

Ing. Michal Kříž

Příručka pro zkoušky elektrotechniků a vedoucích elektrotechniků



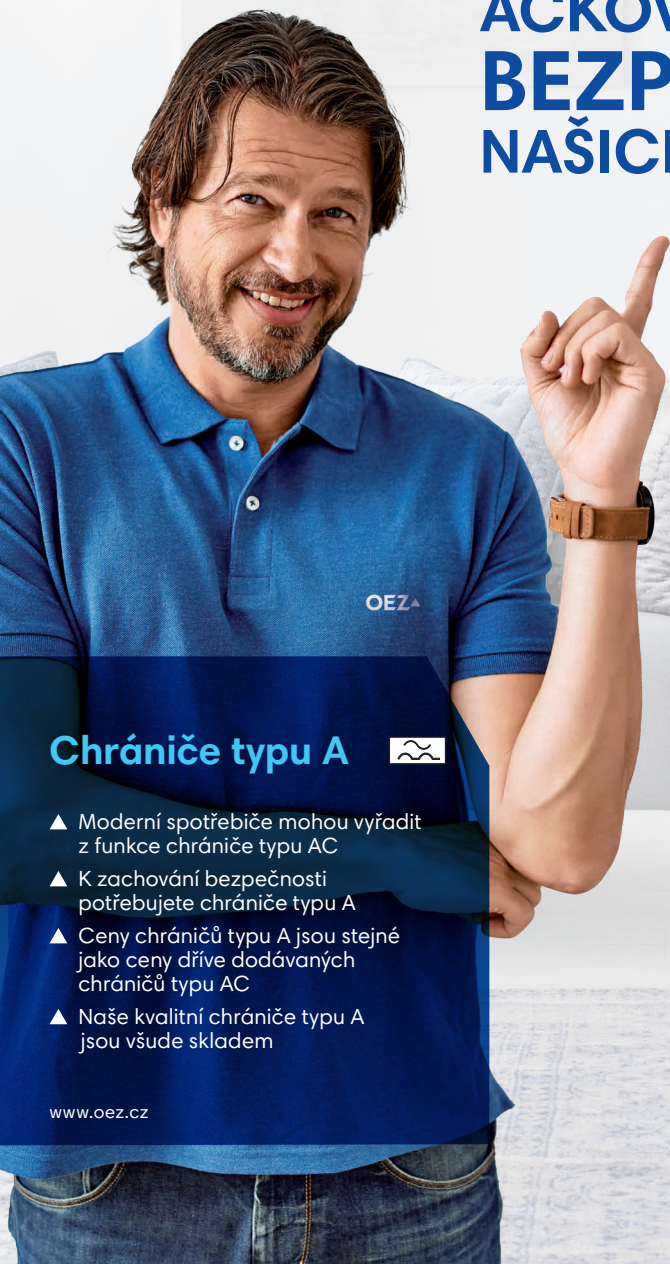
www.iisel.com

Internetový Informační Systém pro Elektrotechniky



OEZ Vše pro domovní instalace

ÁČKOVÁ BEZPEČNOST NAŠICH CHRÁNIČŮ



A

Chrániče typu A



- ▲ Moderní spotřebiče mohou vyřadit z funkce chrániče typu AC
- ▲ K zachování bezpečnosti potřebujete chrániče typu A
- ▲ Ceny chráničů typu A jsou stejné jako ceny dříve dodávaných chráničů typu AC
- ▲ Naše kvalitní chrániče typu A jsou všude skladem



CENNÁ POMOC PRO ELEKTRIKÁŘE

Megger[®]



MFT-X1

MULTIFUNKČNÍ
TESTER INSTALACÍ



MCT105

LOKÁTOR
KABELŮ



PAT150R

RUČNÍ PŘENOSNÝ
TESTER SPOTŘEBIČŮ



DET14C

KLEŠTOVÝ TESTER
UZEMNĚNÍ



Megger CZ s.r.o.
Budečská 1010/18
120 00 Praha 2

+420 222 520 508
megger.cz@megger.com

www.megger.cz

Megger[®]

... někde mezi ...



... somewhere in between ...

Představujeme Vám

COMPACT

Inteligentní jističe nejenom pro Inteligentní budovy

Nová generace inteligentních kompaktních jističů ComPacT NSX přináší ještě vyšší výkonnost a připravenost pro moderní instalace.

- špičková selektivita, omezování zkratů a výkon až 200 kA
- proudový chránič integrovaný v jednotce spouští
- měření elektrické energie s možností komunikace
- nové senzory PowerTag pro bezdrátové měření energie
- splňuje požadavky norem pro Energetickou účinnost a Energetický management



ComPacT NSX

www.se.com/cz

Life Is On

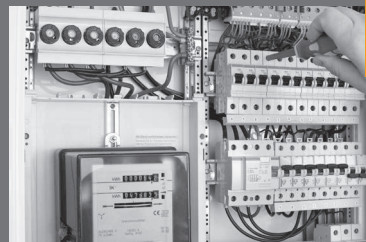
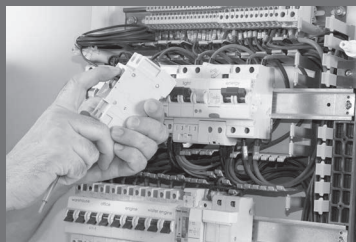
Schneider
Electric



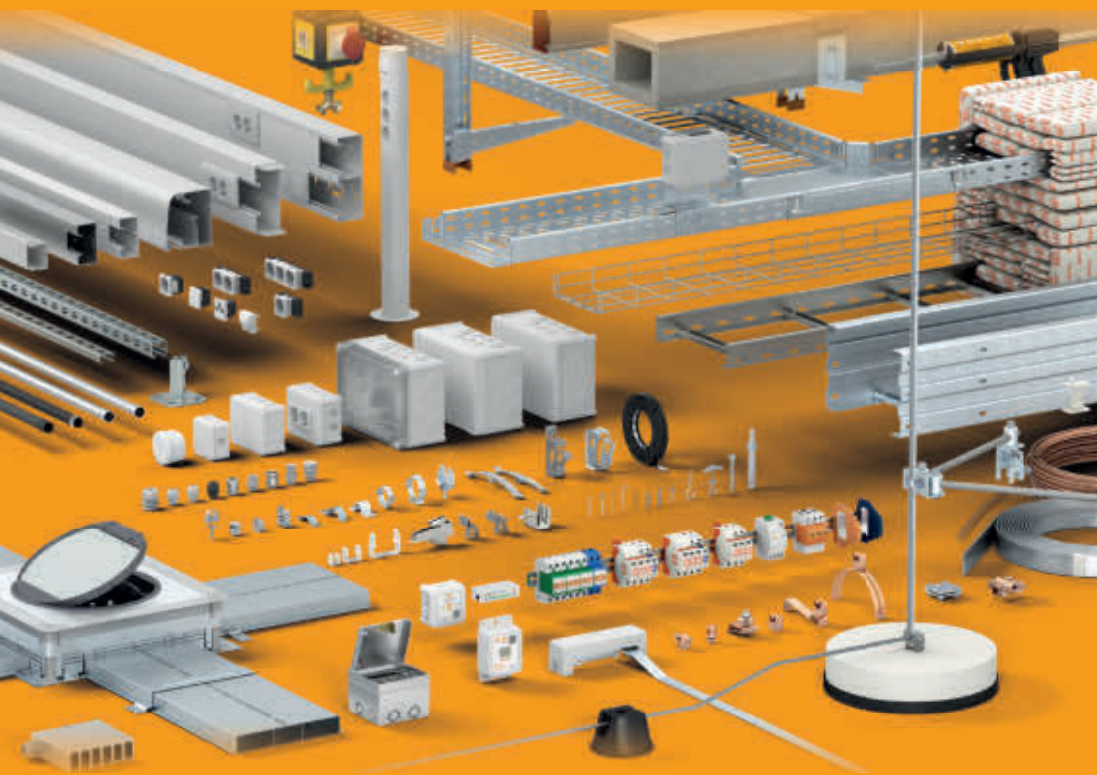
multimediální odborný on-line časopis
zaměřený na elektrotechniku, průmyslovou automatizaci a nové technologie



Vychází zdarma každý měsíc. Zřídte si bezplatně svůj odběr na:
www.elektroprumysl.cz



Vést proud.
Přenášet data.
Řídit energii.



Objevte celou řadu systémů OBO
- vytváříme řešení pro váš konkrétní projekt.

