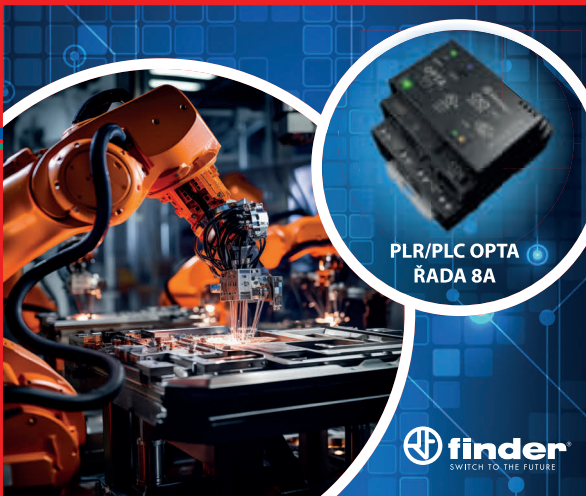


Ing. Michal Kříž

Příručka pro zkoušky elektrotechniků a vedoucích elektrotechniků



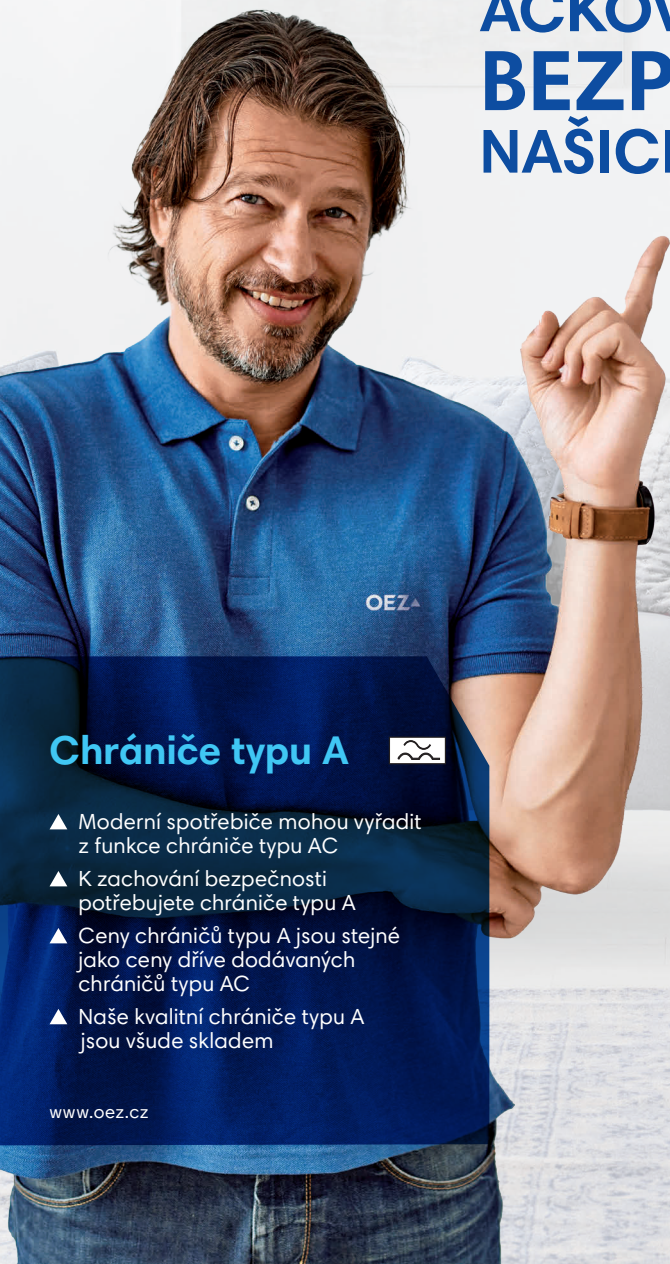
www.iisel.com

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 ...

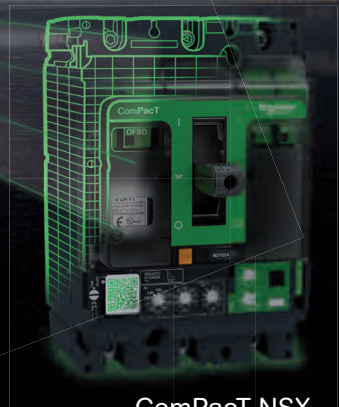
Představujeme Vám

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

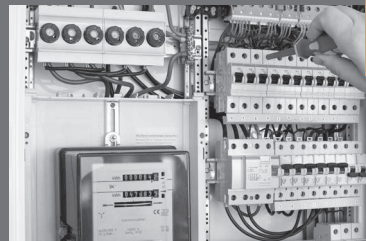
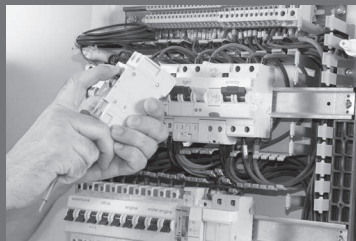
Schneider
Electric



