhraní člověk – stroj (MMI) – jedná se o signalizační a ovládací část stroje, určená pro obsluhu pro účely ovládání, předávání informací o stavu stroje atd.

Barevné kódování – barvy mají předepsaný určitý význam (vodiče, sdělovače, ovládače) tak, aby bylo možno pokud možno všude a rychle univerzálně dedukovat význam a funkci (vodiče, ovládače, sdělovače). Toto nezbavuje obsluhu povinnosti být zaškolen, event. znát návod k použití!



Otázky 3.

8. Vyjmenujte barevné a písmenné značení izolovaných vodičů fázových, nulových a ochranných v elektrické instalaci nízkého napětí.
9. Proč se nesmí nikdy přeznačovat zelenožlutý vodič.
10. Které barvy izolovaných vodičů jsou v instalaci barvami vyhrazenými co to znamená.
11. Jakou barvu a druh tlačítka použijete pro spínání např. motoru.
12. Jaké jsou požadavky na tlačítko nouzového vypnutí.
13. Vyjmenujte druhy barev používaných pro barevné kódování sdělovačů a ovládačů a jejich význam.

4. ZÁKLADNÍ PRINCIPY OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM



Čas ke studiu: 20 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Objasnit základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem.
- Definovat pojmy základní ochrana, ochrana při poruše, doplňková ochrana.
- Zdůvodnit potřebu užití dvou nezávislých ochrany.
- Vyjmenovat prostředky základní ochrany, ochrany při poruše a doplňkové ochrany v instalaci.



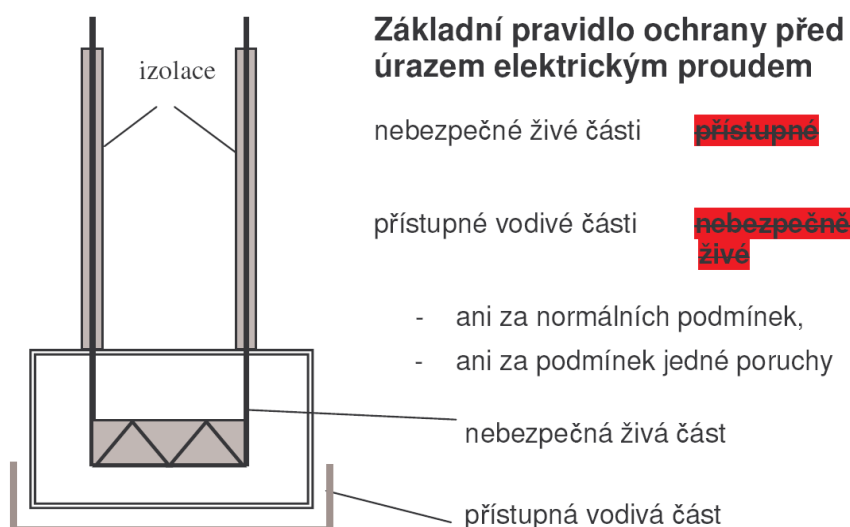
Výklad

4.1. Základní pravidla ochrany před úrazem elektrickým proudem

□ Základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem:

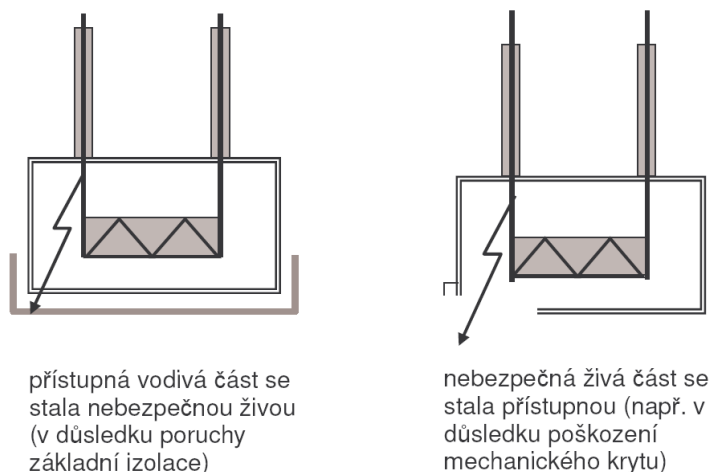
Nebezpečné živé části nesmí být volně přístupné a přístupné vodivé části nesmí být nebezpečně živé ani za normálních podmínek (provoz při určeném použití a bez poruchy) ani za podmínek jedné poruchy.

Toto pravidlo se pokusíme objasnit na příkladu elektrického spotřebiče – např. topného tělesa na následujících obrázcích. Na obr. 4.1. je spotřebič, který je v bezporuchovém stavu. Živé části – vodiče - jsou kryty vrstvou izolace, další živá část je kryta krytem, takže živé části nejsou přístupné. Přístupná neživá část (kryt) není spojena s částí živou, proto na ní není za provozu potenciál.



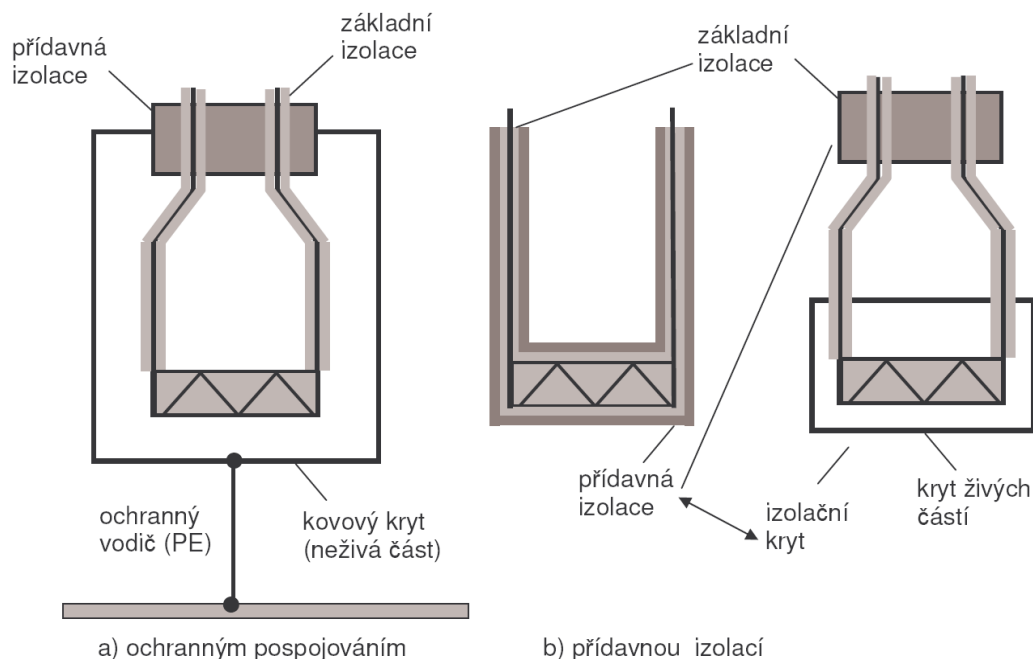
Obr.4.1. Objasnění pravidla ochrany před úrazem elektrickým proudem, bezporuchový provoz

Na obr. 4.2. je vidět, jaké uvažované poruchy mohou vzniknout. Z hlediska rizika úrazu elektrickým proudem je to poškození krytu (nebo poškození základní izolace), porucha (průraz) izolace na kostru. V tomto případě je již živá část volně přístupná resp. neživá část se stala částí nebezpečně živou, což je nepřijatelný stav.



Obr.4.2. Objasnění vzniku poruchy

Na obr. 4.3. jsou naznačeny některé ze způsobů, jak zajistit ochranu před úrazem elektrickým proudem v podmínkách jedné poruchy. Jednou z možností je ochranné pospojování (spojení neživých částí s PE vodičem sítě) a to buď realizací automatického odpojení od zdroje (bude rozebráno dále) nebo snížením dotykového napětí pod konvenční mez, druhou zde vyobrazenou možností je nanesení na základní izolaci izolaci přídatnou (tím vznikne izolace dvojité), kdy porušení nebo průraz obou vrstev izolace je nepravděpodobný. Další možnosti a podrobnější požadavky budou rozebrány v textu.



Obr.4.3. Způsoby jak zajistit ochranu v podmínkách 1 poruchy

4.2. Fyzikální podstata zamezení úrazu elektrickým proudem v instalacích

□ Podstata zamezení úrazu elektrickým proudem v instalacích nn

Úraz elektrickým proudem vznikne v důsledku průchodu proudu tělem postiženého, který je podle Ohmova zákona přímo úměrný dotekovému napětí a nepřímo úměrný impedanci této cesty proudu. Proto lze technicky tuto ochranu realizovat některým z níže uvedených principů:

- Zamezení dotyku se živou částí.
- Omezení proudu/ náboje na bezpečnou hodnotu.
- Včasné samočinné odpojení od zdroje.
- Snížení dotkového napětí pod konvenční mez.

Jak technicky některý z těchto principů realizovat bude rozebráno dále v textu.

□ Zamezení dotyku se živou částí

Toto zamezení dotyku lze realizovat např. kryty, zábranami, přepážkami nebo izolací. V zásadě se jedná o prostředky tzv. základní ochrany, které budou rozebrány dále, ale i např. komplexní ochranné opatření – ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací.

□ Ochrana ustáleným proudem/ nábojem

Souvisí s účinky elektrického proudu na lidský organismus. Předně je nutné zdůraznit, že neexistuje bezpečný proud. Má se za to, že hodnoty proudu pod 0,5 mA nejsou člověkem vnímány, proudy nad 5 mA již mohou způsobit křečovitě stahy a obtíže dýchání, ale bez škod na organismu. Toto platí pro zdravého jedince.

Omezení ustáleného dotkového proudu a náboje musí chránit osoby nebo hospodářská zvířata, aby nebyly vystaveny působení ustáleného dotkového proudu a náboje o takových hodnotách, že by mohly být nebezpečné nebo citelné:

- Doporučen ustálený proud 0,5 mA st, 2 mA ss.
- Možno zvýšit na 3,5 mA st, 10 mA DC.
- Práh bolesti 50 mC, jinak náboj 5 mC.
- Uplatnění např. ochranná impedance (vadaska).

□ Včasné samočinné odpojení od zdroje

Jedná se o nejčastější ochranné opatření. Podstatou je odpojení vadné části elektrické instalace od zdroje napájení. Toto odpojení může být realizováno jističem, pojistkou nebo proudovým chráničem. V síti TN 3*400/230 V je pro koncové obvody předepsán vypínací čas 0,4 s.

□ Snížení dotkového napětí pod konvenční mez

V tabulce 4.1. jsou meze konvenčních dotkových napětí. Tyto meze jsou shodné s mezemi malých napětí.

Za bezpečná napětí proti zemi se považují hodnoty napětí nejvýše ve [V]				
v prostorech	střídavá		stejnoseměrná	
	působící			
	trvale	krátkodobě	trvale	krátkodobě
normálních a nebezpečných	25	50	60	120
zvlášť nebezpečných	0	12	0	25
Pojmem krátkodobé působení se myslí působení když je instalace v poruše do doby než bude tato porucha odstraněna				

Tab.4.1. Meze konvenčních dotykových napětí

4.3. Koordinace ochrany, technické prostředky k dosažení ochrany před úrazem elektrickým proudem

□ Princip koordinace ochrany

Jak bylo objasněno výše je u elektrických zařízení požadováno, aby ani v podmínkách jedné uvažované poruchy nepředstavovaly bezpečnostní riziko vzniku úrazu elektrickým proudem. Tohoto lze dosáhnout kombinací různých nezávislých technických prostředků ochrany k zajištění bezpečnosti.

Proti dotyku živých částí se aplikuje **ochrana základní** (dříve také nazývaná ochrana před přímým dotykem), proti dotyku neživých částí se aplikuje **ochrana při poruše** (dříve také nazývaná ochrana před nepřímým dotykem). V některých případech se aplikuje **ochrana zvýšená**, která zajišťuje úroveň danou kombinací ochrany základní a ochrany při poruše.

Je-li to z bezpečnostního hlediska žádoucí lze v instalacích nad rámec těchto ochrany aplikovat **ochranu doplňkovou** (což je ochrana pro případ, že selže ochrana základní nebo při poruše).

□ Ochrana základní

Ochranou základní rozumíme ochranu před přímým dotykem, tedy dotykem živých částí. Lze ji v elektrické instalaci realizovat některým z následujících způsobů:

- izolací;
- kryty, přepážky – krytí min IP2x resp. IP4x – bude rozebráno později;
- zábranou / polohou.

Existují další typy základních ochrany, ty se však v nízkonapěťových instalacích neuplatňují. Uplatňují se u výrobků (spotřebičů) a v sítích např. vysokého napětí.

□ Ochrana při poruše

Ochranou při poruše rozumíme v instalacích vždy kombinace ochrany základní a

- automatického odpojení od zdroje;
- dvojitou nebo zesílenou izolací;
- elektrickým oddělením pro napájení 1 spotřebiče.

Pro instalace pod dozorem kvalifikovanou obsluhou navíc můžeme uplatnit ochranné opatření složené ze základní ochrany a:

- ochrany nevodivým okolím;
- ochrany elektrickým oddělením pro napájení více než 1 spotřebiče;
- neuzemněným místním pospojováním.

Principy těchto ochrany budou rozebrány dále v textu.

□ Ochrana zvýšená

Pojmem zvýšená ochrana rozumíme kombinaci opatření ochrany základní a ochrany. V instalacích prakticky používáme dva druhy těchto ochrany:

- **ochranu zesílenou izolací** (analogie základní a přídavné izolace), s rozdílem, že je fyzicky při výrobě nanесena jedna vrstva izolace,

a v určitém přeneseném významu i

- **Ochrana bezpečným malým napětím**, jedná se o obvody SELV, PELV, jenž budou rozebrány dále.

□ Ochrana doplňková

Jako prostředky doplňkové ochrany, což je ochrana pro případ selhání základní ochrany nebo ochrany při poruše jsou v instalacích používány:

- proudový chránič;
- doplňující místní pospojování.



Shrnutí pojmů 4.

Koordinace ochrany, ochrana základní, ochrana při poruše, doplňková ochrana – viz kap. 4.3.



Otázky 4.

14. Objasněte rozdíl mezi užitím základní ochrany a ochrany při poruše, nakreslete elektrické zařízení a vyznačte živou a neživou část.
15. Při průrazu fáze na kostru lze v některých případech (druzích instalace) mít hodnotu dotekového napětí na kostry vůči zemi rovnou fázovému napětí tj. 230 V. Lze vůbec zabezpečit ochranu před úrazem elektrickým proudem?
16. Základní hodnotu, kterou by si měl každý elektrikář pamatovat je mez bezpečného malého napětí v prostorách normálních, která je shodná s konvenční mezí dotekových napětí pro krátkodobě působící poruchu. Jaká je tato hodnota?
17. Bylo by možné aplikovat nějakou ochranu, která je účinná při dvou na sobě nezávislých poruchách? Pokud ano, proč se běžně nepoužívá?
18. Lze vynechat ochranu při poruše? Pokud ano, kdy?

5. ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ – PŘIPOJOVÁNÍ, TŘÍDY OCHRAN



Čas ke studiu: 20 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- definovat rozdíly mezi třídami ochrany elektrických zařízení,
- znát zásady připojování elektrických zařízení,
- objasnit existující riziko při nesprávném propojení pohyblivých přívodů a prodlužovacích šňůr.



Výklad

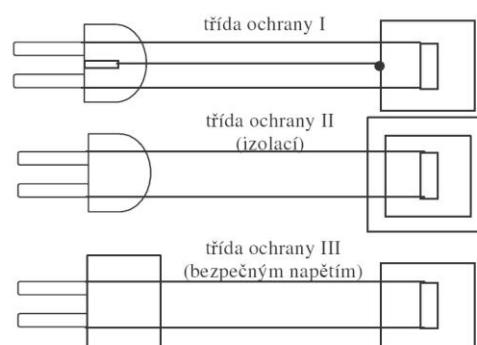
5.1. Třídy ochrany elektrických zařízení

□ Třídy ochrany

Elektrická zařízení (zejména spotřebiče) se konstruují v třídách ochrany. Jsou definovány 4 třídy ochrany (tř. 0, tř. I., tř. II, tř. III). Tyto třídy vyjadřují konstrukci zařízení resp. jakým způsobem bude zajištěna ochrana před úrazem elektrickým proudem.

Třídy ochrany

Tabulka 3: Označení ochranných tříd dle IEC ⁶ 417		
třída ochrany	značka	použití ochranných opatření
I		s ochranným vodičem (spotřebič je spojen s ochranným vodičem zařízení)
II		ochranná izolace (spotřebič se základní a dodatečnou izolací – např. svítidla)
III		nízké napětí (připojení pouze na obvody SELV a PELV, viz str. 249) např. nízkovoltové žárovky



Obr. 5.1. Třídy ochrany elektrických spotřebičů a jejich označení

□ Třída ochrany 0

Zařízení třídy ochrany 0 je Zařízení se základní izolací jako prostředek základní ochrany a bez jakéhokoliv opatření pro ochranu při poruše. V ČR je její užití zakázáno.

□ Třída ochrany I

Zařízení třídy ochrany I je Zařízení se základní izolací jako prostředek základní ochrany a ochranného pospojování jako prostředkem ochrany při poruše. Místo připojení ochranného vodiče je popsáno písmeny PE nebo grafickým symbolem na obr. 5.2.

Při poruše spotřebiče a výskytu napětí na kovové kostře instalace se vadný spotřebič odpojí nebo skrze vodič PE realizující pospojování sníží hodnotu dotykového napětí. Příkladem takového spotřebiče jsou

např. pračka, lednička, žehlička. Spotřebiče třídy ochrany I se připojují do jednofázové sítě pohyblivým přívodem třívodičově (L, N, PE). Bezpečnost zařízení třídy ochrany I tedy závisí na správném připojení a správné elektrické instalaci.



Obr. 5.2. Označení místa připojení ochranného vodiče k zařízení tř. ochrany I.

□ Třída ochrany II

Zařízení třídy ochrany II se skládá z následujících ochranných opatření:

- základní izolaci jako prostředkem základní ochrany, a
- přídavnou izolaci jako prostředkem ochrany při poruše,
- nebo, ve kterém
- je základní ochrana a ochrana při poruše zajištěna zesílenou izolací.

Porucha, která by způsobila porušení základní i přídavné izolace se neuvažuje. Zařízení třídy ochrany II je zařízení, u něhož je bezpečnost zajištěna konstrukcí. Jeho bezpečnost není závislá na stavu a provedení instalace.

Zařízení třídy ochrany II se značí značkou podle obr. 5.3. Kovové části na povrchu (kryty) se označují značkou podle obr. 5.4.



Obr. 5.3. Označení zařízení třídy ochrany II.



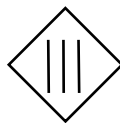
Obr. 5.4. Označení kovových částí na povrchu zařízení třídy II.

Zařízení třídy ochrany II se v naprosté většině případů připojuje k napájecí síti dvouvodičově (L,N) přívod je vždy s nerozebíratelnou vidlicí. Oprava pohyblivého přívodu se řeší jeho výměnou (není možno měnit pouze vidlici za vidlici pro spotřebiče třídy ochrany I). Typickými spotřebiči jsou např. kuchyňský mixér, ruční nářadí (vrtačky, přímočaré pily, motorové pily), novější typy vysavačů.

□ Třída ochrany III

Zařízení třídy ochrany III jsou zařízení napájená bezpečným malým napětím. Zařízení spoléhající na omezení napětí na hodnoty malého napětí jako prostředek základní ochrany, které nemá žádný prostředek ochrany při poruše.

Tato zařízení nesmí mít prostředky k připojení ochranného vodiče sítě. Připojuje se pouze k napájecím obvodům SELV nebo PELV (ochrana bezpečným malým napětím), a to nezáměnnou vidlicí (nelze zasunout do jiné napěťové soustavy). Značka zařízení tř. ochrany III je na obr. 5.5.



Obr. 5.5. Označení zařízení třídy ochrany III.

5.2. Připojování elektrických zařízení

□ Pohyblivý, poddajný a prodlužovací přívod, pojmy, společná ustanovení

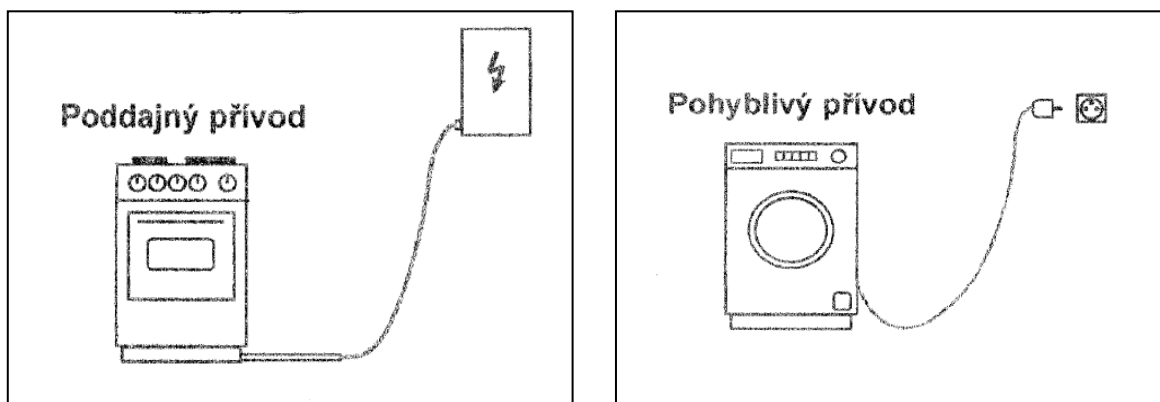
Poddajný přívod je přívod, provedený šňůrou nebo ohebným kabelem, od něhož se vyžaduje, aby umožňoval pohyb připojeného elektrického spotřebiče v určitém vymezeném rozsahu. Poddajné přívody jsou obvykle připojeny ke svorkám pevného rozvodu. Příkladem mohou být např. akumulární kamna.

Pohyblivý přívod je přívod provedený ohebným kabelem nebo šňůrou opatřenou na konci vidlicí, od něhož se vyžaduje, aby umožňoval volný pohyb spotřebiče nebo zařízení v rozsahu danému délkou přívodu. Pohyblivé přívody se nejčastěji připojují do zásuvek pevného rozvodu nebo prodlužovacího přívodu.

Prodlužovací kabel je sestava složená z ohebného kabelu nebo šňůry vybavená nerozebíratelnou vidlicí a nerozebíratelnou přenosnou zásuvkou, které se k sobě hodí.

Při provedení všech druhů přívodů musí platit následující body:

- připojit se musí všechny vodiče připojovaného zařízení (tj. pracovní a ochranný, je-li použit);
- spoje musí být odlehčeny od tahu tj. není přípustné, aby tah v kabelu byl přenášen do spojů, odlehčovací zařízení (spona) nesmí poškodit kabel případná deformace však není na závadu;
- při připojení k nízkému napětí (tj. více než 50 V AC) musí být užit kabel s dvojitou izolací;
- průřez kabelu musí odpovídat předpokládanému proudovému zatížení.



Obr. 5.6. Srovnání pohyblivého a poddajného přívodu.

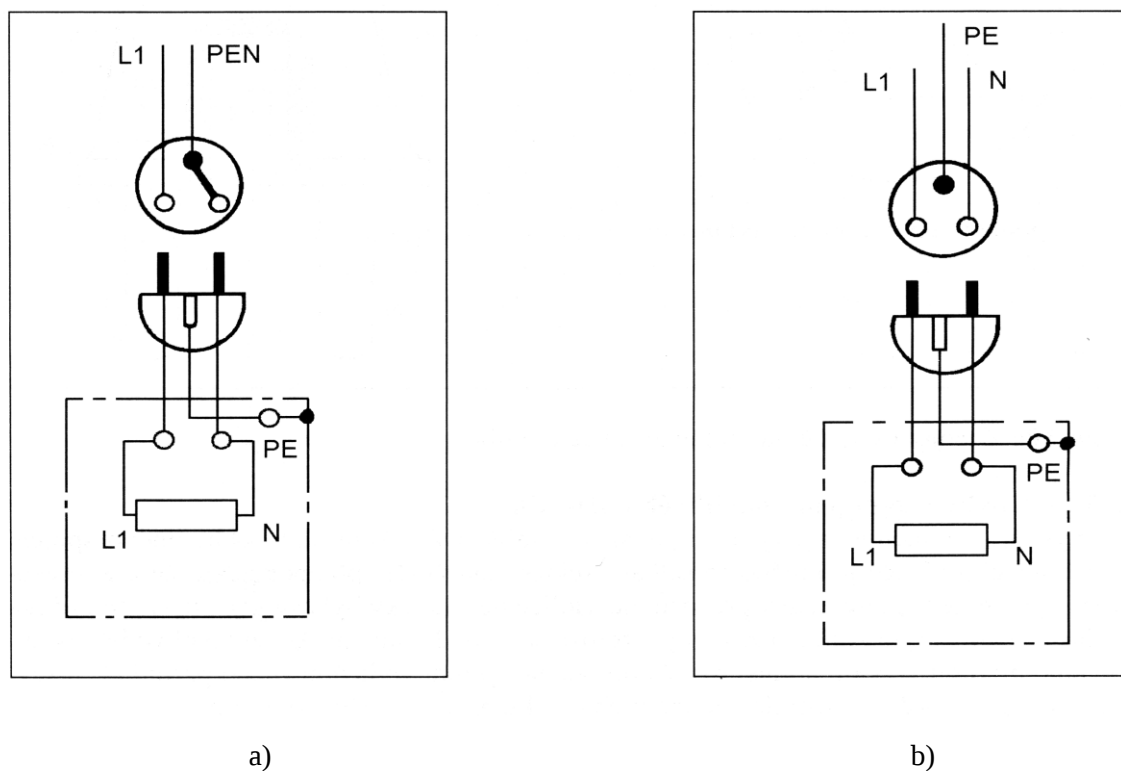
□ Zapojení pohyblivého přívodu

Pohyblivý přívod se ke spotřebiči třídy ochrany I napájeném z jednofázové zásuvky zapojuje **zásadně** třívodičově, tj. zapojuje se fázový, nulový a ochranný vodič. Správné zapojení pohyblivého přívodu je na obr. 5.7.

Je zcela **nepřípustné** připojovat pohyblivý přívod ke spotřebiči třídy ochrany I dvoužilově. Pokud bychom vynechali ochranný vodič (vodič PE) vzniklo by zařízení třídy ochrany 0, jehož užití je v ČR zakázáno.