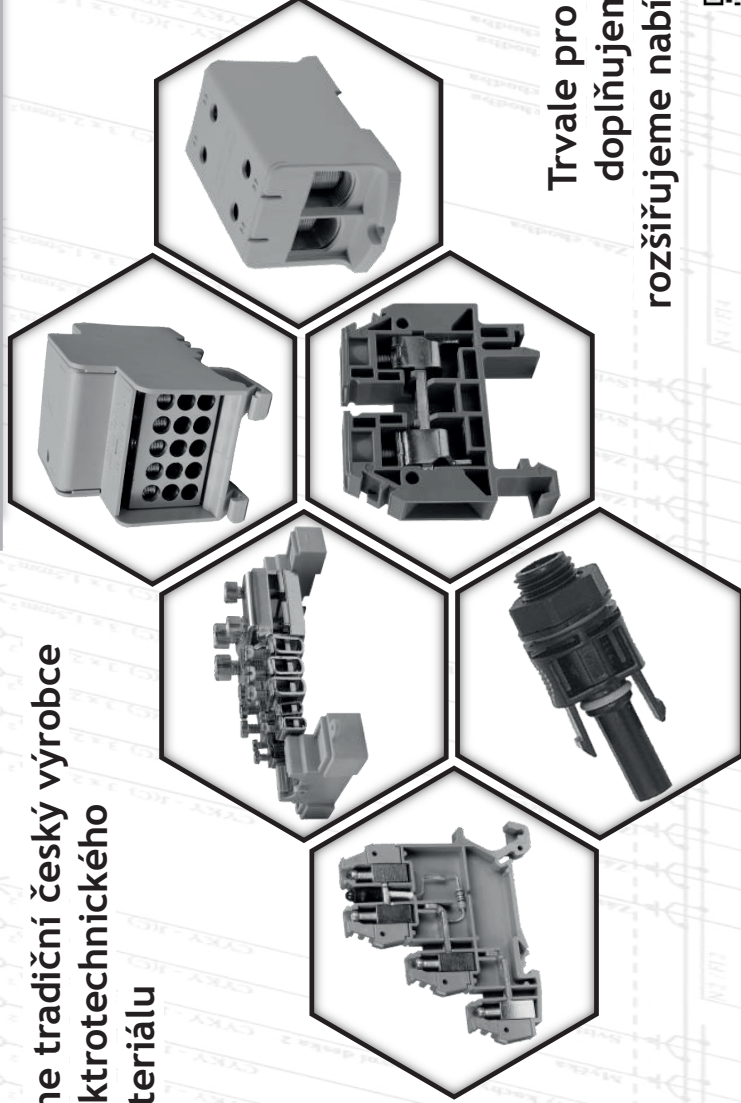
www.obo.cz

Building Connections

OBO
BETTERMANN

**Jsme tradiční český výrobce
elektrotechnického
materiálu**

Elektrotechnický spojovací materiál



**Trvale pro Vás
doplňujeme a
rozšiřujeme nabídku**



brother
at your side

Profesionální pásky Pro Tape



Vysoce
přilnavé



Flexibilní



Tepelně
smršťovací



Samolepící
laminované

PT-E560BTVP

NOVINKA
smršťitelné
3:1

Ideální
pro značení
kabelů

3x vyšší
lepivost/
přilnavost

FLEXIBLE ID
18mm
BLACK ON
WHITE TAPE
TZe-FX241 8m

Bílá páska
černý tisk 18 mm
TZe-FX241

HEAT SHRINK TUBE
5.2mm
CABLE Ø10.8-13.1mm
600V | 125°C | VW-1
BLACK ON YELLOW
HSe-611E 3:1 1.5m

Žlutá
smršťovací
bužírka 5,2 mm
HSe-611E

STRONG ADHESIVE
24mm
BLACK ON
YELLOW TAPE
TZe-S651 8m

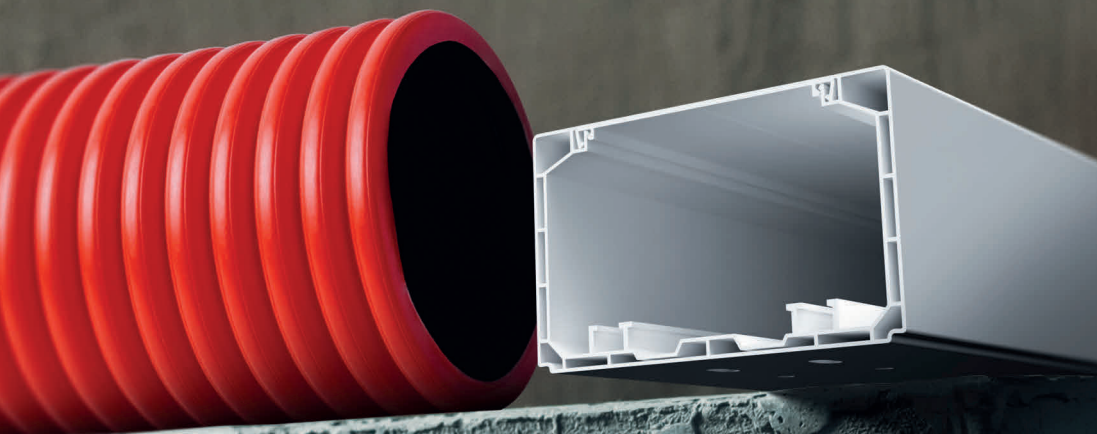
Žlutá páska
černý tisk 24 mm
TZe-S651

www.brother.cz



KOPOS

TRADIČNÍ VÝROBCE
ELEKTROINSTALAČNÍHO MATERIÁLU



www.kopos.cz

Ing. Michal Kříž

Příručka pro zkoušky elektrotechniků a vedoucích elektrotechniků

Text k inzerátu na 1. straně obálky:

Celosvětově aktivní firma FINDER s více než 70letou tradicí výroby elektrotechnických a elektronických přístrojů:

pro spínání:

- relé do plošných spojů
- průmyslová relé
- reléové vazební členy
- polovodičová relé

pro ovládání a kontrolu:

- relé s nuceně vedenými kontakty
- časová relé
- elektronické elektroměry
- kontrolní a měřicí relé
- snímače hladiny
- spínané napájecí zdroje
- přepětíové ochrany
- termostaty a hydrostaty
- ventilátory pro rozvaděče
- topení pro rozvaděče
- svítidla pro rozvaděče
- zásuvky pro rozvaděče

pro instalace budov:

- impulzně ovládané spínače
- soumrakové spínače
- pohybová čidla
- schodišťové automaty
- spínací hodiny
- stmívače
- instalační stykače

pro drážní aplikace

**pro prostředí s nebezpečím výbuchu
ATEX**

programovatelné relé OPTA (mini PLC)

pro ovládání technologií domů a budov:

- přístroje sběrnicevého systému KNX
- přístroje automatizačního systému YESLY

Kontakt:

Finder CZ, s. r. o.,
Radiová 1567/2b, 102 00 Praha 10
+420 286 889 504
finder.cz@findernet.com
www.findernet.com



software pro projektanty a revizní techniky



SchémataCAD

5900,- Kč

www.elmer.cz

samostatný grafický CAD software pro kreslení všech druhů a typů elektro výkresů, schémat - jednopólových, liniových, technologických, schémat rozvaděčů a výkresů instalace • intuitivní a jednoduché ovládání softwaru • výběr z velkého množství značek • řada ukázkových výkresů • načítání stavebních výkresů ve formátech DWG/DXF • sestavení kusovníku • sčítání délek kabelů • tisk i na velké formáty papíru (např. A0) • výstup do PDF i DWG • automatické křížové odkazy a reference • i mezi více stránkami • prohlížeč výkresů zdarma pro Android tablety a mobily



EL-Revize

4800,- Kč

software pro revizní techniky • snadná tvorba revizních zpráv • velký výběr tiskopisů • evidence revizí a kontrol spotřebičů • rozsáhlý závadovník • tisíce citací z článků norem ČSN, STN

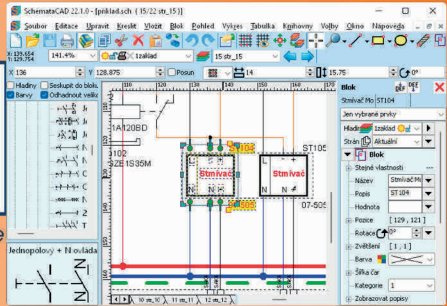
Ceny jsou bez 21% DPH. Další informace i funkční demoverze na www.elmer.cz

Určeno pro: MS Windows, MacOS, Android, Linux



ELMER software s.r.o., Pavlická 123, 155 21 Praha 5-Sobín

tel.: 220 981 202, mobil: 603 413 864, email: elmer@elmer.cz



Příručka pro zkoušky elektrotechniků a vedoucích elektrotechniků



MSE CZ

Moravský svaz elektrotechniků
Geislerova 3, 615 00 Brno
Sekretariát:
Tel: 548 533 850, 602 520 975
e-mail: sekretariat@msebrno.cz
www.msebrno.cz

ŠKOLENÍ ELEKTROTECHNIKŮ

- přípravné školení dle zákona 250/2021 Sb. a NV 194/2022 Sb., ukončené zkouškou (§ 19 zákona 250/2021 Sb. a § 4, 6, 7 NV 194/2022 Sb.)
- přípravný kurz na výkon funkce revizního technika zakončený zkouškou u TIČR (§ 11 zákona 250/2021 Sb. a § 8 NV 194/2022 Sb.)

ORGANIZUJEME

- mezinárodní konference
- školení
- Dny nové techniky

PRODEJ

- technických norem
- technických pomůcek pro diagnostiku
- odborné literatury
- měřících přístrojů

TECHNICKÁ PODPORA

- poradenská činnost
- vypracování znaleckých posudků
- montáže elektrických zařízení na klíč
- revize elektrických zařízení bez omezení napětí
- kalibrace měřících přístrojů
- vypracování podkladů pro „Prohlášení o shodě“
- příprava pro zavedení systému jakosti ISO 9000/2000
- analýza sítě dle NV 117/2016 Sb., hodnocení EMC
- technická podpora poradenským cechům - živnostenským společenstvím

www.msebrno.cz

Tato příručka navazuje na sérii dvanácti **Příruček pro zkoušky elektrotechniků – požadavků na základní odbornou způsobilost** a také na sérii čtyř **Příruček pro zkoušky vedoucích elektrotechniků**, s nimiž tvoří jeden celek. Reaguje tak na novou legislativu (zákon č. 250/2021 Sb. a nařízení vlády č. 194/2022 Sb.).

Příručka, obdobně jako příručky z řady předchozích příruček pro zkoušky elektrotechniků, obsahuje logický přehled základních poznatků z elektrotechniky a požadavků na elektrická zařízení, zejména z hlediska bezpečnosti, které by měl kvalifikovaný elektrotechnik znát. Podává výklad základních poznatků, které jsou důležité, aby elektrotechnici uměli rozpoznat nebezpečí, která mohou při provozu elektrického zařízení vznikat a aby uměli včas těmto nebezpečím zabránit. Nemusí se přitom jednat pouze o nebezpečí pro osoby, ale může jít i o ohrožení majetku a okolí.

Příručka je aktualizována podle norem a právních předpisů platných v době jejího vydání.

