

Měření elektrických spotřebičů při revizích

Doplňující materiály BP3 – magisterské studium

1. Úvod do problematiky měření elektrických spotřebičů při revizích

Elektrický spotřebič

Není snad člověk, který by si pod tímto pojmem nedokázal něco představit. Každý z nás se s nimi denně setkává, každý z nás je mnohokrát za den používá, jsme jimi obklopeni v zaměstnání i doma.

Elektrické spotřebiče nám slouží, umožňují vykonávat naši pracovní činnost, pomáhají nám v domácnosti, využíváme je pro zábavu a většinou si ani neuvědomujeme, že také mohou vést ke škodám na majetku, úrazům nebo i ohrozit život nás i našich blízkých. Pracovníci z inspektorátu bezpečnosti práce nebo z Policie ČR by jistě dokázali uvést mnoho příkladů, kdy závady na elektrických spotřebičích způsobily úraz nebo i smrt, byly příčinou požárů a jiných škod.

Současná legislativa zatím nenařizuje vykonávat pravidelné prohlídky a revize spotřebičů používaných v domácnosti. Doma si každý za zdraví své, svých blízkých a za svůj majetek odpovídá sám. Jinak tomu ale je v situaci, kdy elektrický spotřebič svěříme svému zaměstnanci, provádíme opravy spotřebičů, používáme je ke své podnikatelské činnosti nebo je umístíme k použití na místech veřejně přístupných. Potom jsme již povinni vykonávat jejich pravidelné kontroly a revize v souladu s příslušnými normami.

Cílem této práce není podrobný rozbor norem pro revize elektrických spotřebičů, ale vysvětlení a návody na vykonávání pravděpodobně nejproblematictější části revize spotřebiče v praxi – měření parametrů jejich ochrany před nepříznivými účinky elektrického proudu. Rozhodně si soubor článků neklade za cíl kompletně shrnout všechny případy a možnosti měření, se kterými se lze při revizích spotřebičů setkat.

1.1 Způsoby zajištění ochrany spotřebiče před úrazem elektrickým proudem

Způsob zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem nejen spotřebiče, ale jakéhokoliv elektrického zařízení lze rozdělit na **základní ochranu**, která se uplatňuje, když zařízení pracuje v bezporuchovém stavu, a **ochranu při poruše**, jež zasáhne v okamžiku, kdy na zařízení došlo k porušení základní ochrany. Podle toho, jakým způsobem jsou tyto ochrany u spotřebiče realizovány, se rozdělují spotřebiče do **tříd ochrany 0, I, II, III**. Účelem revize nebo kontroly spotřebiče je posouzení, zda tyto ochrany mají takové vlastnosti, aby správně plnily svoji ochrannou funkci jednak při bezchybném provozu spotřebiče a jednak v případě poruchy jeho základní ochrany.

Uvedme si základní charakteristiky spotřebičů jednotlivých tříd ochrany, neboť správné určení třídy ochrany spotřebiče je pro stanovení postupu jeho revize velmi důležité; tyto charakteristiky platí pro jednofázové spotřebiče s pohyblivým příívodem. Trojfázové spotřebiče jsou (jak alespoň předpokládáme) vesměs konstruovány ve třídě I a revize pevně připojených spotřebičů smí vykonávat pouze revizní technik s patřičným oprávněním, který by si s určením třídy ochrany spotřebiče měl snadno poradit.

1.1.1 Třída ochrany 0

- základní ochrana: základní izolací;
- ochrana při poruše: není;
- označení druhu ochrany: bez označení;
- napájecí vedení: dvoužilové.

Provozování spotřebičů třídy ochrany 0 není v ČR povoleno (dříve k nám bývaly víceméně nelegálně dováženy ze zahraničí). Jestliže tedy narazíte na spotřebič s dvoužilovým přívodem bez označení třídy ochrany, je lépe vyřadit jej z provozu.

1.1.2 Třída ochrany I

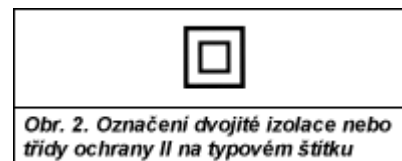
- základní ochrana: základní izolací;
- ochrana při poruše: ochranné pospojování;
- konstrukční prvky ochrany: má prostředky k připojení ochranného vodiče (PE vodiče);
- označení druhu ochrany: v místě připojení vodiče PE (viz obr. 1);
- napájecí vedení: trojžilové s žílou vodiče PE zelenožluté barvy;
- připojovací vidlice: trojpólová s ochranným kontaktem.



Spotřebič třídy I obvykle snadno poznáme podle toho, že má přívodní napájecí šňůru s ochranným kontaktem a jeho kryt, který je přístupný dotyku, nebo alespoň části krytu jsou kovové. Pozor, ne všechny spotřebiče se síťovou šňůrou s ochranným kontaktem mají třídu ochrany I. Proto je třeba pozorně prostudovat typový štítek, zda neobsahuje značku dvojitě izolace (viz obr. 2).

1.1.3 Třída ochrany II

- základní ochrana: základní izolací;
- ochrana při poruše: přídavnou nebo zesílenou izolací;
- konstrukční prvky ochrany: přídavná nebo zesílená izolace;
- označení druhu ochrany: viz obr. 2 na typovém štítku;
- napájecí vedení: obvykle dvoužilové, výjimečně trojžilové;
- připojovací vidlice: dvoupólová, neoddělitelně spojená s přívodem, výjimečně i trojpólová s ochranným kontaktem.



Jestliže má spotřebič dvoupólovou síťovou vidlici bez ochranného kontaktu, pravděpodobně se jedná o třídu II. I v tomto případě však platí, že je nutné prostudovat typový štítek. Pokud neobsahuje označení dvojitě izolace, může se jednat o třídu 0, nebo někdo neodborně opravil síťový přívod spotřebiče jiné třídy ochrany.

1.1.4 Třída ochrany III

- základní ochrana: omezení napětí;
- ochrana při poruše: oddělení od jiných obvodů;

- konstrukční prvky ochrany: napájení ze zdroje malého napětí ze zdroje SELV nebo PELV, oddělujícího spotřebič od sítě;
- označení druhu ochrany: viz obr. 3 na typovém štítku;
- napájecí vedení: dvoužilové;
- přípojovací vidlice: dvoupólová, konstrukčně řešená tak, aby ji nebylo možné připojit do sítě 230 V/50 Hz.



Spotřebič třídy III je rozeznatelný podle netypické přípojovací vidlice síťového přívodu. I zde je ovšem nutné si tuto domněnku potvrdit ověřením značky na typovém štítku.

Pozorný čtenář jistě namítne: Co dělat v případě, že je typový štítek poškozen, nečitelný nebo úplně chybí? Potom nezbude, než spotřebič důkladně prohlédnout, popř. i rozmontovat a na základě prohlídky stanovit (je-li to možné) třídu ochrany. Nakonec – součástí revize má být i obnovení chybějících popisů a značení na spotřebiči.

1.2 Platné ČSN pro ověřování bezpečnosti elektrických spotřebičů

1.2.1 Přehled norem pro revize elektrických spotřebičů

V současné době se kontrol a revizí elektrických spotřebičů konkrétně týkají tři normy.

ČSN 33 1600 je norma pro revize a kontroly elektrického ručního nářadí během používání.

