

2. Bezpečnost pacienta před úrazem elektrickým proudem

Tato kapitola obsahuje velmi důležitou část týkající se účinků elektrického proudu na lidský organismus a dále pak laboratorní úlohy, které jsou mnohdy pouze ilustrativní, z oblasti nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Tyto úlohy využívají přípravků stavebnice INNO společnosti NTL. V tomto souboru je i několik úloh, které se dotýkají problematiky elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely a to zejména v oblasti proudových chráničů. Součástí této kapitoly je i problematika galvanického oddělení, která je v učebním textu rozebrána i po teoretické stránce, ale především byly připraveny úlohy, v rámci kterých se realizuje měření parametrů jednotlivých typů obvodů pro galvanické oddělení. V úlohách jsou záměrně použity obvody, které lze nalézt jako součást elektrických přístrojů ve zdravotnictví. Velmi podstatnou částí této kapitoly je oblast měření unikajících proudů a to jak z hlediska metodologie měření v závislosti na měřeném přístroji, tak i z hlediska vlastního měřicího přístroje. Tato část má velmi úzký vztah k technickým normám, které jsou nedílnou součástí z hlediska podkladů pro laboratorní úlohy. **Zvláštní pozornost je třeba věnovat při práci se stavebnicí INNO, kde lze nevhodnou manipulací, či nedodržením uvedených pokynů způsobit těžká zranění!**

2.1 Účinky elektrického proudu na lidský organismus

Abychom mohli posoudit bezpečnost pacienta z hlediska předcházení úrazům elektrickým proudem, je třeba znát účinky elektrického proudu na lidský organismus.

Střídavý proud je pro organismus nebezpečnější než stejnosměrný, protože snáze vyvolá podráždění svalové a nervové tkáně. Střídavý proud též snáze prochází lidským tělem. Tkáně organismu představují totiž pro elektrický obvod, který je přes ně uzavřen, smíšenou odporovou a kapacitní zátěž. Při dotyku „živého“ vodiče střídavého elektrického rozvodu 230 V s lidským tělem je do série s touto zátěží zapojeno i okolí a napětí působící na organismus se rozdělí v poměru vnitřního a zevního odporu. Současný dotyk s uzemněním může skončit fatálně. Dále závisí nebezpečnost střídavého proudu také na tom, jak velký elektrický výkon může organismus zasáhnout. Pokud má elektrický zdroj dostatečný výkon, tedy stálé napětí při rostoucí zátěži, můžeme velikost proudu spočítat podle Ohmova zákona. Zopakujme, že velikost protékajícího proudu je podle Ohmova zákona: $I = U/R$, kde I je proud (v ampérech, A), U je napětí (ve voltech, V) a R je odpor, neboli odporová zátěž, (v ohmech, Ω). Výkon P (ve wattech, W), se spočte jako $P = UI$, ve výše uvedených jednotkách.

Velikost protékajícího proudu je tedy nepřímo úměrná odporu těla. Podstatnou složkou odporu těla je *kožní odpor*, protože vnitřní tkáně fungují jako elektrolyt s nízkým odporem. K celkovému odporu a kapacitní složce též přispívá *oděv* (rukavice a podrážky působí jako dielektrikum a snižují nebezpečí úrazu). *Kožní odpor* se pohybuje v závislosti na vlhkosti, prokrvení a síle kůže v rozmezí od několika set ohmů až k několika megaohmům. Průměrná hodnota je 1-5 kΩ.

2.1.1 Terapeutické užití elektrického proudu

Stejnoseměrný proud: Při *galvanoterapii* a *iontoforéze* (to jest léčebné vystavení organismu stejnosměrnému proudu) je omezujícím faktorem hustota proudu, která by neměla převýšit 0,3 mA/cm².

Elektrický výboj: Z technického hlediska leží na hranici mezi stejnosměrným a střídavým proudem elektrický výboj (impulz, ráz). Krátce trvající impulz se totiž jeví, jako by obsahoval všechny frekvence střídavého proudu. Impulz s nejvyšším terapeuticky používaným proudem se zavádí do organismu při **defibrilaci**. Při tomto zákroku se přikládají dvě plošné elektrody na hrud' pacienta tak, aby jeho srdeční sval ležel v oblasti nejvyššího účinku proudu. Elektrody jsou v defibrilačním přístroji napojeny na kondenzátor, který se vybije přes tělo pacienta. Tím do organismu přivádíme *vysokonapěťový výboj* (impulz). Jako společný název pro defibrilaci a kardioverzi se někde užívá impulzoterapie. Defibrilace je zákrok při fibrilaci komor s vitální indikací. Kardioverze je zákrok při jiných poruchách srdečního rytmu, které se dají diagnostikovat pomocí EKG, a to při síňových poruchách a komorové tachykardii (to jest příliš rychlé akci srdečních komor). Z hlediska účinků je tedy možné tyto defibrilační výkony zařadit mezi účinky střídavého proudu.

Základní charakteristikou dávky při impulzoterapii je celková dodaná energie. Potřebná energie (= terapeutická dávka) se pohybuje v rozmezí 50-400 J (joulů). Dodaná energie je úměrná druhé mocnině napětí, na které je nabit kondenzátor, podle vzorce: $E = 0,5CU^2$, kde E je energie (v joulech, J), C je kapacita kondenzátoru (ve Faradech, F) a U je napětí (ve voltech, V). Příklad: při kapacitě 20 mikrofaradů je napětí na kondenzátoru 4,5 kV, abychom získali výboj o energii 202,5 J.

Střídavý proud: Slabý proud se používá při *diatermii*, *faradizaci* (a při takzvaných interferenčních prouděch). Nejvyšší terapeuticky používané dávky silného střídavého proudu (150-500 mA) bývají použité při *elektrošokové (elektrokonvulzivní) terapii* v psychiatrii. Potenciálně škodlivé účinky této terapie jsou zmírňovány požitím anestetik (slouží celkovému potlačení vnímání bolesti, celková anestetika vyloučí záznam zákroku do paměti a vědomí

pacienta), analgetik (potlačení bolesti) a myorelaxancií (zrušení traumatických účinků křečových svalových stahů).

Omezení lokálního škodlivého účinku elektrického proudu u všech výše uvedených metod je dosaženo použitím plošných elektrod, které sníží riziko lokálního poškození. Výjimkou z tohoto pravidla je použití *elektrokauterizace* (neboli elektrického řezání tkáně) vysokofrekvenčním střídavým proudem v chirurgii, kde je tepelná nekrotizace určeného okrsku tkáně cílem.

Bodové elektrody jsou použity také při cílené elektrické stimulaci. Při stimulaci jsou pochopitelně použity hodnoty proudu několikanásobně nižší než při elektrokauterizaci. Stimulace se používá pro vyvolání svalových reflexů (neurologie, foniatrie), při peroperační stimulaci (neurochirurgie, epileptologie), anebo při aplikaci chronických stimulačních implantátů (pacemakery, kochleární implantáty, hluboké mozkové implantáty při léčbě parkinsonismu i další stimulatory).

2.1.2 Úraz elektrickým proudem

Hodnota frekvence střídavého proudu v rozvodné síti (50 nebo 60 Hz) je právě v rozmezí *nebezpečných frekvencí (to jsou 30–150 Hz)*. Jejich nebezpečnost je dána tím, že vlny takové frekvence mohou rezonancí vyvolat akční potenciály a arytmie v myokardu i podráždění v centrálním nervovém systému a ve svalech. Účinek takového proudu na myokard a ostatní vzrušivé tkáně je následující:

- **do 25 mA:** by neměl ohrozit, dráždí však ke křečím, například dýchací svaly, a také vede k vzestupu krevního tlaku,
- **od 25 do 80 mA:** prochází-li déle než 30 s, způsobí srdeční arytmie až fibrilace,
- **od 80 mA do 3 A:** stačí trvání 0,3 sekundy k vyvolání srdeční fibrilace. Srdeční fibrilace může pokračovat i po přerušení průchodu elektrického proudu. Tendenci myokardu k fibrilaci zvyšuje jeho hypoxie (to jest nedostatek kyslíku) vyvolaná případnou zástavou dýchání a krevního oběhu,
- **nad 3 A:** kromě srdeční zástavy v důsledku fibrilace vyvolá křeče kosterního a dýchacího svalstva. Dále je vyvoláno podráždění a vyřazení vitálních center v prodloužené míše. Dalšími komplikacemi mohou být: popáleniny v místech cesty proudu a „crush syndrom“. „Crush syndrom“ vznikne zhmožděním svalů při křečích a takto vzniklá myoglobinurie (to jest přítomnost svalové bílkoviny v moči) může vést k následné anurii a akutnímu selhání ledvin. Může dojít ke vzniku infarktu myokardu a k poškození periferních nervů,

U vysokofrekvenčního střídavého proudu jeho nebezpečnost klesá, organismus snese i 0,3 A. Více než vlastní vysokofrekvenční proud je škodlivé tepelné poškození, a to hlavně na kůži v místech vstupu a výstupu proudu z těla.