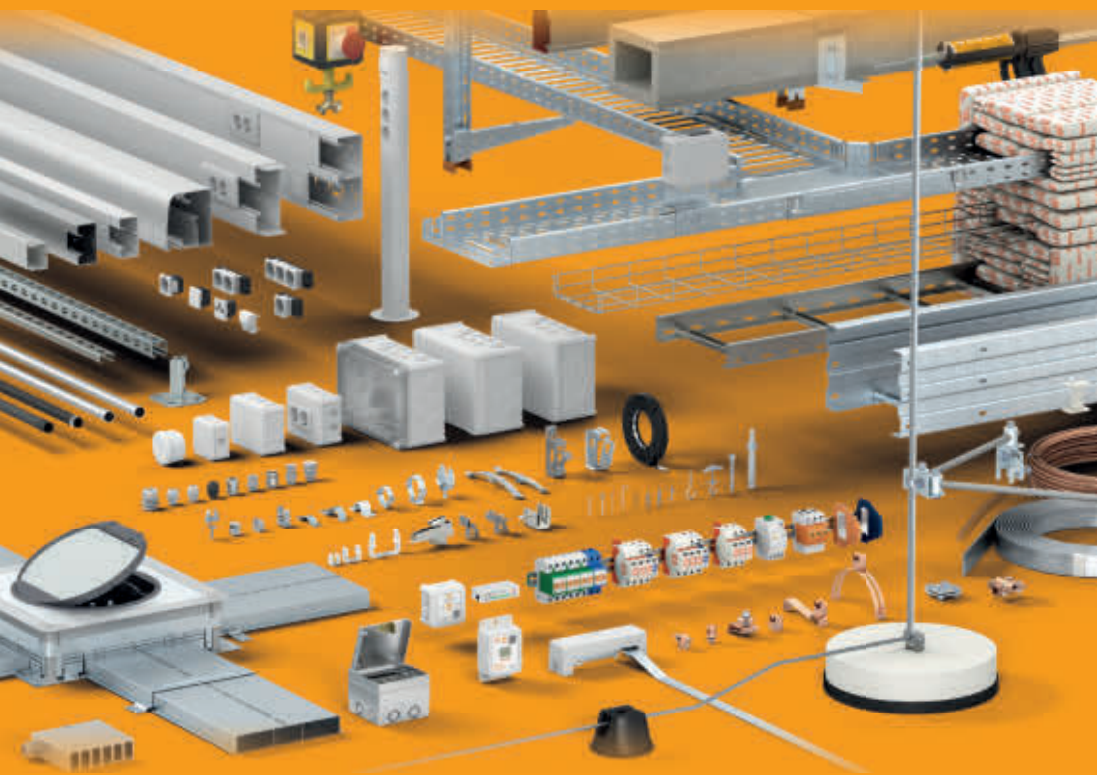
multimediální odborný on-line časopis
zaměřený na elektrotechniku, průmyslovou automatizaci a nové technologie



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.