První část vychází z jednoduchých a představitelných základních vztahů nutných k pochopení elektrických jevů. Na nich jsou totiž založeny nejen samotné funkce elektrických zařízení, ale i působení elektřiny na materiály i živé bytosti včetně lidí, a různých elektrických účinků se využívá i k fungování prostředků ochrany před nebezpečími, která elektřina vyvolává.

Na tento základ navazuje **druhá část**, která je zpracována podle principů uvedených v ČSN EN 50110-1 ed. 4, v níž jsou vysvětleny zásady bezpečnosti v elektrotechnice.

Zásadám práce na elektrických zařízeních a jejich obsluhy je věnována další, **třetí část** této publikace.

Čtvrtá část se zmiňuje o potřebě provádění revizí elektrických zařízení.

Pátá část probírá zásady první pomoci při úrazu elektrickým proudem.

Jedna z nejobsáhlejších částí, **část šestá**, je tradičně věnována problematice ochrany před úrazem elektrickým proudem. Ta je upravena s ohledem na sjednocené pojetí ochrany před úrazem elektrickým proudem ve veškerých elektrických zařízeních, i s ohledem na zásady této ochrany v elektrických instalacích. To je vysvětleno v souladu s platnými mezinárodními a evropskými normami (ČSN EN 61140 ed. 3:2016, ČSN 33 2000-4-41 ed. 3:2018 a dalšími). Na začátku této části je také vysvětleno, proč se již pro ochranu před úrazem elektrickým proudem v elektrických instalacích do 1 000 V neuplatňuje rozdělení prostorů na normální, nebezpečné a zvláště nebezpečné. Jako vodítka pro volbu ochranných opatření mohou posloužit tabulky této publikace, a to tab. 29 uvádějící jaké proudové chrániče volit v určitých případech, a tab. 31 uvádějící jaká ochranná opatření volit v závislosti na vnějších vlivech.

Zásadám správného provedení, připojení a ochrany zařízení před nadproudy, ochranným opatřením v elektrických rozvodech, elektrických stanicích a u strojních zařízeních je věnována další, **sedmá část** příručky. I v té je zachycen nejnovější vývoj požadavků týkajících se také zajištění bezpečného provozu strojů podle ČSN EN 60204-1 ed. 3:2019. V této části je uvedena též informace o tzv. obloukových ochranách (označují se AFDD), které doplňují mezeru v ochranách před vznikem požáru z důvodu jiskření v narušených částech elektrických vedení.

*Ochranou před bleskem, a to nejen před jeho účinky na objekty, ale i na vnitřní elektrická, a především elektronická zařízení a výpočetní techniku, se v souladu s druhým vydáním souboru norem ČSN EN 62305 řešících tuto problematiku zabývá **osmá část** příručky.*

***Devátá část** je věnována měřením při údržbě a revizích elektrických zařízení. Tyto činnosti jsou totiž podstatnou a velmi důležitou součástí práce elektrotechniků i vedoucích elektrotechniků.*

Na konci jednotlivých kapitol jsou opět kontrolní otázky včetně stručných odpovědí, případně odkazů na příslušnou pasáž v textu.

Příručka, jež obsahuje standard požadavků na odbornou způsobilost elektrotechniků i vedoucích elektrotechniků, by měla být nejen dobrou pomůckou pro jejich přípravu ke zkouškám, ale i užitečným dílem pro každodenní elektrotechnickou praxi. Rovněž by se měla stát základním studijním materiálem pro žáky a studenty učilišť, středních, vyšších i vysokých škol elektrotechnických oborů.

Obsah

| | |
|--|-----|
| SLOVO VYDAVATELE | 23 |
| 1. ZÁKLADY ELEKTROTECHNIKY | 25 |
| 1.1 Základní vztahy v elektrotechnice | 25 |
| 1.1.1 Elektrické napětí, proud, odpor a výkon | 26 |
| 1.1.1.1 Jednotky elektrických veličin | 27 |
| 1.1.2 Stejnoseměrný (DC) a střídavý proud (AC) | 30 |
| 1.1.3 Efektivní hodnoty napětí, proudu a výkonu – impedance | 35 |
| 1.1.4 Sériové a paralelní řazení odporů a impedancí – Kirchhoffovy zákony | 41 |
| 1.1.5 Trojfázové obvody | 46 |
| 1.2 Význam a rozdělení elektrotechnických materiálů | 47 |
| 1.2.1 Vodiče a izolanty | 47 |
| 1.2.2 Kapacity a indukčnosti | 50 |
| 1.3 Účinky napětí a proudů | 55 |
| 1.3.1 Účinky napětí a proudů na látky a materiály | 55 |
| 1.3.2 Účinky proudů na lidský organismus (prahy vnímání, odpoutání, srdeční fibrilace) | 56 |
| 1.3.3 Odpor (impedance) lidského těla | 56 |
| 1.3.4 Rozdíl mezi účinky stejnosměrného a střídavého proudu | 60 |
| Literatura ke kapitole 1 | 61 |
| Technické normy ke kapitole 1 | 61 |
| Kontrolní otázky ke kapitole 1 | 61 |
| 2. ZÁSADY BEZPEČNOSTI V ELEKTROTECHNICE | 65 |
| 2.1 Bezpečnost a podmínky jejího dodržování | 65 |
| 2.1.1 Bezpečnost elektrických zařízení | 65 |
| 2.1.2 Odborná způsobilost v elektrotechnice | 66 |
| 2.1.3 Rozdělení, školení a zkoušky odborných způsobilostí | 70 |
| 2.1.4 Rozdělení elektrických zařízení z hlediska bezpečnostních rizik | 83 |
| 2.1.5 Bezpečnostní značení – bezpečnostní barvy | 86 |
| 2.1.6 Bezpečnostní značky | 89 |
| 2.1.7 Ochranná pásma elektrických zařízení | 90 |
| 2.1.7.1 Ochranná pásma venkovních vedení | 91 |
| 2.1.7.2 Ochranná pásma podzemních vedení | 92 |
| 2.1.7.3 Ochranná pásma elektrických stanic | 94 |
| 2.1.7.4 Ochranná pásma výroben | 95 |
| 2.1.8 Systém povinné péče o bezpečnost elektrických zařízení | 95 |
| 2.1.9 Průvodní a provozní dokumentace | 98 |
| 2.2 Rozdělení elektrických zařízení | 100 |
| 2.2.1 Druhy elektrických zařízení | 100 |
| 2.2.2 Rozdělení elektrických zařízení podle napětí | 102 |
| 2.2.3 Jmenovitá napětí do 1 000 V | 103 |
| 2.2.4 Druhy sítí (TN, TT, IT) | 104 |

| | |
|--|------------|
| Literatura ke kapitole 2 | 109 |
| Technické normy ke kapitole 2 | 109 |
| Právní předpisy ke kapitole 2 | 110 |
| Kontrolní otázky ke kapitole 2 | 111 |
| 3. PRÁCE NA ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍCH A JEJICH OBSLUHA | 115 |
| 3.1 Právní odpovědnost vedoucího elektrotechnika | 115 |
| 3.1.1 Zákoník práce (zákon č. 262/2006 Sb.) a související právní předpisy | 115 |
| 3.1.1.1 Základní povinnosti zaměstnanců a vedoucích zaměstnanců vyplývající z pracovního poměru nebo dohod o pracích konaných mimo pracovní poměr | 115 |
| 3.1.1.2 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, práva a povinnosti zaměstnavatelů | 116 |
| 3.1.1.3 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, práva a povinnosti zaměstnanců | 118 |
| 3.1.2 Údržba elektrických zařízení a hromosvodů | 121 |
| 3.1.3 Prozatímní elektrická zařízení | 124 |
| 3.2 Bezpečnost při činnostech na elektrických zařízeních | 127 |
| 3.2.1 Rozdíl mezi obsluhou elektrických zařízení a prací na elektrických zařízeních | 127 |
| 3.2.2 Odborná způsobilost osob určených pro obsluhu elektrických zařízení a pro práci na elektrických zařízeních | 129 |
| 3.2.3 Vedoucí práce | 129 |
| 3.2.4 Správce instalace a řídicí provozu | 129 |
| 3.2.5 Práce podle pokynů, práce pod dohledem a pod dozorem | 130 |
| 3.2.6 Práce na elektrických zařízeních a jejich obsluha vykonávaná osobami školenými (seznamnými), poučenými a znalými (tj. elektrotechniky a vedoucími elektrotechniky) | 130 |
| 3.2.7 Náradí, výstroj (osobní ochranné a pracovní prostředky) a přístroje | 130 |
| 3.2.8 Označení elektrických zařízení | 131 |
| 3.2.8.1 Označení na veřejně přístupných místech | 131 |
| 3.2.8.2 Označení pro zajištění bezpečnosti při práci | 131 |
| 3.2.8.3 Používání bezpečnostních sdělení | 132 |
| 3.2.9 Oděv při práci a obsluze elektrických zařízení | 132 |
| 3.2.10 Dorozumívání při činnostech na elektrickém zařízení | 132 |
| 3.2.11 Zajištění bezpečnosti při práci | 133 |
| 3.2.12 Základní technicko-organizační opatření | 133 |
| 3.2.12.1 Na které práce se příkaz B vydává | 134 |
| 3.2.12.2 Kdo příkaz B vydává a podepisuje | 136 |
| 3.2.12.3 Co znamená ukončit práce na zařízení | 136 |
| 3.2.12.4 Zapnutí zařízení | 136 |
| 3.2.13 Zásady pro obsluhu elektrických zařízení (pro provozní činnosti podle ČSN EN 50110-1 ed. 3:2015 i ed. 4:2024) | 136 |
| 3.2.14 Způsoby práce na elektrických zařízeních | 137 |
| 3.2.15 Zásady pro práce na elektrických zařízeních | 138 |
| 3.2.16 Kdo musí být seznámen s funkcí a účelem spínačů | 139 |
| 3.2.17 Vypínání elektrických zařízení z bezpečnostních a požárních důvodů | 139 |
| 3.2.18 Zajištění pracoviště – vypnutí, odpojení a další podmínky | 139 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 3.3 | Elektrotechnické provozovny | 140 |
| 3.3.1 | Opatření pro zajištění provozu v akumulátorovnách a nabíjecích stanicích | 140 |
| 3.4 | Zajištění elektrických zařízení při požáru, zátopách a jiných ohroženích | 141 |
| 3.5 | Ochranné a pracovní prostředky | 141 |
| 3.5.1 | Používání a údržba pryžových rukavic a obuvi pro elektrotechniku | 141 |
| 3.5.2 | Vybavení elektrických provozoven ochrannými a pracovními prostředky | 142 |
| 3.5.3 | Vybavení elektrických zařízení bezpečnostními značkami a tabulkami | 143 |
| | Literatura ke kapitole 3 | 146 |
| | Právní předpisy ke kapitole 3 | 146 |
| | Technické normy ke kapitole 3 | 146 |
| | Kontrolní otázky ke kapitole 3 | 147 |
| 4. | REVIZE, PROHLÍDKY A ZKOUŠKY ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ | 151 |
| 4.1 | Výchozí a pravidelné revize elektrických zařízení, periodické prohlídky a zkoušky | 151 |
| 4.1.1 | Revize z pohledu technických norem a legislativních předpisů | 151 |
| 4.1.2 | Účel revizí | 152 |
| 4.1.3 | Podklady a pomůcky potřebné k provedení výchozí revize | 153 |
| 4.1.4 | Obsah výchozí revize | 154 |
| 4.1.5 | Pravidelné revize | 154 |
| 4.1.6 | Mimořádné revize | 156 |
| 4.1.7 | Lhůty pravidelných revizí a postup při revizích | 156 |
| 4.2 | Kontroly a revize elektrického ručního nářadí a spotřebičů držených v ruce | 157 |
| | Literatura ke kapitole 4 | 158 |
| | Technické normy ke kapitole 4 | 158 |
| | Právní předpisy ke kapitole 4 | 158 |
| | Kontrolní otázky ke kapitole 4 | 159 |
| 5. | PRVNÍ POMOC PŘI ÚRAZU ELEKTRICKOU ENERGIÍ – PRACOVNÍ ÚRAZY | 161 |
| 5.1 | Rozdělení úrazů elektrickou energií podle příčiny | 161 |
| 5.2 | Zásady preventivních opatření | 162 |
| 5.3 | Postup záchranných prací | 164 |
| 5.4 | Postup při poskytování první pomoci | 165 |
| 5.4.1 | Ošetření postiženého | 165 |
| 5.4.2 | Umělé dýchání | 166 |
| 5.4.3 | Nepřímá srdeční masáž | 167 |
| 5.4.4 | Přivolání lékaře, další ošetření, oznámení úrazu | 169 |
| 5.5 | Pracovní úrazy | 170 |
| 5.5.1 | Sepsání záznamu o úrazu | 170 |
| 5.5.2 | Hlášení pracovních úrazů | 171 |
| 5.5.3 | Evidence pracovních úrazů | 172 |
| | Literatura ke kapitole 5 | 172 |