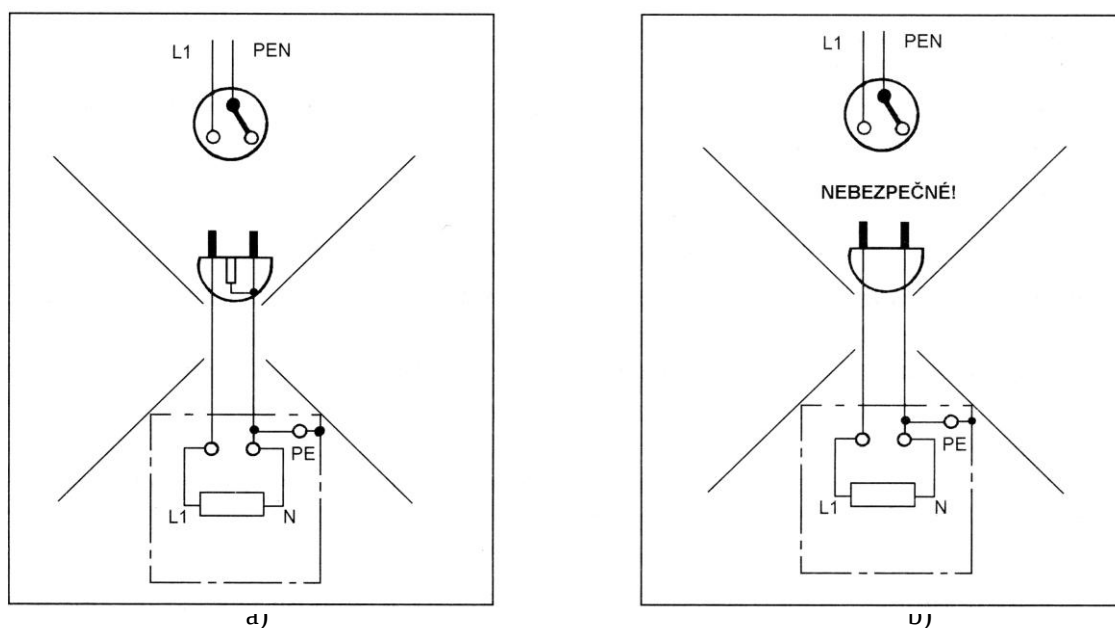
Pokud bychom zapojili spotřebič dvoužilově s tím, že na obou koncích provedeme „nulování“ viz obr. 5.8. vlevo, pak při připojení spotřebiče do zásuvky, kde je náhodou fázový vodič v pravé dutince (příklad některé ze starších rozboček) dojde ke zkratu. Při připojení do zásuvky chráněné proudovým chráničem dojde k vybavení chrániče.

Pokud bychom připojili spotřebič dvoužilově tak, že spojení vodiče N a PE provedeme jen na jedné straně, při zapojení do zásuvky, kde je náhodou fázový vodič v pravé dutince přivedeme na kostru přístroje fázové napětí. Takto neodborně provedená připojení a opravy jsou příčinou smrtelných úrazů.



Obr. 5.7. Správné zapojení pohyblivého přívodu.

- a) k síti TN-C, zásuvky v síti dle již neplatné ČSN 34 1010 ve starších instalacích,
- b) k síti TN-S, TT nebo IT podle současně platných norem.



Obr. 5.8. Chybné zapojení pohyblivého přívodu

- a) vlevo při připojení do sítě s fázovým vodičem vpravo vypadávají pojistky
- b) vpravo při připojení do sítě s fázovým vodičem vpravo riziko úrazu elektrickým proudem

□ Zapojení prodlužovacího přívodu a zásuvek v elektrické instalaci

Prodlužovací přívod se zapojuje zásadně s plným počtem vodičů tj. třívodičově v jednofázové soustavě a pětivodičově v třífázové soustavě. Důvody byly popsány v předchozím odstavci. Přestože existuje právě jedno správné zapojení, je účelné poukázat a objasnit rizika plynoucí z nesprávných zapojení.

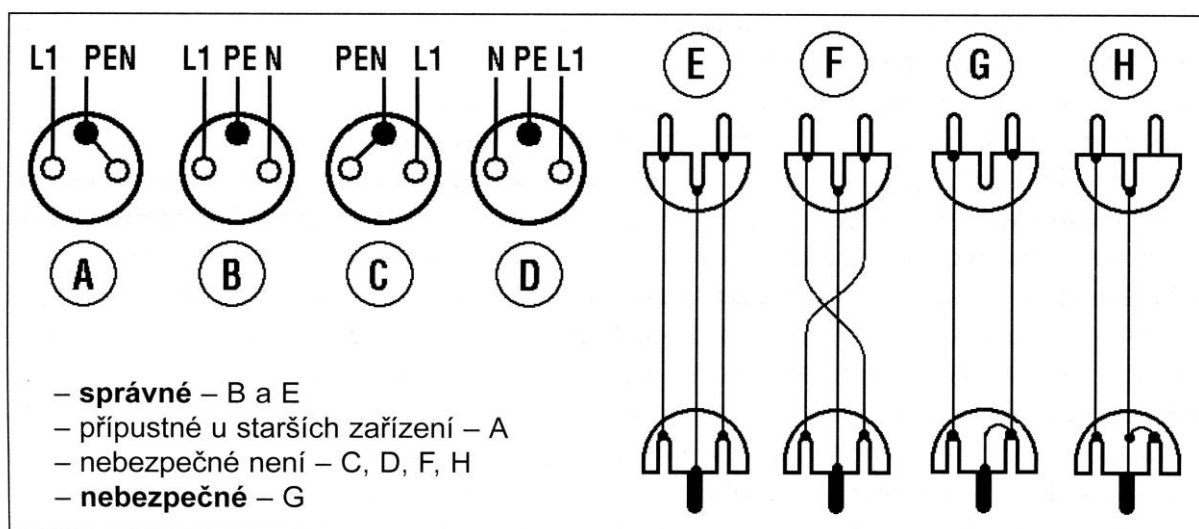
Na obr. 5.9. je vyobrazeno zapojení zásuvek a prodlužovacích přívodů. U zásuvek (a to i na konci prodlužovacích přívodů) musí platit, že při pohledu zepředu je fáze v levé dutince, nulový vodič v dutince pravé a ochranný vodič na kolíku jak je vyobrazeno na obr. 5.9. ad B.

Ve starších instalacích provedených ve standardu TN-C se prakticky vodič PEN zapojoval tak, že první byl připojen na kolík (ochranná funkce je nadřazená funkci pracovní) a potom pokračoval k nulové (pravé) dutince jak je vyobrazeno na obr. 5.9. ad A.

Při náhodném prohození polarity (tedy fáze vpravo, nulový vodič napravo) jak je na obr. 5.9. ad D resp. ad F nedochází k nebezpečné situaci, v některých evropských zemích se obě dutinky považují za pracovní a neupravuje se zde polarita, pouze by měla být v celém objektu shodná. **V ČR platí, že fázový vodič je při pohledu zepředu v levé dutince.**

Zapojení ad H resp. ad C nejsou bezprostředně nebezpečná, ale nesmějí se užívat. V zapojení ad h ovšem může vzniknout riziko úrazu při přerušení žíly spojující nulové kolíky.

Zapojení ad G může znamenat riziko úrazu elektrickým proudem při náhodném připojení do zásuvky s fází v pravé dutince a/nebo při přerušení žíly kabelu.



Shrnutí pojmů 5.

Spotřebič třídy ochrany I, II a III – viz kap. 5.1.

Pohyblivý a poddajný přívod – viz kap. 5.2.



Otázky 5.

19. Je elektrické zařízení třídy ochrany II bezpečnější, než zařízení třídy ochrany I? Napište si argumenty pro a proti.
20. Ve kterých případech je možné použít pro napájení zařízení dvoužílový pohyblivý přívod?
21. Proč musí být přístupný kabel připojující zařízení napájené nízkým napětím ve dvojité izolaci?

6. DRUHY ROZVODNÝCH SÍTÍ NÍZKÉHO NAPĚTÍ



Čas ke studiu: 25 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- Umět vyjmenovat základní vlastnosti rozvodných sítí TT, IT,
- Znát členění a vlastnosti sítí TN,
- Umět popsat podstatu automatického odpojení od zdroje v síti TN resp. TT.



Výklad

6.1. Rozdělení a značení rozvodných sítí

□ Prolog

Jak již bylo objasněno výše, při průrazu fáze na kostru se na kostře elektrického zařízení může vyskytnout fázové napětí. Je-li velikost tohoto dotykového napětí vyšší než je mez konvenčního dotykového napětí, vzniká riziko úrazu elektrickým proudem. Proto je nutno v instalacích zabezpečit ochranu při poruše (ochranu před nepřímým dotykem, ochranu před dotykem neživých částí).

Tato ochrana v napájecích sítích je realizována propojením s ochranným vodičem sítě PE (ochranné pospojování), které podobně jako síť může mít různý vztah k uzemnění nebo vzájemnému spojení. Podle vzájemných vazeb, tj. uzemnění pracovního vodiče sítě a propojení nebo nepropojení s PE vodičem lze definovat 3 kombinace – tedy 3 druhy napájecích sítí, které jsou schopny zabezpečit ochranu před úrazem elektrickým proudem.

□ Označování rozvodných sítí

Standardy instalace (IEC 364, ČSN 33 2000, atd.) používají tři základní druhy soustav TN, IT a TT, a mají definována důležitá ustanovení a ochranná pravidla. Použitý písmenný kód značení má následující význam:

XX – X



Prvé písmeno vyjadřuje vztah sítě a uzemnění:

T – bezprostřední spojení jednoho bodu sítě se zemí;

I – oddělení všech živých částí od země, nebo spojení jednoho bodu sítě se zemí přes velkou impedanci.

Druhé písmeno vyjadřuje vztah neživých částí rozvodu a uzemnění:

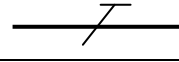
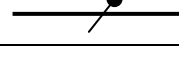
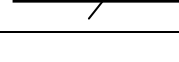
T – nepřímé spojení neživých částí se zemí;

N – přímé spojení neživých částí s uzemněným uzlem sítě (ve střídavých sítích je uzemněným bodem obvykle střed (uzel) zdroje nebo pokud není, uzemňuje se fázový vodič).

Další písmena (pokud existují) vyjadřují uspořádání středních a ochranných vodičů:

S – funkce ochranného vodiče je zajišťována vodičem vedeným odděleně od středního vodiče (nebo od uzemněného fázového u střídavých či uzemněného krajního u stejnosměrných sítí);

C – funkce středního a ochranného vodiče je sloučena v jediném vodiči (PEN vodič).

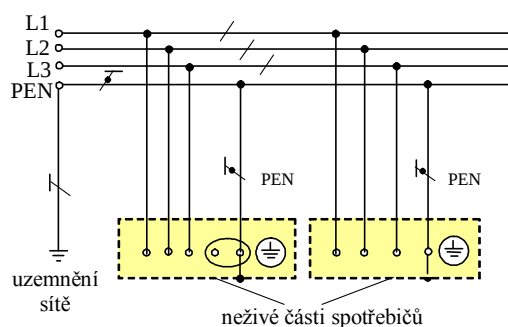
Vysvětlivky k označování vodičů ve schématech	
	Nulový vodič (N)
	Ochranný vodič (PE)
	Sloučený ochranný a nulový vodič (PEN)
	Fázový vodič (L)

6.2. Síť TN

□ Druhy sítí TN

U sítí TN se lze setkat se dvěma resp. třemi variantami provedení. Buď je nulový a ochranný vodič sloučen v jeden vodič PEN. Toto řešení se dnes již prakticky používá jen u průmyslových instalací nebo u distribučního vedení. Lze se v něm setkat jako s dosluhujícím rozvodem v elektrické instalaci v bytových a občanských rozvodech. Pro tuto instalaci není tato soustava vhodná a to jednak z důvodu nemožnosti použít proudový chránič, jednak při přerušení vodiče PEN (zejména u jednofázových spotřebičů) se na kostře těchto spotřebičů objevilo fázové napětí, čímž de – facto nebyl dodržen základní princip ochrany před úrazem elektrickým proudem.

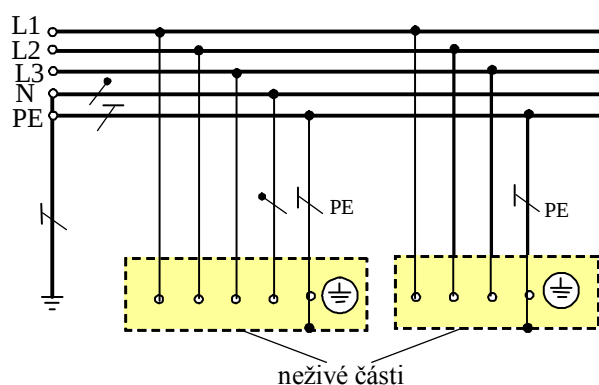
Síť TN-C lze dnes projektovat jen s průřezy ochranných vodičů vyššími nebo rovny 10 mm^2 v mědi nebo 16 mm^2 v hliníku, zde se předpokládá nižší riziko přerušení vodiče a lepší uchycení do svorek. Výhodou sítě TN – C je uspořádání jednoho vodiče.



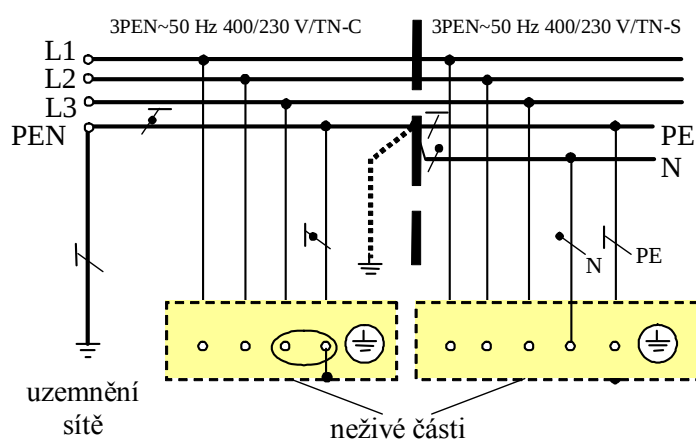
Obr. 6.1. Topologie sítě TN-C a připojování spotřebičů k této síti.

Síť TN – S je síť s plným počtem vodičů (fázový, nulový, ochranný), rozvod je tedy třívodičový resp. pětivodičový. Výhodou sítě TN-S je možnost použití proudového chrániče a absence bezprostředního rizika úrazu elektrickým proudem při přerušení vodiče PE. S „plnokrevnou“ sítí TN – S se setkáváme výjimečně, mnohem častější je provedení rozvodu sítí TN – C – S.

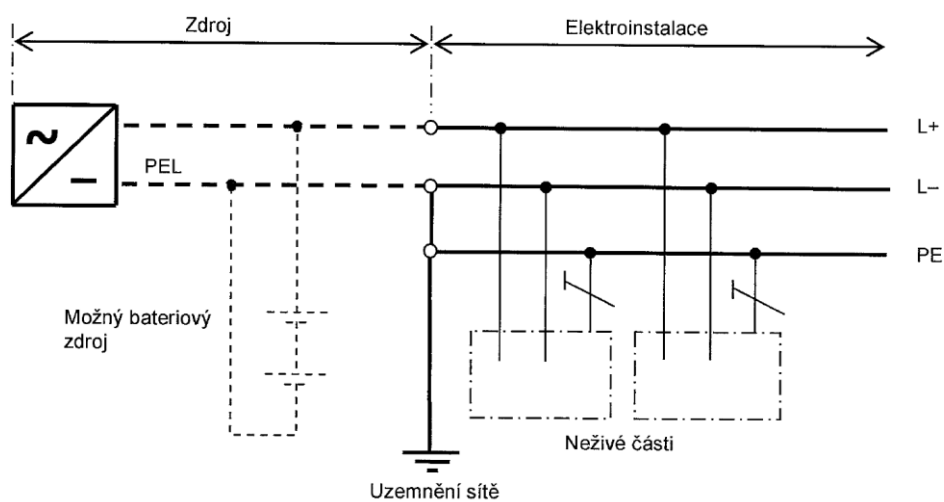
Síť TN – C – S je technicko ekonomickým kompromisem řešení napájecích sítí TN. V ČR je tato síť nejpoužívanější. Od distribučního transformátoru je rozvod realizován sítí TN – C. V místech, kde dochází k poklesu průřezů vodičů pod $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (typicky v elektroměrovém rozváděči nebo v bytové rozvodnici) je vodič PEN vyveden na dvě sběrnice PE a N, místo rozdělení vodiče PEN by mělo být navíc uzemněno (eliminace vzniku úrazu při přerušení PEN) od tohoto místa dále je rozvod veden jako síť TN – S, tedy **není dovoleno** již dále vodiče PE a N znovu spojovat. Rovněž není dovoleno užít vodiče N pro funkci uzemnění nebo vodiče PE pro funkci pracovního vodiče.



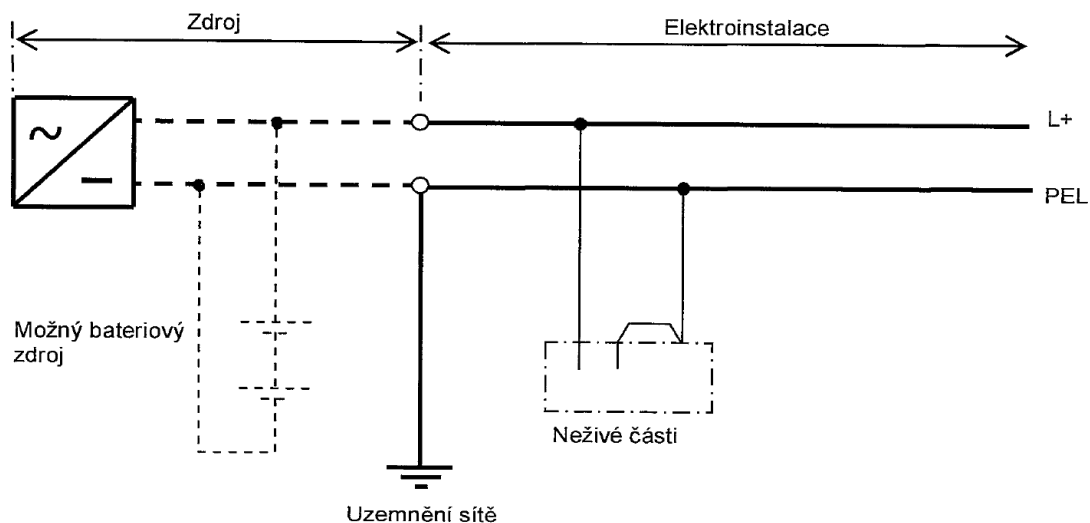
Obr. 6.2. Topologie sítě TN-S a připojování spotřebičů k této síti.



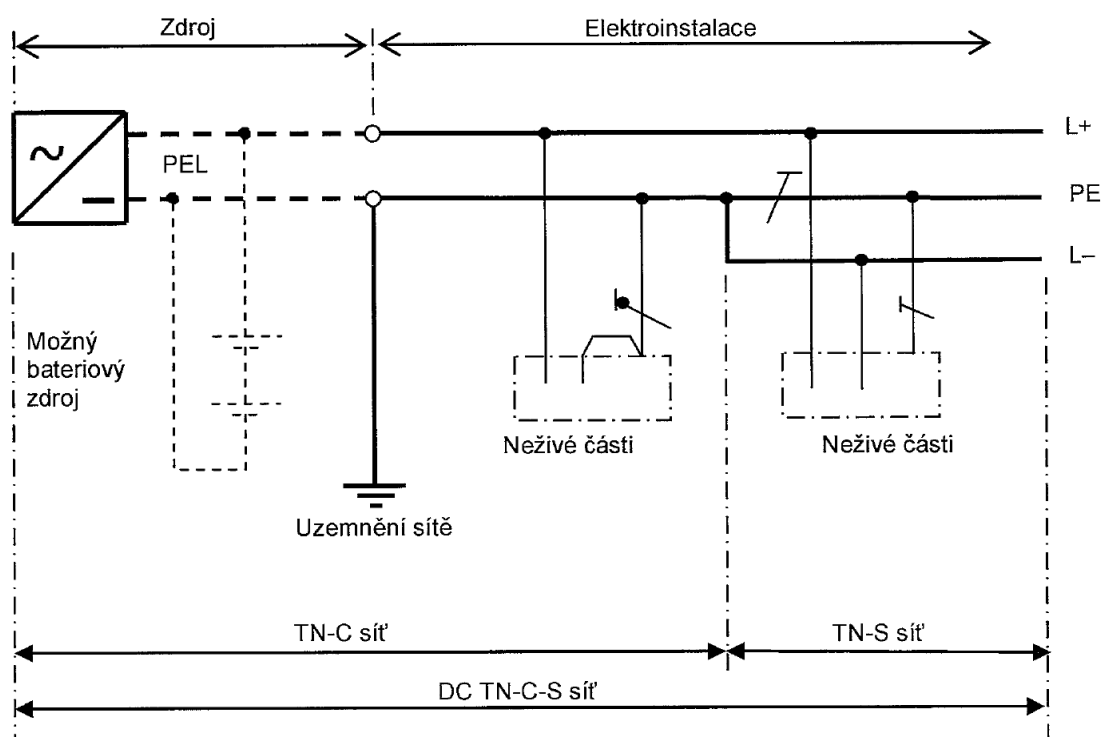
Obr. 6.3. Topologie sítě TN-C-S a připojování spotřebičů k této síti.



Obr. 6.4. Topologie stejnosměrné sítě TN-S (DC) a připojování spotřebičů k této síti.



Obr. 6.5. Topologie stejnosměrné sítě TN-C (DC) a připojování spotřebičů k této síti.



Obr. 6.6. Topologie stejnosměrné sítě TN-C-S (DC) a připojování spotřebičů k této síti.

□ Vlastnosti sítě TN

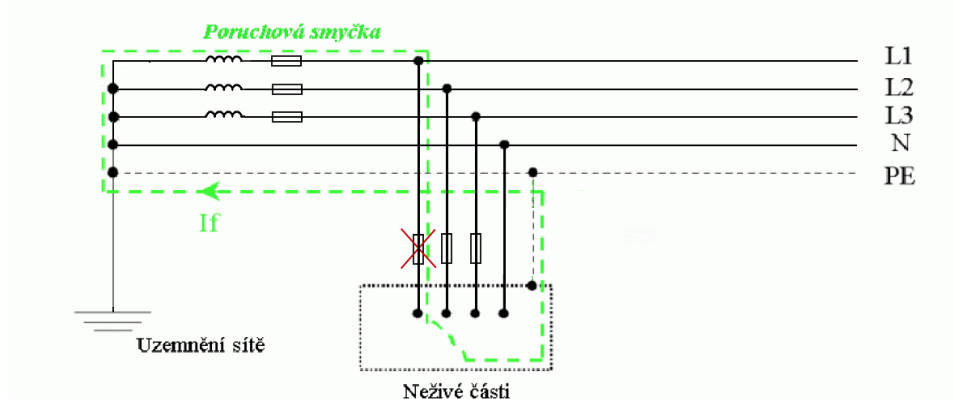
Síť TN je síť, kde jeden vodič sítě (nejčastěji nulový vodič N) je přímo spojen se zemí. Vodič PE u sítě TN-S je spojen s vodičem N sítě. Toto přímé spojení má za následek, že v případě poruchy je poruchový proud velký, prakticky limitován jen impedancí (odpory) sekundárního vinutí transformátoru, vodiče fázového do místa poruchy a ochranného vodiče zpět. Tato tzv. impedance vypínací smyčky Z_{sm} je u sítě TN velmi malá, v bytových instalacích typicky pod 1Ω , v průmyslu ještě

méně. Prakticky se tedy jedná o jednofázový zkrat s proudem stovek ampérů až desítek tisíc ampérů. Tento zkratový proud realizuje automatické odpojení od zdroje (přepálení pojistky, vybavení jističe), čímž odpojí vadnou část instalace od napájení. Vypínací čas je v síti TN s fázovým napětím 230 V pro koncové obvody do 32 A stanoven na 0,4 s.

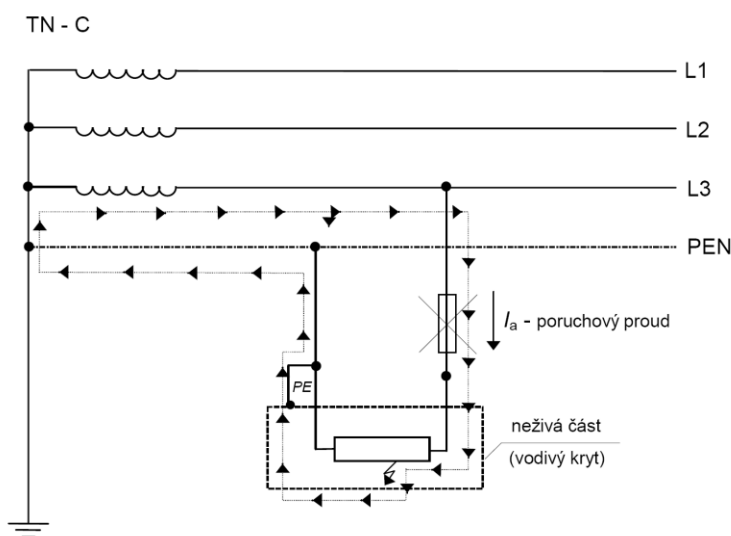
Automatické odpojení od zdroje je znázorněno na obr. 6.7. a 6.8. Přestože poruchový proud teče vodičem PE do napájecího zdroje, je nutné vodič PE resp. vodič PEN zemnit. Důvod je dvojitý - v riziku plynoucího z přerušení vodiče PE nebo PEN, a v eliminaci rizika tzv. zavlčení potenciálu v síti TN.

Z důvodu principu vypínání poruchy je důležité udržovat nízkou hodnotu impedance vypínací smyčky. Použití nevhodných (dlouhých) prodlužovacích šňůr, dlouhého vedení nízkého průřezu zvyšuje impedanci smyčky. Rovněž výměna jisticích prvků za prvky s vyšší ampérází nebo prvky s pomalejší vypínací charakteristikou může vést k selhání ochrany automatickým odpojením od zdroje.

!! Vypínací čas v sítích TN s $U_o = 230\text{ V}$ pro koncové obvody do 32 A nesmí překročit 0,4 s !!



Obr. 6.7. Síť TN-S – definice poruchy a cesty poruchového proudu.



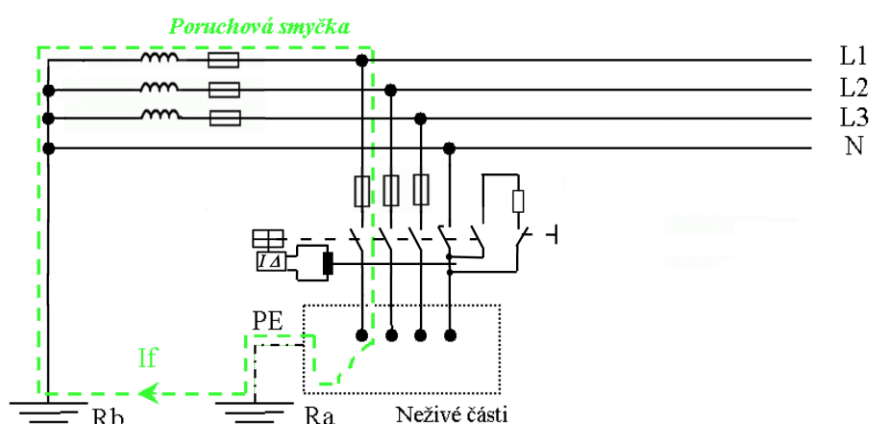
Obr. 6.8. Síť TN-C – definice poruchy a cesty poruchového proudu.