Úrazy při pracích u vysokonapěťových rozvodů mohou být způsobeny přeskóčením (výbojem) elektrického proudu na poměrně velkou vzdálenost.

Blesk je vysokofrekvenční pulz, s proudem kolem 10^5 A, o napětí 10^5 - 10^6 V. Zasažení bleskem bývá ve 40 % smrtelné. Blesk kromě elektrických účinků působí též jako exploze. Takzvané krokové napětí (to vzniká jako rozdílové napětí mezi levou a pravou nohou, pokud jsou při krocích různě vzdáleny od místa vstupu vysokého napětí do země – toto napětí se může vyskytovat i v okolí spadlých drátů vedení vysokého napětí.) může ohrozit osoby asi ve vzdálenosti do 30 m od místa zásahu.

U **stejnoseměrného proudu** jsou hodnoty proudu podle nebezpečnosti zhruba čtyřnásobné, avšak zapnutí, nebo ráz při doteku stejnosměrného proudu má střídavou složku, která je hlavním škodlivým faktorem.

2.2 Nebezpečí úrazu elektrickým proudem

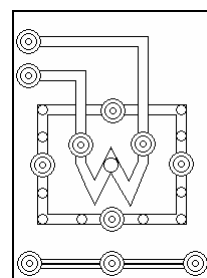
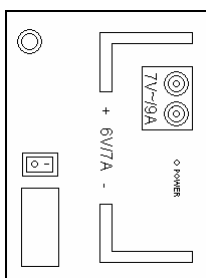
Již sám název kapitoly a celá předchozí kapitola napovídají, že elektrický proud a zejména jeho velikost jsou z hlediska příčiny úrazu elektrickým proudem tím největším nebezpečím pro člověka, resp. pacienta. Z toho také vyplývá potřeba ilustrovat účinky elektrického proudu a seznamovat s důležitými zásadami prevence. Proto byla vybrána stavebnice INNO fy NTL, která na jednoduchých úlohách ilustruje výše uvedené účinky a též zásady bezpečnosti při práci s elektrickým proudem. Vzhledem k tomu, že pro pochopení základů je třeba pouze fyzika a to zejména z oblasti elektřiny a magnetizmu, nejsou u jednotlivých laboratorních úloh uváděny teoretické pasáže. Úlohy nejsou časově náročné, a proto budou realizovány všechny během jednoho 4 hodinového bloku laboratorního cvičení.

2.2.1 Popis souboru stavebnice Inno

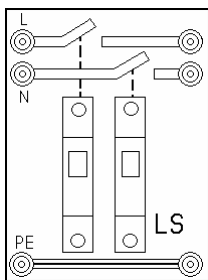
V následujícím textu je uveden přehled jednotlivých modulů stavebnice.

P3120-1N tvrdý stabilizovaný zdroj

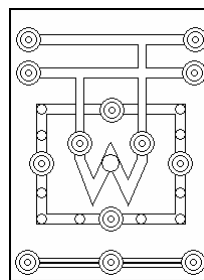
DE721-1V spotřebič 1



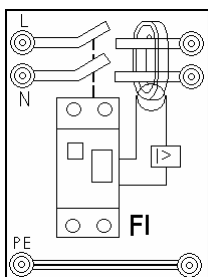
DE721-1L jistič vedení



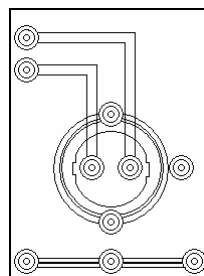
DE721-2V spotřebič 2



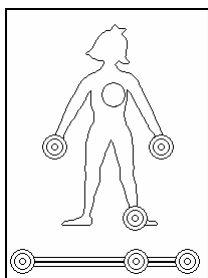
DE721-1F proudový chránič



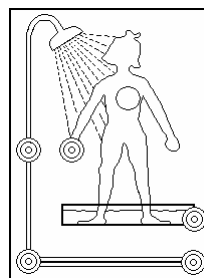
DE721-1S model zásuvky



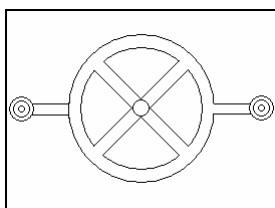
DE721-1M model člověka



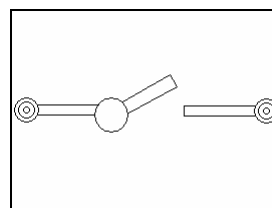
DE721-1D model sprchy



DE720-2A objímka E10



DE720-2R vypínač ON/OFF



Ke stavebnici náleží také multimetr DE710-00, který použijete nejspíše pouze k úloze 2.2.4, kde budete měřit velmi malé hodnoty proudu. Jinak můžete použít standardní multimetr. Pro přehlednost se doporučuje používat žluté vodiče jako fázový a neutrální vodič a zelenožluté vodiče jako ochranný vodič a uzemnění.

Na součástech stavebnice můžete najít některé značky a zkratky, jejichž význam je následující:

FI – FI Schalter (F „Fehlerstrom“ = chyba proudu, I = proud) – *proudový chránič*

LS – Leitungsschutzschalter – *jistič vedení*

Veškeré postupy měření jsou k dispozici ve skriptu: Hozman, J., Chaloupka, J., Maršálek, P.:

[Praktika z biomedicínské a klinické techniky 3. Simulátory fyziologických funkcí a](#)

[bezpečnost pacienta](#) Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT, 1. vydání. únor 2008 (dále

[Praktika 3](#) - veškeré odkazy budou takto označovány s konkrétními stránkami)

2.2.2 Přetížení a jističe

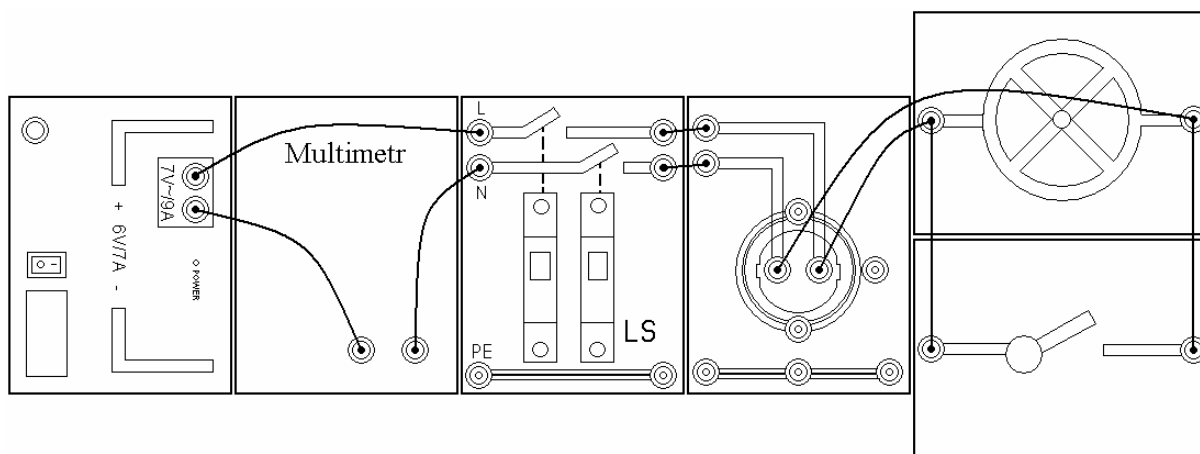
2.2.2.1 Cíl a obsah měření

V této úloze se budeme zabývat funkcí jističe vedení. Elektrickou energii odebíráme ze sítě přes vodiče, které se ale průtokem proudu zahřívají. Když tyto vodiče zatížíme příliš velkým proudem („přílišné zatížení“), může zahřívání prostřednictvím elektrického proudu vést až k nebezpečí požáru. Abychom se proti následkům přílišného zatížení ochránili, budujeme na přívodním vedení pojistky ve formě tavných pojistek nebo jističů vedení („automatické jištění“). Rozpojení obvodu jističem může také nastat opožděně, pokud používáme jistič vedení přes relé. Ke každému vodiči náleží určitá maximální přípustná hodnota proudu, po jejímž překročení následuje přerušení obvodu jističem rychleji nebo pomaleji podle míry přetížení. Vodič a jističe musí tedy být dobře dimenzovány a navzájem dobře vodivě propojeny.

2.2.2.2 Úkoly měření

- a) Změřte dobu, za jakou jistič přeruší obvod.
- b) Změřte velikost proudu při zkratu.

2.2.2.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 32)



Obr. 2.1

2.2.2.1 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Objímka E10	DE720-2A
1x	Vypínač ON/OFF	DE720-2R
1x	Multimetr	
1x	Žárovka	
	Žluté vodiče	

2.2.2.5 Další informace k úloze

Viz [2.1], [2.2] a [2.3].