| | |
|--|------------|
| Právní předpisy ke kapitole 5 | 172 |
| Kontrolní otázky ke kapitole 5 | 173 |
| 6. OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM | 175 |
| 6.1 Podmínky pro zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem | 175 |
| 6.1.1 Dovolená dotyková napětí | 175 |
| 6.2 Základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem | 180 |
| 6.3 Zajištění ochrany z hlediska podmínek provozu | 182 |
| 6.3.1 Normální podmínky – základní ochrana (dříve ochrana před dotykem živých částí) | 182 |
| 6.3.2 Podmínky jedné poruchy – ochrana při poruše (dříve ochrana před dotykem neživých částí) | 183 |
| 6.3.3 Zvláštní případy – doplňková ochrana | 184 |
| 6.4 Prostředky k zajištění ochrany | 186 |
| 6.4.1 Prostředky základní ochrany (dříve též – ochrany před dotykem živých částí) | 186 |
| 6.4.1.1 Základní izolace | 186 |
| 6.4.1.2 Přepážky a kryty | 186 |
| 6.4.1.3 Zábrany | 187 |
| 6.4.1.4 Ochrana polohou (umístěním mimo dosah) | 187 |
| 6.4.1.5 Omezení napětí | 189 |
| 6.4.1.6 Omezení ustáleného dotykového proudu a náboje | 189 |
| 6.4.1.7 Řízení potenciálu | 190 |
| 6.4.2 Prostředky ochrany při poruše (dříve – ochrany před dotykem neživých částí) | 190 |
| 6.4.2.1 Přídavná izolace | 191 |
| 6.4.2.2 Ochranné pospojování | 191 |
| 6.4.2.3 Ochranné stínění | 193 |
| 6.4.2.4 Automatické odpojení od zdroje | 194 |
| 6.4.2.5 Jednoduché oddělení (obvodů) | 194 |
| 6.4.2.6 Nevodivé okolí | 195 |
| 6.4.2.7 Řízení potenciálu | 195 |
| 6.4.3 Prostředky zvýšené ochrany zajišťující zároveň ochranu základní i ochranu při poruše | 195 |
| 6.4.3.1 Zesílená izolace | 196 |
| 6.4.3.2 Ochranné oddělení obvodů | 196 |
| 6.4.3.3 Zdroj omezeného proudu | 197 |
| 6.4.3.4 Ochranná impedance | 197 |
| 6.5 Kompletní opatření pro ochranu před úrazem elektrickým proudem | 197 |
| 6.5.1 Automatické odpojení od zdroje | 198 |
| 6.5.2 Dvojitá nebo zesílená izolace | 198 |
| 6.5.3 Elektrické oddělení | 199 |
| 6.5.4 SELV, PELV a FELV | 199 |
| 6.5.4.1 SELV | 200 |
| 6.5.4.2 PELV | 200 |
| 6.5.4.3 FELV | 201 |

| | | |
|--------------------------------|---|-----|
| 6.5.5 | V praxi méně používaná ochranná opatření | 202 |
| 6.5.5.1 | Ochranné pospojování | 202 |
| 6.5.5.2 | Nevodivé okolí | 202 |
| 6.5.5.3 | Omezení proudu a náboje | 203 |
| 6.6 | Požadavky na prostředky základní ochrany | 203 |
| 6.6.1 | Izolační odpor elektrických zařízení | 203 |
| 6.6.2 | Krytí – IP a IK kód | 203 |
| 6.6.2.1 | Stupně ochrany krytem – IP kód | 204 |
| 6.6.2.2 | Stupně ochrany krytem – IK kód | 206 |
| 6.7 | Elektrické sítě z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem | 206 |
| 6.7.1 | Rozdíl mezi sítěmi TN-C a TN-S | 206 |
| 6.7.2 | Rozdíl mezi sítěmi TN, TT a IT | 210 |
| 6.7.2.1 | Sítě TT | 210 |
| 6.7.2.2 | Sítě IT | 212 |
| 6.7.2.3 | Doplňující pospojování | 216 |
| 6.8 | Prostředky ochrany při poruše – ochranné vodiče, zemnění a pospojování, ochranné přístroje | 219 |
| 6.8.1 | Vedení a kladení ochranných vodičů | 219 |
| 6.8.2 | Využití náhodných ochranných vodičů, vodičů pospojování, překlenutí vodoměrů | 220 |
| 6.8.3 | Užití zemničů | 223 |
| 6.8.4 | Dimenzování, uložení a spojování zemničů | 223 |
| 6.8.5 | Ochrana zemničů před korozí | 225 |
| 6.8.6 | Ochranné přístroje | 225 |
| 6.8.6.1 | Nadproudové ochranné přístroje | 226 |
| 6.8.6.2 | Proudové chrániče | 227 |
| 6.8.6.3 | Napětíové chrániče | 230 |
| 6.8.6.4 | Hlídače izolačního stavu | 231 |
| 6.9 | Koordinace ochranných opatření – třídy ochrany elektrických předmětů, vnější vlivy, provozní stavy | 232 |
| Literatura ke kapitole 6 | | 236 |
| Technické normy ke kapitole 6 | | 236 |
| Kontrolní otázky ke kapitole 6 | | 237 |
| 7. | PROVEDENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ | 241 |
| 7.1 | Elektrické vedení – jištění a jeho volba | 241 |
| 7.1.1 | Základní zásady pro dimenzování vedení | 241 |
| 7.1.2 | Proudy vodičů | 242 |
| 7.1.3 | Jisticí prvky | 243 |
| 7.1.4 | Zásady volby jisticích prvků | 247 |
| 7.1.5 | Jištění před vznikem elektrického oblouku | 248 |
| 7.1.5.1 | Úvod | 248 |
| 7.1.5.2 | Obecně | 249 |
| 7.1.5.3 | Sériové poruchy | 250 |
| 7.1.5.4 | Paralelní poruchy | 250 |
| 7.1.5.5 | Způsob činnosti | 251 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 7.1.5.6 | Jak to je s uplatněním přístrojů AFDD | 252 |
| 7.1.5.7 | Příklady poruch, které přístroje AFDD odpojují | 252 |
| 7.1.5.8 | Použití obloukové ochrany | 254 |
| 7.2 | Obecné a konstrukční požadavky | 255 |
| 7.2.1 | Označení vodičů a svorek | 255 |
| 7.2.2 | Provedení ochranných svorek (místa připojení ochranných vodičů) | 258 |
| 7.2.3 | Barvy světelných návěstí a ovládacích tlačítek a jejich základní označení | 258 |
| 7.2.4 | Elektrická zařízení v prostředí normálním | 260 |
| 7.2.5 | Elektrická zařízení v prostředí mokřem a s nebezpečím požáru hořlavých prachů a hmot | 261 |
| 7.2.6 | Elektrická zařízení v hořlavých hmotách a na hořlavých podkladech | 263 |
| 7.3 | Kladení vedení | 264 |
| 7.3.1 | Zásady spojování vodičů | 264 |
| 7.3.2 | Průchody (prostupy) vedení zdmi a konstrukcemi | 265 |
| 7.3.3 | Kabelové prostory a kanály | 265 |
| 7.4 | Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů | 267 |
| 7.4.1 | Zásuvky, vidlice, přívodky a nástrčky – hlavní zásady připojení | 267 |
| 7.4.1.1 | Domovní zásuvky a vidlice | 267 |
| 7.4.1.2 | Průmyslové zásuvky | 269 |
| 7.4.1.3 | Nástrčky a přívodky | 270 |
| 7.4.2 | Kladení pohyblivých přívodů a šňůrových vedení | 270 |
| 7.5 | Vnitřní elektrické rozvody | 272 |
| 7.5.1 | Zajištění bezpečnosti při připojování odběrného elektrického zařízení k síti | 272 |
| 7.5.2 | Průřezy vodičů v bytech a jejich jištění | 273 |
| 7.5.3 | Připojování zásuvek | 273 |
| 7.5.4 | Instalace v koupelnách, ochranné pospojování, proudový chránič | 273 |
| 7.6 | Elektrické stanice | 276 |
| 7.6.1 | Elektrické stanice podle obsluhy | 276 |
| 7.6.2 | Uzemnění v elektrických stanicích | 276 |
| 7.6.3 | Zásady uzemňování | 277 |
| 7.7 | Strojní zařízení | 278 |
| 7.7.1 | Obsah technické dokumentace | 278 |
| 7.7.1.1 | Základní informace | 279 |
| 7.7.2 | Provedení řídicích obvodů | 279 |
| 7.7.2.1 | Opatření pro omezení rizika v řídicích obvodech | 279 |
| 7.7.2.2 | Přístroje pro nouzové vypnutí | 280 |
| 7.7.3 | Označování vodičů – doplnění ke kapitole 7.2.1 | 280 |
| 7.7.4 | Připojování pohyblivých nebo přestavitelných částí strojního zařízení | 281 |
| 7.8 | Prozatímní elektrická zařízení | 282 |
| 7.8.1 | Rozdělení prozatímních elektrických zařízení | 282 |
| 7.8.2 | Zásady pro zřizování a provoz prozatímních elektrických zařízení | 282 |
| 7.8.3 | Zřizování prozatímních elektrických zařízení v průmyslových závodech | 284 |
| 7.9 | Nebezpečí, riziko, ochranná opatření | 284 |
| 7.9.1 | Požadavky na elektrotechnické výrobky a zařízení | 286 |
| 7.9.2 | Posuzování rizik a provedení elektrických zařízení | 286 |