6.3. Sítě TT a IT

□ Sítě TT

Se sítí TT se v ČR lze setkat výjimečně. Jsou rozšířeny v Německu a Francii. Jeden bod sítě (nejčastěji vodič N nebo uzel sekundárního vinutí distribučního transformátoru) je přímo uzemněn. Spotřebiče resp. jejich neživé části jsou spojeny vzájemně vodičem PE, který je také uzemněn.

Poruchový proud teče sekundárním vinutím transformátoru, fázovým vodičem do místa poruchy, vodičem PE do země a zemí zpět k napájecímu zdroji. Protože tento proud teče relativně velkými odpory uzemnění (odpory uzemnění se pohybují v jednotkách Ω u budov), je výsledný proud relativně malý a podobá se přetížení. Je tedy mnohdy nemožné jej vypnout v požadovaném krátkém čase nadproudovým jisticím prvkem (pojistkou, jističem). Proto se dnes prakticky výlučně k automatickému odpojení od zdroje využívají proudové chrániče.



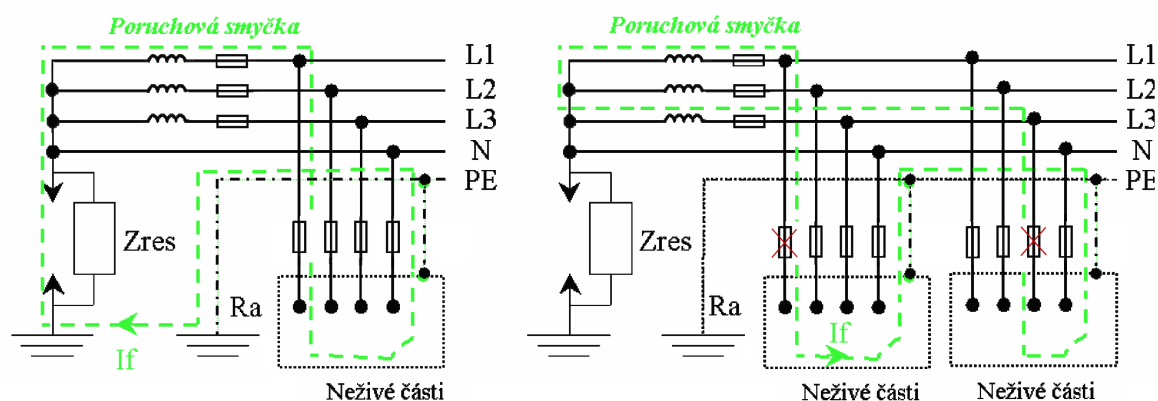
Obr. 6.9. Sítě TT – definice poruchy a cesty poruchového proudu.

Výhodou sítí TT je skutečnost, že u nich nedochází k zavlečení potenciálu, případně šíření rušení po ochranném vodiči, protože ten je pro každý objekt (místo spotřeby) separátní.

Přestože se nesetkáte se sítěmi TT, znalost jejich vlastností je důležitá, aby bylo zřejmé proč v síti TN nestačí ochranný vodič v místě připojení spotřebiče jen uzemnit, ale musí být spojen s vodičem PE nebo PEN sítě TN.

□ Sítě IT

Se sítí IT se lze setkat ve zdravotnictví (operační sály, JIP – žluté zásuvky) nebo v dolech či v chemickém průmyslu. Žádný bod sítě není přímo uzemněn. Dovoluje se spojení přes velkou impedanci. Nulový vodič se nedoporučuje rozvádět. Neživé části jsou jednotlivě nebo po skupinách zemněny. V případě první poruchy neteče teoreticky žádný poruchový proud (prakticky teče malý kapacitní proud velikosti podle rozsáhlosti sítě jednotek mA až jednotek A). V síti musí být instalován hlídač izolačního stavu (ISM) pro detekci první poruchy. Sítě může při výskytu první poruchy fungovat, tato porucha však musí být signalizována. Při výskytu druhé poruchy již teče poruchový proud tak, jak je vyobrazeno na obr. 6.10. vpravo a musí být provedeno odpojení vadných částí instalace od zdroje.



Obr. 6.10. Sít' IT – definice první a druhé poruchy a cesty poruchového proudu.



Shrnutí pojmů 6.

Sít' TN – viz kap. 6.2.

Sít' TT, IT – viz kap. 6.3.

Poruchový proud – při průrazu fáze na kostru v různých napájecích sítích poteče fázovým vodičem, kostrou spotřebiče a vodičem PE ke kterému je spotřebič připojen proud. Jedná se o poruchový proud. Jeho velikost je různá v sítích TN (kde má charakter zkratu), TT (kde je měřitelný, často se podobá přetížení), IT (kde je obvykle velmi malý).



Otázky 6.

22. Proč se vodič PE nebo PEN v síti TN zemní, když je přímo spojen s napájecím zdrojem, který již uzemněn je ?
23. Jaký je v síti TN 3*400/230 V s koncovými obvody do 32 A stanoven maximální vypínací čas ?
24. Co se stane, jestliže v síti TN připojím koncový spotřebič tř. ochrany I (např. cirkulárku) tak, že zapojím svorku PE na soustavu kovových tyčí zatlučených do země (tj. svorku PE vodičem PE přizemním, ale nespojím s vodičem PE sítě TN).
25. Proč je v síti IT nutné zemnit neživé části, když žádná část sítě není spojena se zemí - bude hrozit úraz při průrazu fáze na kostru ?

7. OCHRANY V ELEKTRICKÝCH INSTALACÍCH



Čas ke studiu: 35 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat rozdíl mezi pojmy základní ochrana, ochrana při poruše a doplňková ochrana
- vyjmenovat prostředky základní ochrany v instalacích nízkého napětí
- vyjmenovat prostředky ochrany při poruše v elektrických instalacích nízkého napětí
- popsat v čem spočívá ochrana bezpečným malým napětím a uvést základní požadavky na zdroje a obvody SELV/PELV



Výklad

7.1. Užití ochran v elektrických instalacích

□ Informace k této kapitole

V kapitole 4 byly vyjmenovány technické prostředky pro realizaci ochran před úrazem elektrickým proudem a definován pojem koordinace ochran. V této kapitole budou zmíněny principy a některá specifika těchto vyjmenovaných ochran.

Některé principy (např. dvojitá nebo zesílená izolace) jsou totožné u elektrických zařízení a instalací, některé principy (např. samočinné odpojení od zdroje) byly rozebrány v předchozích kapitolách. U takovýchto ochran bude proveden odkaz na příslušnou kapitolu a zde budou pouze nastíněny doplňující informace.

Není žádoucí podat vyčerpávající informace k jednotlivým druhům ochran, snahou je objasnit principy a napomoci vyvarovat se fatálních chyb při provozu elektrických zařízení.

7.2. Ochrana základní

□ Druhy ochrany základní

Ochranou základní rozumíme ochranu před přímým dotykem, tedy dotykem živých částí. Lze ji v elektrické instalaci realizovat některým z následujících způsobů:

- izolací;
- Kryty, přepážkami – krytí min IP2x resp. IP4x – bude rozebráno později;
- Zábranou / polohou.

Existují další typy základních ochran, ty se však v nízkonapětových instalacích neuplatňují. Uplatňují se u výrobků (spotřebičů) a v sítích např. vysokého napětí.

□ Izolace

Izolací rozumíme vrstvu dielektrika, již nelze bez mechanického poškození odstranit. Základní izolace v obvodech nízkého napětí musí mít izolační pevnost 1250 V, což ovšem neznamená, že by mohla být provozována takovýmto pracovním napětím.

Někdy se lze setkat s pojmem pracovní izolace. Pracovní izolace je izolace k zabezpečení funkce. Například mezizávitová izolace vinutí transformátoru nemusí mít jakost izolace základní.

Z uvedeného vyplývá, že **zvonkový drát, laky a smalty (lakované vodiče)** nelze považovat za vodiče se základní izolací.

□ Kryty a přepážky

Ochranný (elektrický) kryt ((*electrically*) *protective enclosure*) je kryt obsahující vnitřní části zařízení, který brání přístupu k nebezpečným živým částem z jakéhokoli směru. Navíc kryt obvykle zajišťuje ochranu před vnitřními nebo vnějšími vlivy, např. před vniknutím prachu nebo vody nebo chrání před mechanickým poškozením. Kryt se značí kódem IP.

Význam kódu IP (international protection) užívaný pro krytí bude rozebrán v kapitole o vnějších vlivech a krytí.

(Elektrický) ochranná přepážka ((*electrically*) *protective barrier*) je část zajišťující ochranu před přímým dotykem (dotykem živých částí) z jakéhokoli obvyklého směru přístupu.

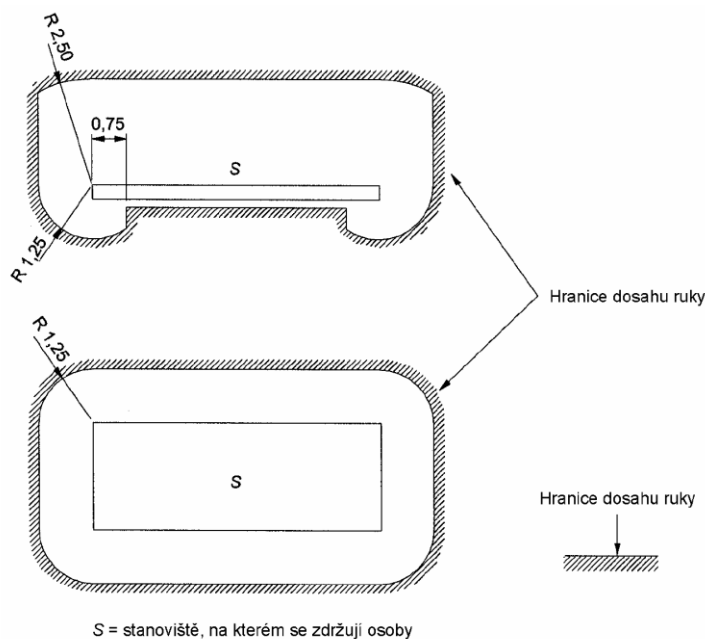
□ Zábrana a poloha

Ochrany zábranou a polohou jsou ochranami, které jsou určeny jen pro instalace ovládané nebo pod dozorem osobami znalými.

(Elektrický) ochranná zábrana ((*electrically*) *protective obstacle*) je část, která brání nahodilému přímému dotyku (nahodilému dotyku živých částí), nebo nahodilému neúmyslnému přiblížení těla k živým částem, ale nebrání úmyslnému přímému dotyku (úmyslnému dotyku živých částí). Zábranu by nemělo být možné neúmyslně odstranit.

Ochrana polohou je ochranou mimo dosah – míněno dosah ruky dospělého člověka. V instalacích to znamená minimální výšku 2,5 m, resp. vzdálenost 1,25 m v horizontálním směru od stanoviště.

Dosah ruky (*arm's reach*) je zónou možného dotyku rukou osoby sahající od povrchu, kde osoby obvykle stojí nebo po němž se pohybují, až po mez, kam může osoba dosáhnout rukou v jakémkoli směru bez použití pomůcek. Zjednodušeně tedy kam může osoba na jednom místě dosáhnout rukou.



Obr. 7.1. Ochrana polohou, hranice dosahu ruky.

7.3. Ochrana při poruše

□ Druhy ochran při poruše

Ochranou při poruše rozumíme v instalacích vždy kombinace ochrany základní a:

- automatické odpojení od zdroje;
- dvojitá nebo zesílená izolace;
- Elektrické oddělení pro napájení 1 spotřebiče.

Pro instalace pod dozorem kvalifikovanou obsluhou navíc můžeme uplatnit základní ochranu a:

- ochranu nevodivým okolím;
- ochranu elektrickým oddělením pro napájení více než 1 spotřebiče;
- neuzemněné místní pospojování.

Principy těchto ochran budou rozebrány níže.

□ Automatické odpojení od zdroje

Automatické odpojení od zdroje v případě poruchy se realizuje v sítích TN resp. TT, v sítích IT je obvykle vyžadováno až při výskytu druhé poruchy. Automatické odpojení od zdroje lze realizovat v sítích TN nadproudovým jisticím prvkem (pojistka nebo jistič) nebo proudovým chráničem, v sítích TT zpravidla proudovým chráničem. Princip automatického odpojení od zdroje pro různé napájecí sítě je popsán v kapitole 6.

□ Dvojitá nebo zesílená izolace

Dvojitá nebo zesílená izolace se užívá jak v instalacích tak u elektrických spotřebičů. Principy jsou v obou případech shodné. V elektrické instalaci se s dvojitou izolací setkáváme nejčastěji u kabelů nízkého napětí. Ve dvojité izolaci jsou kromě spotřebičů (svítidla) i např. rozváděče, zde hovoříme o tzv. ochraně úplnou izolací (analogická dvojitá nebo zesílená). Blíže o dvojité izolaci viz kap. 4.

□ Elektrické oddělení

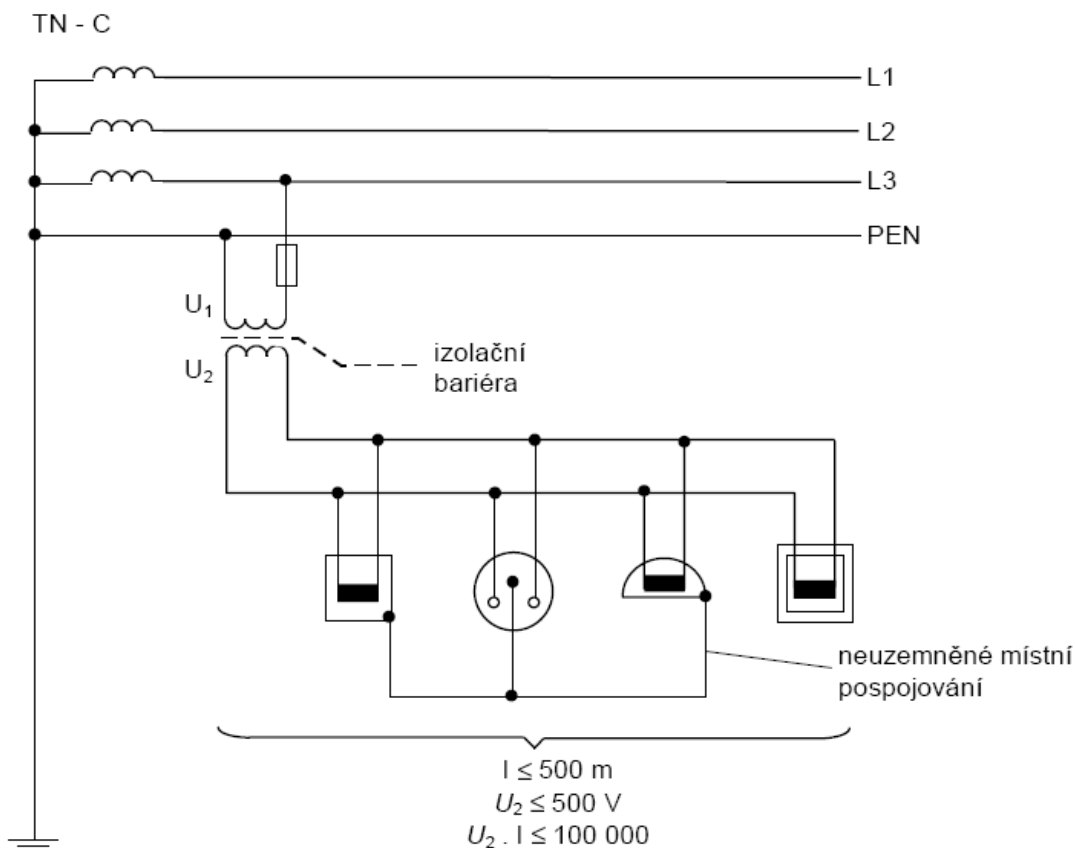
Pojmem (jednoduché) elektrické oddělení obvodů rozumíme oddělení mezi obvody nebo mezi obvodem a zemí základní izolací. Pro napájení je často použit tzv. oddělovací transformátor.

Je-li elektrické oddělení použito pro napájení více než jednoho spotřebiče, musí být instalace řízena osobou znalou nebo pod jejím dozorem.

V laboratořích university se s elektrickým oddělením lze poměrně často setkat, avšak důvody tohoto oddělení jsou zpravidla jiné, než pro zabezpečení ochrany před úrazem elektrickým proudem (důvodem je propojování měřicích přípravků nebo různých elektrických zařízení s vlastním napájením, kde u jednoho je nutno zaručit „plovoucí napětí“), tomuto oddělení se zde věnovat nebudeme.

Podstatou ochrany elektrickým oddělením je ochrana základní (izolace, kryty, přepážky) proti přímému dotyku a jednoduché oddělení proti zemi pro případ poruchy. Protože žádná část odděleného obvodu není a nesmí být náhodně ani úmyslně spojena se zemí, pak při poruše a nahodilém dotyku živé části neprochází tělem postižené osoby poruchový proud. Aby tato ochrana byla účinná, musí být dodržena následující specifikace:

- zvlášť je kladen důraz na kvalitu základní izolace;
- napájení je ze zdroje napětí do 500 V;
- živé části nesmí být přímo nebo nepřímo spojeny se zemí a ochranným vodičem;
- neživé části nesmí být spojeny s ochranným vodičem, resp. zemí;
- při napájení více spotřebičů je nutné neuzemněné pospojování izolovanými vodiči;
- **doporučuje se součin napětí a délky $< 100\,000\text{ Vm}$, délka rozvodu max. 500 m.**



Obr. 7.2. Podstata ochrany elektrickým oddělením, zde pro napájení více než jednoho spotřebiče.

Výše zmíněná specifika je nutné pečlivě kontrolovat, protože případná porucha není jednoduše detekovatelná, tudíž je možná kumulace dvou nezávislých poruch, které představují riziko úrazu.

Ochrana elektrickým oddělením je až nápadně podobná síti IT. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že v síti IT se neživé části spotřebičů zemní, síť IT nemá obecně limity délky a napětí ochrana při poruše nespočívá v oddělení obvodů, ale v uzemnění neživých částí a musí být detekována a při nahodilém dotyku živé části sítě IT může osoba utrpět úraz elektrickým proudem.

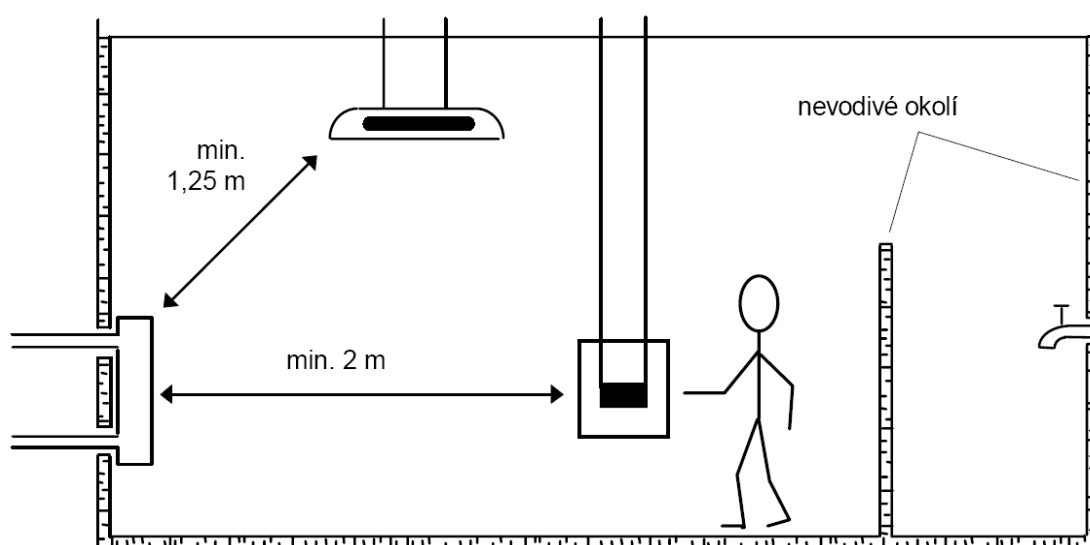
□ Ochrana nevodivým okolím

Ochrana nevodivým okolím je analogická třídě ochrany 0 u elektrických zařízení. Je to ochrana jen pro instalace řízené osobami znalými. Pojmem nevodivé okolí rozumíme odpor podlah, stěn a obecně všech vodivých částí vůči potenciálu země minimálně 50 k Ω . Případná porucha elektrického zařízení sice vyvolá dotykové napětí vůči zemi, avšak protože osoba stojí na izolovaném stanovišti, neprotéká tělem osoby proud, jenž by mohl způsobit úraz elektrickým proudem.

Ochrana nevodivým okolím má svá specifika:

- nesmí být v dosahu osoby/ místnosti volně přístupný PE vodič nebo zařízení třídy ochrany I. s klostrou spojenou s PE vodičem;
- kovové uzemněné části (radiátor, vodovod, plyn) buď v místnosti nesmí být nebo musí být v dostatečné vzdálenosti od upevněných spotřebičů event. odděleny přepážkou;
- musí být splněny minimální odpory podlah, stěn;
- je určena jen pro řízení nebo obsluhu osoby znalé, jinak v ČR zakázáno.

Riziko představuje zejména vnesení cizích spotřebičů tř. ochrany I (např. svářečky) napájených prodlužovací šňůrou z jiných místností, kde se ochrana nevodivým okolím neuplatňuje.



Obr. 7.3. Princip ochrany nevodivým okolím.

□ Ochrana bezpečným malým napětím (Extra low voltage)

Ochranu bezpečným malým napětím – SELV a PELV můžeme s určitými výhradami zařadit mezi ochranu zvýšenou, tj. ochranu základní a ochranu při poruše. Naštěstí tyto výhrady se týkají jen logického zařazení do skupiny ochran nikoliv účinnosti a kvality této ochrany.

Ochrana musí splňovat následující podmínky:

- horní mez napěťového pásma je limitována mezi bezpečných malých napětí (viz tab. 7.1);
- jednoduchým oddělením (použití základní izolace) mezi jinými obvody SELV a PELV;
- ochranným oddělením (užití dvojité izolace nebo užití jednoduché izolace a ochranného stínění) mezi obvody SELV/ PELV a zemí.

Obvody bezpečného malého napětí se dělí na obvody SELV a PELV.

Obvody SELV jsou obvody, kde žádná živá část obvodu ani neživá část není přímo spojena se zemí (tj. spotřebič se připojuje zásadně dvouvodičově), zatímco obvody PELV jsou obvody, kde jedna živá část obvodu nebo neživé části obvodu uzemněny být mohou.

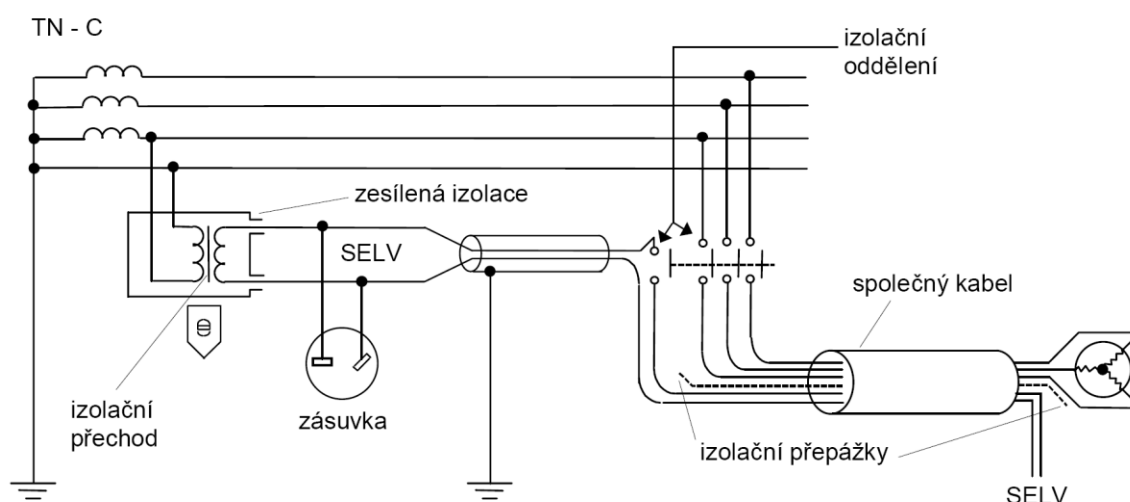
Prostory	Dochází-li při obsluze k dotyku částí zařízení	Nejvyšší bezpečná malá napětí živých částí	
		Střídavá ¹⁾	Stejnoseměrná ¹⁾
Normální i nebezpečné	živých	25	60
	neživých (krytů) ³⁾	50	120
Zvlášť nebezpečné	živých	-	-
	neživých (krytů) ³⁾	12	25

¹⁾ Jmenovitá efektivní napětí se volí v daném rozsahu tak, aby nebyla překročena uvedená hodnota. Maximální hodnoty pro nesinusový průběh zatím nejsou stanoveny.

¹⁾ Stejnoseměrná napětí jsou bez zvlnění. Pojem „bez zvlnění“ se zpravidla definuje jako efektivní hodnota zvlněného napětí nepřesahující 10 % stejnosměrné složky.

³⁾ Rozumí se krytů izolovaných od živých částí.

Tab. 7.1. Meze bezpečných malých napětí.



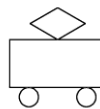
Obr. 7.4. Princip ochrany bezpečným malým napětím.

Aby ochrana bezpečným malým napětím byla účinná **musí** být zdroje takové zařízení, které splňuje požadavky na to, že v žádném případě při žádné poruše nepřekročí mez napětí uvedenou hodnotu pro danou instalaci v tabulce 7.1. V elektrotechnice hovoříme o ochranném oddělení mezi obvody nízkého napětí a malého napětí (tj. oddělení na úrovni dvojité izolace, nebo základní izolace a ochranné stínění).

Zdrojem pro obvody SELV a PELV mohou být elektrochemické zdroje (baterie), zdrojová soustrojí (motorgenerátor), transformátory, případně jiné zdroje s ekvivalentním stupněm ochrany.

U transformátorů hovoříme o tzv. bezpečnostních ochranných transformátorech. Tyto transformátory vhodné pro napájení obvodů SELV a PELV mají na štítku značku podle obr. 7.5.

V žádném případě nesmí být pro napájení obvodů SELV nebo PELV použito transformátorů s jednoduchým oddělením primárního a sekundárního vinutí nebo dokonce autotransformátoru.



Obr. 7.5. Vlevo značka pro bezpečnostní ochranný transformátor, vpravo značka pro bezpečnostní ochranný transformátor pro napájení dětských hraček.

7.4. Ochrana doplňková

□ Druhy ochran

Jako prostředky doplňkové ochrany, což je ochrana pro případ selhání základní ochrany nebo ochrany při poruše jsou v instalacích používány:

- proudový chránič;
- doplňující místní pospojování.