2.2.2.6 Vybrané otázky k dané problematice

1. Jaká je základní úloha jističe v obvodu?
2. Kdy jistič přeruší proudový okruh?

2.2.2.7 Literatura

- [2.1] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.2] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.3] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.3 Zkrat

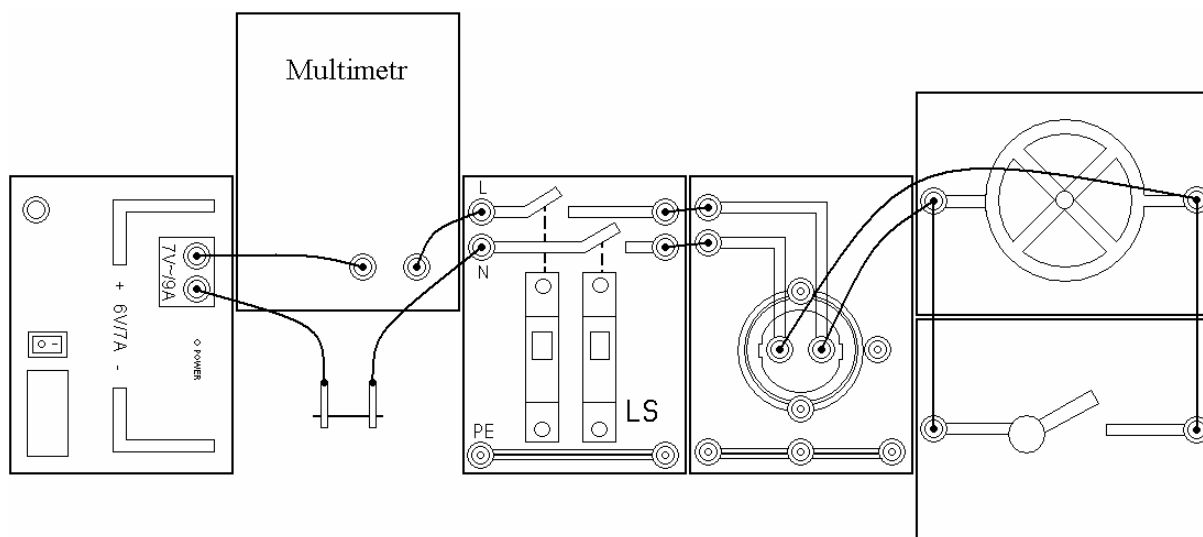
2.2.3.1 Krátký popis úlohy

V této úloze si demonstrujeme, co se děje s vodičem při zkratu. Když vznikne chyba při vodivém spojení mezi přívodními vodiči (bez odporu spotřebiče), mluvíme o zkratu. Pokud vodičem poteče příliš velký proud, může se vodič rozžhavit a zapálit okolní hořlavé prostředí. Další možností je přepálení vodiče. V obou případech musí jistič vedení velmi rychle rozpojit obvod (elektromagnetické odpojení).

2.2.3.2 Úkoly měření

- Změřte velikost proudu protékajícího obvodem za normálních podmínek a při zkratu.
- Pozorujte konstantanový drát při zkratu.
- Změřte a vypočítejte velikost odporu konstantanového drátu.

2.2.3.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 34-36)



Obr. 2.2

2.2.3.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Objímka E10	DE720-2A
1x	Vypínač ON/OFF	DE720-2R
1x	Multimetr	
2x	Krokosvorky	
1x	Žárovka	
	Konstantanový drát	zhruba 5cm
	Žluté vodiče	

2.2.3.5 Další informace k úloze

Viz [2.4], [2.5] a [2.6].

2.2.3.6 Vybrané otázky k dané problematice

1. Uveďte poměr hodnoty elektrického proudu za normálních podmínek a při zkratu.
2. Proč je v obvodu zapojen jistič vedení?
3. Popište, co by se přesně stalo, pokud bychom v obvodu nepoužili jistič vedení a došlo ke zkratu.

2.2.3.7 Literatura

- [2.4] Cípra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.5] Cípra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.6] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.4 Odpor lidského těla

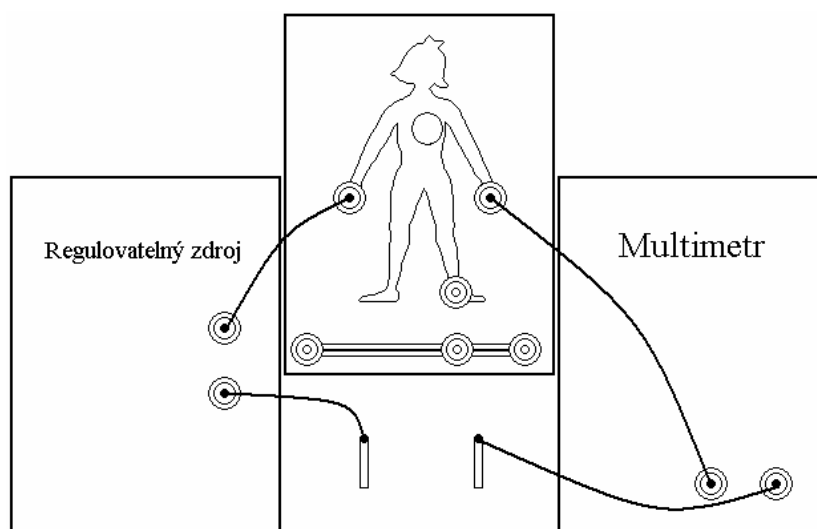
2.2.4.1 Krátký popis úlohy

V této úloze se budeme zabývat změnou odporu lidské těla v závislosti na ploše kontaktu s vodičem a na vlhkosti kůže. Při stanovení odporu lidského těla při různých napětích se projevuje závislost, která nám říká, že hodnota odporu se stoupajícím napětím klesá. Tento jev je zapříčiněn kapacitním charakterem biologických membrán. Elektrický proud se nejlépe šíří v krvi a mozkomíšním moku.

2.2.4.2 Úkoly měření

- a) Zjistěte měřením, jaká je souvislost mezi způsobem držení svorek na proudu protékajícím přes lidské tělo pro tři případy:
- svorky držíme normálně – jemné uchopení,
 - svorky držíme pevně,
 - svorky držíme namočenými prsty.

2.2.4.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 39)



Obr. 2.3

2.2.4.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Regulovatelný zdroj	
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Multimetr	DE710-00
2x	Krokosvorky	
	Žluté vodiče	

2.2.4.5 Další informace k úloze

Viz [2.7], [2.8] a [2.9].

2.2.4.6 Vybrané otázky k dané problematice

1. Co nám přesně ilustruje tato úloha?
2. Jakou úlohu sehrává přechodový odpor?

2.2.4.7 Literatura

- [2.7] Cípra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.8] Cípra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.9] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.5 Člověk v elektrickém obvodu

2.2.5.1 Krátký popis úlohy

V této úloze budeme simulovat situaci, kdy se člověk dotkne fázového a neutrálního vodiče v zásuvce. Síťové napětí 230V může usmrtit člověka, když se ocitne v elektrickém obvodu. Odpor lidského těla závisí na napětí, protože kůže je se stoupajícím napětím více vodivá. Zatímco při měření s baterií je odpor těla zhruba 100 000 Ohmů, odpor při 230V pouze okolo 1000 Ohmů pro dráhu proudu „ruka-ruka“ nebo „ruka-noha“. Při 230V je tedy velikost proudu zhruba 230mA. Takto velký proud může člověka usmrtit.

Účinky elektrického proudu na člověka:

1mA	práh citlivosti
15mA	mez křečí
20mA	nezávislé uvolnění z elektrického obvodu už není možné
50mA	mez rizika
80mA	bezvědomí a smrt při působení přes 1 sekundu

V rozmezí kolem 70V může být domnělý odpor těla 3500 Ohmů a měla by být dosažena velikost proudu 20mA. Z Ohmova zákona vyplývá bezpečná mez při napětí pod 70V ($0,02A * 3500 \text{ Ohm} = 70V$). Přesto byla hranice mezi nízkým a malým napětím stanovena nejprve na 65V a dnes je na 42V. Nízké napětí je tedy zhruba od 42V do 1000V a malé napětí je pod 42V. Rozlišujeme několik typů malého napětí, dvě nejpoužívanější jsou:

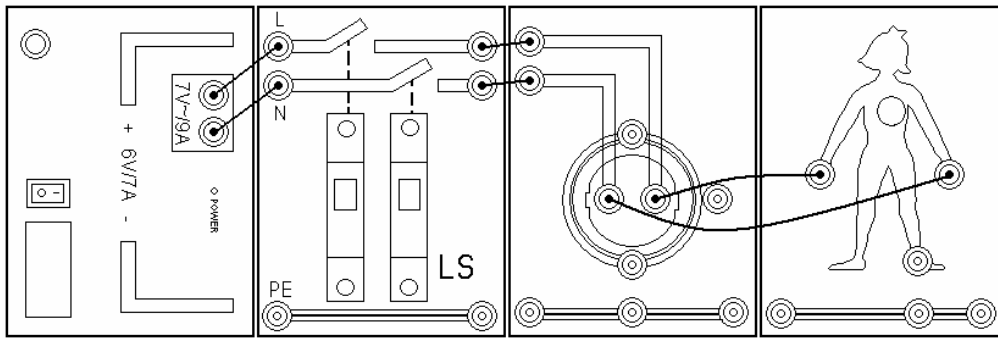
SELV – Safety Extra Low Voltage – bezpečné malé napětí

PELV – Protective Extra Low Voltage – ochranné malé napětí

2.2.5.2 Úkoly měření

a) Simulujte dotyk fázového a neutrálního vodiče po dráze ruka-ruka.