| | |
|--|------------|
| Literatura ke kapitole 7 | 286 |
| Technické normy ke kapitole 7 | 287 |
| Kontrolní otázky ke kapitole 7 | 288 |
| 8. OCHRANA PŘED BLESKEM A PŘEPĚTÍM | 291 |
| 8.1 K současnému pojetí ochrany před bleskem – ochrany budov i elektronických systémů | 291 |
| 8.1.1 Proč provádět ochranu před bleskem a jeho účinky důkladněji než dříve | 291 |
| 8.1.2 Nová terminologie používaná v oblasti ochrany před bleskem | 292 |
| 8.2 Vnější ochrana před bleskem a přepětím | 292 |
| 8.2.1 Zásady pro zřizování a provoz podle druhu a charakteru chráněného objektu | 292 |
| 8.2.1.1 Které objekty se musí chránit před bleskem | 292 |
| 8.2.1.2 Hledisko pravděpodobnosti škody při zřizování hromosvodu | 293 |
| 8.2.1.3 Základní části vnějšího LPS | 294 |
| 8.2.1.4 Třídy LPS – provedení hromosvodu s ohledem na důležitost objektu a možné škody | 296 |
| 8.2.1.5 Použití náhodných součástí pro konstrukci LPS | 297 |
| 8.2.2 Jímače | 297 |
| 8.2.2.1 Prvky jímačů | 297 |
| 8.2.2.2 Ochranný prostor jímačů | 299 |
| 8.2.3 Svody | 301 |
| 8.2.3.1 Připojování svodů k jímačům | 301 |
| 8.2.3.2 Umístění svodů | 301 |
| 8.2.3.3 Počet svodů | 302 |
| 8.2.3.4 Provedení svodů | 302 |
| 8.2.3.5 Umístění vedení jímací soustavy i svodů | 303 |
| 8.2.4 Uzemnění | 304 |
| 8.3 Vnitřní ochrana před bleskem a přepětím | 305 |
| 8.3.1 Ochrana před přepětími | 306 |
| 8.3.2 Svodiče bleskového proudu a svodiče přepětí | 308 |
| Literatura ke kapitole 8 | 312 |
| Právní předpis ke kapitole 8 | 312 |
| Technické normy ke kapitole 8 | 312 |
| Kontrolní otázky ke kapitole 8 | 313 |
| 9. MĚŘENÍ PŘI ÚDRŽBĚ A REVIZÍCH ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ | 315 |
| 9.1 Spojitost ochranných vodičů a spojitost hlavního a doplňujícího pospojování | 316 |
| 9.2 Izolační odpor elektrické instalace | 316 |
| 9.3 Elektrické oddělení, SELV a PELV | 317 |
| 9.4 Odpor podlah a stěn | 317 |
| 9.5 Ověření podmínek ochrany automatickým odpojením od zdroje | 317 |
| 9.5.1 Měření impedance smyčky v sítích TN | 317 |
| 9.5.2 Ověření ochranného přístroje v sítích TN | 318 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| 9.5.3 | Měření odporu R_A (zemniče pro uzemnění neživých částí) v sítích TT | 318 |
| 9.5.4 | Výpočet nebo měření první poruchy v sítích IT | 318 |
| 9.5.5 | Měření odporu zemniče | 318 |
| 9.6 | Měření úbytku napětí | 319 |
| 9.7 | Měření proudu | 320 |
| 9.8 | Měření osvětlení | 320 |
| 9.9 | Další měření | 320 |
| 9.10 | Měření při údržbě | 320 |
| 9.11 | Měření elektrických spotřebičů, elektrického ručního nářadí | 321 |
| 9.11.1 | Měření proudu protékajícího ochranným vodičem | 321 |
| 9.11.2 | Měření dotykového proudu | 321 |
| 9.11.3 | Měření náhradního unikajícího proudu | 321 |
| 9.11.4 | Měření izolačního odporu u elektrických spotřebičů (včetně elektrického ručního nářadí) | 322 |
| 9.11.5 | Odpor ochranného vodiče u elektrických spotřebičů (včetně elektrického ručního nářadí) | 322 |
| | Právní předpis ke kapitole 9 | 322 |
| | Technické normy ke kapitole 9 | 322 |
| | Kontrolní otázky ke kapitole 9 | 323 |
| | Příloha 1 Základní veličiny a jednotky v elektrotechnice a vztahy mezi nimi | 324 |
| | Příloha 2 Používané násobky a díly jednotek v elektrotechnice | 325 |



Komplexní řešení zákonného vzdělávání



Technická školení pro firmy na míru
www.unit.cz

ELEKTRO

PLYN A TLAK

BOZP

JEŘÁBY

PLOŠINY

ZDVIHADLA

SLOVO VYDAVATELE

Dostáváte do rukou první příručku, která je pomůckou pro přípravu ke zkouškám odborné způsobilosti elektrotechniků i vedoucích elektrotechniků pro činnosti na elektrických zařízeních do 1 000 V AC a 1 500 V DC v prostorách bez nebezpečí výbuchu. Navazuje na sérii dvanácti **Příruček pro zkoušky elektrotechniků – požadavků na základní odbornou způsobilost** a také na sérii čtyř **Příruček pro zkoušky vedoucích elektrotechniků**, s nimiž tvoří jeden celek. Tato příručka tak reaguje na novou legislativu.

Soubor nových legislativních předpisů uvozuje zákon č. 250/2021 Sb., *o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů* a navazuje soubor prováděcích nařízení vlády č. 190/2022 Sb., *o vyhrazených technických elektrických zařízeních a požadavcích na zajištění jejich bezpečnosti* a č. 194/2022 Sb., *o požadavcích na způsobilost k výkonu činnosti na elektrických zařízeních a na odbornou způsobilost v elektrotechnice*.

Podstatně v oblasti odborné způsobilosti v elektrotechnice, kterou upravuje zákon č. 250/2021 Sb. spolu s prováděcím nařízením vlády č. 194/2022 Sb. je oproti vyhlášce č. 50/1978 Sb. snížení počtu stupňů odborné způsobilosti, stanovení podmínek, za kterých je přípustná profesní a úplná profesní kvalifikace podle zákona č. 179/2006 Sb. jako náhrada odborného elektrotechnického vzdělání a nové požadavky na zkušební komise. Také jsou stanoveny podmínky, za kterých mohou osoby s jednotlivými stupni odborné způsobilosti vykonávat, případně řídit činnosti na vyhrazených elektrických zařízeních.

Stručně řečeno, nová legislativa nově stanoví procesní a institucionální pravidla, přičemž však podstata odborné způsobilosti zůstává stejná.

Co to vlastně ta odborná způsobilost osob je?

Samotnou podstatou odborné způsobilosti vždy bylo, je, a lze předpokládat, že i v budoucnu bez ohledu na to, který právní předpis tuto oblast upravoval, upravuje nebo upravovat bude, ověřit objektivně a nezávisle, zda je elektrotechnik schopen provádět svoji odbornou činnost na elektrických zařízeních tak, aby vzhledem k rizikům (která je schopen vyhodnotit) byla tato zařízení bezpečná z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem i účinků atmosférické elektřiny a přepětí. Dále zda je schopen dodržovat zásady bezpečnosti práce a také zda je schopen poskytnout první pomoc při úrazu elektrickou energií.