Je to nejstarší norma, jejíž poslední verze vznikla v roce 1994. Ustanovení této ČSN, která se týká měření při revizích, v současnosti již zaostávají za obrovským rozmachem elektroniky, která ve stále větší míře proniká i do ručního nářadí. V mnoha případech je proto nezbytné obrátit se při revizích této kategorie spotřebičů na **normu pro revize a kontroly elektrických spotřebičů během jejich používání**, a tou je **ČSN 33 1610**. Tato norma vstoupila v platnost v roce 1999 a v současné době postupují schvalovacími řízeními některé změny normy. Její ustanovení, především co se týče měření při revizích, jsou již daleko pokročilejší a berou v úvahu skutečnost, že téměř každý moderní spotřebič obsahuje nejrůznější elektronické obvody, které vyžadují odpovídající měřicí postupy a metody pro ověření elektrické bezpečnosti spotřebiče. Proto je vhodné řídit se jí i tehdy, kdy se s měřicími metodami podle jiných ČSN nevystačí. Takovým případem může být např. měření při revizích strojů podle ČSN EN 60204-1. Z názvu normy – Bezpečnost strojních zařízení – elektrická zařízení strojů vyplývá, že se týká kategorie spotřebičů označovaných jako stroje, tzn. spotřebičů sloužících k nějaké výrobní činnosti. Proto i požadavky na měření při jejich revizích jsou náročnější, ovšem naproti tomu je norma natolik benevolentní, že umožňuje měření při revizi i jiným způsobem, pokud tím bude dostatečně prověřena funkčnost ochranných prvků stroje. Jak toho lze využít při pravidelných periodických revizích, je objasněno v dalším textu.

Z již uvedených tří norem lze tedy vyčíst, jak konkrétně postupovat při kontrolách a revizích spotřebičů. Je ovšem třeba vzít v úvahu i normy související, na které se zmíněné normy odvolávají. Jejich seznam lze nalézt v příslušné normě v kapitole nazvané Normativní odkazy.

Tento článek je zaměřen především na měření a měřicí přístroje, je proto důležité upozornit čtenáře především na řadu norem **ČSN EN 61557**. Jedná se o soubor norem s označením 1 až 7, které stanovují požadavky na měřicí přístroje. Například část 1 obsahuje všeobecné požadavky (způsob výpočtu pracovních chyb, kategorie přepětí atd.), část 2 se zabývá měřením izolačního odporu, část 3 popisuje požadavky na měřiče přechodových odporů atd.

Je zřejmé, že tyto normy nejsou určeny pro vlastní vykonávání revizí spotřebičů. Důležité však je, aby jim odpovídal použitý měřicí přístroj, což je starost výrobce nebo dovozce přístrojů. Jestliže tedy výrobce přístroje deklaruje jeho shodu s ustanoveními norem ČSN EN 61557, je možné jej při revizi bez obav použít.

1.2.2 Požadavky norem pro revize spotřebičů na měření

Podívejme se nyní, jaké jsou požadavky jednotlivých norem na měření při revizích spotřebičů, a pokusme se zjistit, zda je možné tyto požadavky nějakým způsobem sjednotit.

V tab. 1 jsou shrnuty a porovnány požadavky norem na měření, která je nutné při revizích spotřebičů uskutečňovat. Parametry měřicích zdrojů uvedené v tab. 1 jsou podrobně vysvětleny v kapitolách věnovaných jednotlivým měřením (tabulka slouží pouze k vzájemnému porovnání požadavků jednotlivých norem). Ze srovnání je zřejmé, že některé požadavky jsou shodné, jinde se normy rozcházejí. Nejvíce odlišné požadavky na měření obsahuje norma pro stroje ČSN EN 60204-1. Naprostá většina měřicích přístrojů, které jsou na trhu dostupné, je konstruována pro revize běžných jednofázových elektrických spotřebičů s pohyblivým přívodem zakončeným standardní vidlicí a více či méně splňují požadavky norem ČSN 33 1600 a ČSN 33 1610. V mnoha firmách, provozech nebo i u drobných živnostníků se však vyskytují spotřebiče spadající do kategorie strojů. A nemusí jít vždy jen o velké stroje nebo výrobní linky. Mezi stroje patří např. velká část vybavení firem obrábějících kovy (frézy, soustruhy, stojanové vrtačky), vybavení tiskáren (tiskařské, řezací stroje), stavebních firem (míchačky), ale také zařízení lunaparků (kolotoče).

Tab. 1. Požadavky norem na měření spotřebičů (parametry měřicích zdrojů)

	ČSN 33 1600	ČSN 33 1610	ČSN EN 60204-1
Ověření spojitosti ochranného obvodu	0,2 až 10 A DC/AC; 4 až 24 V	0,2 až 10 A DC/AC; 4 až 24 V	≥ 10 A/50 Hz (PELV)
Izolační odpor	$U_{iso} \geq 500$ V DC; $I = 1$ mA	$U_{iso} \geq 500$ V DC; $I = 1$ mA	$U_{iso} \geq 500$ V DC; $I = 1$ mA
Proud ochr. vodičem (dotykový proud)	–	230 V AC	–
Rozdílový proud (dotykový proud)	–	230 V AC	–
Náhradní unikající proud	–	25 až 250 V AC	–
Zkouška přiloženým napětím	–	–	$2 \times U_N$ nebo 1 000 V/50 Hz z transformátoru $P \geq 500$ V·A
Zkouška ochrany před zbytkovým napětím	–	–	měření času v závislosti na velikosti napětí

Stroj nebo strojní zařízení jsou definovány jako: „*montážní celek sestavený ze součástí nebo částí strojů, z nichž je alespoň jedna pohyblivá, z příslušných ovládacích prvků, řídicích a silových obvodů atd., vzájemně spojených za účelem přesně stanoveného použití, zejména zpracování, úpravy, dopravy nebo balení materiálu.*„

Strojní zařízení může být také montážní celek několika strojů, který je uspořádán a ovládán tak, aby fungoval jako celek, a nebo vyměnitelné příslušenství ke stroji, které rozšiřuje jeho funkci. Příklady strojů, na něž se tato norma vztahuje, jsou uvedeny v příloze A normy ČSN EN 60204-1.

Stroj jako kategorie elektrického spotřebiče byl a dosud je při revizích opomíjen nebo je revidován jako běžný elektrický spotřebič či ruční nářadí. Příčinou je především neznalost norem a nevybavenost vhodnou měřicí technikou. Norma pro bezpečnost elektrických zařízení strojů však byla zpracována již v roce 1995 a v nedávné době se na trhu už objevily cenově dostupné měřicí přístroje vhodné pro měření při jejich revizích. Lze tedy sjednotit vykonávání revizí všech typů spotřebičů, nebo se stroje vzhledem k rozdílným požadavkům na měření musí revidovat samostatně? Odpověď vyčteme z kapitoly 19 této normy – Zkoušky a ověřování.