2.2.5.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 42)



Obr. 2.4

2.2.5.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Model člověka	DE721-1M
	Žluté vodiče	

2.2.5.5 Další informace k úloze

Viz [2.10], [2.11] a [2.12].

2.2.5.6 Vybrané otázky k dané problematice

1. Nakreslete zapojení zásuvky pro staré a nové rozvody.
2. Vysvětlete funkce jednotlivých vodičů.

2.2.5.7 Literatura

- [2.10] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.11] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.12] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.6 Nebezpečí jednopólového dotyku

2.2.6.1 Krátký popis úlohy

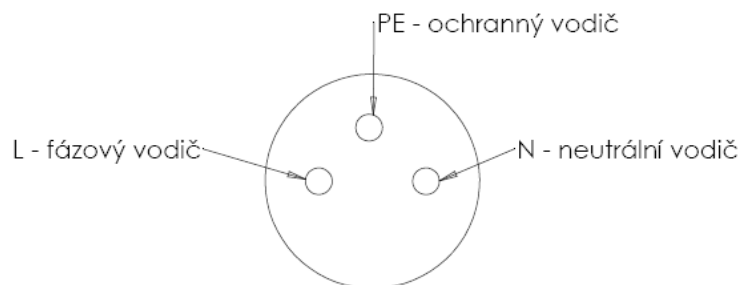
V této úloze se budeme zabývat případem, kdy se člověk dotkne některého vodiče v zásuvce. Jeden ze dvou síťových přívodů, který je označen „N“ „neutrální“ vodič, je uzemněn („uzemnění rozvodným závodem“). Jako zpětné vedení pro proud může proto také sloužit každé jiné vodivé spojení se zemí. Když je člověk dobře uzemněn a dotkne se pouze jednoho pólu síťového napětí (fázový vodič), může být dotyčný člověk ohrožen na životě.

Ke smrtelné nehodě může dojít ve dvou případech:

- Člověk je dobře uzemněn a dotkne se fázového vodiče „L“.
- Přívodní vodič, neutrální vodič „N“, je přes uzemnění dobře vodivě spojen se zemí.

Životu nebezpečné proudy pak tečou následovně:

Proud teče fázovým vodičem „L“ k člověku, pak protéká přes lidské tělo k zemi a vrací se přes ochranné uzemnění „PE“ zpět k neutrálnímu vodiči „N“.



Obr. 2.5 Rozmístění vodičů v zásuvce

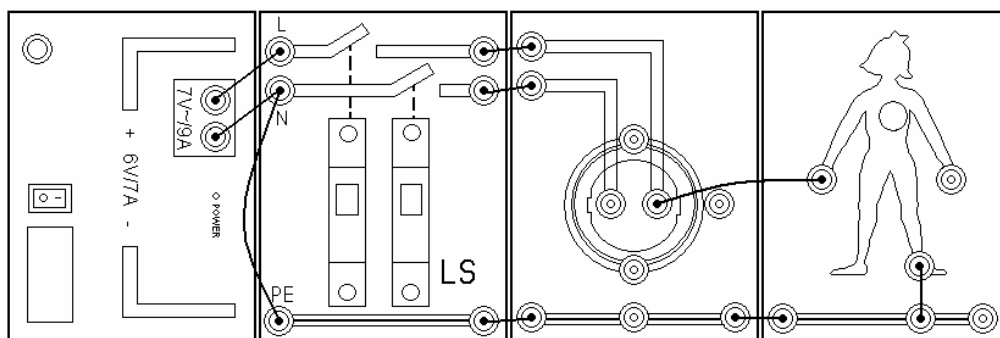
Upozornění:

Doporučuje se provést pokus s předřazením proudového chrániče.

2.2.6.2 Úkoly měření

- Simulujte jednopólový dotyk různých vodičů v zásuvce.

2.2.6.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 45)



Obr. 2.6

2.2.6.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Model člověka	DE721-1M
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.6.5 Další informace k úloze

Viz [2.13], [2.14] a [2.15].

2.2.6.6 Literatura

- [2.13] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.14] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.15] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.7 Jednopolový dotyk přes zkrat na kostru

2.2.7.1 Krátký popis úlohy

V této úloze se zaměříme na úraz elektrickým proudem při dotyku spotřebiče, který má zkrat na kostru, fázové napětí na vodivém krytu. V normálním případě jsou kovová pouzdra elektrických spotřebičů (elektrické sporáky, ledničky, žehličky, stojací lampy atd.) oproti elektrickému přívodu dobře izolována a můžeme se jich bezpečně dotknout. Poškozením kabelu, špatnou izolací, vlhkostí nebo vnitřní poruchou může dojít ke kontaktu mezi fázovým vodičem a kovovým pouzdem elektrospotřebiče. Odborný výraz je „zkrat na kostru“. V případě zkratu na kostru může vzniknout jednopolový dotyk, když se dobře uzemněný člověk (dobře vodivá podlaha, vana) dotkne kovového pouzdra pod napětím, může proud tekoucí k zemi člověka usmrtit. „Proud teče do země“ není to žádné přesné vysvětlení jevu, že v každém elektrickém obvodu musí proud téci zpět k opačnému pólu napájení. To znamená, že od fázového vodiče přicházející proud teče přes zem a ochranné uzemnění zpět ke zdroji. Tento popis je pouze názorný k pochopení, tedy ve skutečnosti elektrony u střídavého síťového napětí úplně netečou, nýbrž kmitají s nepatrnou amplitudou 50krát za sekundu sem a tam!

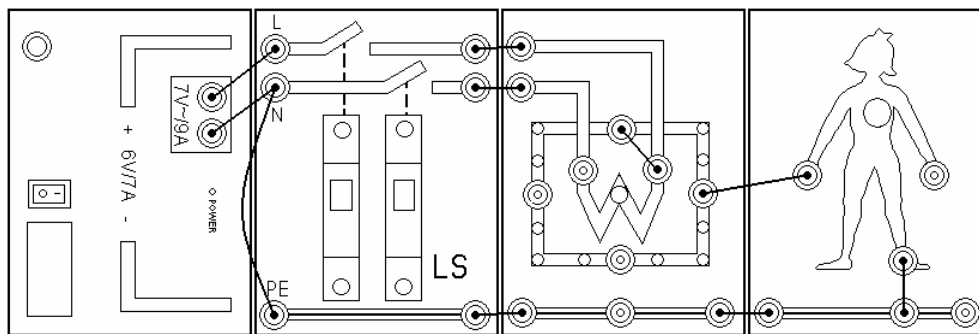
Upozornění:

Doporučuje se tento pokus provést s předřazení proudového chrániče.

2.2.7.2 Úkoly měření

- a) Simulujte případ, kdy se člověk dotkne krytu spotřebiče pod napětím.

2.2.7.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 48)



Obr. 2.7

2.2.7.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.7.5 Další informace k úloze

Viz [2.16], [2.17] a [2.18].

2.2.7.6 Literatura

- [2.16] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.17] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.18] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.8 Přehlednutá chyba

2.2.8.1 Krátký popis úlohy

V této úloze se zaměříme na opravy spotřebičů. Pokud nemáme dostatek informací o elektrickém předmětu, může velmi snadno dojít k chybě, či selhání. Mnohé chyby mohou mít smrtelné následky. Pokud např. tzv. amatérský elektrikář vypne vypínač spotřebiče, domnívá se, že se nemůže nic stát, tj. nemůže protékat žádný proud, a pracuje na elektrickém spotřebiči bez obav. Když je však vypínač umístěn na neutrálním vodiči, pak je na spotřebiči (například na objímce žárovky) síťové napětí a dobře uzemněný člověk může být zasažen elektrickým proudem. Proto je třeba dodržovat zásadu, že vypínač musí být vždy zapojen na fázovém vodiči.

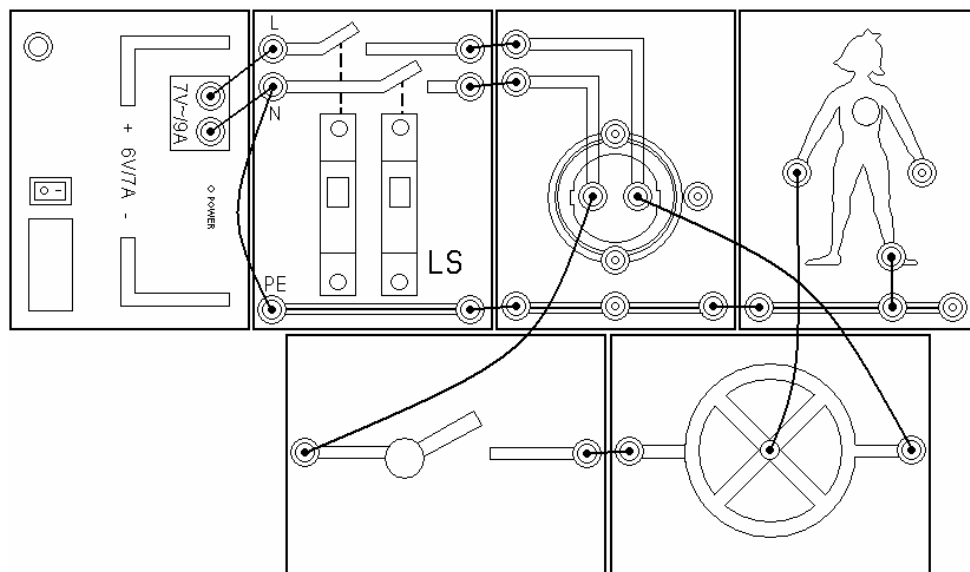
Upozornění:

Doporučuje se tento pokus provést s předřazením proudového chrániče.