Lze to také formulovat tak, že odborně způsobilý pracovník na základě svých teoretických znalostí, praktických zkušeností a znalostí příslušných legislativních předpisů a technických norem musí být schopen:

- vyhodnotit rizika a vyvarovat se nebezpečí, která může elektřina způsobit,
- dodržovat při své činnosti zásady bezpečné práce, kterou neohrozí sám sebe, další osoby ani majetek,
- zajistit ochranu elektrických zařízení, která zřizuje, rekonstruuje, opravuje a udržuje, před účinky atmosférické a statické elektřiny a přepětím,
- poskytnout první pomoc při úrazu elektrickou energií,

- zajistit, aby zařízení, která zřizuje, rekonstruuje, opravuje a udržuje byla provedena tak, aby byla zajištěna ochrana před úrazem elektrickým proudem, a to jak u zařízení v bezporuchovém stavu, tak v případě, kdy na zařízení došlo k poruše – stručně řečeno, aby byla bezpečná.

Z toho vyplývá zaměření zkoušek i případného školení na:

- legislativní předpisy týkající se elektrických zařízení,
- bezpečnost při práci na elektrických zařízeních,
- ochranu před úrazem elektrickým proudem a elektrickou energií,
- první pomoc při úrazu elektrickou energií,
- ochranu před bleskem a přepětím,
- všeobecné požadavky na provedení elektrických zařízení.

Je zřejmé, že obsah jak školení, tak i zkoušek musí vždy odpovídat aktuálnímu stavu legislativních předpisů i technických norem týkajících se předmětné oblasti.

Základní požadavky na znalosti elektrotechniků i vedoucích elektrotechniků co se týká jejich odborné způsobilosti jsou stejné. Rozdíl je zejména v délce odborné praxe, kterou musí mít elektrotechnik, aby se mohl ucházet o odbornou způsobilost vedoucího elektrotechnika. Minimální délku odborné praxe stanoví nařízení vlády č. 194/2022 Sb. Dalším předpokladem pro získání odborné způsobilosti vedoucího elektrotechnika jsou jeho organizační schopnosti a také schopnost vést skupinu elektrotechniků, resp. řídit jejich činnost.

Odborná praxe je pro každého elektrotechnika velmi důležitá. V jejím průběhu totiž získává potřebné zkušenosti při provádění nejrůznějších činností na elektrických zařízeních, při řešení běžných situací i jak přistupovat k řešení situací ojedinělých, s nimiž se v průběhu své činnosti může setkat.

I proto nařízení vlády č. 194/2022 Sb. v § 6 odst. 2 stanoví, že osoba bez odborné praxe musí pracovat minimálně 1 rok pod dohledem osoby znalé, která má odbornou praxi v délce minimálně 2 roky, od které bude potřebné zkušenosti získávat.

Přeji vám, aby tato příručka byla pro vás přínosem nejen při přípravě ke zkouškám odborné způsobilosti, ale i při vaší každodenní praxi.

Jan Lojkásek

1. ZÁKLADY ELEKTROTECHNIKY

1.1 Základní vztahy v elektrotechnice

Existují jenom výjimečné případy lidí, kteří vážněji přemýšlejí o základech a podstatě elektrotechnických jevů a zákonitostí. Tito jedinci mají svou pozici v elektrotechnické praxi na jedné straně usnadněnou, na druhé straně ztíženou. Usnadněnou ji mají tím, že z podstaty jevů a zákonitostí mohou jednodušeji odvodit všeobecně užívaná pravidla a nejsou ve větším nebezpečí, že se ve svých závěrech budou mýlit. Na druhé straně však nenalézají plné pochopení u těch, kteří si s takovými věcmi hlavu nelámou.

Co je třeba si při práci na elektrickém zařízení uvědomit? Je to především to, že:

- na jedné straně existují síly, jevy a vlivy, které na zařízení, rozvody a instalace působí; jsou to provozní i poruchové stavy, prostředí neboli vnější vlivy apod.,
- na druhé straně pak jsou přístroje, zařízení a opatření, jež elektrická zařízení, rozvody a instalace před neúměrným nebo přílišným působením těchto sil, jevů a vlivů, které je možno předpokládat, chrání.

Příklady jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Příklady stavů zařízení a ochranných opatření proti působení různých vlivů

| Normální provozní stav – charakterizován | Poruchový stav způsobovaný | Ochranné přístroje, opatření |
|---|---|-------------------------------------|
| napětím v normálních mezích | přepětím a podpětím | přepět'ové ochrany |
| proudy až do jmenovité (stanovené) hodnoty | nadproudy | ochrana před nadproudy |
| vnější vlivy v předpokládaných mezích | vniknutím prachu do zařízení, narušením krytu | utěsnění nebo zpevnění krytu |

Ochranná opatření je přitom možno volit podle toho, v jakém stavu elektrické zařízení je. Zda je ve stavu normálním, mimo normál, zda zatím nebezpečí poruchy nebo ohrožení pouze hrozí, případně zda porucha nebo ohrožení již nastaly.

Proti výše uvedeným stavům se provádějí opatření k odvrácení nebezpečí, k odstranění poruchy. Proti vnějším vlivům se působí vyjmutím z dosahu ohrožení apod. Stavů elektrického zařízení, ať už normální provozní, nebo mimo normál včetně nebezpečných stavů, jsou spojené i s působením elektřiny. Abychom působení elektřiny mohli vyhodnotit, musíme je přesně popsat. K popisu se používají příslušné veličiny. K vyhodnocení působících elektrických jevů se používají příslušné jednotky, s jejichž pomocí se elektrické veličiny měří.

1.1.1 Elektrické napětí, proud, odpor a výkon

Základními elektrickými veličinami, s nimiž se musí každý elektrotechnik ve své praxi potýkat, jsou elektrické napětí, elektrický proud a elektrický odpor (resp. rezistance). (Dále, pokud to bude z kontextu zřejmé, že se jedná o elektrické veličiny, budeme hovořit pouze o napětí, proudu a odporu.)

Funkci těchto tří veličin si můžeme zjednodušeně popsat takto:

Napětí, které je mezi dvěma místy (obvykle jsou to plochy, které, když jsou malé, považujeme za body), způsobuje, že mezi nimi prochází (protéká nebo je protlačován) **elektrický proud**. Elektrický proud je tím větší, čím větší je napětí mezi těmito místy. Říkáme, že proud je přímo úměrný napětí mezi nimi.

K tomu, aby elektrický proud mohl mezi dvěma místy procházet, potřebuje prostředí, kterým může být veden. Toto prostředí bývá tvořeno různými látkami. Vlastnosti těchto látek umožňují, aby, ať už celým jejich objemem, nebo po jejich povrchu, protékal elektrický proud. Přitom nejen na velikosti napětí, ale i na vlastnostech těchto látek záleží, jak bude jimi procházející nebo protékající elektrický proud velký. Vlastnost, která označuje schopnost vést elektrický proud, se nazývá **elektrická vodivost (resp. konduktance)**. Opačná vlastnost, která se projevuje tím, že látka průchodu proudu brání, se nazývá **elektrický odpor (resp. rezistance)**. Čím větší je odpor mezi dvěma místy, mezi nimiž je napětí, tím menší je mezi těmito místy elektrický proud.

Uvedené veličiny označujeme takto:

Napětí označujeme U , elektrický proud označujeme I a elektrický odpor označujeme R . Pomocí tohoto písmenového označení můžeme (při správně zvolených jednotkách) matematicky popsat vztah mezi uvedenými veličinami, který jsme si zatím vyjádřili pouze slovně:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

tj. proud I je přímo úměrný napětí U a nepřímo úměrný odporu R . Odtud také dostaneme (jestliže pravou i levou stranu rovnice násobíme R) další užívaný vztah:

$$U = I \cdot R. \quad (2)$$

Ten vyjadřuje, že protéká-li mezi dvěma místy, mezi nimiž je elektrický odpor R , elektrický proud o velikosti I , je mezi těmito místy napětí U . Jinými slovy, čím větší je mezi dvěma místy elektrický proud a elektrický odpor, tím větší je také mezi těmito místy elektrické napětí.

Samotnou vlastnost, kterou jsme nazvali elektrický odpor, je možno popsat následujícím vztahem (obě strany předchozí rovnice podělíme proudem I):

$$R = \frac{U}{I}. \quad (3)$$

Uvedený vztah byl po svém objeviteli nazván **Ohmův zákon**. Vyjadřuje, že elektrický odpor mezi dvěma místy je tím větší, čím větší je napětí mezi těmito místy a čím menší je elektrický proud, který mezi těmito místy prochází.

1.1.1.1 Jednotky elektrických veličin

Abychom však nehovořili jenom řečí abstraktních pojmů, řekneme si, co uvedené veličiny představují v praxi. Abychom mohli hovořit o velikosti napětí, proudu nebo odporu, musíme uvést, jak velké to napětí je, jak velký proud protéká vodičem nebo uniká izolací, jak velký je odpor izolace vedení nebo odpor vodiče, např. od tlačítka ke zvonku. Musíme mít možnost vyjádřit, jak velké je napětí, které stačí k rozsvícení světelného zdroje nebo k pohonu elektromotoru.

Proto uvedené veličiny vyjadřujeme v jednotkách. Zjednodušeně řečeno, čím více jednotek daná veličina má, tím je větší, vyšší nebo silnější.

V dalších příkladech se nebudeme zatěžovat přesným definováním jednotek, jimiž jsou poměřovány výše uvedené veličiny. Velikosti jednotek uvedených veličin si uvedeme na příkladech.

Jednotkou napětí je jeden **volt**. Značka této jednotky je **V**. Napětí 4,5 V je napětí, které stačilo k rozsvícení žárovky v bateriové svítilně s baterií 4,5 V. 1 500 V, tedy napětí více než třistakrát vyšší, se používá ve stejnosměrné železniční trakci.