1.2.3 Zkoušky elektrických zařízení strojů

Hned v úvodu kapitoly ve všeobecných ustanoveních zmíněné normy je možné se dočíst: „*Odpovídající zkoušky pro určitý typ stroje budou uvedeny v příslušné normě výrobku. Pokud příslušná norma výrobku pro stroj neexistuje, může být mezi příslušnými zkouškami jedna nebo několik z následujících zkoušek, vždy však mezi nimi musí být zkouška spojitosti ochranného obvodu.*„

Z uvedené citace vyplývají pro měření strojů dva závěry. Buď výrobce zvláštním předpisem (normou) platným pro dotyčný stroj stanoví metodiku, podle které se bez ohledu na ustanovení ČSN EN 60204-1 revize a kontrola vykonají, nebo se ověří spojitost ochranného obvodu podle kapitoly 19.2 normy a podle možností se uskuteční i další zkoušky, které otestují funkčnost bezpečnostních prvků stroje.

Vlastníme-li tedy přístroj, kterým lze alespoň ověřit spojitosti ochranného obvodu proudem 10 A AC, měl by pro měření při periodických revizích stačit. Je však třeba důrazně doporučit vykonání alespoň měření izolačního odporu napětím 500 V DC nebo i unikajících a dotykových proudů a samozřejmě funkčních zkoušek těch zařízení stroje, které mají vztah k bezpečnosti a pracovní ochraně obsluhy (tlačítka STOP, koncové spínače apod.).

Vzhledem k tomu, že značná část strojů je svým charakterem podobná elektrickým spotřebičům ve smyslu normy ČSN 33 1610, lze s výhodou spojit pravidelné kontroly a revize těchto dvou skupin elektrického zařízení a zavést jejich jednotnou evidenci.

Jiná situace ovšem nastane, uvádíme-li do provozu nový pracovní stroj (především jde-li o rozsáhlejší výrobní zařízení nebo pevně připojený stroj). V tom případě je nutné na nově instalovaný stroj vydat prohlášení o shodě, jehož součástí je i výchozí revize zahrnující veškeré proveditelné zkoušky bezpečnosti, tedy např. i zkoušku přiloženým napětím. Při těchto měřeních se bez speciálního přístroje pro zkoušky strojů již obvykle neobejdeme.

1.3 Shrnutí

V úvodní části jsme charakterizovali základní způsoby zajištění ochrany elektrických spotřebičů před úrazem elektrickým proudem a uvedli jsme normy, podle kterých se ověřuje, zda jsou tyto ochrany funkční.

V kapitole 1.1 je podle způsobu konstrukce ochranných prvků dělení spotřebiče do tříd ochrany 0, I, II, III, popsány jsou základní charakteristické rysy těchto ochranných a způsob, jakým lze u spotřebiče poznat, o jakou třídu ochrany se jedná. Správné určení třídy ochrany je základním (byť ne jediným) předpokladem pro stanovení správného postupu měření při revizi elektrického spotřebiče.

V kapitole 1.2 je uvedeno, že pro ověřování bezpečnosti elektrických spotřebičů existují celkem tři normy a spotřebiče lze podle nich rozdělit do tří kategorií:

- elektrické ruční nářadí (ČSN 33 1600),
- ostatní elektrické spotřebiče (ČSN 33 1610),
- strojní zařízení, která obsahují elektrické části (ČSN EN 60204-1).

Porovnáním požadavků na měření při revizích podle těchto norem je stanoven závěr, že i přes určitou rozdílnost lze měření při periodických revizích sjednotit a při respektování dalších ustanovení norem na lhůty revizí a zpracování revizní zprávy je možné revize všech tří kategorií spotřebičů vykonávat jednotně. Vzhledem k podobnému charakteru jednotlivých kategorií spotřebičů lze potom pro důkladné ověření bezpečnosti při jejich měřeních použít i měřicí metody podle jiné normy (především měření unikajících a dotykových proudů podle **ČSN 33 1610**). - Kdy a jak použít jednotlivé měřicí metody, je popsáno v dalších kapitolách.

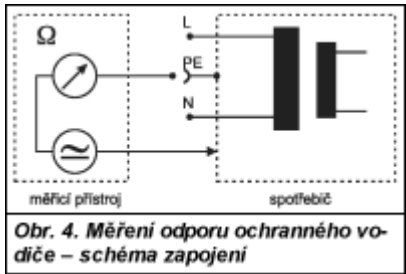
2. Ověřování spojitosti ochranného obvodu

Spojitosť ochranného obvodu lze ověřovat pouze u spotřebičů, které ochranný obvod obsahují, tedy spotřebičů třídy ochrany I. Kontrola ochranného obvodu zmíněných přístrojů je nejdůležitějším měřením. Uvedené měření je třeba vždy vykonávat jako první. Je-li jeho výsledek nevyhovující, nemělo by se v dalších měřeních pokračovat, dokud není závada v obvodu PE (obvod samostatného ochranného vodiče) odstraněna.

2.1 Měření odporu ochranného vodiče

Měří se u elektrického ručního nářadí a ostatních spotřebičů spadajících do kategorií podle ČSN 33 1600 a ČSN 33 1610.

2.1.1 Schéma a popis zapojení



Na obr. 4 je schéma zapojení při měření odporu ochranného vodiče (měření přechodového odporu) elektrických spotřebičů. Je z něj zřejmé, že zdroj měřicího proudu se zapojí mezi vodivou část spotřebiče přístupnou dotyku a přípojným místem obvodu PE k elektrické instalaci. Měřicí přístroj vyhodnocuje měřený odpor.

Požadované parametry měřicího zdroje:

- jmenovitý proud (proud tekoucí obvodem při měření): $I = 0,2$ až 10 A (DC nebo AC).
- napětí zdroje naprázdno: $U = 4$ až 24 V.

Parametry měřicího zdroje jsou stanoveny v souladu s ČSN EN 61557-4 a jsou shodné s požadavky norem pro revize elektrických instalací. Pro toto měření tedy lze použít i jakýkoliv přístroj určený k měření při revizích elektrických instalací.

2.1.2 Vyhodnocení naměřených hodnot

Maximální povolené hodnoty odporu ochranného vodiče se podle norem pro ruční nářadí a pro ostatní spotřebiče liší:

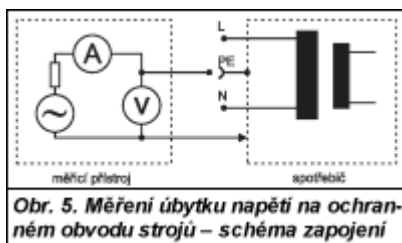
ČSN 33 1600: $R_{PE} \leq 0,2 \Omega$ pájecího přívodu do 3 m,
– $R_{PE} + 0,1 \Omega$ se připočítává na každé další 3 m délky přívodu;

ČSN 33 1610: $R_{PE} \leq 0,3 \Omega$ při délce napájecího přívodu do 5 m,
– $R_{PE} + 0,1 \Omega$ se připočítává na každých dalších 7,5 m délky přívodu.

2.2 Měření úbytku napětí na ochranném vodiči pracovních strojů

Měření se provádí u spotřebičů spadajících do kategorie strojů podle ČSN EN 60204-1.

2.2.1 Schéma a popis zapojení



Na obr. 5 je schéma zapojení pro ověřování spojitosti ochranného vodiče u elektrického zařízení strojů. Na rozdíl od ostatních spotřebičů se u strojů neměří odpor ochranného obvodu, ale úbytek napětí na tomto odporu. Zdroj měřicího proudu se zapojí mezi vodivou část spotřebiče přístupnou dotyku a přípojným místem obvodu PE k elektrické instalaci. Měřicí přístroj vyhodnocuje napětí na odporu ochranného obvodu. Aby byly zajištěny srovnatelné výsledky měření, je třeba měřit zdrojem

konstantního proudu 10 A nebo měřit i skutečný proud protékající obvodem a naměřené napětí přepočítat.