Princip funkce proudového chránič je popsán v kapitole jističe a chránič.

□ Doplňující ochranné pospojování

Doplňující pospojování je doplňková ochrana při poruše. Podstatou doplňujícího místního pospojování je vzájemné ekvipotenciální pospojování neživých částí spotřebičů, ochranných vodičů zásuvek a cizích vodivých částí vzájemně přístupných dotyku (armatury, vzduchotechnika apod.) Při poruše nevznikne nebezpečné dotykové napětí, protože osoba se dotýká a/nebo stojí mezi dvěma částmi majícími stejný potenciál.

Doplňující místní pospojování je předepsáno např. v koupelnách. Existence doplňujícího ochranného pospojování nezbavuje povinnosti připojit k zařízení řádně dimenzovaný ochranný vodič sítě.

□ Vodiče doplňujícího ochranného pospojování versus ochranný vodič

Pro průřezy vodičů doplňujícího ochranného pospojování platí zjednodušeně, že musí mít průřez nejméně $2,5 \text{ mm}^2$ pro vodiče chráněné před mechanickým poškozením (ve stěně, v trubce apod.) resp. 4 mm^2 pro vodiče nechráněné před mechanickým poškozením (např. vedené po povrchu).

(Pozn. Pro větší průřezy napájecích vodičů – fázových a ochranných vodičů se analogicky zvyšuje i průřez vodiče pospojování.)

Vodič PE (ochranný vodič) sítě je vodič, který má definovanou funkci – musí realizovat automatické odpojení od zdroje. Pro průřezy fázových vodičů do 16 mm^2 proto musí být (z důvodu mechanické odolnosti a schopnosti přenášet poruchové proudy) průřez vodiče PE stejný, jako je průřez fázového vodiče.

(Pozn. Pro větší průřezy fázových vodičů se může v některých případech průřez vodiče PE resp. PEN redukovat teoreticky až na polovinu.)



Shrnutí pojmů 7.

Automatické odpojení od zdroje – viz článek v 7.3. a 6.2. a 6.3.

Bezpečné malé napětí – malé napětí (do 50V AC resp. 120 V DC), které je navíc spolehlivě odděleno od jiných (nebezpečných napětí). Ne každé malé napětí je bezpečné. Přesná velikost bezpečných malých napětí závisí na prostorech a částech, kterých se obsluha za provozu dotýká.

Nebezpečné napětí – jiné napětí než bezpečné malé napětí.

SELV/ PELV – druhy bezpečných malých napětí.

Doplňující ochranné pospojování – Jedná se o druh doplňkové ochrany, viz kap. 7.4.



Otázky 7.

26. Proč nelze zvonkový drát (dvoulinka) použít pro rozvod 230 V ?
27. V textu kapitoly 7 se objevuje zmínka, že laky a smalty nelze považovat za základní izolaci proč ?
28. Proč u sítí elektricky oddělených při průrazu na kostru (poruše) je zajištěna ochrana před úrazem elektrickým proudem, zatímco u sítí IT se tyto části musí zemnit (tj. tomu tak není)
29. Proč je u ochrany elektrickým oddělením limit délky a napětí sítě ? Proč ji lze použít pro napájení více spotřebičů jen pod dozorem osoby znalé ?
30. Proč při ochraně bezpečným malým napětím nestačí použít transformátor s jednoduchým oddělením vinutí ?
31. Když mám zařízení pevné instalace třídy ochrany I, u něhož vznikla potřeba provést doplňující místní pospojování musím připojit oba vodiče tj. pospojování i ochranný nebo stačí jeden příp. který, zdůvodněte.

8. JISTÍCÍ A OCHRANNÉ PRVKY



Čas ke studiu: 30 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- zdůvodnit potřebu jištění před přetížením a zkratem;
- vyjmenovat jistící prvky používané v instalacích nízkého napětí a vyjmenovat nejčastěji užívané typy z hlediska vypínacích (ampérsekundových) charakteristik;
- popsat funkci proudového chrániče včetně jeho charakteristických vlastností a podmínek montáže.



Výklad

8.1. Jištění před účinky nadproudů

□ Filosofie jištění

Účelem jištění je zabránit škodám nebo ohrožení lidí, zařízení, výroby a to jednak preventivně zabránit vzniku nenormálních stavů nebo možností vzniků následných poruch (např. spálení motoru vlivem dlouhotrvajícího přetížení, příp. požár instalace vlivem zkratu), jednak omezit následky poruch na nejmenší míru.

Jistíme proti účinkům nadproudů. Nadproudem se rozumí každý proud vyšší než jmenovitý proud. Rozeznáváme dva druhy nadproudů – přetížení a zkraty. Zkratem rozumíme náhodné nebo úmyslné spojení dvou vodičů s různým potenciálem velmi malou impedancí. Při zkratu protékají proudy mnohonásobně vyšší (typicky více než 5-10 násobek proudů jmenovitých), zatímco při přetížení protékají proudy hodnoty nižší, lišící se od proudů jmenovitých typicky max. 8 násobně (např. při rozběhu asynchronního motoru).

1. skupina tj. zkraty vyžadují okamžitý, přímý a na napětí sítě nezávislý zásah ochrany. (Maximální limit je 5 s, většinou ovšem, a to z důvodů realizace automatického odpojení od zdroje pak 0,4 s).

2. skupina tj. přetížení obsahuje nebezpečné stavy, ale dovolují zpožděný zásah. Většinou zde dochází k vyhodnocení stavu, jeho signalizaci a k následnému řízenému (opožděnému) vypnutí obvodu.

V sítích TN (a velmi výjimečně i v síti TT) navíc k ochraně před zkraty a přetížením slouží nadproudové jistící prvky i jako ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí.

Každé elektrické zařízení má definovaný jmenovitý proud I_n , který může zařízením procházet. U některých zařízení není definován jmenovitý proud, ale jmenovitý příkon P_{1n} , resp. jmenovitý výkon P_{2n} velikost jmenovitého proudu z příkonu resp. z výkonu lze stanovit v trojfázovém obvodu ze vztahu 8.1.

$$I_v = \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad 8.1$$

kde P_v je tzv. výpočtové zatížení (příkon), U je sdružené napětí sítě a $\cos \varphi$ je účinník.

Pro jednofázový obvod je vzorec pro výpočet zatěžovacího proudu uveden ve vztahu 8.2.

$$I_v = \frac{P_v}{U_f \cdot \cos \varphi} \quad 8.2$$

kde P_v je tzv. výpočtové zatížení (příkon), U_f je fázové napětí sítě a $\cos \varphi$ je účinník.

Zvýšení proudu protékajícího elektrickým zařízením, instalací apod. vyvolá vyšší ztráty, zařízení se začne přehřívat. Pokud toto zařízení není odpojeno od zdroje napájení, hrozí degradace izolace a následný zkrat, resp. průraz této izolace a eventuálně vznik požáru. Některá zařízení (např. žárovková svítidla) přetížít nelze, tato tedy jistíme zpravidla jen proti zkratu.

□ Definice základních pojmů

Jmenovitý proud jistícího prvku – jedná se o proud, který musí jistící prvek propustit do obvodu, aniž by vybavil. U klasických jistících prvků (pojistka a jistič) se hodnota vybavovacího proudu při hodinovém přetížení pohybuje mezi $1,13 I_n$ (smluvený nevypínací proud) a $1,45 I_n$ (smluvený vypínací proud).

Vypínací schopnost – jedná se o proud, který je jistící prvek ještě schopen vypnout. V domovních instalacích dostahuje zkratová schopnost 6 až 10 kA, v průmyslu může být požadováno vypínání zkratových proudů 100 kA i více.

Podmíněná zkratová odolnost – jedná se o proud, který prvek neumí vypnout, ale při včasném vypnutí nadřazeného nadproudového prvku by neměl způsobit jeho zničení.

□ Umístění jistících prvků

Jistící prvek klademe na začátek vedení, na začátek odbočky při změně průřezu vedení nebo při změně uložení vedoucí ke změně proudové zatížitelnosti. Důvodem je, že před přetížením a zkratem chráníme nejen provozované zařízení, ale i přírodní vedení. Výjimky z výše uvedených pravidel jsou nad rámec tohoto textu.

Výše uvedené skutečnosti jsou příčinou, proč nelze svévolně vyměnit jistící prvek za jiný s vyšším jmenovitým proudem resp. jinou vypínací charakteristikou.

Při rozšíření stávajícího okruhu nevyžadujícího změnu jištění (přidání jedné zásuvky, rozšíření světelného okruhu o jedno svítidlo atd.) není nutné vypracovávat revizní zprávu, tj. posoudit jištění a ochranu před úrazem elektrickým proudem, ale stačí jen záznam o provedené kontrole s podpisem pověřeného pracovníka.

8.2. Jistící prvky v elektrických instalacích nízkého napětí

□ Pojistky

Pojistky jsou nejstarším jistícím prvkem používaným v elektrických instalacích. Pojistky se používají k jištění proti zkratu i proti přetížení. Jejich velkou výhodou je, že dokáží vypínat velice rychle velké zkratové proudy. Vypínací časy jsou zde řádově setiny sekundy. Na druhé straně jsou málo citlivé na malé nadproudy. Vypínací časy jsou zde desítky minut i více. Proto se někdy používá sériového řazení pojistky a jističe, kde pojistka jistí proti zkratu a jistič proti přetížení.

Pro jištění světelných obvodů a vedení se používají pojistky pro všeobecné použití (gG), pro jištění obvodů s asynchronními motory takzvané pomalé nebo motorové pojistky (aM), aby nedocházelo k jejich přepálení již při rozběhu motoru, kdy motor může odebírat až sedmi až osminásobek jmenovitého proudu při svém rozběhu.

Výhodou pojistek je jejich nízká cena, časově neměnné parametry a spolehlivost. Nevýhodou je, že jsou jen na jedno použití.

□ Charakteristiky a druhy pojistek

Kromě jmenovitého proudu pojistky a jmenovité vypínací schopnosti je velmi důležitá tzv. ampérsekundová charakteristika. Ta vyznačuje za jak dlouho při nadproudu určitého násobku jmenovitého proudu pojistka vyběhne. Tato ampérsekundová charakteristika se u pojistek značí dvěma písmeny.

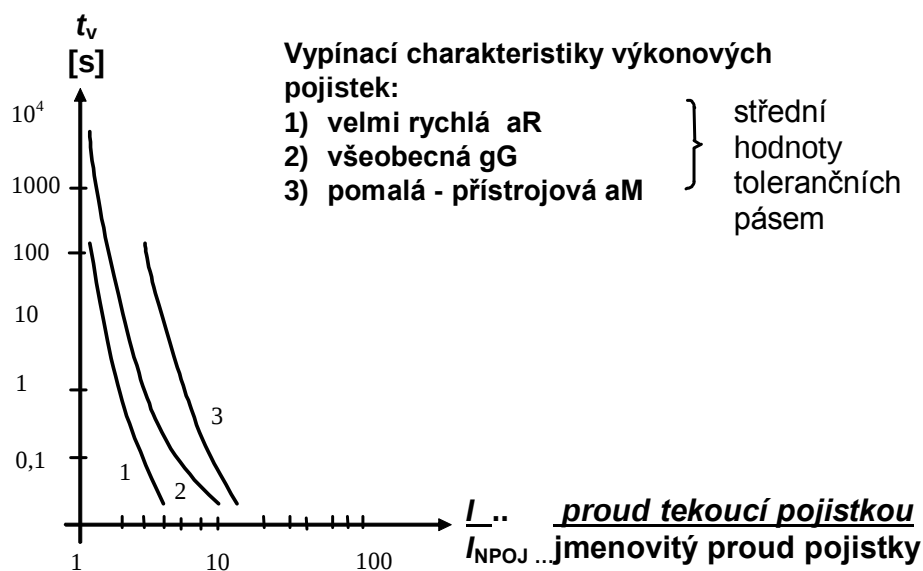
První písmeno znamená jestli pojistka vypíná všechny nadproudy – písmeno *g* nebo jen omezené nadproudy (typicky více než $4 I_n$) – písmeno *a*. Druhé písmeno popisuje tvar ampérsekundové charakteristiky, nebo také označuje pro jištění kterých zařízení jsou pojistky primárně určeny.

Nejčastějšími typy pojistek jsou:

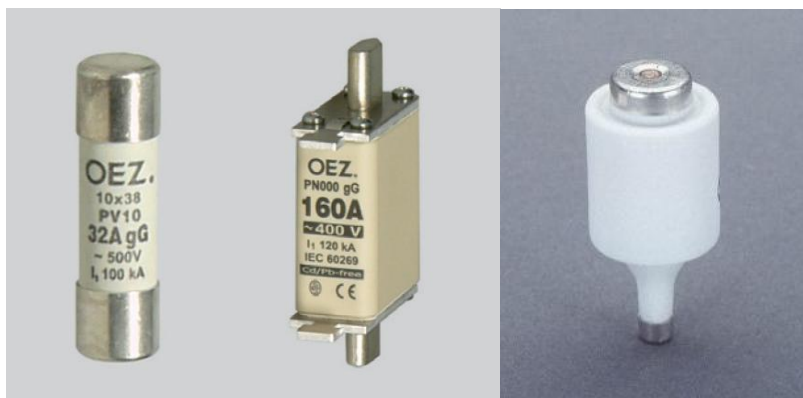
gG/ gL – pojistky pro všeobecné použití jistící před přetížením a zkratem;

aM – pojistky pro jištění asynchronních motorů, stykačů pouze před zkratem (dříve se nazývaly pomalé);

aR – pojistky s rychlou vypínací charakteristikou vhodné pro jištění polovodičových součástí.



Obr. 8.1. Ampérsekundové charakteristiky výkonových pojistek



Obr. 8.2. Zleva válcová pojistka, nožová pojistka, závitová pojistka (E27)

□ Jističe

Jističe mívají obvykle zkratovou a nadproudovou spoušť. Oproti pojiskám jsou pomalejší při vypínání zkratových proudů, ale jsou citlivější na malá přetížení. Jejich výhodou je, že se dají používat opakovaně, některá provedení jsou nastavitelná. Lze je taky použít jako ruční vypínače (i když nejsou konstruovány pro časté spínání, proto je vhodné spínat třeba jen jednou nejvýše několikrát denně).

Jističe se vyrábějí v tzv. jednopólovém, dvoupólovém, trojpólovém a čtyřpólovém provedení. Jedno- a dvoupólové (1+N) provedení je určené pro jištění jednofázových obvodů, troj- a čtyřpólové (3+N) provedení je vhodné pro jištění trojfázových obvodů.

Základní charakteristiky – B,C,D:

B – zkrat je cca 5-ti násobek I_n (domovní instalace, vedení s nízkými zkratovými proudy málo přetěžované);

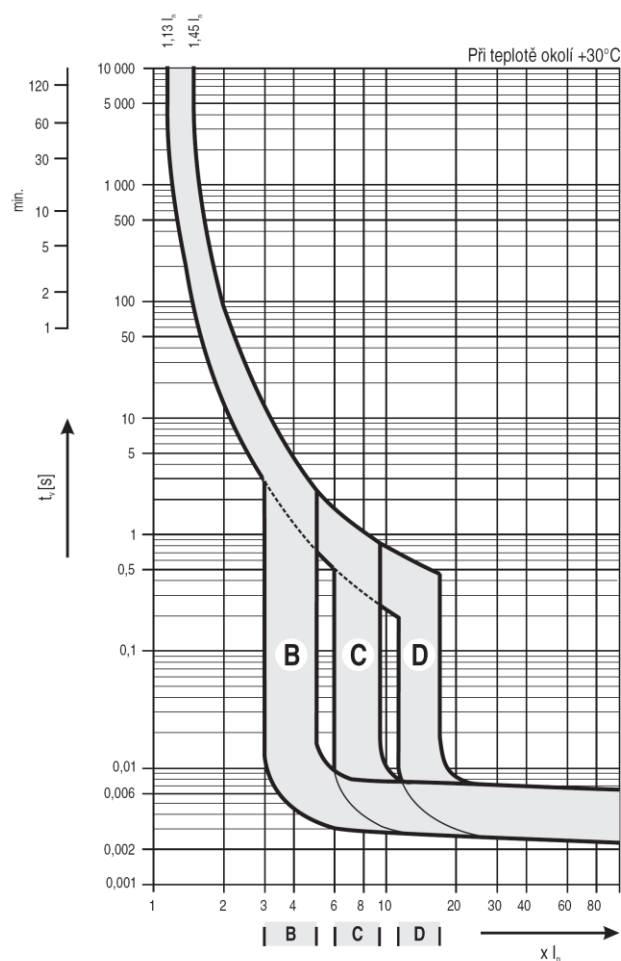
C – zkrat je cca 8-mi násobek I_n (motorické instalace – asynchronní motory, žárovky, pece – velký rázový proud);

D – zkrat je cca 16-mi násobek I_n (transformátory, magnetické ventily, obvody s kapacitou).



Obr. 8.3. Zleva jednopólový jistič, 1+N dvoupólový jistič, trojpólový jistič

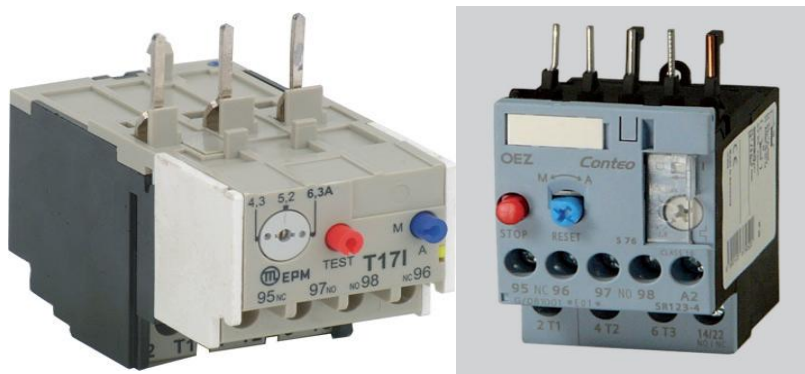
Vypínací ampérsekundové charakteristiky jističů B, C, D jsou na obr. 8.4. Je zde dobře vidět rozptyl vypínací doby a v horní části je hyperbolická charakteristika, značící oblast působení tepelné spouště, svisle potom oblast přechodu (nejistoty) a v dolní části pro časy kratší 10 ms pak je oblast působení tzv. zkratové spouště.



Obr. 8.4. Vypínací ampérsekundová charakteristika jističů B, C, D.

□ Nadproudová relé

Nadproudová relé jsou přístroje s nadproudovou spouští, které ovšem nemají kontakty pro vypínání samotného pracovního proudu. Mají pouze pomocné kontakty, které jsou schopny spínat jen malé proudy. Samotný nadproud musí být vypnut jiným spínacím přístrojem, nejčastěji stykačem. Používají se ve spojení s pojistkou a stykačem k jištění asynchronních motorů. Do série je zapojena pojistka, stykač a nadproudové relé, v případě zkratu se rychle přepálí pojistka, při malém nadproudu zareaguje nadproudové relé a vypne stykač.



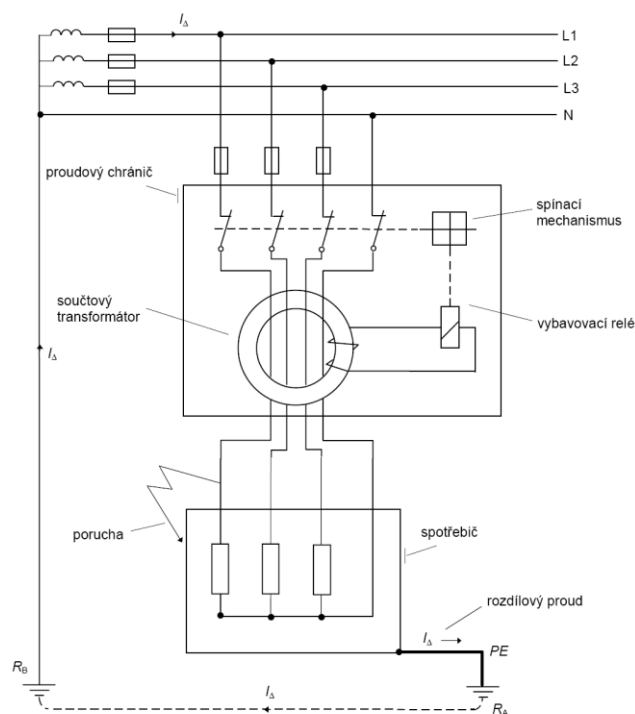
Obr. 8.5. Nadproudová relé, nahoře jsou patrné packy pro nasunutí do kontaktů stykače.

8.3. Proudové chrániče

□ Podstata funkce proudového chrániče

Proudový chránič je ochranný prvek s velkým významem. Podstata jeho funkce spočívá v tom, že chrání obvod (a uživatele) před účinky tzv. reziduálního proudu. Reziduální proud je proud, který neprochází pracovními vodiči (L a N), ale vrací se k napájecímu zdroji jinou cestou nejčastěji vodičem PE, cizími kovovými částmi nebo zemí. Jedná se o unikající nebo taky rozdílový proud.

Proudový chránič je v podstatě citlivý součtový transformátor s velmi citlivým vybavovacím mechanismem. Magnetickým obvodem proudového chrániče procházejí všechny pracovní vodiče (fázové a nulový). Za normálních okolností teče proud pouze fázovými event. nulovým vodičem. Součet všech proudů je roven nule a na sekundárním vinutí se neindukuje žádné napětí. Pokud ovšem začne za chráničem unikat proud z fázového vodiče do země nebo se spojí nulový a ochranný vodič, je proud tekoucí do zařízení logicky vyšší, než proud tekoucí ze zařízení. Na to reaguje vybavovací relé a obvod odpojí od napájení. Proudový chránič s reziduálním proudem 30 mA je tak citlivý, že dokáže detekovat a vybavit i tak malé hodnoty proudů, které protékají lidským tělem při náhodném dotyku živých částí, proto může zachránit život.



Obr. 8.6. Podstata funkce proudového chrániče.

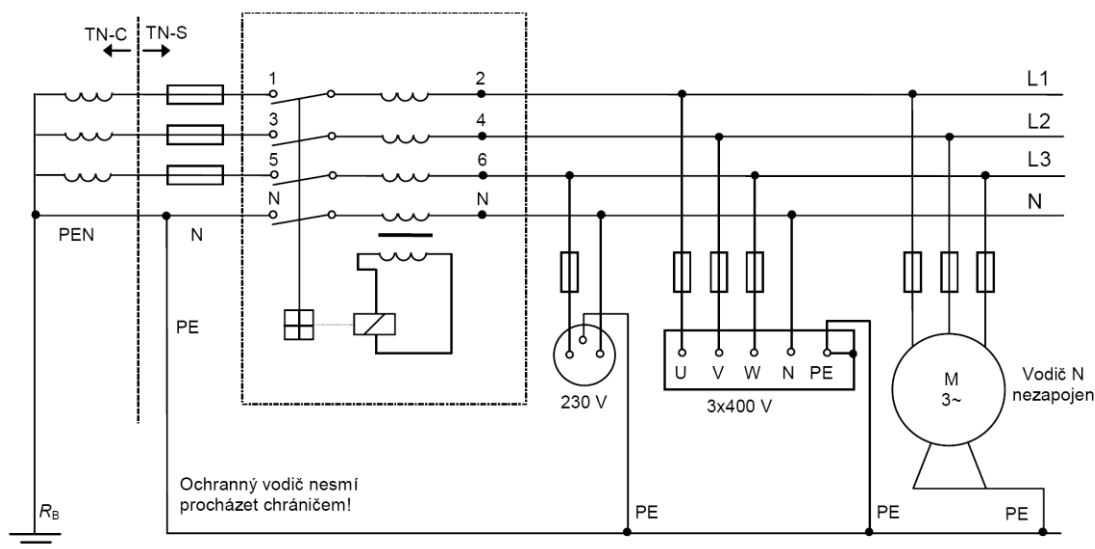
Proudové chrániče s reziduálním proudem 30 mA jsou prostředky tzv. doplňkové ochrany před dotykem živých i neživých částí.

□ Vlastnosti proudových chráničů

Proudové chrániče se vyrábějí jako dvoupólové pro ochranu jednofázových obvodů nebo čtyřpólové pro ochranu trojfázových obvodů. Další dělení je podle velikosti reziduálních proudů. V instalacích se lze nejčastěji setkat s chrániči 30 mA, 100 mA a 300 mA. Další členění chráničů je podle typu (tvaru vlny) reziduálního proudu, zpoždění, event. selektivity. Podrobnější výklad je nad rámec tohoto textu.

Proudové chrániče mají specifické vlastnosti, které je nutno respektovat, aby bylo dosaženo optimálního stupně ochrany před úrazem elektrickým proudem.

- Proudové chrániče z podstaty funkce nechrání před nadproudy a zkraty. Je nutno k nim instalovat v sérii nadproudovou ochranu, případně použít kombinovaný přístroj jistič a chránič.
- Magnetickým obvodem proudového chrániče **nesmí** procházet ochranný vodič PE.
- V síti TN-C **nelze** proudový chránič instalovat (vodič PEN nesmí procházet magnetickým obvodem chrániče).
- Proudový chránič odpiná všechny pracovní vodiče (tedy i vodič N).
- Proudový chránič se nesmí použít jako prostředek základní ochrany.



Obr. 8.7. Instalace proudového chrániče v síti TN-C-S.



Shrnutí pojmů 8.

Jmenovitý proud, jmenovitá vypínací schopnost, jistícího prvku – viz 8.1.

Vypínací ampérsekundová charakteristika – viz. 8.2.



Otázky 8.

- Proč chceme zkraty vypínat co nejdříve, zatímco u přetížení vyžadujeme opožděnou funkci?
- Proč je vypínací doba při zkratu někdy 5 s, jindy (v sítích TN) se vyžaduje 0.4 s?
- Proč se nadproudový jistící prvek klade na začátek vedení? Co by se stalo při jeho umístění na konec vedení?
- Vyjmenujte druhy charakteristik jističů a popište rozdíly.
- Kde se použijí pojistky typu gG a jaké další druhy charakteristiky pojistek jsou běžně k dostání a kde se použijí?
- Proudový chránič nelze použít v síti TN-C proč?
- Proudový chránič nelze použít jako prostředek základní ochrany. Lze jej použít jako prostředek ochrany při poruše? Pokud ano, kdy.

9. DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ VEDENÍ



Čas ke studiu: 10 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- vyjmenovat kritéria, která se musí zohlednit při dimenzování vedení;
- objasnit a zdůvodnit pojem dovolené zatěžovací proudy a referenční uložení vodičů;
- popsat co se stane při špatné volbě průřezu vedení.



Výklad

9.1. Kritéria pro dimenzování vedení

□ Druhy elektrických vedení a požadavky na vedení

Elektrické vedení je významnou součástí každého elektrického zařízení a umožňuje přenos elektrické energie a signálů na vzdálenosti. Elektrické vedení je tvořeno vodiči, které slouží k vedení el. proudu a izolací oddělující živou část od okolí (s výjimkou vedení holých).