2.2.8.2 Úkoly měření

- a) Simulujte jednopólový dotyk na spotřebiči znázorněném žárovkou.

2.2.8.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 51)



Obr. 2.8

2.2.8.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Objímka E10	DE720-2A
1x	Vypínač ON/OFF	DE720-2R
1x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.8.5 Další informace k úloze

Viz [2.19], [2.20] a [2.21].

2.2.8.6 Literatura

- [2.19] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.20] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.21] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.9 Ochrana izolací

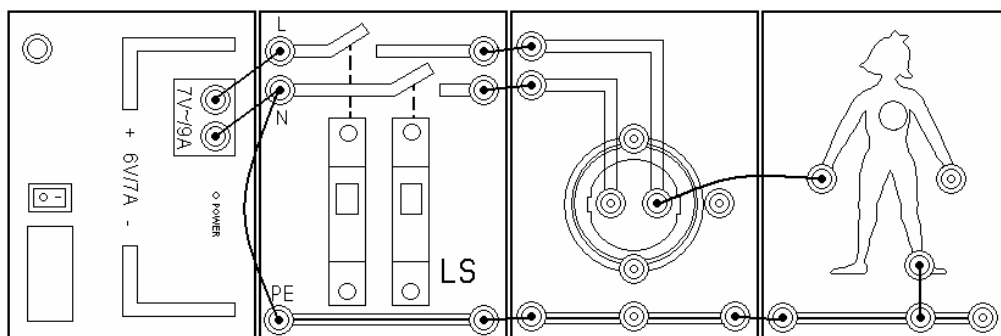
2.2.9.1 Krátký popis úlohy

V této úloze budeme demonstrovat ochranu před nebezpečným dotykem pomocí izolace. Dotyk nulového vodiče je v normálním případě bezpečný, když je (v normálním případě) na potenciálu země. Následující experimenty však demonstrují, že i na nulovém vodiči může být přítomno nebezpečné napětí proti zemi. Jednopolový dotyk fázovým vodičem je nebezpečný, když je člověk dobře uzemněn. Proto také může téci člověkem velký proud k zemi. Mez křečí je zhruba kolem 15mA, tzn., že každý odpor uzemnění pod $230 : 0,015 = 15\,333\ \Omega$ je nebezpečný. Odpor lidského těla od 1000 do 3000 Ω přitom není rozhodující. Ochrana izolací je velmi vhodným opatřením v případech, kdy jiná opatření nejsou možná a kdy je nezbytně nutné pracoviště izolovat proti zemi. Upozornění: ochrana izolací chrání pouze proti nebezpečí jednopolového dotyku!

2.2.9.2 Úkoly měření

- a) Vyzkoušejte vliv izolace na bezpečí člověka.

2.2.9.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 53-54)



Obr. 2.9

2.2.9.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Model člověka	DE721-1M
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.9.5 Další informace k úloze

Viz [2.22], [2.23] a [2.24].

2.2.9.6 Literatura

- [2.22] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.23] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.24] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.10 Ochrana oddělením

2.2.10.1 Krátký popis úlohy

V této úloze si budeme demonstrovat další způsob ochrany člověka proti úrazu elektrickým proudem. Tohoto způsobu se také využívá ve zdravotnictví u zdravotnické izolované soustavy. Pokud existuje nebezpečí zkratu na kostru (například kvůli vlhkosti v koupelně nebo v jiném obdobném prostředí), můžeme zabránit nebezpečí úrazu prostřednictvím „ochranného oddělení“. Ohrožená část zařízení bude připojena přes transformátor s poměrem počtu závitů 1 : 1. Pokud sekundární vinutí transformátoru není uzemněno, nemůže mezi přístrojem a zemí vzniknout žádné napětí. To samé platí v případě zkratu na kostru. Velmi názorným příkladem použití tohoto ochranného oddělení je nekrytá zásuvka v koupelně. Součástí experimentu bude také připomenutí situace, kdy při jednopólovém dotyku uzemnění může dojít ke smrtelnému úrazu. Následně použijeme oddělovací transformátor a uzemnění se stane neúčinným.

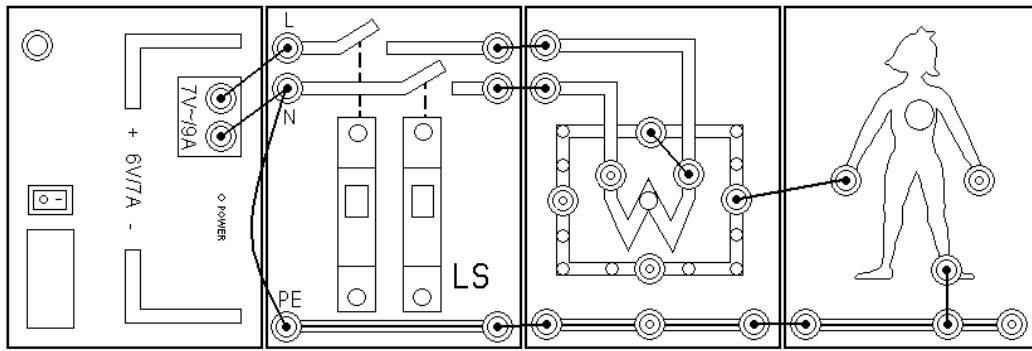
Upozornění:

Sekundární strana transformátoru nesmí být uzemněna!

2.2.10.2 Úkoly měření

- a) Simulujte člověka, když se dotkne poškozeného spotřebiče.
- b) Realizujte oddělení obvodů pomocí transformátoru.
- c) Simulujte případ, kdy dojde k uzemnění sekundární strany transformátoru.

2.2.10.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 56-57)



Obr. 2.10

2.2.10.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Žárovka	
	Oddělovací transformátor (1:1)	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.10.5 Další informace k úloze

Viz [2.25], [2.26] a [2.27].

2.2.10.6 Literatura

- [2.25] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.26] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.27] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.11 Ochranné uzemnění

2.2.11.1 Krátký popis úlohy

Nejstarším ochranným opatřením proti nenadálé poruše (zkratu) je tzv. "ochranné uzemnění". Protože největší nebezpečí hrozí uvnitř elektrických spotřebičů, tak každá kovová část je uzemněna pomocí „ochranného vedení“. Za tímto účelem použijeme kovové pásky nebo trubky umístěné do země. Na toto uzemnění připojíme ochranné vedení (žlutozelené označení). Když se stane zkrat na kostru, teče proud z generátoru přes fázový vodič ke spotřebiči, z kovových částí poškozeného přístroje přes ochranné vedení do země, musí překonat přechodový odpor k zemi a teče přes zem a uzemnění zpátky ke generátoru. Pokud celkový odpor vodičů tvořený kovovými částmi je dostatečně malý, bude proudová hustota velká a pojistky vypnou obvod. Je třeba také dodržovat zásadu, že jakýkoli zkrat má svoji příčinu a nelze čelit zkratu tím, že použijeme silnější jisticí prvek. Tím pak dosáhneme pouze zvýšeného nebezpečí požáru a instalace se stává životu nebezpečnou.

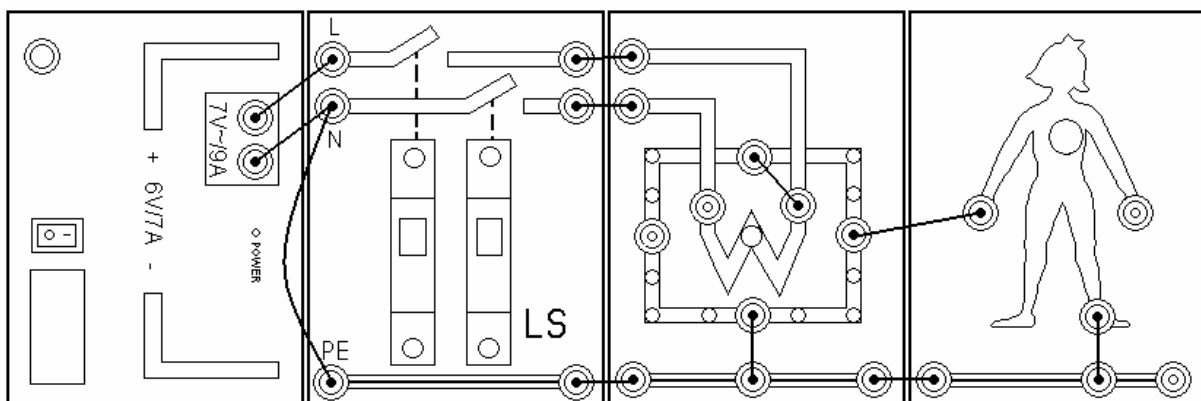
Upozornění:

Doporučuje se tento pokus provést s předřazením proudového chrániče.