Požadované parametry měřicího zdroje:

- jmenovitý proud (proud tekoucí obvodem při měření): I 10 A/50 nebo 60 Hz ze zdroje PELV,
- napětí zdroje U norma nspecifikuje.

2.2.2 Vyhodnocení naměřených hodnot

K vyhodnocení naměřených výsledků je určena tabulka maximálních povolených hodnot úbytku napětí pro různé průřezy ochranného vodiče, která je uvedena v kap. 19 ČSN EN 60204-1.

Tab. 2 platí pro měřicí proud 10 A. Pokud tedy měřicí přístroj přepočet nedělá a neprodukuje konstantní proud 10 A, nebo je použito náhradní zapojení zdroje a voltmetru, je nutné měřit nejen úbytek napětí, ale i měřicí proud a poté provést přepočet:

$$U_{10A} = 10 U/I$$

kde U je naměřený úbytek napětí při měřicím proudu I .

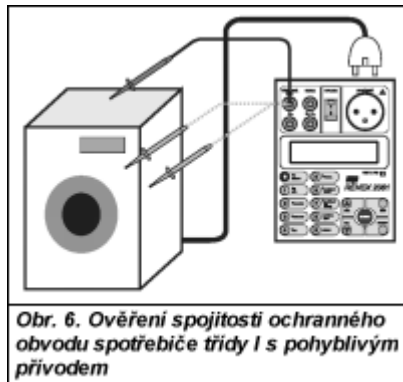
Pozn.: Měřicí přístroje určené k revizím elektrického zařízení strojů již hodnoty přepočítají automaticky; zobrazený výsledek je vztažen k proudu 10 A.

Nejmenší účinný průřez ochranného vodiče (mm ²)	Největší měřený úbytek napětí při $I = 10$ A (V)
1	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4	1,4
> 6,0	1

2.3 Ověřování spojitosti ochranného obvodu v praxi

Pro ověření spojitosti ochranného obvodu lze spotřebiče rozdělit podle způsobu připojení k napájecímu zdroji (elektrické síti) na spotřebiče:

- s pohyblivým přívodem zakončeným jednofázovou vidlicí,
- s pohyblivým přívodem zakončeným trojfázovou vidlicí,
 - pevně připojené.



Vodivé části spotřebiče třídy I přístupné dotyku lze podle způsobu konstrukce jejich ochrany rozdělit na části:

- spojené s ochranným vodičem,
- nespojené s ochranným vodičem, oddělené od živých částí zesílenou nebo dvojitou izolací,
- průchozí ochranný vodič.

Následující pracovní postupy pro ověření spojitosti ochranného obvodu je možné využít pro běžné spotřebiče i pro stroje; u těch je ovšem nutné vykonat měření proudem minimálně 10 A AC.

2.3.1 Spotřebiče s pohyblivým přívodem zakončeným jednofázovou vidlicí

Na obr. 6 je příklad měření spotřebiče třídy I, v tomto případě automatické pračky. Vidlice napájecího přívodu se zastrčí do měřicí zásuvky přístroje, hrotem měřicí šňůry se obsluha dotkne vodivé, dotyku přístupné části (krytu) spotřebiče a změří odpor.

Je-li kryt spotřebiče celistvý, měří se v nejvzdálenějším místě od vývodu napájecího přívodu ze spotřebiče. Jestliže je kryt spotřebiče smontován z několika částí, je nutné změřit odpor ze



všech těchto částí a pro vyhodnocení měření vzít v úvahu nejvyšší z naměřených hodnot. Během měření je zapotřebí zkusit pohybovat napájecím síťovým přívodem spotřebiče především v místě jeho vývodu ze spotřebiče a v místě připojení síťové vidlice a sledovat, zda se měřená hodnota odporu nemění. Jestliže se mění, je spojitost ochranného vodiče narušena a nespolehlivá, a je tedy třeba síťový přívod vyměnit.

Objeví-li se během měření vodivý díl nespojený s vodičem PE, je třeba zkoumat, zda se jedná o závadu (např. díly špatně sešroubované přes lakovací barvu), nebo o konstrukční vlastnost dílu (vruty spojující plastové díly, ozdobná kovová lišta

na plastovém dílu apod.). Jde-li o závadu, je třeba ji před dalším měřením odstranit, jde-li o konstrukční vlastnost, měří se na těchto dílech dotkový proud postupem uvedeným v dalších kapitolách.

A. Spotřebiče s odnímatelným napájecím přívodem

U některých spotřebičů není napájecí přívod pevně připojen, ale je odnímatelný (některé typy vařičů, počítače a jejich příslušenství apod.), popř. je spotřebič napájen s využitím prodlužovacího přívodu. Normy ČSN 33 1600 a ČSN 33 1610 v těchto případech požadují ověřovat spojitost ochranného obvodu včetně tohoto odnímatelného či prodlužovacího přívodu. To platí tehdy, je-li spotřebič přes konkrétní odnímatelný nebo prodlužovací přívod trvale provozován a ten je považován za součást spotřebiče.

Odnímatelné a prodlužovací přívody, které mohou náhodně sloužit pro napájení různých spotřebičů, je třeba evidovat jako samostatný spotřebič.

B. Spotřebiče s průchozím ochranným vodičem

Mezi tato zařízení patří především prodlužovací přívody, odnímatelné napájecí přívody, rozdvojky, ale i některé spotřebiče, např. záložní zdroje k počítačům – UPS. U těchto spotřebičů je vodič PE průchozí, neboť mají výstupní zásuvku pro napájení dalšího spotřebiče. Kolík PE této výstupní zásuvky je vodivá část přístupná dotyku. Navíc musí sloužit pro propojení ochranného vodiče k uzemnění dalšího spotřebiče k němu připojeného. Proto je třeba ověřit spojitost tohoto kolíku ochranného vodiče se svorkou PE vidlice napájecího přívodu spotřebiče. Co se týče prodlužovacích šňůr s několikanásobnou zásuvkou, je zapotřebí vyzkoušet spojitost ochranného vodiče u kolíků všech zásuvek.

C. Spotřebiče třídy I bez dotyku přístupných vodivých částí

Občas se lze setkat se spotřebičem, jehož napájecí přívod je opatřen ochranným vodičem, ale na jeho krytu není možné nalézt vodivou část přístupnou dotyku, na které lze změřit odpor ochranného vodiče. Příkladem takového spotřebiče mohou být např. některé monitory.

Ať už se jedná o spotřebič třídy I nebo II (pozná se z jeho typového štítku), odpor ochranného vodiče se neověřuje. V revizní zprávě je třeba tuto skutečnost uvést.

Rozhodně není vhodné „šťourat“, uvnitř spotřebiče dlouhým drátem či hrotem nebo spotřebič rozmontovávat, aby bylo možné dosáhnout na vodivé části spojené s vodičem PE. Tímto postupem totiž lze spotřebič poškodit.

2.3.2 Spotřebiče s pohyblivým přívodem zakončeným trojfázovou vidlicí

Na obr. 7 je ukázán příklad měření trojfázového spotřebiče, stroje – stavební míchačky. V tomto případě je třeba měřit proudem 10 A AC a vyhodnocovat úbytek napětí na ochranném obvodu.