Druhy elektrických vedení:

- vedení z holých vodičů - převážně venkovní;
- vedení v trubkách a lištách;
- vedení z můstkových vodičů;
- vedení kabelová.

Průřez elektrického vedení musí být takový, aby splňoval požadavky na:

- přípustné (dovolené) oteplení;
- hospodárnost provozu;
- mechanickou pevnost;
- odolnost vůči účinkům zkratového proudu;
- dovolené úbytky napětí;
- spolehlivou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem.

□ Postup při dimenzování vedení

Úkolem projektanta při hledání vhodného vedení je nejprve nalézt vhodný typ vedení z hlediska počtů vodičů (jednofázové/ trojfázové vedení, typ sítě), materiálů vodiče (měď nebo hliník pro kabely, AlFe – pro venkovní lana) a izolace (PVC, XLPE, silikon, případně vzduch resp. holé venkovní vodiče) s ohledem na tzv. vnější vlivy, ekonomickou náročnost, chování při požáru, předpokládané užití apod.

Druhým krokem je nalezení vhodného průřezu. Výčet požadavků je uveden výše. Pro návrh průřezu vedení je nutné znát zatěžovací proud vedení. Způsoby jeho výpočtu pro jednofázové a trojfázové vedení jsou uvedeny v kap. 8. Jak je patrné z tabulky 8.1. Pro úplnost vodiče s hliníkem (Al) se v nových instalacích mohou používat **pouze** od průřezu 16 mm² včetně.

<i>Při návrhu vedení vychází</i>	<i>Jaké problémy způsobí nebo může způsobit</i>	<i>Řešení (jak pomůže)</i>
Vyšší zatěžovací proud	Vzrůst teploty nad mez dovoleného oteplení (a degradaci izolace) Nárůst ztrát na vedení (nižší hospodárnost provozu) Vyšší úbytek napětí (součin proudu a odporu vedení)	Zvýšit průřez vedení (zmenší se odpor vedení, zvýší se dovolený zatěžovací proud) nebo kde je Al vodič: Změna materiálu vodiče (z hliníku na měď – pokles odporu vedení, zvýší se dovolený zatěžovací proud) nebo: Změna materiálu izolace např. z PVC na XPLE. (Prakticky pouze řeší první problém tím, že má vyšší dovolené zatěžovací proudy)
Velká délka napájecího vedení (velký odpor vedení)	Nárůst ztrát na vedení (nižší hospodárnost provozu) Vyšší úbytek napětí (součin proudu a odporu vedení) Možné ohrožení spolehlivé funkce ochrany před úrazem elektrickým proudem (platí v síti TN)	Zvýšit průřez vedení (zmenší se odpor vedení) nebo kde je Al vodič: Změna materiálu vodiče (z hliníku na měď – pokles odporu vedení)

Tab. 8.1. Vliv zatěžovacího proudu a délky vedení

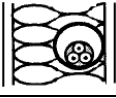
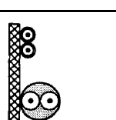
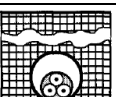
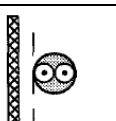
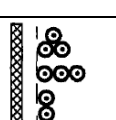
□ Dovolené zatěžovací proudy v elektrických rozvodech

Při průchodu proudu vodičem dochází k jeho zahřívání. Vyvinuté teplo ve vodiči na jednotku délky je přímo úměrné odporu této jednotkové délky vodiče R_V a druhé mocnině proudu tekoucího vodičem I_V . V ustáleném stavu se množství tepla vyvinutého ve vodiči rovná množství tepla předaného do jeho okolí a je přímo úměrné teplotnímu rozdílu mezi vodičem a okolím $\Delta\theta$.

Teplota vodiče ovšem nesmí dlouhodobě překročit určitou hodnotu, při které by se zkracovala životnost jeho izolace. Izolace vodičů a kabelů je méně odolná než kovové vodiče, proto je nejvyšší dovolená teplota vodiče dána druhem izolace (u izolovaných vodičů).

Na oteplení vodiče má kromě velikosti protékajícího proudu vliv i teplota okolí a možnosti odvodu tepla z povrchu vodiče, které jsou dány uložením vodiče. (Například kabel uložený v zemi se chladí lépe než kabel na volném vzduchu, kabel v plastové izolační trubce hůře ap.). Tzv. referenční způsoby uložení vodičů, které slouží pro odvození zatěžovacích proudů vodičů jsou uvedeny v tab. 8.2.

Pro zjednodušený návrh průřezu vodičů může posloužit tabulka v normě, popř. její výtah uváděný v odborných publikacích. Její zkrácená podoba pro některé způsoby uložení vodičů je uvedena dále v tabulce 8.3.

způsob uložení	označení	popis
	A1	Izolované jednožilové vodiče v trubkách zapuštěných v izolačních stěnách.
	A2	Izolované vícežilové kabely v trubkách nebo lištách na stěně.
	B1	Izolované vodiče v trubkách nebo lištách na stěně.
	B2	Izolované vícežilové kabely v trubkách nebo lištách na stěně.
	C	Kabely vícežilové na zdi., ve zdivu, na podlaze
	D	Kabely vícežilové v trubkách v zemi, nebo přímo v zemi.
	E	Vícežilové kabely na vzduchu
	F	Kabely jednožilové dotýkající se na vzduchu

Tab. 8.2. Způsoby referenčního uložení vedení

Referenční způsob uložení v tabulce 52-B1	Počet zatížených vodičů a druh izolace											
A1		Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE						
A2	Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE							
B1				Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE		Dva XLPE			
B2			Tři PVC	Dva PVC		Tři XLPE	Dva XLPE					
C					Tři PVC		Dva PVC	Tři XLPE		Dva XLPE		
E						Tři PVC		Dva PVC	Tři XLPE		Dva XLPE	
F							Tři PVC		Dva PVC	Tři XLPE		Dva XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Průřez mm ² měď												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161

Tab. 8.3. Dovolené zatěžovací proudy měděných (Cu) vodičů s PVC a XLPE izolací při okolní teplotě vzduchu 30 °C.



Shrnutí pojmů 9.

Dovolený zatěžovací proud (vedení) – proud, při kterém nedojde k nedovolenému zvýšení oteplení vodičů.

Referenční způsob uložení vedení – Existuje mnoho možností uložení vedení, pro zjednodušení při určení dovoleného zatěžovacího proudu se všechny způsoby dají nahradit některým z referenčních způsobů uložení vedení.



Otázky 9.

39. Proč jsou definovány dovolené zatěžovací proudy v rozvodech?
40. Při poruše (přetížení, zkratech) protéká vedením mnohem vyšší proud než je dovolený zatěžovací proud, může toto vedení poškodit?
41. Proč jsou dovolené zatěžovací proudy pro vodiče s izolací XPLE vyšší než u vodičů s PVC izolací?
42. Objasněte proč je v tabulce 8.2 rozlišováno mezi vedením s dvěma nebo třemi zatíženými vodiči.

10. VNĚJŠÍ Vlivy, KRYTÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ



Čas ke studiu: 25 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- objasnit účel vnějších vlivů a zavedení mezinárodního kódu ochrany krytím IP;
- zdůvodnit potřebu sestavení protokolu o určení vnějších vlivů;
- klasifikovat prostory z hlediska úrazů elektrickým proudem;
- popsat vazbu některých vnějších vlivů a krytí elektrických zařízení.



Výklad

10.1. Vnější vlivy

□ Požadavky na výběr a stavbu elektrických zařízení

Elektrická zařízení musí být volena a zřizována v souladu:

- s opatřeními k ochraně z hlediska **bezpečnosti**;
- s opatřeními na řádnou **funkčnost**;
- s požadavky na **přiměřenou odolnost**.

Toto elektrické zařízení musí odpovídat provozním podmínkám (napětí, frekvenci, proudu, elektromagnetické kompatibility atd.) a vnějším vlivům.

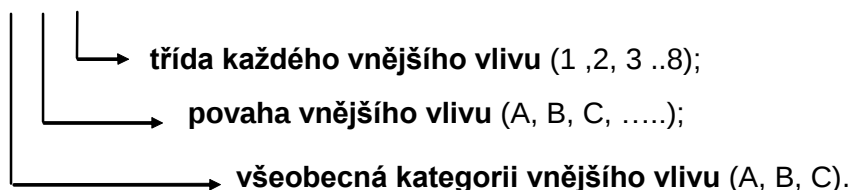
Na každé elektrické zařízení působí jeho okolí a naopak. Toto působení je v uvedené ČSN 33 2000-5-51 ed.3 definováno jako **vnější vlivy**. K tomu, aby byly zajištěny základní podmínky bezpečnosti (osob, užitkových zvířat a majetku) při provozní spolehlivosti (při určeném způsobu provozu) je třeba, aby elektrické zařízení bylo vybráno a instalováno v souladu s požadavky, které jsou definovány v příslušném elektrotechnickém předpisu (ČSN 33 2000 -3 a ČSN 33 2000-5-51 ed.3). Vnější vlivy svou přítomností rovněž předurčují jednotlivé prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem, elektrickým či elektromagnetickým polem.

□ Označování vnějších vlivů

Vnější vlivy se třídí do tří stupňů. Každý stupeň vnějšího vlivu je označován dvěma písmeny velké abecedy a číslicí.

Každý stupeň vnějšího vlivu je kódován dvěma písmeny velké abecedy a číslicí:

X X N



Všeobecné kategorie vnějšího vlivu:

A .. vnější činitel prostředí (dále jen **prostředí**) - *vlastnosti okolí, sledují se: - teplota, vlhkost, nadmořská výška, přítomnost vody, výskyt cizích těles, látek, fluory, fauny, mech. namáhání, působení záření, seismické účinky, atmosférické vlivy..*

B .. využití - uplatnění objektu dané:

- *vlastnostmi (duševními a pohybovými), elektrotechnickými znalostmi osob a odporu lidského těla;*
- **četností osob a možnost jejich úniku;**
- *vlastnostmi zpracovávaných látek.*

C .. konstrukce budovy - *souhrn vlastností a provedení budovy, její fixace k okolí.*

Vnější vlivy ovlivňující provoz zařízení jsou zjednodušeně vzato vnější vlivy kategorie A. Příliš vysoká teplota, vysoká vlhkost a nebo přítomnost vody může být pro elektrické zařízení škodlivá. Toto elektrické zařízení může být vnějšími vlivy na něj není konstruováno zničit, případně se může stát zdrojem úrazu požáru atd.

Vnější vlivy, popisujícími jak elektrické zařízení může negativně ovlivnit okolí jsou vlivy v kategorii B. Na elektrické vláčky určené dětem budou z hlediska bezpečnosti kladeny diametrálně odlišné nároky než na prostor rozvodny, ve které se budou pohybovat pouze osoby znalé. Elektrické zařízení se může stát zdrojem úrazu elektrickým proudem, v některých prostorách může nevhodná volba elektrického zařízení iniciovat požár nebo výbuch.

Jak je patrné vnější vlivy předurčují oblast a podmínky provozu elektrických zařízení. Vnější vlivy ovšem na druhou stranu rozhodně nezahrnují laboratorní podmínky typu teplota $22 \pm 2^\circ \text{C}$, vlhkost $65 \pm 5 \%$. Jsou stavěny v rozumně členěných intervalech tak, aby vystihly předpokládané užití elektrických zařízení. Například rozsah teplot pro vnější vliv AA5 je od $+5$ do $+40^\circ \text{C}$. Vlhkost (vliv AB5) může dosahovat hodnoty od 15 do 85 %.

10.2. Prostory normální, nebezpečné a zvlášť nebezpečné

□ Členění prostorů z hlediska rizika úrazu elektrickým proudem

Hlavním problémem bezpečnosti je stanovení skutečného tělového proudu při úrazu el. proudem u konkrétního zařízení. Víme, že tato hodnota nemá přesáhnout mez škodlivého proudu. Nepřekročení této meze lze však ovlivnit nepřímo, a to předepsáním dovolených mezí trvalého dotykového napětí, které nesmějí být u částí vystavených dotyku překročeny.

Protože většina sítí je provozována s uzemněným uzlem, vzniká nebezpečí úrazu především u jednopólového dotyku. Intenzita tohoto proudu je silně ovlivňována vlastnostmi okolí člověka zasaženého elektrickým proudem (vlhkost, horko, vodivé konstrukce apod.) proto norma (ČSN 33 2000-3) posuzuje dovolené meze trvalého dotykového napětí (popřípadě i meze bezpečného malého napětí) i z hlediska prostorů.

Druhy prostorů:

- normální (vnější vlivy neovlivňují tj. nezvyšují nebezpečí úrazu el. proudem);
- nebezpečné (vlivem prostředí je stálé nebo přechodné nebezpečí úrazu);
- zvl. nebezpečné (zvláštní okolnosti nebo vlivy způsobují zvýšené nebezpečí úrazu).

Prostory normální mohou být například obývací pokoj, křesťovská nebo stolařská dílna atd. Avšak například i prostor například laboratoře s nebezpečím výbuchu může být z hlediska úrazu elektrickým

proudem prostorem normálním, přestože na elektrická zařízení zde instalovaná platí logicky velmi tvrdé předpisy.

Prostory nebezpečné jsou zejména prostory horké, vlhké, s příležitostným rizikem koroze prostory s častým kontaktem osob s potenciálem země (například kovové lávky, kovové panely, pulty, zábradlí atd.) prostory, kde vlivem zpracování materiálů jsou vibrace (riziko uvolnění šroubových spojů).

Prostory zvlášť nebezpečné jsou prostory zejména mokré, tj. prostory, kde se vyskytuje voda v kapalném skupenství, prostory se silnými rázy a vibracemi a s trvalým rizikem koroze.

Podle druhu prostoru dochází ke změně hodnot bezpečných malých napětí. Tyto jsou uvedeny v tabulce 10.1.

Prostory	Dochází-li při obsluze k dotyku částí zařízení	Nejvyšší bezpečná malá napětí živých částí	
		Střídavá ¹⁾	Stejnoseměrná ¹⁾
Normální i nebezpečné	živých	25	60
	neživých (krytů) ³⁾	50	120
Zvlášť nebezpečné	živých	-	-
	neživých (krytů) ³⁾	12	25

¹⁾ Jmenovitá efektivní napětí se volí v daném rozsahu tak, aby nebyla překročena uvedená hodnota. Maximální hodnoty pro nesinusový průběh zatím nejsou stanoveny.

¹⁾ Stejnoseměrná napětí jsou bez zvlnění. Pojem „bez zvlnění“ se zpravidla definuje jako efektivní hodnota zvlněného napětí nepřesahující 10 % stejnoseměrné složky.

³⁾ Rozumí se krytů izolovaných od živých částí.

Tab. 10.1. Meze bezpečných malých napětí s ohledem na prostory

10.3. Protokol o určení vnějších vlivů

□ Sestavení a účel protokolu o určení vnějších vlivů

Protokol o určení vnějších vlivů je dokument, jehož cílem je písemně popsat vnější vlivy, které by mohly ovlivnit činnost elektrického zařízení případně popsat jak by elektrické zařízení mohlo ovlivnit okolí. Protokol o určení vnějších vlivů sestavuje komise, v níž jsou zpravidla přítomni projektant, revizní technik, požární preventista, technolog.

Protokol o určení vnějších vlivů má předepsanou formu a kromě výčtu vnějších vlivů musí mimo jiné obsahovat i jednoznačné určení prostoru z hlediska úrazu elektrickým proudem. Je povinností provozovatele archivovat protokol o určení vnějších vlivů po celou dobu životnosti elektrického zařízení do doby jeho rekonstrukce (spojené se sestavením nového protokolu), případně zániku.

Přestože by se mohlo zdát, že vnější vlivy a protokol o určení vnějších vlivů slouží pouze k začlenění prostor z hlediska úrazů, není tomu tak. Protokol o určení vnějších vlivů slouží jako závazné vodítko od specifikace návrhu, přes montáž po provoz a revizi elektrického zařízení.

VŠB-TU Ostrava, fak.FEI, Tř.17.listopadu, 708 33 Ostrava 4 - Poruba

PROTOKOL čis. 2/ 452
o určení vnějších vlivů vypracovaný odbornou komisí

V Ostravě

dne : 21.02.2002

Složení komise :

předseda(funkce) : Ing. Ctirad Koudelka, zást.ved.kat.452
členové (funkce) : Ing. Miroslav Fiala, bezp. technik kat.452
Ing. Vladimír Meduna, rev.technik
Ing. Vítězslav Stýskala, PhD.

Název objektu (stavby, prostoru) : VŠB, FEI, kat.452, místnost E 206

Podklady použité pro

vypracování protokolu : Prohlídka místnosti a technologického zařízení

Přílohy :

Popis objektu :

Místnost č.E 206 je umístěna v obj. E na VŠB-TU Ostrava-Poruba. Budova je zděná čtyřpodlažní budova. Podlaha místnosti je dlaždicová, pracovní stoly s dřevěnou pracovní plochou. Místnost je určena jako dílna pro řemeslníka kat. 452. Pracovník dílny má složenou zkoušku dle §6, vyhl.č.50/1978 Sb. Přístup do místnosti mají pracovníci kat.452, kteří mají složenou platnou zkoušku dle §6, resp. 11 vyhl.č.50/1978 Sb. Celé technologické zařízení je možno vypnout hlavním bezpečnostním vypínačem. V nepřítomnosti osob je nutno technologické zařízení vypnout. V místnosti je umístěna malá zkušební rozvodnice 400/230 V a stolní bruska.

Rozhodnutí :

Podle ustanovení ČSN 33 2000-3 čl. 320.2 bylo stanoveno působení vnějších vlivů následovně :

AA5, AB5, AC1, AD1, AE3, AF1, AG1, AH1, AK1, AM1, AQ1, BA4, BC2, BD2, BE1, CA1, CB2,

Prostor dle ČSN 33 2000-3, čl. 320.N4 : prostor normální

Zdůvodnění :

Komise vzala v úvahu veškeré okolnosti, rozhodujícím kritériem pro stanovení druhu prostoru je provedení místnosti a použité technologické zařízení.

Datum sepsání protokolu : 21.2.02

Podpis předsedy komise : 

Obr.10.1. Vzor protokolu o určení vnějších vlivů

10.4. Krytí elektrických zařízení

□ Kód IP

Krytím elektrických zařízení se snažíme elektrické zařízení chránit před vnikem vody a pevných těles.

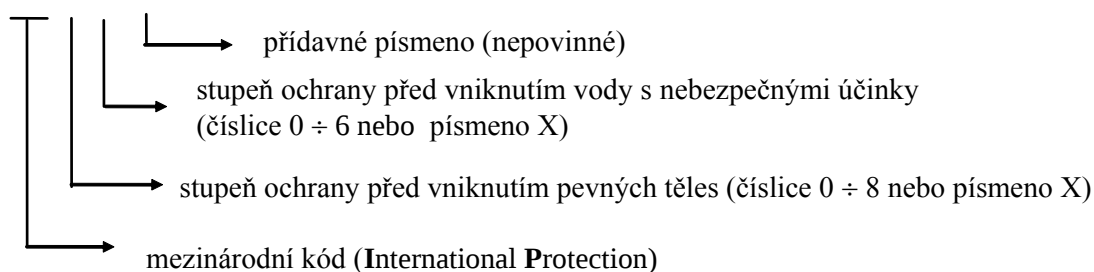
Jednak je to ochrana elektrického zařízení před vnějšími vlivy AD (voda) a AE (pevná tělesa). Tedy vnější vlivy jsou příčinou, ochrana krytím je důsledkem – provedením elektrického zařízení tak, aby nebylo těmito vnějšími vlivy ovlivněno.

Druhým neméně důležitým významem je ochrana před nebezpečným dotykem živých částí. Jednou ze základních ochranných opatření je ochrana krytím.

Pro některé další specifické vnější vlivy je rovněž vyžadován určitý minimální stupeň krytí.

Stupeň ochrany krytem je rozsah ochrany ověřený normalizovanými zkušebními metodami, který se označuje mezinárodním **IP kódem**:

I P x x C H → doplňkové písmeno (nepovinné)



Stručný popis a definice jednotlivých stupňů ochrany je uveden v tab. 10.2 a 10.3. Minimální krytí je IP 00, zařízení není chráněno před vnikem pevných částic a vody, maximální stupeň krytí je IP 68, kdy zařízení je prachotěsné a určené pro trvalý ponor. Za zmínku stojí, že zařízení užívané laiky musí splňovat z důvodu ochrany před dotykem živých částí minimální krytí IP 2X nebo IP XX-B pro svislé části krytů resp. IP4X resp. IP XX-D pro vodorovné části krytů nebo pro místnosti kde se pohybují děti.

	Stupeň ochrany IP, první číslice	
První číslice	Význam pro ochranu zařízení	Význam pro ochranu osob
	Ochrana před vnikem pevných cizích těles:	Ochrana před dotykem nebezp. částí :
0	bez ochrany	bez speciální ochrany
1	o průměru ≥ 50 mm	hřbetem ruky – IP XX-A
2	o průměru $\geq 12,5$ mm	Prstem – IP XX-B
3	o průměru $\geq 2,5$ mm	Nástrojem – IP XX-C
4	o průměru ≥ 1 mm	Drátem- IP XX-D
5	ochrana před prachem	drátem
6	ochrana úplná před prachem	drátem

Tab. 10.2. Význam první číslice kódu IP

	Stupeň ochrany IP, druhá číslice	
Druhá číslice	stručný popis	definice
0	bez ochrany	bez speciální ochrany
1	ochrana před svisle padajícími kapkami vody	škodlivě nesmějí působit svisle padající kapky
2	- " - padající kapky při náklonu krytu do 15°	děšť dopadající na kryt pod úhlem 15 ° nesmí škodit EZ...
3	- „- padající kapky při náklonu krytu do 60°	voda v podobě deště dopadající na kryt pod úhlem 60 ° nesmí škodit EZ...
4	ochrana před stříkající vodou	voda stříkající na kryt v libovolném směru nesmí škodit EZ.....
5	ochrana před proudem vody	tryskající voda v libovolném směru nesmí škodit
6	ochrana proti intenzivně tryskající vodě	intenzivně tryskající voda nesmí vniknout dovnitř a škodit EZ
7	ochrana při ponoření (dočasném)	při ponoření nesmí voda vniknout při určitém tlaku pod kryt a poškodit EZ
8	ochrana. při trvalém ponoření	.

Tab. 10.3. Význam druhé číslice kódu IP

Výskyt vody - AD			Výskyt cizích těles - AE		
Kód		minimální krytí	Kód		minimální krytí
AD 1	<i>zanedbatelná</i>	IP X0	AE 1	<i>zanedbatelná</i>	IP 2X/IP XX-B
AD 2	<i>kapky</i>	IP X1	AE 2	<i>malé předm.</i>	IP 3X
AD 3	<i>vodní tříšť</i>	IP X3	AE 3	<i>v. malé př.</i>	IP 4X
AD 4	<i>stříkající v.</i>	IP X4	AE 4	<i>lehká prašnost</i>	IP 5X
AD 5	<i>tryskající v.</i>	IP X5	AE5	<i>mírná prašnost</i>	IP 5X/IP 6X
AD 6	<i>vlny</i>	IP X6	AE6	<i>silná prašnost</i>	IP 6X
AD 7	<i>m. ponoření</i>	IP X7			
AD 8	<i>hl. ponoření</i>	IP X8			

Tab. 10.4. Požadavky na krytí v závislosti na vnějších vlivech AD a AE



Shrnutí pojmů 10.

Vnější vlivy – viz článek v 10.1

Protokol o určení vnějších vlivů – viz čl. 10.3.

Krytí elektrických zařízení, kód IP – viz čl.10.4.



Otázky 10.

43. Proč se definují vnější vlivy?
44. Proč je přinejmenším nevhodné sestavovat protokol o určení vnějších vlivů až při montáži elektrického zařízení?
45. Revizi elektrického zařízení bez předloženého protokolu o určení vnějších vlivů nelze provést (zjednodušeně vzato) proč?
46. Teoreticky by podle tabulky 10.4 pro vliv AE1 stačilo IP 0X. Je zde záměrně uveden požadavek IP 2X proč?

11. OBSLUHA A PRÁCE NA ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍCH



Čas ke studiu: 40 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- objasnit pojem ochranný prostor, a zóna přiblížení;
- charakterizovat aspekty práce pod napětím, bez napětí a v blízkosti živých částí;
- popsat postup uvedení pracoviště do beznapěťového stavu;
- vyjmenovat kompetence osob poučených a znalých;
- popsat zásady chování v laboratořích FEL.



Výklad

11.1. Předmluva, definice pojmů

□ Motto – předmluva k následující kapitole

„Sebelepší pravidla a postupy nemají žádný význam, pokud všechny osoby pracující na/nebo s elektrickým zařízením nebo v jeho blízkosti nejsou s nimi a všemi zákonnými požadavky seznámeny a neřídí se jimi.“

EN 50110-1:2004

V úvodu učebního textu bylo v kapitole 2 rozebráno, že opatření k zabezpečení bezpečného provozu elektrických zařízení (tedy schopnosti nezpůsobit škody) jsou dvojí: technické a organizační. V kapitolách 3 – 10 byly stručně rozebrány technická opatření, organizační opatření byly částečně rozebrány v kapitole 1 – v sekci legislativa (zákon 262/2006, Vyhl. 50/1978 Sb.).

V této kapitole se podrobněji rozeberou požadavky na správné pracovní postupy k zajištění bezpečné činnosti na elektrických zařízeních.

□ Definice pojmů

V elektrotechnice se ustálily následující termíny a definice. Většina z těchto termínů jsou uvedeny i v mezinárodních slovnících.

Elektrické zařízení (*electrical installation*)

zahrnuje všechna elektrická zařízení, která jsou určena pro výrobu, přenos, přeměnu, rozvod a užití elektrické energie; zahrnuje zdroje energie jako jsou baterie, kondenzátory a všechny další zdroje akumulované elektrické energie.

Obsluha a práce (*operation*)

zahrnuje všechny pracovní činnosti nutné k uvedení elektrického zařízení do chodu, zahrnuje takové úkony jako je spínání, ovládání, monitorování, údržba a také práce na elektrických zařízeních a neelektrické práce.

Riziko (*risk*)

kombinace pravděpodobnosti a stupně možného zranění nebo poškození zdraví osoby, která je vystavena riziku nebo rizikům.

Elektrické riziko (*electrical hazard*)

zdroj možného zranění nebo poškození zdraví působením elektrické energie z elektrického zařízení.

Elektrické nebezpečí (*electrical danger*)

riziko zranění od elektrického zařízení.

Zranění (*injury*)

smrt nebo zranění osoby způsobené elektrickým proudem, popálením elektrickým obloukem, ohněm nebo výbuchem způsobeným elektrickou energií při obsluze nebo práci na elektrickém zařízení.

Osoba znalá (*skilled person*)

osoba s odpovídajícím vzděláním, znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektrina může vytvořit.

Osoba poučená (*instructed person*)

osoba prokazatelně poučená osobami znalými, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí, které elektrina může vytvořit.

Pracoviště (*work location*)

prostor vymezený pro práci.