2.2.11.2 Úkoly měření

- Ověřte účinnost ochranného uzemnění

2.2.11.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 60)



2.2.11.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.11.5 Další informace k úloze

Viz [2.28], [2.29] a [2.30].

2.2.11.6 Literatura

[2.28] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.

[2.29] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.

[2.30] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.12 Ochranný kontakt v zásuvce

2.2.12.1 Krátký popis úlohy

Při pořizování nového přenosného elektrického spotřebiče (v izolační třídě I, tj. s ochranným uzemněním) musíme dbát na to, aby napájecí kabel obsahoval vždy tři žíly: fázový vodič, neutrální vodič a ochranný vodič (žlutozelené značení). Ochranný vodič končí na straně kontaktů zástrčky. Ochranný kontakt zásuvky zabezpečuje pevné sevření z důvodu dobrého kontaktu. Ochranný kontakt zásuvky (tzv. kolík) musí být propojen se zemí prostřednictvím žlutozeleného ochranného vodiče.

Vyskytují se dvě chyby, které mohou ohrozit život člověka při zkratu na kostru:

1. Přívodní kabel nemá žádnou žílu pro ochranný vodič.
2. Od zásuvky nevede žádný ochranný vodič do země.

V obou případech je přerušeno spojení přístroje se zemí.

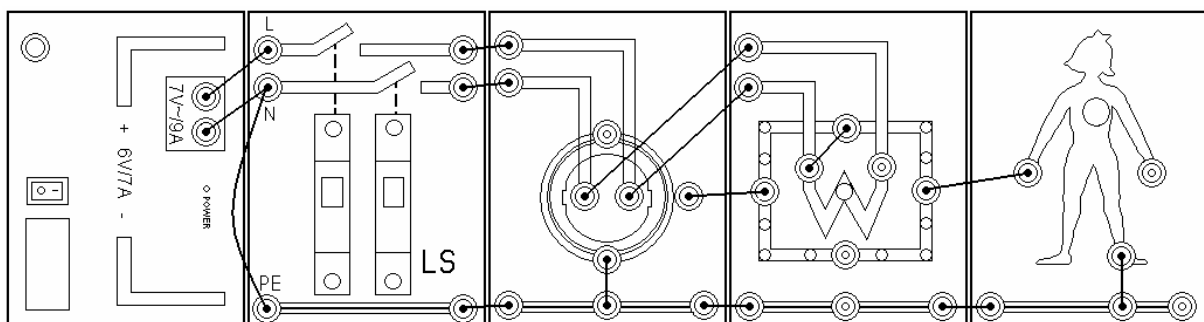
Upozornění:

Doporučuje se tento pokus provést s předřazením proudového chrániče.

2.2.12.2 Úkoly měření

- a) Simulujte dotyk poškozeného spotřebiče, který je opatřen ochranným kontaktem

2.2.12.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 63)



Obr. 2.13

2.2.12.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.12.5 Další informace k úloze

Viz [2.31], [2.32] a [2.33].

2.2.12.6 Literatura

- [2.31] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.32] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.33] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.13 Nevýhoda ochranného uzemnění

2.2.13.1 Krátký popis úlohy

Uvažujme, jak velký může být celkový odpor u zkratu na kostru přes ochranné uzemnění a uzemnění zpět ke zdroji, aby jističe mohly dostatečně rychle přerušit obvod. Obecně platí, že je k tomu třeba zhruba 5krát větší jmenovitý proud!. To znamená, že 10A pojistky vyžadují 50A. Z toho vyplývá, že při napětí 230 V je celkový odpor kolem 4 Ohmů, z čehož právě kolem 2 Ohmů budeme potřebovat pro uzemnění. Obecně platí, že čím menší bude odpor, tím budeme potřebovat silnější pojistky. Často je těžké dosáhnout takto malého odporu uzemnění. Přívodní vodovodní kovové trubky, které byly dříve velmi dobrým základem ochranného uzemnění, jsou stále častěji nahrazovány nevodivými trubkami z plastů. Vlastní zemina má také velký specifický odpor. Pokud by se však nepodařilo dosáhnout patřičné nízké hodnoty odporu uzemnění, pojistky nevypnou a nebezpečné napětí se objeví, kromě poškozeného spotřebiče, i na každém, tímto ochranným vodičem připojeném, přístroji. Vzhledem k tomu, že spotřebiče a zásuvky v bytě nejsou samostatně uzemněné, ale jsou většinou připojeny na společný ochranný vodič, může toto uzemnění v takovém případě způsobit smrt! Proto jsou také stanoveny jisté limity, které garantují bezpečnost uživatelů elektrických spotřebičů.

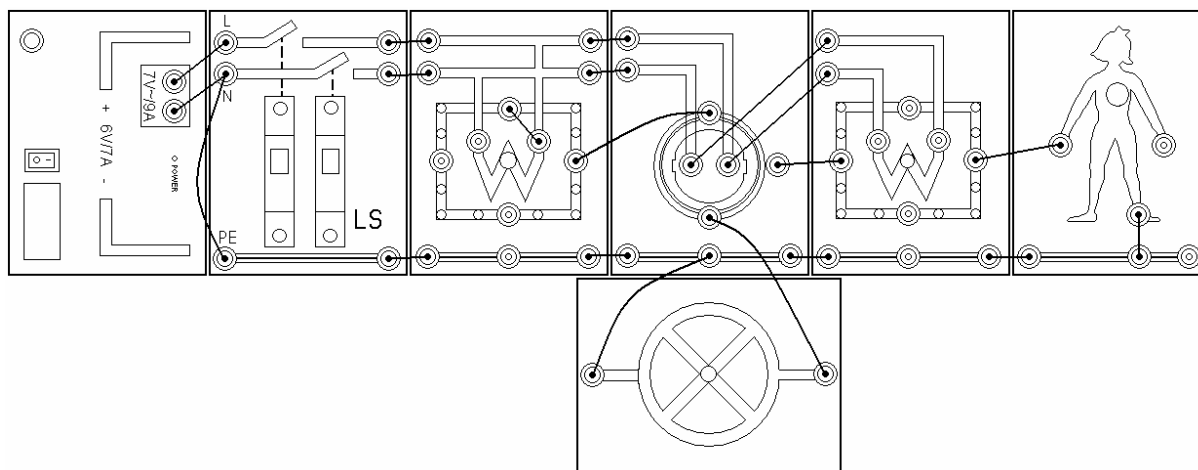
Upozornění:

Doporučuje se tento pokus provést s předřazením proudového chrániče.

2.2.13.2 Úkoly měření

- a) Simulujte zkrat na kostru spotřebiče s poškozeným uzemněním.

2.2.13.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 66)



Obr. 2.14

2.2.13.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Spotřebič 2	DE721-2V
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Objímka E10	DE720-2A
3x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.13.5 Další informace k úloze

Viz [2.34], [2.35] a [2.36].

2.2.13.6 Literatura

- [2.34] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.35] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.36] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.14 Vyrovnání potenciálů

2.2.14.1 Krátký popis úlohy

V této úloze se opět zaměříme na úraz elektrickým proudem zapříčiněný špatným uzemněním. Je velmi nebezpečné, když se člověk ocitne mezi dvěma rozdílnými potenciály, jak k tomu nejčastěji dochází ve vaně nebo ve sprše. Ne všechna uzemnění jsou stejně kvalitní. Předpokládáme, že dno sprchy je připojeno na ochranný vodič, který je špatně uzemněn. V tomto případě je připojen na ochranný vodič zásuvky. Žárovka mezi ochranným vodičem a ochranným kontaktem zásuvky simuluje vyšší odpor uzemnění. Naproti tomu armatura přívodu vody sprchy je dobře uzemněna. Pokud je špatně uzemněný ochranný vodič, pak při doteku armatury člověkem jím prochází proud. Je třeba upozornit na to, že uzemněné kovové kryty nejsou žádná záruka bezpečnosti! Při experimentech poznáme, že díky velkým odporům uzemnění se může vyskytovat napětí mezi dvěma kovovými kostrami! Tzv. „vyrovnání potenciálů“ mezi armaturou a dnem sprchy má zabránit případu smrtelného úrazu. Je třeba dodržovat zásadu, že když všechna vodivá místa, kterých se člověk současně může dotknout, dobře vodivě spojíme, nemůže dojít k rozdílu potenciálů.