Měřicí šňůra s krokosvorkou se připojí na kolík PE ochranného vodiče ve vidlici síťového přívodu. Hrotem druhé měřicí šňůry se obsluha měřicího přístroje dotkne vodivé části přístupné dotyku (krytu) spotřebiče a změří úbytek napětí nebo odpor, jestliže nejde o stroj.

I v tomto případě je třeba měřit zvlášť všechny části přístupné dotyku a zkusit pohybovat napájecím přívodem.

2.3.3 Pevně připojené spotřebiče

Pevně připojené spotřebiče lze ve smyslu definice normy ČSN 33 1610 považovat za připevněné spotřebiče. Jako takové je smí revidovat pouze revizní technik s patřičným oprávněním.

Na obr. 8 je uveden příklad měření pevně připojeného spotřebiče, elektrických akumulárních kamen. Měřicí šňůra s krokosvorkou se připojí na přípoj PE ochranného vodiče do místa připojení spotřebiče k elektrické instalaci, např. do svorkovnice napájení. Připojení je vhodné



udělat tak, aby výsledný odpor obvodu PE spotřebiče zahrnoval i přechodový odpor spoje mezi PE spotřebiče a svorkovnicí. Znamená to, že se krokosvorka připojí např. k hlavě šroubu, kterým je ve svorkovnici přitažen vodič PE spotřebiče, nebo ještě lépe – obsahuje-li svorkovnice více vzájemně propojených kontaktů pro připojení vodiče PE, připojí se krokosvorka na jiný kontakt, než je ten, ke kterému je připevněn vodič PE kontrolovaného spotřebiče. Hrotem druhé měřicí šňůry je zapotřebí se dotknout vodivé části přístupné dotyku (krytu) spotřebiče a změřit odpor obvodu PE spotřebiče nebo úbytek

napětí proudem 10 A DC u stroje.

Není-li svorka připojení PE spotřebiče k instalaci přístupná, je možné připojit jeden pól měřicího napětí na kolík PE nejbližší zásuvky elektrické instalace a předepsaným proudem měřit odpor mezi ním a částmi spotřebiče přístupnými dotyku. Tato zásuvka musí být součástí obvodu, ke kterému je připojen měřený spotřebič. K měřenému odporu obvodu PE spotřebiče se ve zmíněném případě připočítá i část odporu obvodu PE instalace.

I v těchto situacích je třeba měřit všechny části přístupné dotyku zvlášť a zkusit pohybovat napájecím přívodem spotřebiče (je-li přístupný).

Pozn.: Norma ČSN 33 1610 požaduje, aby do odporu ochranného vodiče pevně připojeného spotřebiče byl zahrnut i odpor obvodu PE instalace, k níž je spotřebič připojen. V příloze normy je uvedeno doporučené schéma měření, podle kterého se jeden pól měřicího napětí připojí na

kolík PE nejbližší zásuvky elektrické instalace a měří se odpor mezi ním a částmi spotřebiče přístupnými dotyku. Zmíněné ustanovení může při měření v praxi způsobit značné potíže. Aby byl odpor obvodu PE instalace zahrnut do odporu obvodu PE spotřebiče, bylo by nutné měřit do bodu uzemnění PE obvodu instalace. To lze v praxi většinou uskutečnit pouze měřičem impedance smyčky. Bude-li se měřit podle schématu zapojení uvedeného v normě, tzn. k PE kolíku nejbližší zásuvky, zahrne se do měřeného odporu pouze nedefinovaná část PE obvodu instalace. Navíc může nastat problém, že oba přípoje PE (tzn. přípoje spotřebiče ve svorkovnici a kolíku PE v zásuvce) jsou spojeny dlouhými přívody s takovou impedancí (odporem), která normě pro revize spotřebičů již nevyhovuje. Potom vyvstává otázka, jak tento případ vyhodnotit. Nevyhovující odpor ochranného obvodu spotřebiče totiž není způsoben závadou na jeho PE, ale impedancí ochranného obvodu instalace, k níž je připojen. Jednou z možností je posoudit ochranu před úrazem elektrickým proudem u daného spotřebiče komplexně, tzn. vzít v úvahu způsob provedení ochrany u dané instalace, předřazeného jištění apod. a celý obvod PE posoudit podle norem pro revize instalací. Druhou možností je nesměšovat revize spotřebičů a instalací a revidovat spotřebič pouze po jeho přípojném místě k instalaci, o které se předpokládá, že je také v pořádku, neboť by měla být pravidelně revidována podle norem pro revize instalací.

2.4 Shrnutí

Ověření spojitosti ochranného obvodu je nejdůležitějším měřením u spotřebičů třídy I. Proto by se mu měla věnovat zvýšená pozornost. Při revizi se uskutečňuje jako první. Při jeho nevyhovujícím výsledku, dokud není závada odstraněna, není možné z bezpečnostních důvodů v měření pokračovat.

Nejdříve je třeba rozhodnout, zda spotřebič patří mezi stroje nebo ostatní spotřebiče. Podle toho je nutné zvolit vhodný měřicí proud.

Pozn.: V případě pochybností o zařazení spotřebiče jistě nebude na závadu vykonat měření oběma proudy; nejdřív proudem 200 mA a poté proudem 10 A. Výhodou tohoto postupu měření je, že velký proud může místo s nejistým kontaktem v obvodu PE přerušit, což malým proudem zjistit nelze. Naopak malým proudem se odhalí vysoký přechodový odpor vadného místa v ochranném obvodu, které by vysoký proud tzv. svařil, a proto by byl nespolehlivě vylepšený ochranný obvod vyhodnocen jako vyhovující.

Výsledky lze vyhodnotit podle obou již uvedených norem.

Měřit je třeba v místě nejvzdálenějším od vývodu napájecího přívodu ze spotřebiče nebo na více místech jeho povrchu, zvláště jestliže se kryt spotřebiče skládá z několika částí. Je zapotřebí také důkladně prověřit všechny vodivé části přístupné dotyku a izolovaně oddělené od ostatních vodivých částí (např. kolík průchozího vodiče PE). Není-li vodivý díl spojen s vodičem PE, je nutné rozhodnout, zda jde o závadu nebo o konstrukční vlastnost. Podle toho je možné stanovit další postup (oprava spojení nebo měření dotykového proudu).

Během měření by se mělo zkusit *pohybovat napájecím přívodem* a sledovat, zda se údaj na displeji měřicího přístroje nemění.

3. Měření izolačního odporu

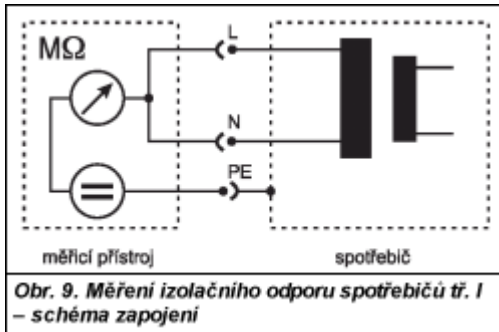
Měřením izolačního odporu se ověřuje schopnost izolace elektrického zařízení zabránit průniku nebezpečného napětí na části přístupné dotyku nebo zabránit nežádoucímu toku proudu (zkratu) mezi částmi elektrického zařízení o různých napětích. Správná funkce izolací spotřebiče má tedy vliv nejen na bezpečnost elektrického zařízení, ale i na jeho funkci.