Podobným způsobem se můžeme podívat na jednotku elektrického proudu. **Jednotkou elektrického proudu** je jeden **ampér** a značkou této jednotky je **A**. O velikosti této jednotky si můžeme udělat představu z toho, že např. jmenovitá velikost jističů pro ochranu vedení v elektrické instalaci bytů je 6 až 16 A. Pro napájení osvětlení místností bytu běžně postačuje proud do 6 A, pro napájení těch největších bytových spotřebičů je to proud až 16 A. Zde se ale nesmíme nechat zmýlit tím, že pro napájení klasické šedesátivattové žárovky na 230 V je zapotřebí proud asi 0,26 A, zatímco pro napájení halogenových žárovek na malé napětí 12 V je třeba proudu téměř dvacetkrát většího, tj. 5 A. Tady je zapotřebí si všimnout další veličiny, o které si řekneme dále, totiž výkonu.

Vraťme se však k elektrickému odporu. **Jednotkou elektrického odporu** je jeden **ohm**, který má značku **Ω**. Jak již z předchozího textu vyplynulo, čím větší je elektrický odpor mezi místy, mezi nimiž je elektrické napětí, tím menší je proud procházející mezi těmito místy. V praxi se sleduje, aby elektrický odpor elektrického vedení byl co nejmenší – záleží totiž na tom, aby průchodem elektrického proudu tímto vedením byl způsoben co nejmenší úbytek napětí. Jeho velikost se může pohybovat maximálně v hodnotách jednotek ohmů, v běžných rozvodech a instalacích se však spíše jedná o desetiny ohmu.

Rovněž vypočítat **odpor vodiče a odpor elektrického vedení** by pro každého elektrotechnika mělo být hračkou. Odpor vodiče je tím větší, čím má větší délku L a tím menší, čím má větší průřez S . Pro velikost odporu vodiče R v ohmech proto platí známý vzorec:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}, \quad (4)$$

kde:

ρ je tzv. *rezistivita*, dříve měrný odpor vodiče, což je odpor vodiče jednotkové délky a jednotkového průřezu; v technické praxi (a tedy i ve výše uvedeném vzorci) je rezistivita rovna odporu vodiče délky 1 m a průřezu 1 mm², takže se udává v Ω·mm²/m,

L je délka vodiče, která se udává v m,

S je průřez vodiče, který se udává v mm².

Pro ilustraci se můžeme zeptat, jak velký je úbytek napětí na elektrickém vedení $2,5 \text{ mm}^2$ Cu od bytové rozvodnice k domovní jednofázové zásuvce, na níž je připojen spotřebič odebírající proud 10 A , je-li délka vedení k zásuvce rovna 25 m .

Nejprve si vypočítáme odpor jednoho vodiče vedení. Rezistivita mědi při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ se udává $0,018 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, takže odpor tohoto vodiče při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ je $R = 0,018 \times 25/2,5 = 0,18 \text{ } \Omega$. Odpor celého vedení, na němž průchodem proudů vzniká úbytek napětí, je dvojnásobný (jeden vodič tam a druhý zpět), takže je roven $0,36 \text{ } \Omega$. Úbytek napětí, který na tomto vedení vzniká, se určí podle základního vzorce (2), v němž namísto napětí U uvedeme úbytek napětí

$$\Delta U = R \times I = 0,36 \times 10 = 3,6 \text{ V, což je } 100 \times 3,6/230 \cong 1,6 \text{ \%}.$$

Jestliže však úbytek napětí počítáme, jak to má správně být, při maximální provozní teplotě vedení, zjistíme, že se zvětší. Je to tím, že se zvětší odpor vedení. S teplotou se totiž odpor vodičů, a tedy i vedení zvětšuje. S každým stupněm Celsia (nebo, což je pro tento účel shodné, s každým Kelvinem K) vzroste odpor vodiče (ať už jeho materiál je měď nebo hliník) přibližně o $0,4 \text{ \%}$. Proto, uvažujeme-li s provozní teplotou vedení, která může být až $70 \text{ }^\circ\text{C}$, zjistíme, že odpor výše uvedeného vedení může vzrůst až o $(70 - 20) \times 0,4 = 20 \text{ \%}$. To znamená, že v nejnepríznivějším případě vzroste odpor tohoto vedení na $0,36 \times 1,2 = 0,432 \text{ } \Omega$ a stejným způsobem vzroste úbytek napětí v daném vedení, kterým protéká proud 10 A na $4,32 \text{ V}$, což je již téměř $1,9 \text{ \%}$ jmenovitého napětí 230 V .

Naopak **odpor izolace** takového vedení musí být co největší. Je to proto, aby z elektrického vedení do jeho okolí, pokud možno neunikal žádný proud. Kdybychom však chtěli uvedeného cíle dosáhnout, musela by se hodnota odporu izolace blížit k nekonečnu. Znamenalo by to vytvořit dokonalou izolaci. To však není prakticky možné. Při použití izolačních materiálů na bázi plastů se dosahuje hodnot izolačních odporů řádově v megaohmech až desítkách megaohmů. Můžeme se tedy například zeptat: jak velký je proud unikající izolací elektrického vedení (ale může to být i izolací jakéhokoliv elektrického předmětu), jestliže jeho izolační odpor je $10 \text{ M}\Omega$ a napětí jádra vodiče daného vedení (resp. živé části elektrického předmětu) je 230 V ? Jednoduše (podle vzorce 3) je to:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{(10 \cdot 10^6 \text{ } \Omega)} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 0,023 \text{ mA}.$$

Jenom pro informaci si uvedeme, že izolační odpor vedení, na rozdíl od odporu vodičů, s teplotou klesá. Za normálních provozních stavů to nedělá celkem žádné potíže. Izolační stav se z tohoto důvodu ani za maximální dovolené provozní teploty nesnižuje pod předepsané hodnoty. Podstatně by se však zhoršil, pokud by teplota vedení dosáhla hodnoty dovolené při zkratu. To však již nejsou normální provozní podmínky a není nutné se jimi z hlediska izolačního odporu zabývat.

A nyní k **elektrickému výkonu**. Přívlastek elektrický používáme pouze proto, že se jedná o výkon v souvislosti s elektrickým zařízením. Jinak je výkon obecná fyzikální veličina a nezáleží na tom, zda se jedná o výkon elektromotoru nebo automobilového motoru, či jiného pohonu. Pokud se jedná o výkon odevzdávaný na hřídeli motoru, je jedno, zda byl

tento výkon získán ve spalovacím motoru nebo v elektromotoru. Na hřídeli motoru je třeba jej také měřit.

Výkon jako fyzikální veličina se značí obvykle P . Při vyjádření pomocí elektrických veličin, tj. stejnosměrného napětí a stejnosměrného proudu (a správné volbě jednotek), se výkon přenášený elektrickým vedením rovná součinu těchto veličin:

$$P = U \cdot I. \quad (5)$$

Z hlediska střídavých elektrických veličin hovoříme obdobně o tom, že činný výkon se rovná součinu efektivních hodnot napětí a proudu a $\cos \varphi$. Přitom φ je úhel, o který se sinusový průběh napětí předbíhá před nebo zpožďuje za sinusovým průběhem proudu. Z praktického hlediska můžeme pro hrubý odhad pro výpočet činného výkonu ve střídavých sítích použít stejného vzorce; pro elektrotepelné spotřebiče platí výše uvedený vztah přesně. Je to proto, že v normálním elektrickém rozvodu a elektrických sítích, které jsou kompenzované, se průběh proudu za průběhem napětí zpožďuje pouze minimálně ($\cos \varphi$ se pohybuje v mezích 0,98 až 1), při napájení elektrotepelných spotřebičů není průběh napětí a proudu vzájemně posunutý vůbec.

Jednotkou výkonu je jeden **watt**. Jeho značka je **W**. Vyjádřeno v elektrických veličinách je to výkon, který je přenášen vedením stejnosměrného proudu 1 A při napětí 1 V. Při vedení střídavého proudu, jak jsme si ukázali, je situace trochu složitější. Ale i v tomto případě je možno hovořit o tom, že jeden watt je výkon přenášený vedením střídavého proudu, jehož efektivní hodnota je 1 A, při napětí, které není vůči proudu fázově posunuto, jehož efektivní hodnota je 1 V. Z uvedeného vidíme, že výkon jakéhokoliv spotřebiče je sice úměrný proudu, který odebírá, ale že zároveň závisí na napětí. Klasická stowattová žárovka na napětí 230 V sice odebírá proud čtyřikrát větší než pětadvacetiwattová žárovka na totéž napětí [konkrétně je to (po zaokrouhlení) 0,435 A vůči 0,109 A], avšak proud šedesátiwattové žárovky na 230 V byl skoro dvacetkrát menší než proud žárovky téhož výkonu na 12 V (konkrétně 0,26 A vůči 5 A).

Účelem této kapitoly nebylo podat exaktní definice veličin a jednotek, ale upozornit na vztahy mezi veličinami, které se v elektrotechnice používají.

Proto tuto kapitolu uzavřeme ještě jedním příkladem, který navazuje na příklad předchozí. Položme si otázku – kolikrát větší musí být průřez vodiče napájecího 10 šedesátiwattových žárovek na napětí 12 V než průřez vodiče napájecího 10 šedesátiwattových žárovek na napětí 230 V?

Ten, kdo nehledá zbytečné komplikace, vyjde z úvahy, že proud pro napájení žárovek na 12 V musí být podle předchozího téměř dvacetkrát větší než proud napájecí žárovky na napětí 230 V, takže i průřez vodičů musí být dvacetkrát větší. Zvětšení průřezu podle této úvahy se zdá více než značné, leč skutečnost je ještě daleko horší. Průřez by měl být pro žárovky na 12 V asi sto padesát až dvěstěkrát větší než pro žárovky na 230 V. Proč tomu tak je, se dozvíme v kapitole 7. Zatím si jenom řekneme, že teplo z vodiče, které je úměrné druhé mocnině procházejícího proudu, je odváděno povrchem vodiče, který je úměrný jeho průměru, a nikoliv jeho průřezu.