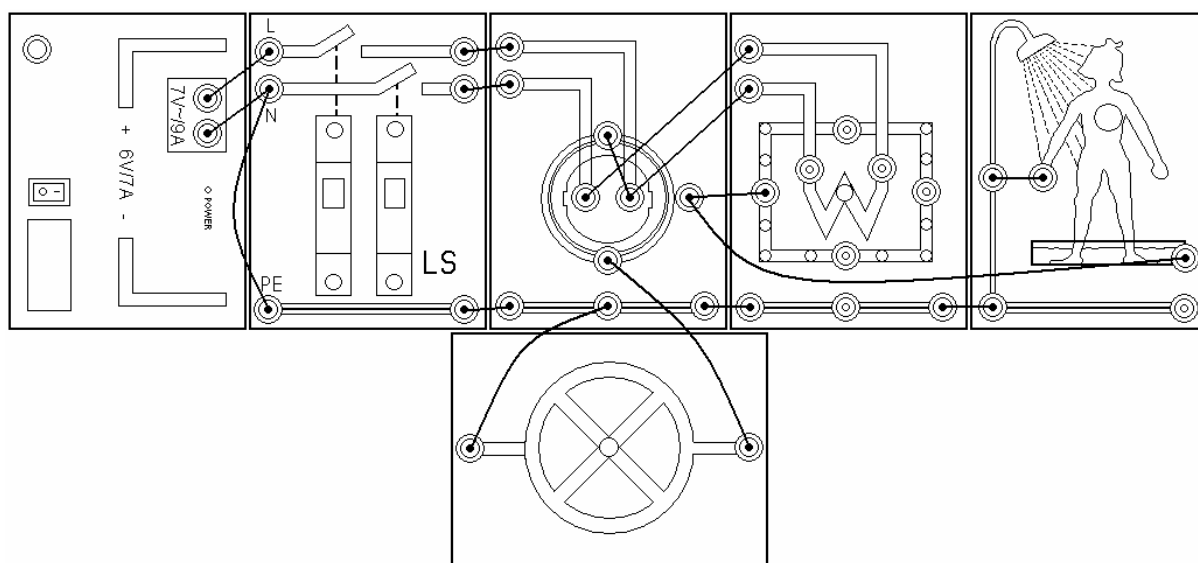
Upozornění:

Doporučuje se tento pokus provést s předřazením proudového chrániče.

2.2.14.2 Úkoly měření

a) Simulujte vyrovnání potenciálů.

2.2.14.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 69)



Obr. 2.15

2.2.14.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Spotřebič 2	DE721-2V
1x	Model sprchy	DE721-1D
1x	Objímka E10	DE720-2A
3x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.14.5 Další informace k úloze

Viz [2.37], [2.38] a [2.39].

2.2.14.6 Literatura

[2.37] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.

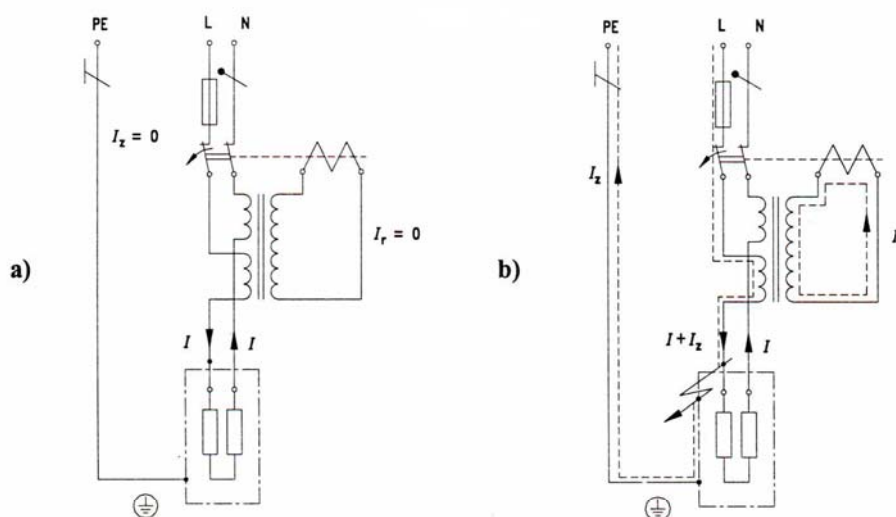
[2.38] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.

[2.39] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

2.2.15 Proudový chránič

2.2.15.1 Krátký popis úlohy

V této úloze se budeme zabývat ochrannou proti úrazu elektrickým proudem pomocí proudového chrániče. Proudový chránič bývá také označován jako FI chránič (jistič). Princip činnosti proudového chrániče je založen na faktu, že unikající chybový proud protéká k zemi přes ochranné uzemnění. Proudový chránič se skládá z rozdílového transformátoru proudu. Na železném jádře se nacházejí tři vinutí. Přes první vinutí teče proud do spotřebiče, přes druhé (s prvním totožné) vinutí se vrací proud ze spotřebiče zpět. Smysl otočení obou vinutí spočívá v tom, že opačná magnetická pole se navzájem ruší, takže při stejných hodnotách proudu žádné výsledné magnetické pole nevzniká a ve třetím vinutí se neindukuje žádné napětí. Když se ale nevrací všechen proud nazpět, když část teče do ochranného vodiče, nezruší se magnetická pole, a ve třetí cívce vzniká z magnetického střídavého pole indukované napětí. Následný vybavovací proud spustí relé, které přeruší obvod. Proudový chránič je nejen ochrana před úrazem elektrickým proudem, ale také slouží ke zjištění unikajících proudů ještě dříve, než by tyto proudy mohli způsobit poruchu zařízení nebo elektrické instalace (například požár).



Princip proudového chrániče

a) bezporuchový stav chráněného elektrického zařízení (EZ)




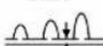




b) odpojení chráněného EZ v případě poruchy

Legenda: I ...provozní proud EZ,
 I_z ...poruchový rozdílový proud,
 I_r ...vybavovací proud relé

Obr. 2.16: Schéma funkce proudového chrániče (převzato z [2.40] a [2.41])

- I_z okamžitý poruchový rozdílový proud protékající chráničem
- I_{zn} jmenovitý poruchový rozdílový proud chrániče
- t vypínací čas chrániče

Proudový chránič bez zpoždění musí při průtoku okamžitého poruchového rozdílového proudu $I_z = I_{zn}$ zapůsobit nejdéle za $t = 0,3$ s. Při průtoku větších proudů I_z jsou vypínací časy chrániče kratší. Proudový chránič nesmí zapůsobit při vzniku poruchového rozdílového proudu I_z do hodnoty $0,5 I_z$. Při hodnotách I_z v rozmezí $(0,5 \text{ až } 1) I_{zn}$ již chránič zapůsobit může a při hodnotě $I_z = I_{zn}$ a vyšší zapůsobit musí. V moderních instalacích se proudové chrániče s větším jmenovitým poruchovým rozdílovým proudem používají pro ochranu celé instalace (např. rodinného domku nebo bytu). Chrániče s malým poruchovým rozdílovým proudem (30 mA a menším) se používají pro ochranu jednotlivých zásuvkových obvodů nebo i jen jednotlivých zásuvkových vývodů (zásuvek) v prostorách, kde může být zvýšené nebezpečí úrazu elektrickým proudem (v koupelnách, v dílnách, ve venkovním prostředí též v kuchyních a v dětských pokojích). Ve zdravotnictví se proudové chrániče používají například u operačních stolů, rentgenových přístrojů nebo polohovacích elektrických lůžek. Ve zdravotnických prostorách skupiny 1 a 2 musí být použity proudové chrániče typu A nebo B. Přehled typů proudových chráničů viz Tab. 2.1.

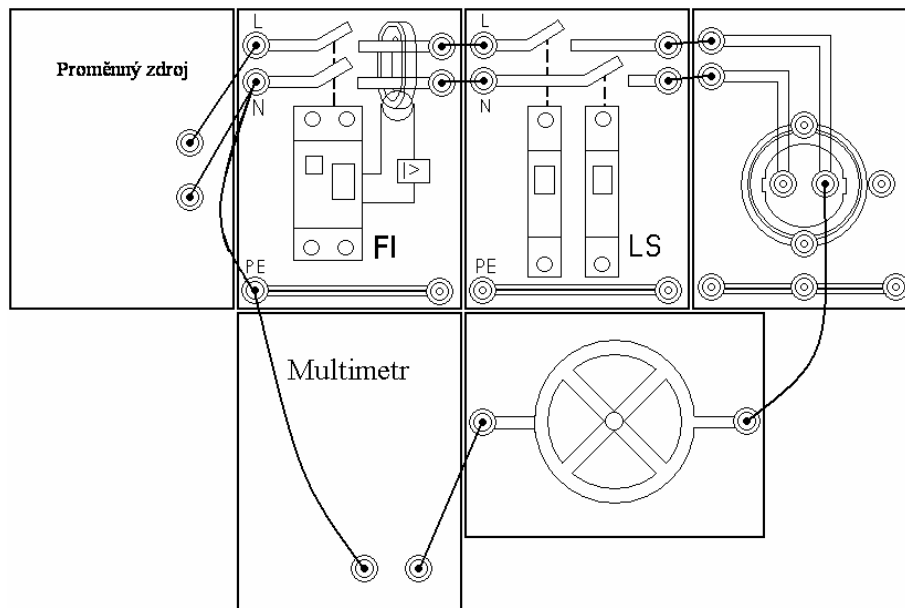
	Tvar reziduálního proudu	Správná funkce		
		Typ RCM		
		AC	A	B
Sinusový AC	náhle aplikovaný 			
	pomalu zvyšující 	●	●	●
Pulsační DC	náhle aplikovaný  nepřesahující 6mA		●	●
	pomalu zvyšující 			
Vyhlazený DC				●
Symbol				

Tab. 2.1: Rozdělení typů proudových chráničů dle pracovního proudu (převzato z [2.43])

2.2.15.2 Úkoly měření

- a) Změřte velikost unikajícího proudu, který způsobí přerušení obvodu proudovým chráničem.