3.1 Měření izolačního odporu – požadavky ČSN

Izolační odpor se u elektrického ručního nářadí a ostatních spotřebičů spadajících do kategorií podle ČSN 33 1600 a ČSN 33 1610 i u strojů podle ČSN EN 60204-1 měří shodným způsobem, rozdíly jsou pouze ve vyhodnocení naměřených výsledků.

3.1.1 Schéma a popis zapojení

Na obr. 9 je schéma zapojení při měření izolačního odporu elektrických spotřebičů třídy I. Zdroj měřicího proudu se zapojí mezi spojené pracovní vodiče spotřebiče a přípojné místo ochranného vodiče PE k elektrické instalaci. V měřicím obvodu je zapojen ohmmetr, který vyhodnocuje izolační odpor.

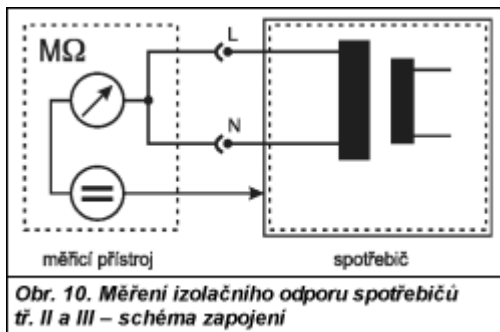


U spotřebičů tř. II a III je druhý pól měřicího napětí připojen na hrot, kterým se obsluha dotkne vodivých částí spotřebiče přístupných dotyku (viz obr. 10).

Požadované parametry měřicího zdroje:
 $I \geq 1 \text{ mA}$ při $U \geq 500 \text{ V DC}$ po dobu 5 až 10 s

Pozn.: Izolační odpory se měří stejnosměrným napětím minimálně 500 V (max. 750 V), přičemž zdroj měřicího napětí musí být natolik „tvrdý“, aby při průtoku proudem 1 mA po dobu 5 -10 s nekleslo měřicí napětí pod 500V.

Parametry měřicího zdroje jsou stanoveny v souladu s ČSN EN 61557-2 a jsou shodné s požadavky norem pro revize elektrických instalací. Pro toto měření tedy lze použít i jakýkoliv přístroj pro měření přechodového odporu v elektrických instalacích, který má požadované parametry.



Pozn.: Požadavku na „tvrdost“, zdroje neodpovídá spousta starších přístrojů pro měření izolací (např. PU 371, PU 311 nebo ZO 1). Lze se setkat i s novými přístroji, především od výrobců mimo Evropu, které také nevyhovují. Jestliže tedy výrobce či dovozce jednoznačně nedeclaruje shodu s ČSN EN 61557, doporučuje se měřicí zdroj si ověřit. Měřicí šňůry přístroje se připojí k odporu 500 k, ke kterému je připojen voltmetr s dostatečně velkým vnitřním odporem (nejméně 10 MΩ). Ukáže-li voltmetr po zapnutí měřiče izolací napětí na odporu hodnoty 500 k alespoň 500 V,

teče obvodem proud větší než 1 mA. Zkoumaný měřič izolací tudíž odpovídá základnímu požadavku norem.

3.1.2 Vyhodnocení naměřených hodnot

Minimální povolené hodnoty izolačního odporu podle **ČSN 33 1600** jsou stanoveny podle druhu izolace:

- 2 MΩ pro základní izolaci,
- 5 MΩ pro přídavnou izolaci,
- 7 MΩ pro zesílenou izolaci.

Dokonalé prověření izolačních vlastností ručního nářadí tedy vyžaduje znát konstrukci izolací a v případě nutnosti i spotřebič rozebrat, aby bylo možné jednotlivé izolace od sebe odlišit a změřit je. Posouzení izolace spotřebiče a způsob, kterým je třeba ke spotřebiči připojit měřicí přístroj, jsou uvedeny v normě.

Pro vyhodnocení měření izolačního odporu podle **ČSN 33 1610** je určena tab. 3, jež je převzata z normy. Zde se jednotlivé druhy izolace z hlediska konstrukce již nerozlišují. Jediný problém při měření izolačního odporu podle této normy spočívá v rozhodnutí, zda lze toto měření uskutečnit nebo ne, jak je vysvětleno v kapitole 3.2.1.

Tab. 3. Minimální hodnoty izolačních odporů pro elektrické spotřebiče

Spotřebič třídy ochrany	Izolační odpor spotřebičů (MW)		
	držených za provozu v ruce	ostatních	
I	2	tepelné s příkonem nad 3,5 kW	0,3 (pozn. 1)
		ostatní	1
II	7 (pozn. 2)	2	
III	0,25	0,25	

Izolační odpor u strojů podle **ČSN EN 60204-1** mezi vodiči silových obvodů a ochranným obvodem nesmí být menší než 1 MΩ. Pro určité části elektrického zařízení strojů (přípojnice, přípojnicové rozvody, sestavy sběracích kroužků) může být povolena nižší hodnota, ale nesmí být menší než 50 kΩ.

3.2 Problematika měření izolačního odporu

3.2.1 Měřit izolační odpor, nebo neměřit?

To je základní otázka, kterou je třeba zvážit, než se začne ověřovat kvalita izolací zkoušeného spotřebiče. Měření izolačního odporu patří k základním zkouškám, kterými se ověřuje elektrická bezpečnost spotřebiče. U velmi velké části moderních elektrických spotřebičů však není možné tuto metodu pro ověření stavu izolací použít.

Jedním z důvodů, proč nelze měřit izolační odpor, je přítomnost elektronických prvků ve spotřebiči, které by mohly být měřicím napětím 500 V zničeny. Uvedené prvky by mohly být poškozeny buď přímo měřicím napětím, krátkodobými vysokonapěťovými špičkami, které náhodně vzniknou při připojení či odpojení měřicího napětí na vnitřních indukčnostech spotřebiče, nebo i jinými, těžko zjistitelnými vlivy a jevy.

Izolační odpor nelze měřit také napětím 500 V DC, pokud spotřebič obsahuje přepětové ochrany dimenzované na síťové napětí 230 V. Taková přepětová ochrana pro měření představuje téměř zkrat. U spotřebiče je pak zjištěn velmi malý izolační odpor, přestože jeho izolace jsou v pořádku.

Panuje-li obava, zda lze ke spotřebiči připojit měřící napětí 500 V DC, je možné – a někdy i žádoucí – alespoň orientačně otestovat stav izolací nižším napětím (100 nebo 250 V), které případnou poruchu izolace rovněž odhalí. Tuto zkoušku však není možné považovat za rovnocennou náhradu měření napětím 500 V DC.

Elektronika spotřebiče má na výsledky měření izolačního odporu jiný, daleko závažnější vliv. Tím je schopnost oddělit měřící napětí od dalších živých částí spotřebiče.

Jako první příklad může být uveden spotřebič – stroj, jehož výkonové silové části jsou k napájecímu napětí připojovány elektronicky řízeným stykačem. Není-li stroj v činnosti (což při měření izolačního odporu zcela jistě není), jsou jeho výkonové části, např. motor, odděleny od síťového napájecího přívodu rozepnutými kontakty stykače, které lze sepnout jen při uvedení stroje do chodu pomocí startovacího tlačítka. To zase vylučuje možnost změřit izolační odpor.