1.1.2 Stejnoseměrný (DC) a střídavý proud (AC)*

V předchozí kapitole jsme si ukázali vlastnosti stejnosměrného proudu, přenosu výkonu za jeho pomoci a vztahy, které pro něj platí. Zatím jsme pro střídavý proud pouze uvedli, že vztahy, které platí pro něj, jsou obdobou vztahů pro stejnosměrné proudy a napětí. Nyní se otázkou střídavého proudu budeme zabývat trochu podrobněji, i když ne za pomoci exaktních definic a vztahů, ale spíše příkladů a ukázek.

Střídavý proud má název jednoduše od své vlastnosti, že protéká vodičem střídavě na jednu a na druhou stranu. Změny směru proudu jsou velmi rychlé. Střídavý proud průmyslového kmitočtu mění svůj směr stokrát za sekundu. To znamená, že v padesáti pulzech za sekundu prochází proud jedním směrem a těchto padesát pulzů je prostrídáno rovněž padesáti pulzy za vteřinu, kdy proud prochází opačným směrem. Proud se však nemění okamžitě ze své maximální hodnoty v jednom směru do maximální hodnoty v opačném směru.

O ideálním průběhu střídavého proudu se říká, že je sinusový. Nebudeme se zde zabývat matematickým popisem sinusové funkce. Řekneme si o ní jen, že elektrický proud, jehož velikost se s časem mění podle této funkce, nejprve strmě roste od nuly, a jak se blíží ke své maximální hodnotě, jeho růst se zpomaluje. Zjednodušeně je možno říci, že okolo svého maxima se proud s časem téměř nemění. Po průchodu tímto maximem hodnota proudu klesá nejprve velmi pomalu, až v okolí průchodu nulou je rychlost poklesu jeho velikosti největší a po průchodu nulou roste okamžitá hodnota proudu na opačnou stranu – stále větší proud prochází opačným směrem. Dále pak platí – jenže s opačným znaménkem – totéž, co jsme si již řekli o průběhu proudu v opačném směru (viz též obr. 1 až 3).

Takže průběh střídavého proudu si můžeme rozložit na velkou řadu okamžiků, v nichž proud určité velikosti probíhá jedním směrem. Opět, zjednodušeně řečeno, se tedy jedná o řadu po sobě následujících okamžitých hodnot stejnosměrného proudu.

Zřejmě všichni víme, že ve střídavých sítích, obvodech a instalacích není elektrický proud jedinou veličinou, která mění svou hodnotu střídavě z kladné na zápornou a naopak. Stejný, nebo lépe řečeno, obdobný průběh má ve střídavých obvodech elektrické napětí. Jeho hodnota také nejprve rychle od nulové hodnoty narůstá, prochází pomalu maximem a pak se rychle mění z kladné na zápornou hodnotu a opakuje svůj průběh k maximu, jenže s opačným znaménkem.

Na tomto místě bychom si měli položit několik otázek. Je průběh napětí časově shodný s průběhem proudu? A jak je to s výkonem? Není to náhodou tak, že kladný proud (rozumí se proud probíhající v kladné půlvlně, tj. nad časovou osou na obr. 1) výkon do napájeného zařízení přináší a záporný proud tento výkon zase odnáší zpět ke zdroji?

Tak především: pokud hovoříme o střídavých sítích, obvodech a zařízeních, je v nich rychlost střídání proudu i rychlost střídání napětí ze záporných do kladných hodnot stejná. Jinými slovy je možno říci, že proud i napětí mají stejnou frekvenci.

Poznámka:

Výše uvedená skutečnost se považuje za tak samozřejmou, že se nikde ani zvlášť neuvádí. Nicméně v obecném případě tomu tak vždy být nemusí. Například v elektrických sítích se

* Viz kapitola 2.2.1 (str. 100).

navíc k proudům a napětím průmyslového kmitočtu mohou objevovat i proudy a napětí jiných, obvykle vyšších kmitočtů. V některých případech se ve střídavých sítích mohou vyskytovat značné pulzující proudy, tj. proudy stejnosměrné, které pouze mění svou velikost, nikoliv však směr. V některých obvodech, které napájejí převážně měniče, může stejnosměrná složka proudu i převažovat nad složkou střídavou. Taková síť se však přesto nazývá střídavou, protože napětí v ní zachovává svůj střídavý charakter a střídavý spotřebič připojený do této sítě pracuje obvyklým způsobem, tj. jako spotřebič určený pro střídavou síť.

Jak je tomu však se samotným průběhem napětí a proudu ve střídavých obvodech a sítích? Napětí a proud totiž nemusejí ve stejném okamžiku nabývat své maximální, resp. nulové hodnoty, ale, jak jsme se již zmínili, jejich průběh může být časově posunut. Tento časový posun záleží na charakteru zátěže, která je z obvodu nebo sítě napájena. Na tomto místě se nebudeme touto otázkou podrobněji zabývat. Jenom si řekneme, že v síti, která napájí elektrotepelná zařízení, tj. zařízení, jejichž spotřeba je charakterizovaná činným odporem, se proud za napětím ani nezpožďuje, ani ho nepředbíhá. Říká se, že proud a napětí jsou ve fázi. Pokud síť napájí elektromotory, které představují tzv. indukční zátěž, proud se za napětím zpožďuje. Jestliže v napájené síti převažují kapacity, které nejsou vyváženy indukčnostmi napájených elektromotorů, může se stát i to, že proud předbíhá napětí – to je však spíše výjimečný stav, kterému je radno se z důvodu nestability takové sítě vyhnout. Snahou dodavatele elektrické energie je, aby proud, pokud nemůže být s napětím ve fázi, se za napětím příliš nezpožďoval.

A nyní k tomu, jak je to s přenosem výkonu ve střídavých sítích, obvodech a instalacích. Již jsme si uvedli, výkon stejnosměrného proudu je rovný $P = U \times I$.

Jak jsme si řekli, střídavé napětí a střídavý proud je možno rozložit na řadu po sobě následujících, krátce trvajících stejnosměrných hodnot. Tyto hodnoty nazveme okamžité hodnoty a budeme je značit malými písmeny. Okamžitý výkon, což je výkon v kterémkoliv okamžiku průběhu křivky napětí a proudu, se pak rovná:

$$p = u \cdot i. \quad (6)$$

Z uvedeného vztahu je vidět, že okamžité hodnoty výkonu se mění v závislosti na tom, jak se mění napětí a proud. První dojem nás může svádět k myšlence, že okamžité hodnoty výkonu mají obdobný časový průběh jako okamžité hodnoty proudu a napětí. To by znamenalo, že v první půlperiodě je výkon kladný, ve druhé záporný. Není tomu tak. Již na základní škole jsme se dozvěděli, že součin záporných čísel je kladný. Jsou-li tedy napětí a proud ve fázi, je výkon kladný jak v případě, že jsou obě uvedené veličiny kladné (v první půlperiodě), tak i tehdy, jsou-li tyto veličiny záporné (ve druhé půlperiodě). Vulgárně řečeno, výkon prochází elektroměrem do domu, bytu, objektu atd., ať již jde proud tam nebo zpět. Rovněž průběh výkonu je znázorněn na obr. 1.

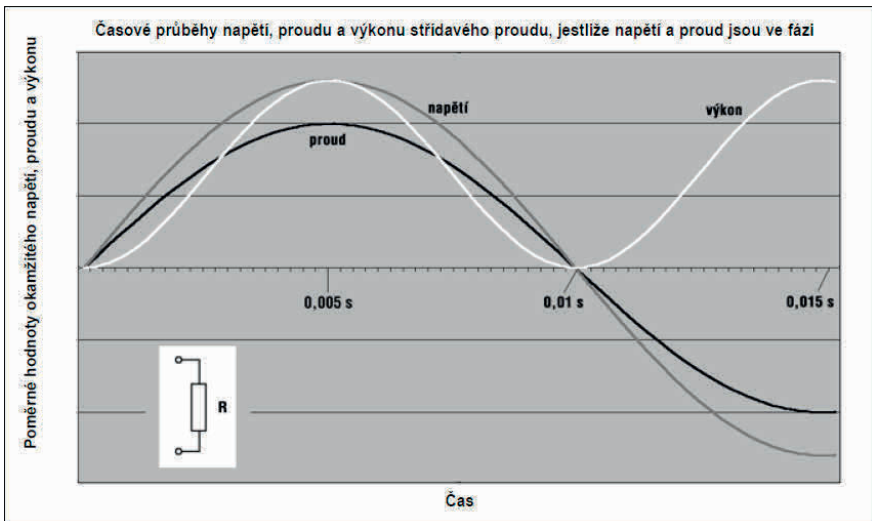
Poznámka pro zvlášť zatvrzelé jedince, kteří matematické zdůvodnění odmítají svým vnitřním nejniternějším rozumem přijmout:

Jedná se o obdobný případ, jako u dvojitinného parního stroje pohánějícího pístem kolo lokomotivy. V první fázi odpovídající první půlperiodě jde píst dopředu a tlačí, ve druhé

fázi jde píst zpět a táhne – v obou fázích pohybu se však výkon přenáší na poháněné kolo a žene lokomotivu a celý vlak dopředu.

To je tedy případ, kdy jsou ve střídavých sítích a obvodech napětí a proudy ve fázi. Výše jsme však uvedli, že tomu také tak být nemusí. Skutečně – velmi často, možno říci většinou, se proud za napětím, i když nepatrně, opoždí. V některých případech může proud napětí i předbíhat.

V těchto případech ovšem dochází na kratší nebo delší dobu k tomu, že se okamžité hodnoty proudu a napětí ve svém znaménku liší. Po tuto dobu, kdy jsou znaménka proudu a napětí opačná, se skutečně výkon vrací z místa spotřeby ke zdroji. Takový případ je znázorněn na obr. 2. Zde se nebudeme zabývat fyzikálními příčinami tohoto jevu, zatím přijmeme pouze, že tomu tak je.



Obr. 1 Časové průběhy napětí, proudu a výkonu střídavého proudu, jestliže napětí a proud jsou ve fázi