Zóna přiblížení (*vicinity zone*)

vymezený prostor vně ochranného prostoru.

Ochranný prostor (*live working zone*)

prostor okolo živých částí, ve kterém není při zasahování nebo vstupování do něho bez ochranných opatření zajištěna izolační hladina k odvrácení elektrického nebezpečí.

Živá část (*live*)

Část elektrického zařízení určena k vedení proudu za normálních podmínek. Jedná se o vodič nebo vodivou část určenou tomu, aby při obvyklém užívání byla pod napětím. Nejčastěji se jedná o vodiče, vinutí motorů, transformátorů, ale i např. svorku baterie nebo akumulátoru.

Beznapětový stav (*dead*)

napětí je nulové nebo přibližně nulové a/nebo bez náboje.

Neživá část (*Exposed conductive part*)

elektrického zařízení je vodivá část, které se lze dotknout a která není obvykle živá, ale může se stát živou v případě poruchy. Nejčastěji se jedná o kovové kryty.

Malé napětí (*ELV - extra low voltage*)

normálně nepřevyšuje 50 V u střídavého proudu (AC) nebo 120 V u neizolovaného stejnosměrného proudu (DC) buď mezi vodiči nebo vodiči a zemí, toto zahrnuje SELV, PELV a FELV.

Nízké napětí (*LV - low voltage*)

normálně nepřevyšuje AC 1 000 V nebo DC 1 500 V.

11.2. Ochranný prostor a zóna přiblížení

□ Ochranný prostor

K úrazu způsobenému elektrickým proudem v instalacích nízkého napětí dochází v důsledku kontaktu se živou částí (ať už osoby nebo nevhodným nářadím, kovovou částí drženou osobou apod.) a následném proudem protékajícím tělem postiženého.

V instalacích vysokého napětí (nad 1500 V DC, resp. 1000 V AC) se již uvažuje, že i při pouhém přiblížení osoby k živé části může dojít k úrazu elektrickým proudem v důsledku přeskoku.

Vzdálenost, při níž už může dojít k úrazu elektrickým proudem při pouhém přiblížení k živým částem se nazývá *ochranný prostor*. V sítích nízkého napětí se předpokládá, že k úrazu elektrickým proudem dojde pouze při kontaktu se živou částí.

Pokud osoba zasahuje tělem, nářadím, vybavením nebo předměty do ochranného prostoru (v instalacích nn), potom dotýká-li se živých částí) je toto považováno za práci pod napětím (bude rozebráno dále).

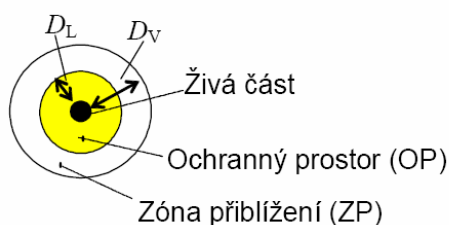
Definice ochranného prostoru a zóny přiblížení je na obr. 11.1.

□ Zóna přiblížení

Zóna přiblížení je prostor vně ochranného prostoru. Při pohybu osob, práci na elektrickém zařízení nedochází k narušení ochranného prostoru. Nejedná se tudíž o práci pod napětím. Hrozí zde bezprostřední riziko, že při neopatrné manipulaci, v důsledku jiných okolností apod. může dojít k narušení ochranného prostoru a s tím souvisejícímu úrazu elektrickým proudem.

Vzdálenosti, které jsou definovány pro zónu přiblížení a ochranný prostor jsou uvedeny v tab. 11.1.

Je nutno zdůraznit, že tyto vzdálenosti jsou minimální a v případě potřeby (analýzy rizika) je vhodné je zvýšit úměrně rizikům při vykonávané práci.



D_L ...vnější hranice OP
 D_V ...vnější hranice ZP

Obr. Vzdušné vzdálenosti a zóny pro pracovní postupy

Jmenovité napětí soustavy U_N [kV]	D_L [mm]	D_V [mm]
do 1 kV		300
3 kV	60	1120
6 kV	90	1120
22 kV	260	1260
35 kV	370	1370
400 kV	2600	4600

Obr. 11.1. Definice ochranného prostoru a zóny přiblížení

Tab. 11.1. Číselné hodnoty vzdáleností ochranného prostoru a zóny přiblížení

Pokud osoba zasahuje nářadím nebo pracuje v zóně přiblížení, jedná se o tzv. práci v blízkosti živých částí. Specifika této práce budou rozebrána dále.

11.3. Definice obsluhy a práce na elektrických zařízeních

□ Obsluha elektrických zařízení

V původním znění normy EN 50110 – 1 ed. 2 je definován termín *operation* jako obsluha a práce. Naše národní předpisy rozlišovaly (a rozlišují) pojem obsluhy a práce na elektrických zařízeních.

Obsluhou elektrického zařízení jsou pracovní úkony spojené s provozem elektrického zařízení, např. spínání, místní, dálkové nebo ústřední ovládání, regulování, monitorování, čtení údajů trvale namontovaných přístrojů, synchronizování, prohlídka zařízení apod. Při obsluze se osoby zásadně dotýkají jen těch částí, které jsou k tomu určené. Pokud je pro obsluhu stanoveno používání osobních ochranných prostředků (OOP), musí být použity.

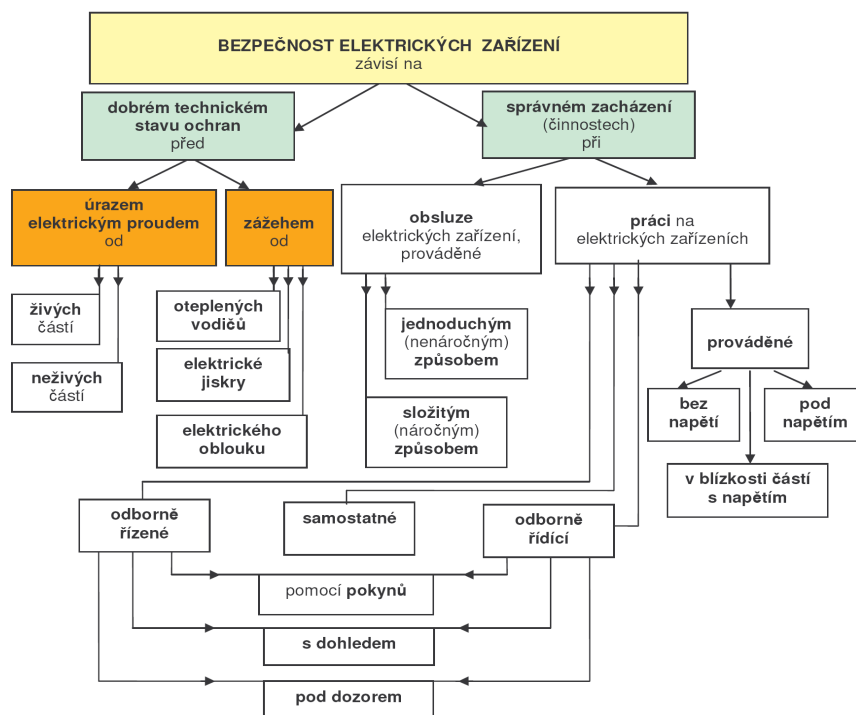
□ Práce na elektrických zařízeních

Práci na elektrickém zařízení se rozumí výstavba, montáž, revize a údržba elektrického zařízení. Sem patří také všechny úkony pro zajišťování pracoviště, jakož i měření přenosnými přístroji. Práce mohou být prováděny na zařízení **bez napětí**, na zařízení **pod napětím**, a **v blízkosti živých částí**. Podle způsobu práce prováděné na elektrickém zařízení se jedná o **práce podle pokynů**, **práce s dohledem** a **práce pod dozorem**.

Práce podle pokynů je práce, pro kterou jsou dány jen nejnutnější pokyny. Při této práci, odpovídají za dodržování bezpečnostních předpisů pracující osoby samy.

Práce s dohledem je práce, která se provádí podle podrobnějších pokynů. Před zahájením práce se osoba provádějící dohled přesvědčí, zda jsou provedena nutná bezpečnostní opatření. V průběhu prací, občas podle potřeby, kontroluje osoba provádějící dohled dodržování bezpečnostních předpisů. Při této práci odpovídají za dodržování bezpečnostních předpisů pracující osoby samy.

Práce pod dozorem je práce, která se provádí za trvalé přítomnosti osoby, která je pověřena dozorem a která je odpovědná za dodržování příslušných bezpečnostních předpisů.



Obr. 11.2. Bezpečnost elektrických zařízení (technická a organizační hlediska)

11.4. Bezpečná obsluha a práce

□ Před započítím práce

Před započítím prací na elektrických zařízeních je třeba analyzovat rizika. Tímto pojmem se myslí vyhodnotit kdo bude práci provádět, jak bude prováděna a s kým a čím ji bude provádět.

Pokud se k danému pracovišti nebo práci váží specifické předpisy (např. místní provozní bezpečnostní předpis, řád laboratoře apod.) je nutné pracovníky s těmito předpisy seznámit, resp. provést proškolení pracovníků. Pro složité práce je nutno pracovníky v přiměřených intervalech přezkušovat.

Obecně platí, že jsou-li třeba speciální ochranné pomůcky resp. ochranný oděv je nutné jej mít.

Zákoník práce, stejně jako další předpisy uvádějí, že jsou-li při činnostech specifická nebezpečí (zde myšleno hlavně elektrická), je nutné, aby je vykonávala jen osoba, která má dostatečné znalosti a zkušenosti.

Pro každou práci musí být jmenován vedoucí práce tj. osoba s konečnou odpovědností za pracovní činnosti.

□ Dorozumívání, komunikace

Obecně platí, že jakákoliv forma komunikace je povolená.

Před započítím bezpečné práce musí být sděleny všechny informace pro zajištění této práce (stav zařízení, uzemnění, zkratování, vyřazení ochran apod.)

Všechna hlášení musí obsahovat jméno a příjmení a pokud je to nutné funkci osoby předávající informace.

Pro ústní formu platí, že je nutno potvrdit obsah a porozumění zprávy. Obecně není přípustné provádět úkony po uplynutí smluvených časových intervalů případně v bez dalšího ohlášení v předem dohodnutých časových intervalech.

□ Sled kroků při zahájení prací

Před zahájením prací musí být osoba odpovědná za elektrické zařízení informována o povaze a sledu prováděných prací. Pokyn k zahájení prací dává osoba odpovědná za elektrické zařízení.

Vedoucí práce poté dává pracovníkům (po zajištění pracoviště) pokyny k zahájení prací. O případném přerušení nebo skončení prací musí být opět informována osoba odpovědná za elektrické zařízení.

11.5. Provozní a pracovní postupy

□ Běžné provozní postupy

Z hlediska provozních postupů prací na elektrických zařízeních lze definovat tyto postupy:

- provozní činnosti (odpojování, manipulace, připojování elektrických zařízení;
- kontroly funkčního stavu (měření a zkoušení);
- revize elektrických zařízení.

Měření na elektrických zařízeních přenosnými měřicími přístroji, přestože jsou pracemi pod napětím mohou vykonávat i osoby poučené, zkoušení potom mohou vykonávat osoby poučené pod dozorem osoby znalé. **Při měření je nutné před měřením zkontrolovat funkčnost měřicích přístrojů !!**

□ Druhy prací z hlediska pracovních postupů

Jak již bylo uvedeno výše pro každou práci musí být určen pracovní postup. Pro složitější práce musí být vydán postup písemně (v ČR se osvědčil a užívá pro vn instalace „příkaz B“ a „příkaz B-PPN“ a pro nn instalace potom „PPNN“ i když jej evropská norma EN 50110 – 1 v této formě nepředepisuje).

Z hlediska stavu ve kterém je elektrické zařízení lze definovat tři druhy prací a to **práci pod napětím, práci bez napětí a práci v blízkosti živých částí.**

11.6. Práce bez napětí

Uvedení pracoviště do beznapěťového stavu

Práce je považována za práci bez napětí jen při splnění podmínek pro zajištění pracoviště pro práci bez napětí. Tyto podmínky musí bezpodmínečně všechny osoby znát. Jedná se o splnění všech pěti (v určitých případech v instalacích nn stačí prvních třech) podmínek a to v uvedeném pořadí:

1. vypni;
2. zajisti;
3. proměř;
4. uzemni a zkratuj;
5. proved' opatření k živým částem v blízkosti.

Pojmem **vypni** se myslí odpojení instalace ze všech stran napájení.

Zajisti znamená zajisti proti opětovnému zapnutí například zamknutí odpojovače, vypínače vlastním zámkem, nebo vedoucí práce schová pojistkové vložky a hlavice do kapsy, v prostorách, kde se pohybují jen osoby znalé tak v určitých případech stačí instalace cedulky „nezapínej na zařízení se pracuje“.

Proměř znamená ověření, že daná část instalace je bez napětí. Zkoušečka musí být před měřením zkontrolována (nutno ověřit, že funguje).

Uzemni a zkratuj není nutné provádět v instalacích nízkého napětí, které nejsou napájeny ze záložního zdroje energie. Důvod je odvedení zbytkového náboje, dále jako opatření proti naindukování z jiných živých částí pod proudem (v souběhu), dále i jako psychologický efekt. Proto na vn instalacích musí být z pracoviště zkratovací soustava na dohled.

Proved' opatření k živým částem v blízkosti – je nutné zabezpečit pracoviště, ohradit jej, provést opatření k zamezení účinků indukce atd. Pokud jsou poblíž části pod napětím v zóně přiblížení, je nutné aplikovat požadavky na práci v blízkosti živých částí. V instalacích nn, pokud nejsou v blízkosti živé části není třeba tento krok provádět.

V instalacích vn se při vpuštění pracovní čtyř aplikuje požadavek, aby vedoucí práce dotykem ruky na živou část (bez napětí) přesvědčil ostatní pracovníky o tom, že zařízení je bez napětí. Rovněž v instalacích vn se po odejmutí zkratovací soupravy považuje instalace již za instalaci pod napětím.

Vzor příkazu B (resp. jeho přední strany) je na obr. 10.3. Je zde patrné písemné zaznačení sledu uvedení vn instalace do stavu bez napětí a „reverz“ pracovníků, že byli poučeni o stavu pracoviště.

PŘÍKAZ „B“ čís.....

pro vedoucího práce:*) s četou osob,
pro dozor:*) ,

aby dne od do hodin na elektrickém zařízení (vedení) –
v blízkosti živých částí*) elektrického vedení*) – za napětové výluky*) – pod napětím*)

vykonali.....

Příkaz „B“: osobně – poslem – telefonicky – radiotelefonicky*)

vydal nebo hlásil (jméno a podpis) dne hodin

přijal (jméno, podpis) dne hodin

Zapsal do knihy příkazů „B“ č..... číslo příkazu

Místa	Úkony pro zajištění pracoviště (vyplní nebo určí osoba vydávající příkaz „B“)	Poř. čís. úkonu	Za vykonání úkonu odpovídá	Provedl – hlásil	
				datum hodin	podpis nebo hlásil
	Vypne se:				
	Odpojí se:				
	Další bezpečnostní opatření:				
Na pracovišti	způsob kontroly, že zařízení je bez napětí				
	zemnění a zkratování:				
	způsob označení pracoviště:				
	vymezení pracoviště:				
	další bezpečnostní opatření:				
Nejbližší části elektrického zařízení (vedení) pod napětím:					

Takto zajištěné pracoviště převzal a za další bezpečnost zodpovídá vedoucí práce: (jméno)

dne: hodin: podpis:

Stvrzujeme podpisy, že jsme byli před zahájením práce o stavu pracoviště poučeni.....

.....

Obr. 11.3. Vzor příkazu B, přední strana

firma.....

PŘÍKAZ „PPNN“č.kniha č. NN.....

POZOR, PRÁCE POD NAPĚTÍM – NN!

I. Odpovědná osoba pro PPNvydává
pro vedoucího prací.....a osoby

příkaz k provedení prací pod napětím na těchto zařízeních (místo a druh prací):

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....

Bezpečnostní a doplňující informace:

Příkaz je platný od:.....

Příkaz byl vydán O, P, T, R^{*)} dne.....hod.....podpis.....

II Příkaz přijal vedoucí prací O, P, T, R^{*)} dne.....hod.....podpis.....

III. Osoby svými podpisy u každé práce uvedené v odstavci IV. potvrzují, že byli instruováni o stavu pracoviště, způsobu provádění prací a použití pracovních postupů a že jsou fyzicky a psychicky způsobilé uvedené práce pod napětím provádět.

IV. Vedoucí práce potvrzuje, že:

a) shora uvedené práce byly provedeny:

1. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.
2. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.
3. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.
4. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.
5. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.
6. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.
7. dne.....od.....do.....hod., tj. zahod.

podpisy osob:

b) Ostatní práce pod č.nemohly být provedeny nebo byly přerušeny z těchto důvodů.....

Legenda: O – osobně, P – poslem, T – telefonem, R – rádiem
^{*)}nehodící se škrtněte

.....
jméno a podpis vedoucího práce

Obr. 11.4. Vzor příkazu PPNN

11.7. Práce pod napětím

Definice a požadavky na práci pod napětím

Práce pod napětím smí vykonávat jen osoba znalá, která je k tomu proškolená a má k tomu zkušenosti. Při práci pod napětím musí mít pracovník obě ruce volné, nesmí být pod časovým nátlakem. Osoby provádějící práce pod napětím musí být pravidelně přezkušovány z předpisů a pracovních postupů.

Tyto práce se nesmí provádět v místnostech s nebezpečím výbuchu nebo požáru.

Za práci pod napětím lze považovat i práci na nezajištěném pracovišti bez napětí nebo nasazení a sejmutí zkratovací soupravy.

Pracovní postupy

Práce pod napětím lze provádět některým z níže uvedených způsobů.

Je možné pracovat na potenciálu. Pracovník je na izolované plošině spojen s živou částí (trolej trakčního vedení).

Druhý druh práce pod napětím je práce na bezpečnou vzdálenost, kdy pracovník zasahuje do ochranného prostoru izolační tyčí, sám stojí mimo, aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem.

Třetí druh je práce pod napětím je práce v dotyku, kdy pracovník má izolační rukavice, případně dielektrický koberec.

Jistý druh prací pod napětím je i měření přenosnými měřicími přístroji, měření izolačního stavu na odpojeném zařízení. Tato měření (jsou-li jednoduchá) může vykonávat i osoba poučená. **Obecně ale práce pod napětím může v instalacích nn vykonávat minimálně osoba znalá (min. §5, vyhl. 50/1978 Sb.)**

11.8. Práce v blízkosti živých částí

Práce v blízkosti živých částí je prací, při níž osoba nezasahuje do ochranného prostoru D_L a to ani náradím, avšak se pohybuje v zóně přiblížení D_V . Tyto práce musí provádět osoby poučené o případném nebezpečí, musí mít podobně jako při práci pod napětím stabilní postavení a obě ruce volné.

Pokud tyto práce vykonávají osoby poučené, musí tak činit pod dozorem osoby znalé s vyšší kvalifikací (§ 6, vyhl. 50/1978 Sb.). Osoby znalé tak v instalacích vn mohou vykonávat jen s dohledem osoby znalé s vyšší kvalifikací (v instalacích nn potom mohou v blízkosti živých částí pracovat osoby znalé samy).

11.9. Uvedení do provozu, provoz elektrických zařízení

Revize

Při uvádění instalací do provozu (po montáži nebo rekonstrukci) je zapotřebí provést revizi elektrické instalace. Revizí elektrické instalace rozumíme posouzení, zdali je elektrické zařízení z hlediska bezpečnosti schopno provozu (tj. zdali odpovídá platným normám a předpisům a není zdrojem nebezpečí).

Revize elektrické instalace zahrnuje několik kroků. Nejprve se posuzuje shoda instalace s technickou dokumentací, následně se prohlídkou (s využitím smyslů a důvtipu) kontroluje stav zařízení, poté se provede měření ve kterém se posuzuje stav zařízení a posuzuje se účinnost ochrany před úrazem elektrickým proudem a nakonec se vypracovává zpráva o provedené revizi.

Rozeznáváme tři druhy revizí – **výchozí** při uvedení nového zařízení do provozu, **pravidelnou** – po uplynutí lhůty pro revizi a **mimořádnou** – při pochybnosti o kvalitě provedené revize, event. po mimořádné události (úder blesku, úraz, povodeň, ztráta dokumentace).

Dokumentace

Ke každému elektrickému zařízení musí existovat dokumentace. Ve fázi projektu se jedná o tzv. **projektovou dokumentaci**, která popisuje budoucí stav zařízení.

Při uvádění zařízení do provozu musí toto zařízení být vybaveno **průvodní dokumentací**. V ní musí být u instalace zpráva o výchozí revizi, dokumentace skutečného stavu instalace (projektová dokumentace a změny), protokol o určení vnějších vlivů, návody na obsluhu a údržbu.

V průběhu životnosti instalace může dojít ke změnám souvisejícím s rozšířením instalace, změnám apod. Tyto změny musí být rovněž společně s poslední zprávou o pravidelné revizi a průvodní dokumentací archivovány (a aktualizovány) a nazývají se **provozní dokumentací**. Průvodní (a provozní) dokumentace musí být archivována po celou dobu životnosti zařízení nebo instalace tj. do úplného zániku.

11.10.Srovnání kompetencí osob poučených a znalých

Osoby poučené §4

Osoby poučené **smí** v rámci svých kompetencí:

- samostatně obsluhovat elektrická zařízení všech napětí;
- pracovat podle pokynů na částech EZ nn bez napětí;
- pracovat v blízkosti živých částí zařízení nn s dohledem (>200 mm);
- pracovat v blízkosti živých částí vn pod dozorem, v blízkosti vypnutých živých částí vn s dohledem;
- měřit zkoušecím zařízením.

Osoby poučené **nesmí** v rámci svých kompetencí:

- pracovat na částech nn, vn pod napětím (netýká se jednoduchých schválených prací určených pracovním postupem).

Osoby znalé §5

Osoby znalé **smí** v rámci svých kompetencí:

- samostatně obsluhovat elektrická zařízení všech napětí;
- pracovat samostatně na částech nn i pod napětím;
- podle rozsahu kvalifikace mohou pracovat na zařízení vn (jednoduché věci a bez napětí sami, jinak s dohledem).

Osoby znalé **nesmí** v rámci svých kompetencí:

- vykonávat zakázané činnosti na částech nn, vn pod napětím;
- pracovníci znalí (§5) nesmí pracovat sami na částech nn v prostorách mokrých, omezených vodivých, venkovním.

Práce v laboratořích FEI

V závěru této kapitoly je vhodné shrnout požadavky na studenty pro práci v laboratořích univerzity. Studenti jsou považováni za osoby poučené (§4) a z toho plynou následující požadavky.

Studenti nesmí pracovat na částech pod napětím. Od živých částí pod napětím, které je vyšší než bezpečné malé napětí, musí student při práci v laboratořích dodržovat bezpečnou vzdálenost. Bezpečná vzdálenost, je závislá na výši napětí živých částí (pro nízké napětí min. 20 cm).

(Pozn. práci pod napětím SELV a PELV studenti vykonávat nesmí rovněž, byť za určitých okolností mohou být části SELV a PELV volně přístupné dotyku, tolik národní legislativa. Evropská norma toto při aplikaci opatření proti zkratu připouští, avšak může být obtížné vyhodnotit, jedná – li se o zdroje SELV, PELV nebo jen FELV proto platí i zde tento zákaz).

Studenti musí být seznámeni s laboratorním řádem a ten ctít. Laboratorní řád je v podstatě místní provozní bezpečnostní předpis a ten svým způsobem upravuje (a doplňuje) požadavky na obsluhu a práci v laboratořích. Musí vědět, kde je v laboratoři hlavní vypínač a hasicí přístroj.

Studenti musí znát zásady bezpečné práce na elektrických zařízeních, první pomoc při úrazu elektrickým proudem a chování při vzniku požáru. Studenti jsou povinni před měřením úspěšně absolvovat předmět Bezpečnost v elektrotechnice.

Studenti musí být obeznámeni s postupem měření (ať už ústní formou od pedagoga nebo návodem). Protože vykonávají obsluhu a práci, která je mnohdy složitá musí být dobře informováni o průběhu této práce a možných rizicích.

Pokud se student necítí dobře (fyzicky nebo psychicky), musí informovat vedoucího cvičení. Studentům je zakázáno absolvovat cvičení pod vlivem alkoholu, omamných a psychotropních látek.

V případě zjištění, že došlo k úrazu elektrickým proudem, je student povinen ihned i bez předchozího souhlasu učitele, který vede příslušná laboratorní měření, vypnout hlavní bezpečnostní vypínač. Tímto vypínačem lze odpojit veškeré příklady k laboratorním elektrickým zařízením. Současně informovat o zjištěné skutečnosti učitele, který vede příslušná laboratorní měření.

Studenti nesmí zapojit jakékoliv elektrické zařízení pod napětí bez předchozí kontroly a souhlasu učitele, který vede příslušná laboratorní měření.



Shrnutí pojmů 11.

Elektrické zařízení, obsluha a práce – viz kap. 11.1.

Riziko, elektrické riziko, elektrické nebezpečí – viz kap. 11.1.

Zranění, osoba znalá, osoba poučená - viz kap. 11.1.

Pracoviště, zóna přiblížení, ochranný prostor – viz kap. 11.1..

Živá část, neživá část, beznapěťový stav – viz kap. 11.1..

Malé napětí, nízké napětí – viz kap. 11.1.

Práce pod napětím, bez napětí, v blízkosti živých částí – viz kap. 11.1..



Otázky 11.