Druhým příkladem může být spotřebič s elektronickým regulátorem (osvětlení, otáček apod.). Přestože je síťový vypínač spotřebiče sepnutý, stejnosměrné měřící napětí se nedostane přes polovodičové prvky regulátoru. Je-li vadná izolace až za tímto regulátorem, nemusí být závada vůbec zjištěna.

Třetím příkladem je spotřebič, který elektrické prvky sice neobsahuje, ale jeho síťová část má proti vodivé, dotyku přístupné části natolik velkou kapacitu, že přes ni teče nezanedbatelný kapacitní proud i při síťovém kmitočtu 50 Hz. Tuto vlastnost elektrické části spotřebiče měřením izolačního odporu stejnosměrným proudem nelze zjistit.

Z uvedených příkladů je zřejmé, že není-li známa konstrukce elektrických částí spotřebiče a tak není možné posoudit jejich vliv na měření izolačního odporu, nelze jednoznačně říci, že změřením izolačního odporu s vyhovujícím výsledkem je prokázáno, že spotřebič je z elektrického hlediska pro obsluhu bezpečný. Proto je zcela namístě ustanovení ČSN 33 1610, které důrazně doporučuje (v novém návrhu změn v normě dokonce nařizuje) vykonat další měření pro ověření stavu izolací, a to měření unikajících a dotykových proudů.

3.2.2 Izolační odpory podle ČSN 33 1600 a ČSN EN 60204-1

Normy pro revize a kontroly elektrického ručního náradí a pro revize strojů se nezabývají otázkami měření izolačních odporů a neberou v úvahu, že převážná část moderních spotřebičů obsahuje elektronické obvody. Pro ně tedy v plné míře platí to, co bylo uvedeno v předcházející kapitole. Norma pro stroje je alespoň natolik benevolentní, že měření izolačního odporu jednoznačně nepředepisuje, ale dává možnost použít pro ověření bezpečnosti spotřebiče i jiné vhodné, v normě neuvedené postupy. Proto lze doporučit, aby v případě, že není možné izolační odpor změřit z důvodů zmíněných v kapitole 3.2.1, byl i pro ruční náradí a stroje použit postup měření podle ČSN 33 1610, tzn. měření unikajících proudů.

3.2.3 Izolační odpory u trojfázových spotřebičů

V příloze ČSN 33 1610 jsou uvedena doporučená schémata zapojení při měření izolačních odporů spotřebičů. Ze schémat je zřejmé, že při měření trojfázových spotřebičů s pohyblivým přívodem (odpojitelných od zdroje) je nutné měřit izolační odpor mezi spojenými pracovními

vodiči a ochranným vodičem. Tento požadavek vyplývá ze skutečnosti, že celkový odpor izolací trojfázového spotřebiče je paralelní kombinací izolačních odporů pracovních vodičů, a je tedy menší než odpory jednotlivých pracovních vodičů proti ochrannému vodiči.

V praxi ovšem může splnění tohoto požadavku působit značné obtíže. Je tomu tak proto, že vzájemné propojení pracovních vodičů vyžaduje buď vlastní „domácí tvořivost“, při zhotovení přípravků zajišťujících zkratování pracovních vodičů při měření izolačního odporu trojfázových spotřebičů, nebo (a to je ještě méně vhodné) rozebrání trojfázové vidlice spotřebiče a provizorní propojení vodičů.

Sporné může být také měření pevně připojených spotřebičů za použití schématu uvedeného v příloze normy ČSN 33 1610. Podle něj se rozpojí neutrální vodič a jeden pól měřicího napětí se připojí na střed trojfázové zátěže (např. motoru) zapojené do hvězdy. Druhý pól měřicího napětí se připojí na neživé vodivé části spotřebiče. Aby byl tento způsob měření možný, musí být splněny tyto podmínky:

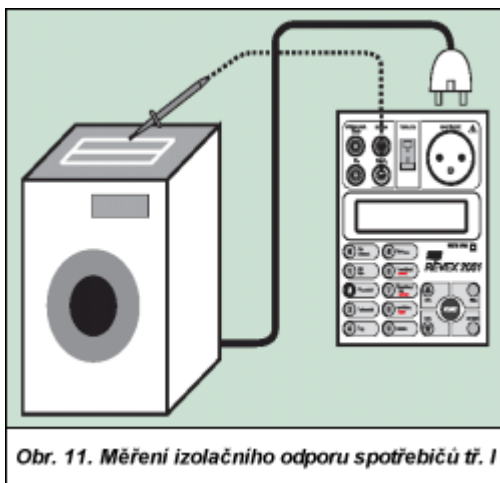
- výkonová část spotřebiče musí být zapojena do hvězdy (jinak není k dispozici neutrální vodič),
- trojfázová zátěž nesmí mít kapacitní charakter (asi neexistuje spotřebič, který má v jednotlivých fázích vřazeny kondenzátory, ale teoreticky to možné je),
- odpory jednotlivých částí zátěže musí být mnohem menší než mezní hodnota izolačního odporu povolená normou, neboť jejich odpory se při tomto postupu měření přičítají k izolačním odporům jednotlivých pracovních vodičů a opticky tak vylepšují naměřený výsledek. Navíc hrozí nebezpečí, že pokud bude zátěž v některé fázi přerušena, měřicí napětí přes tuto poruchu neproikne a neodhalí případnou závadu izolace na tomto pracovním vodiči. Kromě toho nekonečně velký odpor způsobený např. přerušeným vinutím motoru značně vylepší celkový naměřený výsledek.

Jak se lze těmto potížím vyhnout, je uvedeno v kapitole 3.3.2, věnované měření v praxi.

3.3 Měření izolačního odporu v praxi

Při revizi elektrického spotřebiče je třeba se rozhodnout, zda je možné a má smysl měřit izolační odpor. V případě, že ano, je účelné stanovit postup měření. K tomu pomůže následující rozdělení spotřebičů.

Pro účel ověření spojitosti ochranného obvodu lze spotřebiče rozdělit podle způsobu připojení k napájecímu zdroji (elektrické síti) na spotřebiče:



Obr. 11. Měření izolačního odporu spotřebičů tř. I

- s pohyblivým přívodem zakončeným jednofázovou vidlicí,
- s pohyblivým přívodem zakončeným čtyřvodičovou trojfázovou vidlicí,
- s pohyblivým přívodem zakončeným pětivodičovou trojfázovou vidlicí,
- pevně připojené.

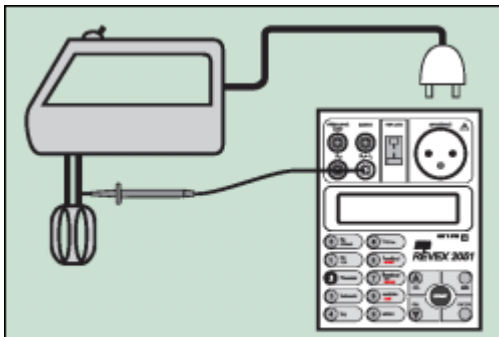
Podle konstrukce vodivých částí přístupných dotyku je lze rozdělit na:

- části spojené s ochranným vodičem (u spotřebičů třídy I),
- části nespojené s ochranným vodičem (u spotřebičů třídy I, II a III).