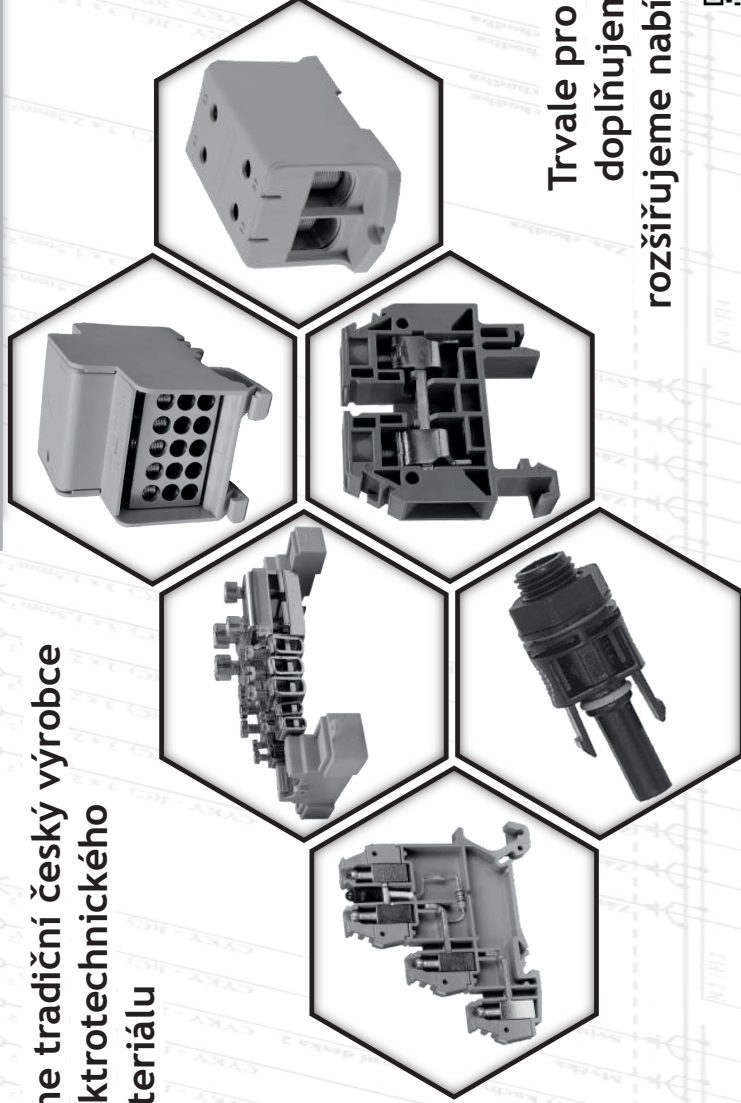
www.obo.cz

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

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

Žlutá páska
černý tisk 24 mm
TZe-S651

HEAT SHRINK TUBE
5.2mm
CABLE Ø10.8-11mm
600V | 125°C | VW-1
BLACK ON YELLOW
HSe-611E 3:1 1.5m

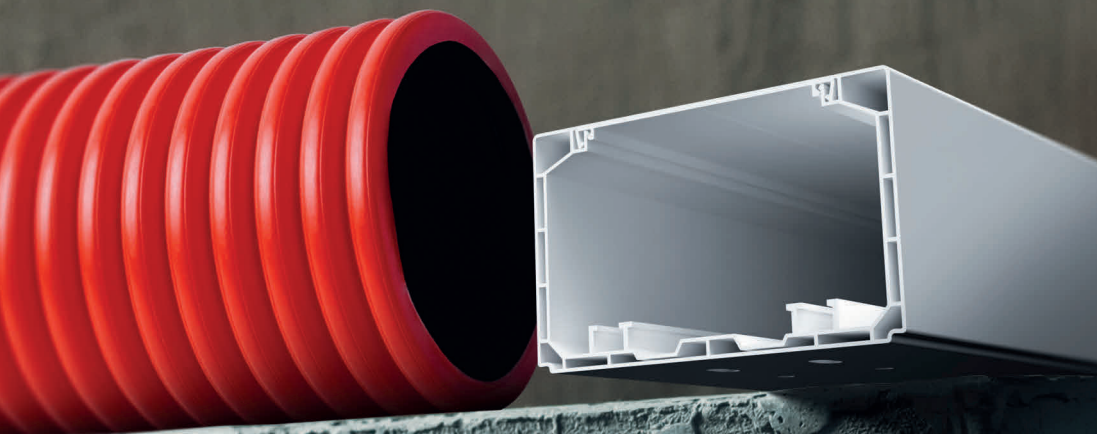
Žlutá
smršťovací
bužírka 5,2 mm
HSe-611E

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

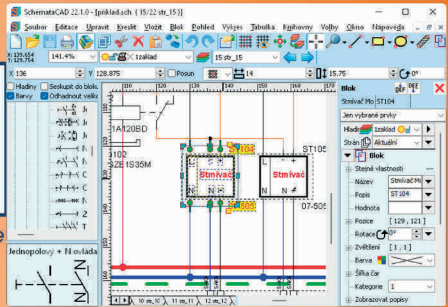
Ceny jsou bez 21% DPH. Další informace i funkční demoverze na www.elmer.cz

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. I 500 V, tedy napětí více než třistakrát vyšší, se používá ve stejnosměrné železniční traktaci.

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.

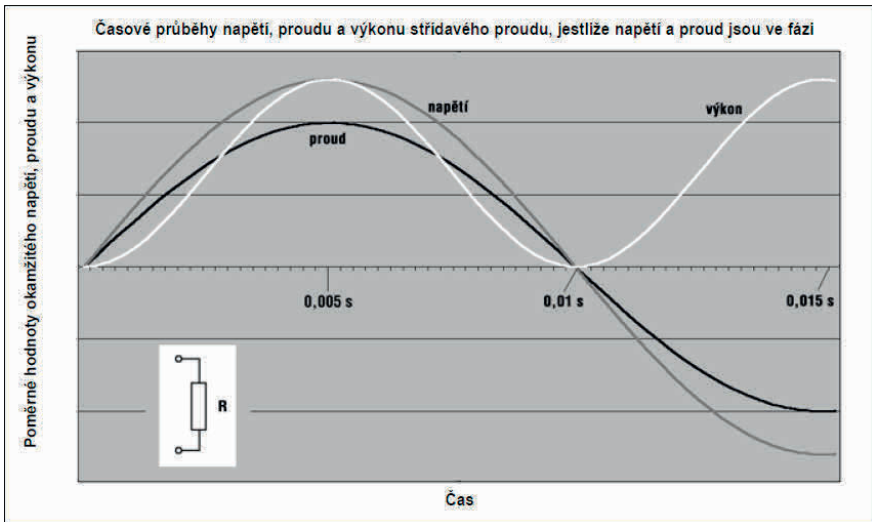
Poznámka pro zvlášť zatvrzelé jedince, kteří matematické zdůvodnění odmítají svým vnitřním nejniternějším rozumem přijmout:

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