2.2.15.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 73)



Obr. 2.17

2.2.15.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Regulovatelný zdroj	
1x	Proudový chránič	DE721-1F
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Model zásuvky	DE721-1S
1x	Objímka E10	DE720-2A
1x	Žárovka	
1x	Multimetr	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.15.5 Další informace k úloze

Viz [2.40] až [2.44].

2.2.15.6 Literatura

[2.40] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.

[2.41] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.

[2.42] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

[2.43] *Seminář GHV Trading 2007*. Brno: GHV Trading, 2007. CDROM.

[2.44] Štěpán, F. *Proudové chrániče*. 2. doplněné vydání. Praha: IN-EL, 2001. 184 s.

2.2.16 Výhoda proudového chrániče

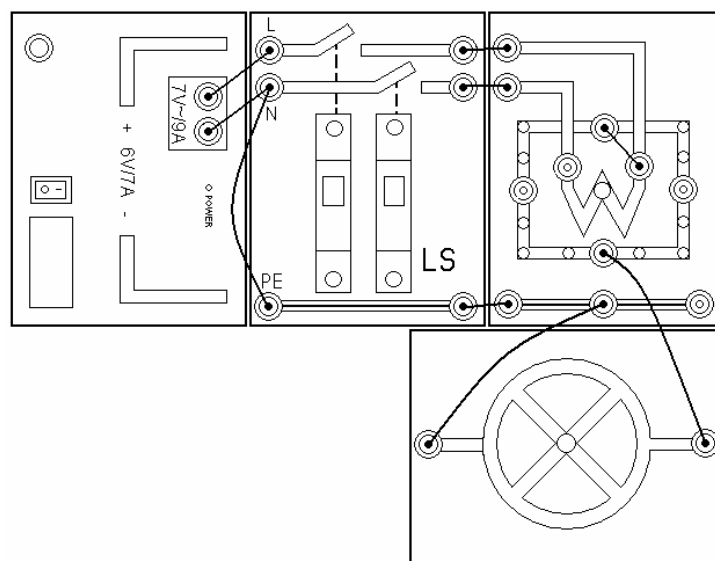
2.2.16.1 Krátký popis úlohy

Použitím proudového chrániče získáme podstatně bezpečnější ochranné uzemnění. Zatímco v úloze „Nevýhoda ochranného uzemnění“ pro jistič vedení je vypočítaný vypínací proud alespoň 50A, spustí proudový chránič již při unikajícím proudu 0,1A. Přesto může být odpor uzemnění až 650 Ohmů ($65V : 0,1A = 650\text{Ohm}$). Tímto se nevýhoda ochranného uzemnění ztrácí. Když je ochranné uzemnění přerušeno, může dokonce pro člověka jinak smrtelný proud být proudovým chráničem rychle odpojen a lidský život zachráněn. Přesto si dále všimněme, že je zabráněno nebezpečí požáru, když je velikost proudu pod 100mA, žádný požár nemůže vzniknout. Ochranné vedení se nesmí nikdy přerušit, pak protéká přes odpor uzemnění již nebezpečný proud pro člověka (kolem 50 – 70mA), zatímco proudový chránič může vypnout až při 70 – 100mA! Toto ideální ochranné opatření se ukazuje být adekvátním. Proudový chránič se jmenovitým unikajícím proudem od 5mA do 30mA je také velmi vhodná ochrana proti jednopólovému dotyku. Pro ochranu celé sestavy je avšak doporučeno typu se jmenovitým unikajícím proudem 0,1A.

2.2.16.2 Úkoly měření

- Simulujte zkrat na kostru spotřebiče s poškozeným uzemněním.
- Simulujte zkrat na kostru spotřebiče vybaveného proudovým chráničem.
- Simulujte dotyk krytu poškozeného spotřebiče s použitím proudového chrániče.

2.2.16.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 76-77)



Obr. 2.18

2.2.16.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Proudový chránič	DE721-1F
1x	Jistič vedení LS	DE721-1L
1x	Spotřebič 1	DE721-1V
1x	Model člověka	DE721-1M
1x	Objímka E10	DE720-2A
2x	Žárovka	
	Žlutozelené vodiče	
	Žluté vodiče	

2.2.16.5 Další informace k úloze

Viz [2.45] až [2.49].

2.2.16.6 Literatura

- [2.45] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.
- [2.46] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.
- [2.47] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.
- [2.48] *Seminář GHV Trading 2007*. Brno: GHV Trading, 2007. CDROM.
- [2.49] Štěpán, F. *Proudové chrániče*. 2. doplněné vydání. Praha: IN-EL, 2001. 184 s.

2.2.17 Kontrola proudového chrániče

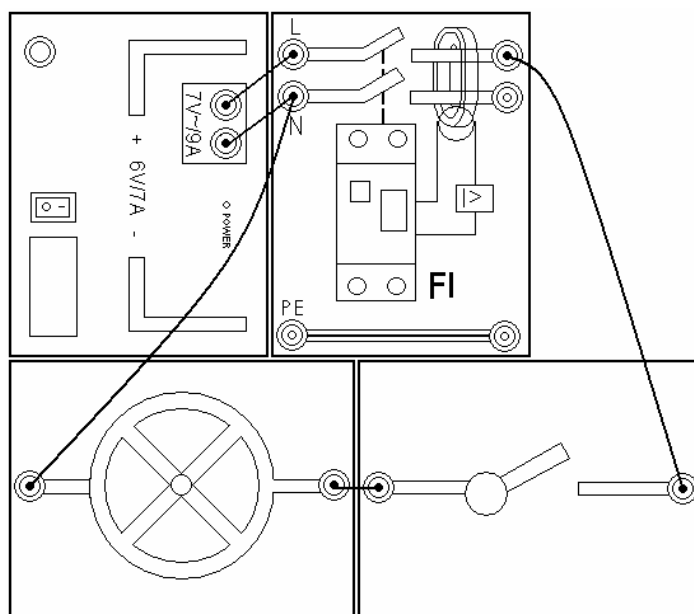
2.2.17.1 Krátký popis úlohy

Vzhledem k tomu, že i proudový chránič může mít závadu, je třeba tento prvek pravidelně kontrolovat. Proto musíme pravidelně prověřovat jeho schopnost rozpojit obvod. To se děje za pomoci zkušebního tlačítka na proudovém chrániči. Při této činnosti musí proudový chránič vždy vypnout. Nemůžeme ale proudový chránič tak často testovat. V modelovém pokusu si ukážeme, co se stane při kontrole. Přes vestavěný odpor, který nahrazujeme v modelovém pokusu žárovkou, uměle vytvoříme chybový proud přes 100mA. Tento zkušební proud musí chránič odpojit, jinak je vypínač neúčinný. Musíme také vědět, že touto kontrolou prověříme proudový chránič, ale neproověříme uzemnění! Teď už víte o důležitosti pravidelné kontroly proudových chráničů. Je třeba měsíčně kontrolovat proudový chránič pomocí testovacího tlačítka.

2.2.17.2 Úkoly měření

- a) Proved'te test funkčnosti proudového chrániče.

2.2.17.3 Postup měření (podrobný postup je popsán v Praktika 3, str. 79-80)



Obr. 2.21

2.2.17.4 Použité přístroje a pomůcky

1x	Tvrký stabilizovaný zdroj	P3120-1N
1x	Proudový chránič	DE721-1F
1x	Objímka E10	DE720-2A
1x	Vypínač ON/OFF	DE720-2R
1x	Žárovka	
	Žluté vodiče	

2.2.17.5 Další informace k úloze

Viz [2.50] až [2.54].

2.2.17.6 Literatura

[2.50] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Úvod do elektrotechniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 159 s.

[2.51] Cipra, M., Kříž, M., Kůla, V. *Elektrotechnická kvalifikace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 157 s.

[2.52] Bastian, P. a kol. *Praktická elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. 296 s.

[2.53] *Seminář GHV Trading 2007*. Brno: GHV Trading, 2007. CDRROM.

[2.54] Štěpán, F. *Proudové chrániče*. 2. doplněné vydání. Praha: IN-EL, 2001. 184 s.

Celkový pohled na kompletní stavebnici INNO, která pokrývá všechny výše uvedené experimentální úlohy.