47. Vyjmenujte kompetence osob poučených.

48. Uveďte zásady uvedení do beznapěťového stavu.

49. Uveďte kdo je odpovědný za plnění bezpečnostních předpisů při práci s dohledem a pod dozorem.

50. Proč je nutné před měřením (a někdy i po něm) ověřit funkčnost měřicího zařízení ?

12. PRVNÍ POMOC PŘI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM A HAŠENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ



Čas ke studiu: 40 min



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- definovat účinky elektrického proudu na lidský organismus
- vyjmenovat druhy nebezpečného dotyku s elektrickým zařízením
- teoreticky poskytnout první pomoc při úrazu elektrickým proudem
- popsat zásady, které je nutno respektovat při hašení elektrických zařízení



Výklad

12.1. Účinky elektrického proudu na lidský organismus

□ Faktory ovlivňující účinky elektrického proudu na lidský organismus

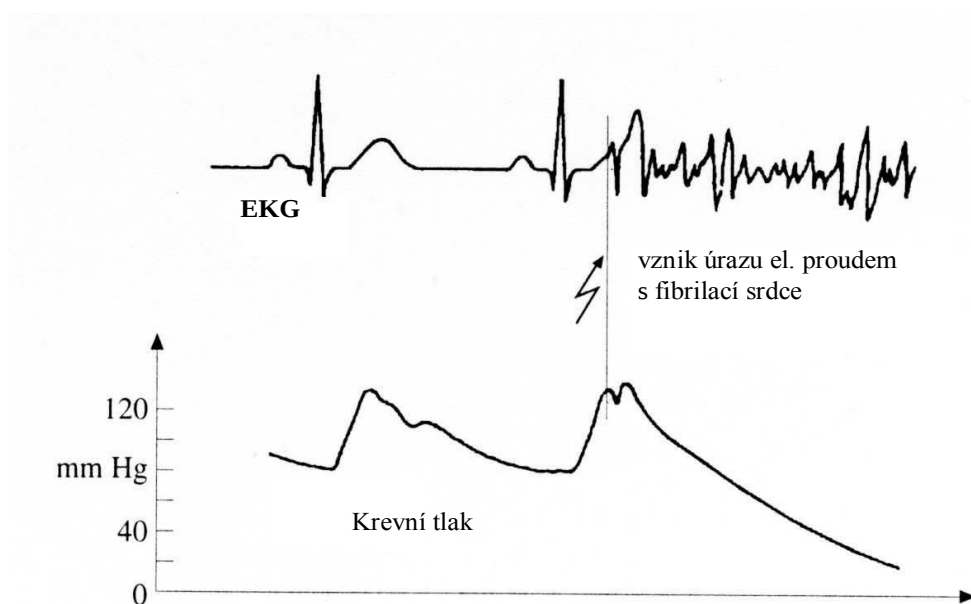
Účinek el. proudu na lidský organismus je ovlivněn (zesílen nebo potlačen) některými z následujících faktorů:

- druhu proudu;
- velikosti proudu;
- frekvenci proudu;
- impedanci lidského těla;
- dráze proudu;
- době průchodu proudu;
- fyziologickém stavu a psychickém stavu organismu;
- velikosti dotykového napětí.

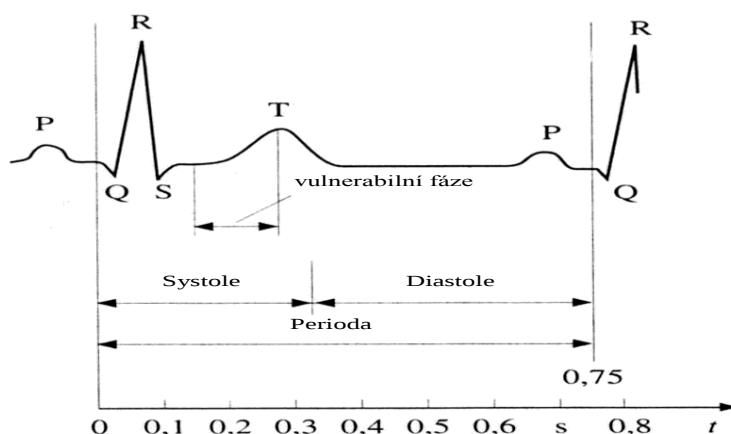
Tyto faktory budou pro úplnost rozebrány podrobně v následujících odstavcích.

□ Druh proudu

Obecně platí, že stejnosměrný proud je považován za méně nebezpečný než střídavý proud. Oba druhy proudu způsobují elektrolýzu krve a svalové křeče (což vede k neschopnosti okysličování organismu a k zástavě dýchání), avšak střídavý proud podstatně dříve způsobuje tzv. fibrilaci srdečního svalu, což vede k zástavě srdeční činnosti. Srdce pracuje jako krevní pumpa s frekvencí cca 70 tepů za minutu. Při průchodu střídavého proudu (např. s frekvencí 50 Hz) se srdce snaží přizpůsobit frekvenci procházejícího proudu a má snahu tepat s frekvencí 50 tepů za 1 sekundu. To ovšem znamená, že srdce ztrácí schopnost pracovat jako krevní pumpa a dochází k ztrátě koordinace srdečních pohybů (srdeční fibrilaci) a tím pak k zástavě srdeční činnosti. Proto je střídavý proud pro lidský organismus nebezpečnější než proud stejnosměrný. Ten je schopen vyvolat fibrilaci srdečního svalu rovněž, avšak při mnohem vyšších hodnotách. Elektrokardiogram srdeční činnosti a průběh krevního tlaku před a po vzniku úrazu elektrickým proudem je znázorněn na obr.2.1.



Obr. 12.1 Průběh EKG a krevního tlaku před a po vzniku úrazu elektrickým proudem

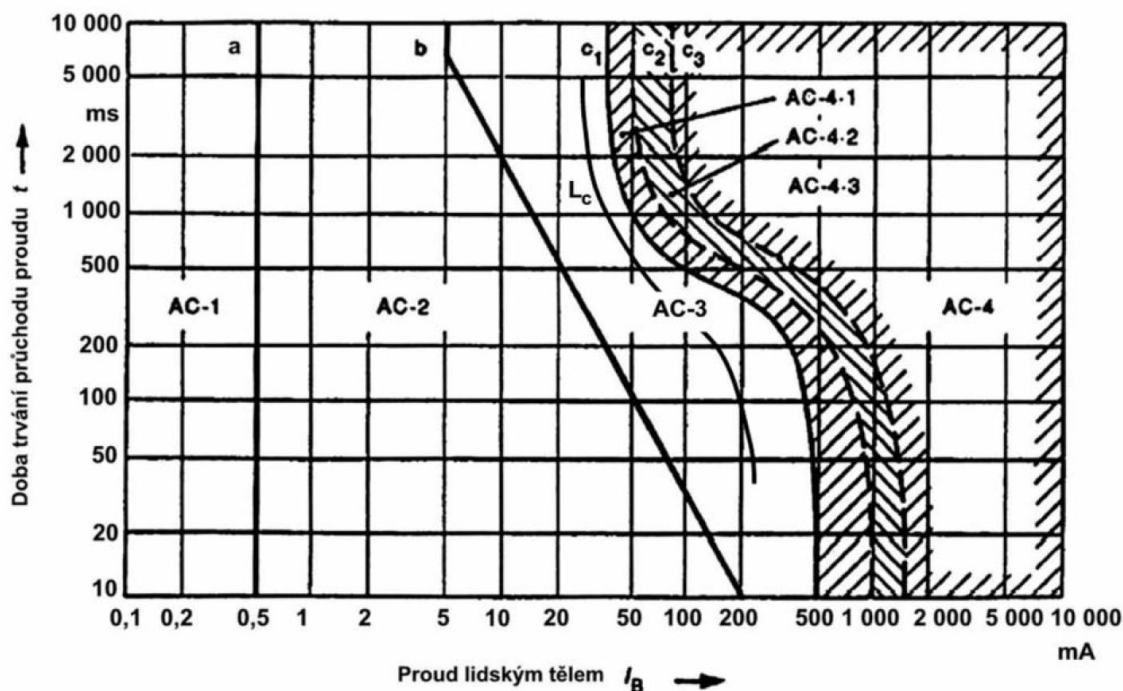


Obr.12.2 Elektrokardiogram srdeční činnosti

□ Velikost proudu

Účinek el. proudu na lidský organizmus je přímo úměrný velikosti procházejícího proudu a době trvání průchodu proudu. Na základě dlouhodobých zkoumání byla stanovena velikost proudu, který by u většiny populace neměl způsobit úraz elektrickým proudem (dříve se hovořilo o tzv. bezpečném proudu). Nutno poznamenat, že pojem bezpečný proud již z předpisů vymizel. Za hodnotu doporučenou, která by zdravému člověku neměla ublížit je stanovena hodnota nepřesahující 0,5 mA AC resp. 2 mA DC.

Účinek el. proudu v závislosti na době průchodu proudu lidským organizmem je uvedena v tab. 12.1. a na obr. 12.3.



Obr.12.3 Účinek střídavého elektrického proudu v závislosti na době jeho působení

AC-1 zpravidla žádná reakce (<0,5 mA AC)

AC-2 zpravidla žádný patofyziologický účinek (<5 mA AC)

AC-3 přechodový rozsah bez pevných hranic (svalové reakce, ztížené dýchání, zpravidla žádné organické škody, žádné nebezpečí fibrilací srdce)

L_c Doporučené maximální doby odpojení od zdroje

AC-4 kmitání srdeční komory se stoupající vnímavostí

AC 4-1 hranice fibrilací 5%

AC4-2 pravděpodobnost fibrilací 50%

AC4-3 pravděpodobnost fibrilací více než 50 %

Tab. 12.1. Legenda k obrázku 12.3. – účinky elektrického proudu na lidský organismus

□ Frekvence proudu

Nebezpečné kmitočty jsou v pásmu 15 – 100 Hz. Podrobnější výklad vlivu frekvence je již nad rámec tématu. Vyšší frekvence jsou méně nebezpečné a blíží se s rostoucí frekvencí k vlivu stejnosměrného proudu.

□ Impedance lidského těla

Velikost impedance lidského těla je rozdílná u každého jednotlivého člověka (je dána fyziologickým stavem organismu) a jeho velikost je závislá mj. na dráze proudu, velikosti dotykového napětí, velikosti plochy dotyku. Pro 95 procent populace se ohýbá v rozmezí od 650 Ω pro dotyková napětí

vyšší než 1 kV AC a s klesajícím napětím roste až na 1750 Ω pro dotyková napětí 25 V AC. Průměrná hodnota byla stanovena na 2000 Ω pro dotyk se spotřebičem třídy ochrany II resp. 1200 Ω pro stanovení vypínacích časů v síti TN.

□ Dráha proudu

Velikost působení elektrického proudu je také dána cestou průtoku elektrického proudu. Nejnebezpečnější dráha proudu je dráha hlava - ruka, hlava – noha, protože protékající proud zasahuje mimo jiné hlavně také mozkové centrum. Dále je pak nebezpečná dráha levá ruka - pravá ruka a levá ruka - levá noha, kdy proud prochází přímo srdeční oblastí.

□ Doba průchodu proudu

Je asi pochopitelné, že delší působení proudu bude mít větší následky než působení kratší. V poslední době bylo prokázáno, že jestliže průchod proudu lidským tělem trvá 0,8 sec. a více, zasáhne minimálně jedenkrát tzv. vulnerabilní fázi srdeční činnosti, tzv. T-vlnu (viz obr.12.2 - Elektrokardiogram srdeční činnosti). Během této fáze srdeční činnosti je srdce mimořádně náchylné k zástavě. Při trvání tělového proudu 0,4 sekundy je pravděpodobnost vyhnutí se vulnerabilní fázi třicetiprocentní a při trvání 0,2 sekundy už šedesátiprocentní.

□ Fyziologický a psychologický stav organismu

Jak již bylo uvedeno, impedance lidského těla je dána fyziologickou stavbou organismu a je tedy u každého jedince rozdílná. Avšak i u téhož člověka se impedance lidského těla mění také v závislosti na jeho psychickém stavu. Se zhoršujícím se psychickým stavem (stavy únavy, duševní deprese a pod.) impedance lidského těla klesá (až na hodnotu 400 Ω). Tím však zároveň stoupá velikost tělového proudu a nebezpečí větších následků.

□ Velikost dotykového napětí

Všechny orgány lidského těla nejsou stejně vodivé a citlivé na elektrický proud. Pokožku si můžeme představit jako nedokonalý izolační obal lidského těla, protože má asi dvacetkrát menší vodivost než sliznice a měkké vnitřní orgány lidského těla. Působením napětí vyšších než asi 60V však kůže tuto vlastnost velmi rychle ztrácí a klesá impedance lidského těla. Tato skutečnost má podstatný vliv na stanovení meze bezpečných napětí. Velikost proudu tekoucího tělem postižené osoby je z Ohmova zákona přímo úměrná velikosti dotykového napětí a nepřímo úměrná impedanci lidského těla. Při dotykovém napětí nad 1 kV se impedance lidského těla asymptoticky blíží hodnotě 650 Ω .

12.2. Nebezpečný dotyk s elektrickým zařízením

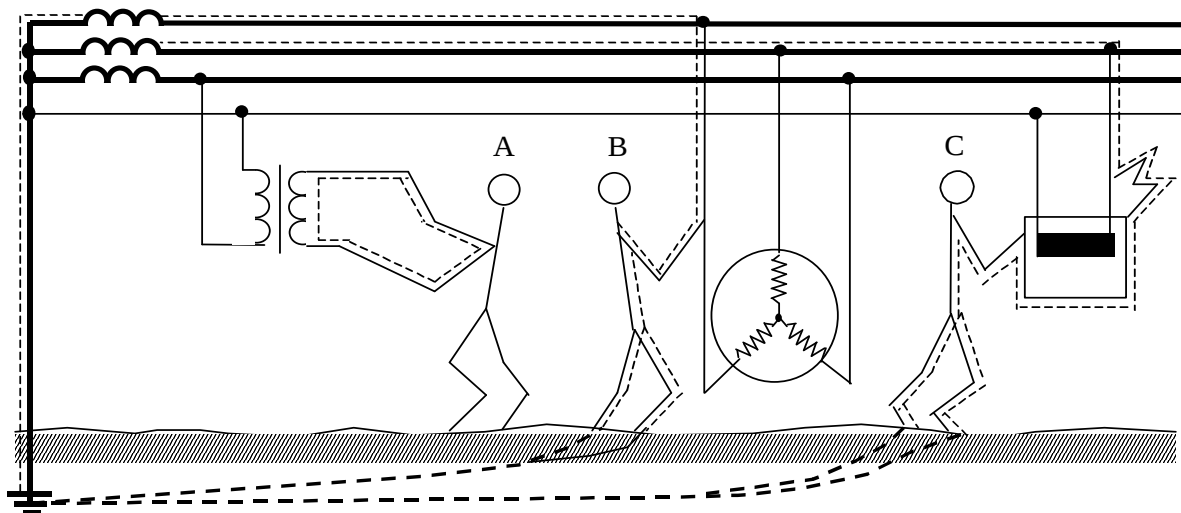
□ Druhy nebezpečného dotyku s elektrickým zařízením

Při řešení a posuzování ochrany před nebezpečným dotykem elektrických zařízení, který by mohl vést k úrazu, jsou důležité některé okolnosti, jež jsou uvedeny dále. Při výkladu uvedeného problému se používají dnes už vžitá názvy.

Styk člověka s elektrickým zařízením se může uskutečnit jako dvoupólový dotyk, nebo dotyk jednopólový.

Dvoupólový dotyk se stává nebezpečným, jestliže se člověk současně dotkne (přiblíží) dvou částí s rozdílným potenciálem, zpravidla částí, které jsou určeny k vedení proudu, tedy částí živých. Takový dotyk je nebezpečný, i když není napájecí soustava (sít') v žádném bodě trvale spojena se zemí a kapacitní proudy jsou nulové (například v elektricky odděleném obvodu) viz obr. 2.1-A.

V sítích, jejichž určitý bod je záměrně trvale spojen se zemí (TN a TT) nebo v rozsáhlé síti IT, kde jsou velké kapacitní proudy v případě první poruchy je však nebezpečný i **jednopolový dotyk** viz obr. 12.4 - B, při kterém se člověk dotýká kromě živé části i cizí vodivé části, která má, nebo je blízká potenciálu země. K jednopolovému dotyku často dochází při poruše izolace, kdy se napětí z živé části dostane na část neživou, t.j. část, na níž normálně napětí není, avšak může ho dostat při nahodilé poruše (obr. 12.4 - C).



Obr. 12.4. Druhy nebezpečného dotyku

12.3. Zásady poskytování první pomoci při úrazu elektrickým proudem

□ Harmonogram a zásady poskytování první pomoci

Při vzniku úrazu elektrickým proudem musí zachránce zachovat klid, nepodléhat panice. Většina postižených je mrtva pouze zdánlivě. Jsou známy i případy, kdy postižený přežil nahodilý kontakt s vedením vysokého napětí 22 kV.

Nikdy není možno postiženého zanechat samotného, opustit jej a vyhledávat pomoc. Rovněž sled kroků musí být zachován. Záchranu postiženého je nutno provádět do příjezdu lékaře, případně do úplného vyčerpání s ohledem na svůj zdravotní stav:

1. vyproštění postiženého z dosahu proudu;
2. jestliže postižený nedýchá, zakloní se hlava, a zkontroluje se průchodnost dýchacích cest;
3. jestliže postižený nedýchá nebo dýchá nepravidelně, příp. jsou-li pochybnosti zahajujeme nepřímou srdeční masáž případně doplněnou o umělé dýchání (neověřuje se tep na krčních tepnách);
4. zavolat lékaře (tento krok se v případě užití mobilního telefonu zachráncem činí v průběhu kroku číslo 3);
5. informovat vedoucího práce, zaevidovat úraz do knihy úrazů.

□ Vyproštění postiženého z dosahu proudu

Nejprve je nutno postiženého vyprostit z dosahu el. proudu. Nejlépe vypnutím vypínače, vytažením šňůry ze zásuvky tedy standardním způsobem. Pokud to není možné, tak připadá v úvahu odtažení

postiženého nebo vodiče, přetržení nebo přeseknutí vodiče, odsunutí vodiče dřevěnou tyčí, hráběmi, zkratem – tyto metody připadají v úvahu pro osoby znalé. Zachránce by měl v rámci svých možností dbát na to, aby postižený po vypnutí proudu neutrpěl sekundární úraz – například pád z výšky. Primárně musí zachránce myslet na svou vlastní bezpečnost. Proto může být nutné používat izolované pomůcky jsou-li po ruce (suché tyče, hadry, záchranný hák apod.) nebo izolované stanoviště (stůl, bedna, pneumatika, dielektrický koberec).

Při úrazu na vysokém napětí se musí vést v evidenci možnost úrazu krokovým napětím, zvláště při pádu vodiče vn, vvn na zem. Pokud postižený hoří, je nutné oheň udusit zamezením přístupu vzduchu např. dekou, kabátem apod.

□ **Ověření životních funkcí**

Po vyproštění musí zachránce zjistit, zda postižený dýchá. **Ověřování tepu se neprovádí, protože neškolený záchranář jej obvykle nenahmatá, případně nahmatá vlastní tep.** Pokud není do 5-7 minut obnoven přívod kyslíku do mozku, může dojít k nevratným změnám na mozku, i když se postiženého později podaří oživit. Některé funkce mozku mohou být trvale poškozeny. Proto má kardiopulmonální resuscitace jednoznačně přednost před ošetřováním jiných poranění.

Ověření dýchání se provede nejlépe pohmatem event. pohledem tj. ověří se zvedání a pokles hrudního koše, případně přiložením ušního boltce (ucha) k nosu a ústům postiženého (závan vydechaného vzduchu). Existují i jiné metody (papírek, zrcátko a jiné), výše uvedené tj. pohmat a poslech jsou plně průkazné.

Pozor – při náhlé zástavě krevního oběhu je možné někdy diagnostikovat agonální dýchání (kapří – lapavé dechy). Právě „lapavé“ dechy jsou ovšem největším úskalím identifikace náhlé zástavy oběhu. Terminální (lapavé) dechy jsou přitom přítomny až u 50% pacientů s náhlou zástavou oběhu.

Typické známky agonálního dýchání jsou zejména:

- v časně fázi bezprostředně po zástavě: nepřirozeně dlouhý resp. postupně se prodlužující interval mezi jednotlivými nádechy
- prodloužené expirium často doprovázené nápadnými, chrčivými zvukovými projevy
- v pozdějších fázích: neúčinné pohyby pomocných dýchacích svalů, jazyka a svalů obličeje.

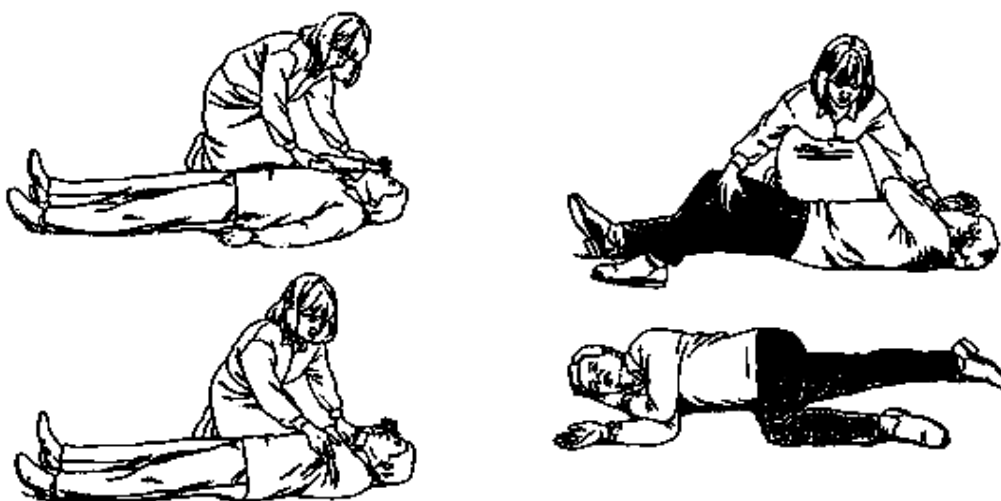
Pokud se do šedesáti sekund nepodaří spolehlivě potvrdit, že postižený reaguje a normálně dýchá, přestože je volající u pacienta, postupujeme tak, jako by šlo o náhlou zástavu oběhu.

Poznámka: Jedna či více známek agonálního dýchání může přetrvávat po celou dobu neodkladné resuscitace, je-li prováděna účinně.

□ **Stabilizovaná (zotavovací poloha)**

Dýchá-li postižený, ale je v bezvědomí, uložíme ho do tzv. stabilizované polohy. Otočíme ho na bok, spodní nohu natáhneme, horní pokrčíme v koleni, spodní ruku pokrčíme v lokti a předsuneme před obličej, hlava se zakloní a podloží horní rukou. Uvolníme mu oděv kolem hrudníku, břicha a krku. Postižený se nesmí uložit na záda, protože v důsledku náhlého zvracení by se mohl zadusit. Záklon hlavy má zásadní význam ve zprůchodnění dýchacích cest (někdy začne postižený spontánně dýchat).

Když je postižený při vědomí, pohodlně ho uložíme, pokud možno v teple, a podáváme mu teplé nápoje. Nesmí vstát. V důsledku úrazu může nastat poúrazový šok a s ním i problémy s dechem a činností srdce.



Obr. 12.5. Uložení postiženého do stabilizované polohy

□ Umělé dýchání

V případě, že postižený nedýchá, zavede se primárně nepřímá srdeční masáž a je možné zavedení umělého dýchání. Provádí se metodou z plic do plic nebo, pokud to z nějakých důvodů není možné, provádí se jen nepřímá srdeční masáž. Aby bylo umělé dýchání účinné, musíme odstranit z ústní dutiny překážky (nečistoty, zvratky, zubní protézu apod.).

Umělé dýchání z plic do plic kombinované s nepřímou srdeční masáží provádí následujícím způsobem:

Postižený se položí na záda, podloží se předmětem lopatkami (kabátem, rukou), aby bylo možno zaklonit hlavu a zakloní se mu hlava (dojde k uvolnění dýchacích cest). Záchránce přiklekně z boku k postiženému, položí ruku na jeho čelo, prsty sevře nos postiženého, zhluboka se nadechne, svými ústy obemkne ústa postiženého a plynule vydechuje. Umělý vdech má trvat asi 1-2 s. Jsou-li ústa křečovitě sevřená, vdechujeme do nosu, u malého obličje do úst i nosu současně. Frekvence umělých vdechů je 2 vdechy na 30 stlačení hrudního koše, počet stlačení je 100 krát za minutu. Rovněž se musí sledovat, zda se postiženému při vdechu zvedá hrudník. Pokud tomu tak není, jsou neprůchodné dýchací cesty a musí se lépe uvolnit.

Když byl postižený nalezen až delší dobu po úrazu a nedýchá, začne se ihned s nepřímou srdeční masáží případně kombinovanou s umělým dýcháním a pokračuje se až do příchodu lékaře, převezení do nemocnice, nebo dokud postižený nedýchá sám.



Obr. 12.6. Provádění umělého dýchání z úst do úst

□ Nepřímá srdeční masáž

Jestliže nejsme schopni s jistotou určit, jestli postižený dýchá (viz ověření životních funkcí) přistupujeme primárně k nepřímé srdeční masáži. Přitom může být prováděno umělé dýchání. Potřebu nepřímé srdeční masáže poznáme i podle toho, že ačkoliv je prováděno dýchání z úst do úst, barva postiženého se nelepší, tj. cyanosa neustupuje, naopak se zhoršuje. Nepřímou srdeční masáž provádíme buď v kombinaci s umělým dýcháním nebo v případě nemožnosti zavedení umělého dýchání samostatně a nikdy ji nelze nacvičovat na zdravém člověku.

Na obnaženém hrudníku vyhledáme dolní konec hrudní kosti (místo, kde se setkávají žebra obou polovin hrudníku). Dlaň ruky se položí asi 3 cm nad hrudní kost. Na zápěstí položíme dlaň druhé ruky a zaklesneme prsty obou rukou.



Obr. 12.7. Přiložení rukou na hrud' postiženého k provedení nepřímé srdeční masáže

Nad postiženého se nakloníme tak, abychom s nataženými horními končetinami v loktech mohli stlačovat hrudní kost do hloubky 4 až 5 cm. Po stlačení se hrudní kost uvolní. To provádíme plynule s frekvencí 100x za minutu. Masáž provádíme, dokud není hmatatelný tep nebo dokud se nedostaví lékař. Provádějí se po 15 stlačeních hrudníku na dva vdechy (umělé dýchání nesmíme přerušit). Občas je možná kontrola, zdali nedošlo u postiženého k obnovení základních životních funkcí (maximálně jedenkrát za minutu, nejvýše 10 sekund).



Obr. 12.8. Způsob provádění nepřímé srdeční masáže

Nepřímou srdeční masáž můžeme kombinovat s dýcháním z úst do úst a provádíme ji do obnovení životních funkcí zraněného nebo příjezdu lékaře (ten jediný má právo resuscitaci ukončit) případně do vyčerpání fyzických sil zachránce.

Poznámka: Jak bylo uvedeno výše, prameny se rozcházejí v nutnosti užití dýchání z úst do úst. Podle zastánců jeho vynechání je logický argument, že v krvi člověka v bezvědomí je dost kyslíku, aby zásoboval mozek při nepřímé srdeční masáži do doby příjezdu rychlé lékařské pomoci (cca 10 minut),

v oficiálních pramenech Evropské resuscitační rady z roku 2009 (a pro provádění první pomoci školenými záchranáři je dýchání z úst do úst uváděno.

□ Přivolání pomoci

Zachránce se snaží přivolat lékaře. **Pokud je záchranář sám, nesmí postiženého v bezvědomí opustit**, ale snaží se přivolat pomoc voláním, maximální přípustná prodleva pro přivolání pomoci se udává cca 1-2 minuty **nikdy však ne déle**. Přivolat lékaře nebo dovést postiženého k lékaři je však třeba i při malých úrazech el. proudem, kdy zdánlivě nedošlo k poškození zdraví. Průchod el. proudu tělem postiženého může způsobit změny na životních orgánech, jejichž příznaky se mohou projevit až později.

□ Ošetření dalších zranění

Případná další poranění se ošetřují až po obnovení dechu a tepu. Pouze silné tepenné krvácení je třeba zastavit přiložením tlakového obvazu. Když obvaz nelze použít, provede se zaškrcení končetiny na její horní třetině. V tom případě je nutné na lísteček vyznačit, kdy bylo škrtidlo přiloženo. Krypté zlomeniny je nejvhodnější přenechat k ošetření lékaři. V případě otevřené zlomeniny je třeba odstranit oblečení v místě krvácení a ránu opatrně zakrýt. Při tom se musí dát pozor, aby krycí vrstva příliš netlačila na úlomky kostí.

Popáleniny druhého a třetího stupně se ošetří jen přiložením sterilní roušky, obinadla, ručníku, aby se zabránilo infekci při převozu zraněného. Drobné popáleniny se ochlazují vodou (ne tukem, jak se doporučovalo dříve).

□ Uvědomění vedoucího práce

Okamžitě, jak to postup záchranných prací a oživovacích pokusů dovolí, je třeba o události uvědomit vedoucího pracoviště.

12.4. Hašení elektrických zařízení

V případě vzniku požáru je vhodné nejdříve elektrické zařízení prokazatelně vypnout a pak použít hasících přístrojů, které jsou umístěny v každé laboratoři. Je nutné si uvědomit, že izolace kabelů (PVC - polyvinylchlorid) při hoření vyvíjí značné množství jedovatých zplodin a kouře, což může jednak znesnadnit únik (společně s výpadkem elektrické energie), jednak vyvolat otravu (při hoření PVC je vyvíjen chlorovodík, dioxiny a polychlorované bifenylly). Toto je nutno mít na zřeteli při hašení elektrických zařízení.

Elektrické zařízení pod napětím se smí hasit pouze:

- přístrojem práškovým;
- přístrojem sněhovým (CO₂);
- přístrojem halonovým (ten má omezené využití v nevětraných prostorech).

Použití vodních a pěnových hasících přístrojů k hašení elektrických zařízení, která jsou pod napětím, je zakázáno. Hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Při hašení elektrických zařízení je nutné mít v evidenci, že vypnutím hlavního vypínače (rozváděče, tlačítka nouzového vypnutí atd.) nemusí dojít k vypnutí všech obvodů – jednak příводы do rozváděčů jsou často pod napětím, dále se jedná o vodiče oranžové barvy.

V každé laboratoři je umístěna tabulka, kde je uvedeno tel.číslo, kde se hlásí vznik požáru.



Shrnutí pojmů 12.

Nepřímá srdeční masáž, umělé dýchání – viz kap. 12.3.

Stabilizovaná poloha – viz kap. 12.3.

Jednopolový dotyk, dvoupolový dotyk – viz kap. 12.2.

Fibrilace srdce – viz kap. 12.1..

Resuscitace – viz kap. 12.3.



Otázky 12.

51. Jak může elektrický proud vyvolat úraz (co všechno může způsobit)?
52. Uveďte v čem spočívá výhoda proudových chráničů s reziduálním proudem nepřesahujícím 30 mA (ve srovnání s chrániči s proudem např. 100 mA). (Můžete si pomoci tab. 12.1. a obr. 12.3.)
53. Jak lze jednoznačně rychle prokázat, jestli postižený spontánně dýchá?
54. Proč je nutno při resuscitaci (a při uvádění postiženého do stabilizované polohy) nepřírozeně zaklonit hlavu?
55. Provádí-li se nepřímá srdeční masáž doplněná o umělé dýchání – jaký má být poměr stlačení hrudníku na vdechy, kolik centimetrů má být hloubka stlačení a v jaké frekvenci se nepřímá srdeční masáž provádí.
56. Co je to tzv. agonální dýchání?
57. Kterými hasicími přístroji lze bezpečně hasit elektrické napětí pod napětím?



Další zdroje, použitá literatura

1. Meduna, Vl. – Bezpečnost práce v laboratořích FEI – pracovní verze sylabů, VŠB-TU Ostrava, 2005
2. Zákony a nařízení: Zák. 262/2006 Sb., N.V. 101/2005 Sb., Zák. 174, 2008 Sb., Vyhl. 50/1978 Sb., Vyhl. 73/2010 Sb.)
3. Normy: ČSN EN 50110 – 1 ed.2, TNI 34 3100, ČSN 33 2000 – část 1 – 6, ČSN 33 2180, ČSN 34 0350 ed.2
4. Solid Team – Elektro v Praxi, svazek I., Olomouc 2008
5. Kříž, M. – Montáž, připojování, kontroly a revize elektrických spotřebičů, knižnice Elektro, svazek 77, In-El Praha, 2007.
6. Česká lékařská společnost J.E. Turkyňe - Telefonicky asistovaná první pomoc (TAPP) Doporučený postup výboru ČLS JEP - spol. UM a MK



CD-ROM

Na přiloženém disku CD-ROM je možno nalézt testové otázky pro písemný test z předmětu Bezpečnost v elektrotechnice pro studenty Fakulty elektrotechniky a informatiky a videa týkající se popisu vlastností a měření v sítích TN, TT a podstaty funkce proudového chrániče.



Klíč k řešení

- O. 1 V době vzniku pracovního úrazu není (nebo nemusí být) zřejmé, jaké následky a jakou dobu léčení úraz vyvolá. I banální pořezání prstu může vést u některých osob k sepsi a delšímu léčení. Samotný vznik úrazu může při absenci záznamu být zaměstnavatelem zpochybněn, popřípadě úraz nepracovní může zaměstnanec chtít evidovat jako pracovní.
- O. 2 Eliminovat úplně riziko může být technicky nemožné a/nebo neúměrně finančně náročné. Pojmem řízení rizik rozumíme takovou periodickou aplikaci technických a organizačních opatření (tj. tak dlouho), dokud se riziko nestane únosným. Po aplikaci všech technických a organizačních opatření zpravidla nadále zůstává jisté riziko nazývané odborně zbytkovým rizikem. Toto riziko je natolik malé, že připustíme jeho existenci.
- O. 3 Pro nově konstruované, repasované předměty je možná konstrukce v rozporu s platnými normami jen v případě, že odlišné řešení je z hlediska bezpečnosti na stejné nebo vyšší úrovni, než je řešení dané normou. Norma tedy určuje bezpečnostní minimum, ale nebrání technickému pokroku, kdy nové řešení je levnější a po bezpečnostní stránce lepší. (Dlužno konstatovat, že také situace jsou velmi vzácné).
- O. 4 Nebezpečí je zdroj potenciální škody podle povahy se může jednat o elektrická nebezpečí, mechanická nebezpečí, chemická, fyzikální apod. Škoda je již poškození zdraví živých bytostí, hmotné škody na majetku a škody na životním prostředí. Ne všechny škody je etické vyčíslit v korunách (smrtelný úraz) apod. Riziko je kombinací pravděpodobnosti vzniku škody a stupně závažnosti škody.
- O. 5 Ano, může pokud toto tělo je konstruováno k tomu, aby vedlo proud resp. je spojeno s jedním (v praxi nejčastěji záporným) pólem baterie. Riziko úrazu zde logicky nikdo nehledá, nebezpečí je až v tzv. nebezpečných živých částech, což jsou živé části s napětím vyšším než je mez bezpečného malého napětí.
- O. 6 Není, plast je izolant.
- O. 7 Pochopitelně nelze. Na tzv. základní izolaci jsou kladeny kvalitativní nároky, tj. musí být schopna spolehlivě izolovat tzv. pracovní napětí, izolace je materiál, jenž lze odstranit pouze násilně jejím zničením (na rozdíl od krytů, přepážek apod.)
- O. 8 Viz tab. 3.1. až 3.4.
- O. 9 Jedná se o barvu tzv. vyhrazenou, tj. barvu, která se nesmí použít pro jinou funkci, než pro jakou je vyhrazena. Pokud tento vodič přeznačíme např. černou barvou, pak při zániku tohoto přeznačení, vynechání přeznačení v odbočné krabici, přehlédnutí může dojít k fatálnímu omylu.
- O. 10 Jedná se o zelenožlutou barvu a světle modrou (pozn. originálně nazývanou málo sytá modř). Tyto vodiče nelze použít pro jinou funkci, než pro jakou jsou vyhrazeny. Důvodem je, že zelenožlutý vodič je vodičem ochranným (tj. závisí na něm bezpečnost instalace) a světle modrý vodič je sice vodičem pracovním, avšak v sítích TN má z anormálních okolností potenciál blízký nule. Proto je zelenožlutá a světle modrá barva barvou vyhrazenou.
- O. 11 Pro spínání v kontaktní logice použijeme nejčastěji spínací tlačítko, přednostní barva je bílá, může být zelená, černá, šedá, nikdy však barvu červenou. Pro vypínání se v kontaktní logice používá rozpínací tlačítko, přednostní je barva černá, může být bílá, šedá červená, nikdy však barva zelená.

- O. 12 Tlačítko musí být červené, rozpínací s hříbkem, pokud možno na žlutém reflexním povrchu, ergonomicky v dosahu obsluhy. Tlačítko musí být s aretací, tj. po stisknutí setrvává ve stisknutém stavu, opětovné nastavení tlačítka nesmí vést ke spuštění stroje.
- O. 13 Viz tab. 3.5.
- O. 14 Základní ochrana je ochrana před přímým dotykem nazývaná také ochrana před dotykem živých částí.
Ochrana při poruše je ochrana před nepřímým dotykem, nazývaná také ochranou při poruše základní ochrany.
Komplexní ochranné opatření musí obsahovat vždy ochranu základní a ochranu při poruše.
Definice opatření, živých a neživých částí viz obr. 4.1. – 4.3.
- O. 15 Samozřejmě že lze. K popisovanému stavu dochází například v sítích TT. Možností ochrany spočívají nejčastěji v rychlém odpojení vadné části instalace od napájecí sítě, alternativně - jen pro instalace řízené osobou znalou - v neuzemněném místním pospojování a nevodivém okolí.
- O. 16 50 V AC, 120 V DC, viz tab. 4.1.
- O. 17 Ano jedná se například o tzv. doplňkovou ochranou proudovým chráničem. Používá se v zásuvkových obvodech do 20 A, užívaných osobami bez elektrotechnické kvalifikace. Existují i jiné účinné kombinace ochrany (stavěné na proudovém chrániči a nebo doplňujícím místním pospojováním a ochrany při poruše), paušální nasazení všude za všech podmínek by bylo ekonomicky nákladné a ne vždy a všude proveditelné.
- O. 18 Nelze. Obecně lze říci, že na rozdíl od ochrany základní, kterou je možno například v rozvodnách (tedy místech, kde se pohybují osoby znalé) vynechat, ochranné opatření při poruše (tj. ochrana neživých částí) musí být aplikované.
- O. 19 Každé zařízení musí být bezpečné (při rozumně předvídatelném způsobu užití). Hovořit o vyšší bezpečnosti zařízení třídy ochrany II je tedy zcestné.
Zařízení třídy ochrany II má izolaci základní a přídavnou (tedy dvojitou), izolační pevnost 4 kV, neuvažuje se o vzniku poruchy, která poškodí obě vrstvy izolace.
Zařízení třídy ochrany I má izolaci základní (izolační pevnost 1,25 kV), neživé části spojené s ochranným vodičem sítě. Tedy při poruše dochází k automatickému odpojení od zdroje.
Svým způsobem lze konstatovat, že provoz zařízení třídy ochrany II může být bezpečnější, ale toto není způsobeno „lepší“ konstrukcí, ale skuteností, že bezpečnost zařízení třídy ochrany I závisí na stavu elektrické instalace, zatímco zařízení třídy ochrany II se nespolehá na odpojení realizované instalací.
- O. 20 K napájení zařízení třídy ochrany II zapojenému do jednofázového obvodu.
- O. 21 Protože kabely se posuzují jako zařízení třídy ochrany II (i když v sobě mají PE žílu). Jedná se o ochranu základní a ochranu při poruše (bezpečnost osob při manipulaci).
- O. 22 Důvodů je hned několik. Jednak se jedná o opatření eliminující následky tzv. zavléčení potenciálu po vodiči PE resp. PEN, jednak se jedná o opatření, které má eliminovat rizika vzniklá s přerušením vodiče PE resp. PEN a v neposlední řadě se tím zlepšuje hodnota uzemnění celé sítě TN (což je právě z důvodů výše uvedených). Vodič PE má mít potenciál roven potenciálu země. Proto je nutné jej řádně zemnit.
- O. 23 0,4 s.
- O. 24 Jedná se o nedovolenou kombinaci ochrany (terminologie dnes již neplatné ČSN 34 1010).

Odpor uzemnění zatlučené tyče bude v desítkách, až stovkách ohmů, při průrazu fáze na kostru bude poruchový proud tak malý, že nedojde k automatickému odpojení od zdroje v případě poruchy, tj. obsluha bude ohrožena úrazem elektrickým proudem.

- O. 25 Při průrazu fáze na kostru v síti IT teče vodičem PE (a zemí) tzv. kapacitní proud. Ten se uzavírá přes kapacity jednotlivých fázových vodičů vůči zemi. Velikost tohoto proudu je odvislá od velikosti sítě IT. Pokud by kostra spotřebiče nebyla spojena se zemí, tento kapacitní proud by se uzavíral v době dotyku osoby přes tělo postižené osoby a hrozil by úraz elektrickým proudem.
- O. 26 Protože zvonková dvoulinka nesplňuje požadavky na základní izolaci (nemluvě o izolaci přídatné) tudíž by hrozil při dotyku úraz elektrickým proudem. Dalším důležitým argumentem může být skutečnost, že silové vodiče v pevné instalaci mají minimální průřez $1,5 \text{ mm}^2$, což tato dvoulinka rovněž nesplňuje, pro ovládací vodiče je limit potom $0,5 \text{ mm}^2$, což by sice splnit mohl, z důvodu výše uvedené zmínky o izolaci to není možné.
- O. 27 Protože nikdo nezaručí izolační pevnost. Pokud by výrobce výslovně uvedl, že to možné je, asi tak by to bylo možné, vzhledem ke stárnutí laků, odlupování, atd. se toto neaplikuje.
- O. 28 Protože ochranu elektrickým oddělením aplikujeme pro laiky jen pro napájení jednoho spotřebiče. Síť je malá a nehrozí tedy současný dotyk dvou neživých částí v poruše. Pro ochranu elektrickým oddělením je limit v napájecím napětí, délce a součinu délky a napětí. Z důvodu malé sítě je i kapacitní proud unikající osobou do země prakticky nulový, síť IT viz otázka 25.
- O. 29 Protože při rozsáhlé síti by se tato síť svými vlastnostmi již blížila síti IT (avšak bez uzemněných neživých částí), při průrazu fáze na kostru a dotyku osoby na tuto část by vlivem kapacitních proudů hrozil úraz elektrickým proudem. Pro napájení více spotřebičů je nutné oddělení provozovat jen pod dozorem osoby znalé, protože je nutno zabezpečit neuzemněné místní pospojování neživých částí spotřebičů. Druhým důvodem je skutečnost, že výskyt první poruchy v elektricky odděleném obvodu nemusí být zaregistrován (na rozdíl od sítě TN, kde je spotřebič automaticky odpojen od sítě).
- O. 30 Protože je předepsáno tzv. ochranné oddělení obvodů, což lze interpretovat jako dokonalé oddělení. Toto ochranné oddělení obvodů musí zaručit, že ani v případě poruchy, extrémního přepětí zkratu atd. nedojde k průrazu primárního vinutí na sekundární. Toto klasický oddělovací transformátor konstrukcí nezaručuje. Oddělovací ochranný transformátor toto umí, aby byl zdrojem bezpečného malého napětí musí to být tzv. bezpečnostní ochranný transformátor.
- O. 31 Doplnující ochranné pospojování je prostředek tzv. doplňkové ochrany, tj. ochrany nad rámec ochrany při poruše. Nelze tedy tyto vodiče slučovat. V případě pohyblivých spotřebičů připojovaných do zásuvky (což není předmětem dotazu) se spojuje vodič PE zásuvky s vodičem doplňujícího místního pospojování.
- O. 32 Důvod je v tom, že zkrat je jednoznačně nebezpečný poruchový stav a ten chceme z důvodu požáru, úrazu el. proudem, škod na zařízení jednoznačně bezprodlouženě vypnout. Přetížení (zejména pokud je dlouhotrvající) je také nebezpečné, ale je průvodním jevem při spouštění motorů, přerušovaném provozu elektrických strojů, abnormálními stavy při provozu elektrických zařízení obecně. Proto většinou posečkáme a pokud přetížení trvá (motor se nerozběhl, jsou zadřena ložiska apod.) obvod vypneme.
- O. 33 Pro vypnutí zkratů je předepsán čas nepřevyšující 5 s. V sítích TN je ovšem průraz fáze na kostru také zkratem a vyžadujeme tzv. automatické odpojení od zdroje (z důvodu ochrany při poruše) zde je pro síť TN a obvody do 32 A předepsán čas nepřevyšující 0,4 s. Jedná se tedy o ochranu před úrazem. Z těchto dvou požadavků platících současně je logicky nutno aplikovat oba, tj. ten tvrdší.
- O. 34 Při zkratu na vedení (v cestě) by nadproudový prvek nejistil vedení před zkratem. Jistí se

před účinky zkratů a přetížení. Obdobně by tomu bylo, došlo-li by k realizaci odbočky na vedení (nebo má-li vedení odbočky) nebude pravděpodobně část před odbočkou jištěna ani na přetížení.

- O. 35 Jističe se vyrábějí v charakteristikách B,C a D. Rozdíl je v nastavení citlivosti zkratové spouště. Tepelnou spoušť mají všechny 3 typy stejnou. Jističe typu B odpojují mžikově (tedy jako zkraty) proudy rovné 3-5 násobku jmenovitého proudu, jističe typu C 6-9 násobek a jističe typu D 12-16 násobek.

- O. 36 Pojistky typu gG jsou pojistky pro všeobecné použití, jistící v celém rozsahu tj. před přetížením i zkraty. Hodí se do domovních instalací tam, kde doposud ještě tyto pojistky jsou instalovány (v současnosti jsou montovány a doporučovány jističe). Pro jištění vedení, a obecně všech připojených spotřebičů.

Pojistky typu aM jsou pojistky pro jištění elektromotorů, vypínající jen nadproudy vyšších hodnot (u malých přetížení není definována charakteristika), hodí se obecně pro spotřebiče s vyššími záběrovými proudy, jištěnými před přetížením svým tepelným relé.

Kromě zmíněných pojistek se lze setkat s pojistkami typu aR resp. gR pro jištění polovodičů. Jedná se o tzv. rychlé pojistky.

- O. 37 Proudový chránič detekuje tzv. reziduální (zbytkový) proud, jedná se o proud, který neteče pracovními vodiči, ale vodičem PE nebo zemí. Protože v síti TN-C je vodič PEN vodičem plnícím funkci vodiče pracovního i nulového neumí chránič rozeznat, jedná-li se o pracovní proud nebo poruchový proud. Chránič by tedy poruchu nemusel vypnout. Navíc vodič PEN se podobně jako vodič PE zemní (tj. připojuje s potenciálem země). Přizemnění vodiče PEN za chráničem by vyvolávalo vybavování chrániče.

- O. 38 Jako prostředek ochrany při poruše se chránič používá běžně v instalacích TT, instalacích TN-S se chránič používá jako ochrana při poruše v případě, že není možné nadproudovým prvkem dosáhnout předepsaného vypínacího času (0,4 s).

- O. 39 Dovolené zatěžovací proudy v rozvodech jsou definovány proto, aby bylo možno hospodárně volit průřezy napájecího vedení. Volba menšího průřezu (vyšší zatěžovací proud) vede k přehřívání vodiče, což způsobuje rychlé stárnutí izolace vedení, v krajním případě může vyvolat zkrat, požár apod. Dovolené zatěžovací proudy a z toho plynoucí průřezy vedení jsou minimem, leckdy je nutné z důvodů dalších kritérií průřez zvýšit.

- O. 40 Pokud by poruchový proud tekł dlouho tak ano. Aby k tomu nedošlo jistíme vedení na přetížení i na zkrat. Při vhodně zvoleném jištění je toto prakticky vyloučeno.

- O. 41 Protože izolace zesíťovaného polyethylenu (XLPE) snese pracovní teplotu 90°C, zatímco PVC má definovanou pracovní teplotu 70°C.

- O. 42 Vedení s dvěma zatíženými vodiči se používá pro připojení jednofázových spotřebičů (nebo stejnosměrných), vedení se třemi zatíženými vodiči je vedení připojující trojfázové spotřebiče. Dva vodiče se chladí lépe, než seskupené tři vodiče, proto je zatěžovací proud dvouvodičového vedení vyšší, než u trojfázových vedení.

- O. 43 Vnější vlivy se definují proto, aby bylo možno přesně popsat vlivy působící na zařízení a povahu zpracovávaných látek, obsluhy, tedy jak zařízení ovlivňuje okolí. Jedná se o specifikaci závaznou pro výběr, montáž a provoz zařízení od stádia projekce přes montáž údržbu až do zániku zařízení. Slohový popis by byl zdlouhavý a mohl by vést k nejednotné interpretaci (nehledě na komunikaci se zahraničím).

- O. 44 Důvod je ten, že protokol o určení vnějších vlivů, ač je legislativně nutný „až“ při výchozí revizi určuje nebo významnou měrou ovlivňuje již samotný výběr elektrického zařízení, příp. jeho projekci. Může se tedy stát, že po sestavení protokolu se zjistí, že dané elektrické zařízení je nevhodné pro daný prostor.
- O. 45 Při revizi revizní technik mimo jiné ověřuje, že byla aplikována normativní opatření k bezpečnému provozu elektrických zařízení a zvolená zařízení odpovídají vnějším vlivům, kterým je zařízení vystaveno. Výčet těchto opatření je možné posoudit právě z vnějších vlivů, které jsou v protokolu uvedeny.
- O. 46 Důvod je uveden v textu. Elektrická zařízení používána laiky, tj. osobami bez elektrotechnické kvalifikace musí mít minimální stupeň krytí IP 2X/ IP XX-B. Zařízení s krytím IP 0X lze použít tam, kde se budou pohybovat jen osoby znalé.
- O. 47 Viz kap. 11.10.
- O. 48 Viz kap. 11.6.
- O. 49 Viz kap. 11.1.
- O. 50 Důvod je velmi jednoduchý. Při poruše měřicího zařízení (zejména zkoušeček a detektorů napětí) by nedetekování, že zařízení je pod napětím mohlo být fatální. Nevíc ne vždy je zřejmé, kdo měl zařízení naposledy a jak se k němu choval.
- O. 51 Obecně vzato záleží na velikosti a době expozice. Elektrický proud může způsobit bezvědomí, poruchy nebo ztrátu srdečního rytmu, které postiženého bezprostředně ohrožují na životě. Délétrvající expozice proudem způsobuje elektrolýzu (rozklad) krve.
- O. 52 Proud nižší než 30 mA i při dlouhotrvající expozici by neměl u zdravého jedince vyvolat fibrilami srdečního svalu (viz obr. 12.3.).
- O. 53 Dotykem nebo pohledem na hrudní koš, jestli dochází k jeho pohybu, ušním lalůčkem přiloženým k nosu a ústům postiženého (závan vzduchu).
- O. 54 Protože jen tak dojde k uvolnění dýchacích cest (v bezvědomí ochabnou dýchací svaly a dýchací cesty jsou neprůchodné).
- O. 55 2 vdechy na 30 stlačení hrudníku, hrudník se musí při nepřímé srdeční masáži stlačit o 4-5 centimetrů, frekvence srdeční masáže je 100 stlačení za minutu.
- O. 56 Agonálním dýcháním (lapavými, kapřími dechy) rozumíme termiální dechovou aktivitu při náhlých zástavách oběhu, je přítomna u 50 % postižených. Jedná se o nepřírozeně dlouhé, prodlužující se nepravidelné nádechy a výdechy, neúčinné pohyby dýchacích svalů, jazyka a obličeje. Při nejistotě ohledně dýchání se postupuje jako při absenci dýchání a začíná se s prováděním kardiopulmonální resuscitace (nepřímá srdeční masáž, případně doplněná o umělé dýchání).
- O. 57 Zařízení, které je pod napětím, nebo u něhož nevíme, zdali je bezpečně vypnuté lze hasit hasicím přístrojem sněhovým, práškovým, případně dnes již nepoužívaným halonovým.

Rejstřík

automatické odpojení od zdroje	45	malé napětí.....	18, 70
barevné kódování.....	24	nadproudová relé	55
beznapěťový stav	70	nebezpečná živá část	17
bezpečné malé napětí.....	50	nebezpečný dotyk s elektrickým zařízením	83
bezpečnost elektrických zařízení	18	nepřímá srdeční masáž	87
běžné provozní postupy	73	neživá část	17, 70
Česká technická norma	11, 13	nízké napětí.....	18
dimenzování a jištění vedení.....	58	obsluha a práce.....	69
dokumentace	78	obsluha elektrických zařízení.....	72
doplňková ochrana	29	ochrana doplňková.....	49
dotekové napětí	18	ochrana při poruše	29, 45
dovolené zatěžovací proudy v elektrických rozvodech.....	59	ochrana základní	29, 43
dvojitá nebo zesílená izolace	17, 45	ochranné pospojování	17
dvoupólový dotyk.....	83	ochranné uzemnění	17
elektrické nebezpečí.....	70	ochranný prostor	70, 71
elektrické oddělení	45	organizační opatření	14
elektrické riziko	70	osoba poučená.....	70, 78
elektrické zařízení.....	69	osoba znalá.....	70, 78
hašení elektrických zařízení.....	88	poddajný přívod	32
jednopolový dotyk.....	84	pohyblivý přívod.....	32
jističe	54	pojistky.....	52
jištění.....	51	porucha.....	18
kód IP	66	poruchový proud	42
koordinace ochran	29	práce bez napětí.....	74
krytí elektrických zařízení	66	práce na elektrických zařízeních	72

práce pod napětím	77	technická opatření	14
práce v blízkosti živých částí.....	77	technický předpis	13
práce v laboratořích FEI.....	79	třída ochrany I.....	30
pracoviště.....	70	třída ochrany II	31
pracovní úraz	9	účinky elektrického proudu na lidský organismus	80
prodlužovací kabel.....	32	umělé dýchání.....	86
prostory nebezpečné	64	uvedení pracoviště do beznapětového stavu.....	74
prostory normální.....	63	vnější vlivy.....	62
prostory zvlášť nebezpečné.....	64	VTZ.....	5
protokol o určení vnějších vlivů	64	Vyhl. 50/1978 Sb.	6
proudové chrániče	56	vyhrazená barva	19
první pomoc.....	84	vyhrazená technická zařízení	12
přednostní barvy vodičů.....	19	vysoké napětí.....	18
přídavná izolace	17	základní izolace.....	17
referenční způsob uložení vedení.....	61	základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem.....	25
revize	77	Zákon 22/1997.....	10
riziko	7, 69	Zákon 262/2006.....	6
rozhraní člověk stroj.....	21	zapojení pohyblivého přívodu	33
SELV/ PELV	50	zóna přiblížení	70, 71
sít' IT	41	zranění.....	70
sít' TN	37	živá část	17, 70
sít' TT	41		
stabilizovaná poloha	85		