3.3.1 Spotřebiče s pohyblivým přívodem zakončeným jednofázovou vidlicí

Na obr. 11 je příklad měření spotřebiče tř. I – automatické pračky. Ta má na horním plastovém krytu kovovou mřížku nespojenou s ochranným vodičem.

Vidlice napájecího přívodu se zasune do měřicí zásuvky přístroje, zvolí se funkce měření izolačního odporu, zapne se síťový vypínač měřeného spotřebiče a změří se izolační odpor. Je-li k měření použit přístroj určený speciálně pro revize spotřebičů, je propojení pracovních vodičů spotřebiče již zajištěno v měřicím přístroji.

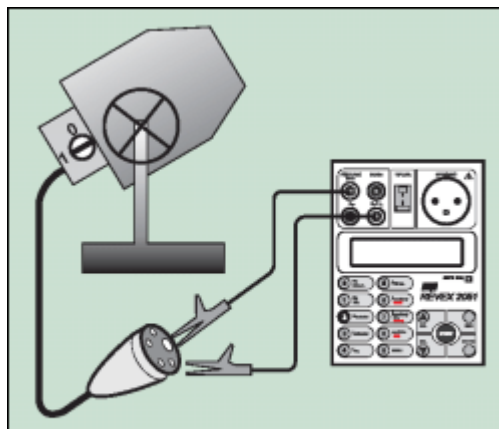


Obr. 12. Měření izolačního odporu spotřebičů tř. II

Jestliže spotřebič obsahuje vodivé části přístupné dotyku nespojené s ochranným vodičem, je nutné změřit i jejich izolační odpor měřicím hrotem. Izolační odpor těchto částí se přičte k původně měřenému odporu jako jejich paralelní kombinace. Znamená to, že výsledný naměřený odpor bude menší než izolační odpor mezi pracovními a ochranným vodičem. Tento výsledný izolační odpor je rozhodující pro stanovení bezpečnosti izolací spotřebiče.

Měření izolačního odporu spotřebičů tř. II je znázorněno na obr. 12. Vidlice napájecího přívodu je zasunuta v měřicí zásuvce přístroje a obsluha přístroje se hrotem měřicí šňůry dotýká vodivých částí spotřebiče přístupných dotyku. Síťový vypínač spotřebiče musí být při měření zapnutý.

3.3.2 Spotřebiče s pohyblivým přívodem zakončeným trojfázovou vidlicí



Obr. 13. Měření izolačního odporu trojfázových spotřebičů

Při měření izolačního odporu trojfázových spotřebičů podle ČSN 33 1610 je největším problémem propojení pracovních vodičů při měření. Sériově vyráběné přípravky pro tento účel zřejmě neexistují a podomácku vytvořené pomůcky nemusí být bezpečné. Proto se ani nedoporučují. Jsou tedy dvě možnosti, jak tuto situaci vyřešit.

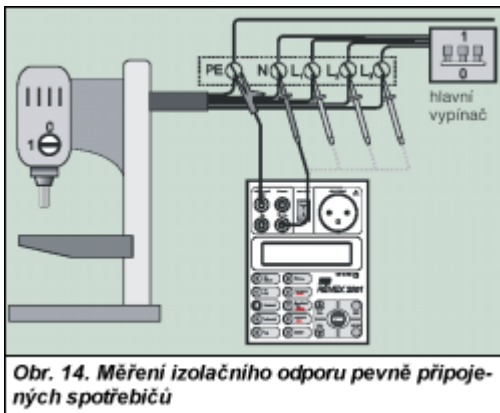
První možností je izolační odpor neměřit a měření nahradit měřením proudu ochranným vodičem. Norma ČSN 33 1610 tento postup připouští pro případy, kdy měření izolačního odporu technicky není možné, normy pro ruční nářadí a pro stroje postupy pro měření izolačního odporu trojfázových spotřebičů blíže nespecifikují.

Druhou možností je zvlášť změřit izolační odpor každého pracovního vodiče proti ochrannému vodiči (obr. 13), a to při zapnutém síťovém vypínači spotřebiče. Pro vyhodnocení spotřebiče z hlediska jeho elektrické bezpečnosti je třeba použít nejnižší z naměřených izolačních odporů. Tento postup lze uplatnit u spotřebičů, jejichž síťová část je tvořena (pro stejnosměrný proud) činnou zátěží s odporem o několik řádů menším, než je jeho předpokládaný izolační odpor (jako

např. spotřebiče, které obsahují trojfázový motor bez další elektroniky). Není-li si uživatel konstrukcí síťové části spotřebiče jist, je rozhodně nutné doplnit revizi spotřebiče o měření unikajícího proudu nebo zmíněným měřením měření izolačního odporu zcela nahradit.

Pozn.: Za pozornost stojí ještě jedna vlastnost trojfázových spotřebičů: obsahují-li tyto spotřebiče pouze (pro stejnosměrný měřicí proud) odporovou zátěž (např. motor se třemi vinutími), je obvykle odpor této zátěže značně menší než odpor izolací mezi pracovními a ochranným vodičem. Vyskytne-li se závada na izolaci jednoho pracovního vodiče, projeví se jako zmenšení izolačního odporu všech pracovních vodičů. Rozdíl v naměřených hodnotách izolačního odporu jednotlivých pracovních vodičů by teoreticky měl být roven odporu zátěží jednotlivých fází (např. odporu jednotlivých vinutí motoru). To již pravděpodobně bude mimo rozlišovací schopnost měřicího přístroje. Je-li tedy naměřen nevyhovující izolační odpor u všech pracovních vodičů spotřebiče, neznamená to ještě, že každý z nich má závadu na izolaci.

3.3.3 Pevně připojené jednofázové spotřebiče



Také u pevně připojených spotřebičů je třeba při měření zajistit propojení (zkratování) pracovních vodičů. U jednofázových spotřebičů to lze udělat jejich odpojením ze svorkovnice napájení a vzájemným zkratováním konců pracovních vodičů, anebo (což se jeví jako praktičtější) vypnutím přívodu elektrického proudu spotřebiče v rozváděči (síťový vypínač na spotřebiči naopak musí být při měření zapnutý). Potom se měří izolační odpor každého pracovního vodiče proti ochrannému vodiči zvlášť, podobně jako je to pro trojfázové spotřebiče znázorněno na obr. 14.

3.3.4 Pevně připojené trojfázové spotřebiče

Přestože v příloze ČSN 33 1610 je uvedeno schéma zapojení pro měření pevně připojených trojfázových spotřebičů, není jeho použití nejvhodnější. Vedou k tomu důvody zmíněné v kapitole 3.2.3.

Proto i pro tyto spotřebiče je jednodušší změřit izolační odpory jednotlivých pracovních vodičů zvlášť, jak je uvedeno na obr. 14, a spotřebič vyhodnotit podle nejmenšího naměřeného odporu.

Také v tomto případě je podmínkou úspěšného měření izolačního odporu spotřebiče konstrukce jeho síťové části, jak je popsána v kapitole 3.3.2.

Důležité je, před započítím měření nejprve vypnout přívod elektrické energie hlavním vypínačem nebo jističem v rozváděči a potom zapnout síťový vypínač na spotřebiči.

3.3.5 Prodlužovací jednofázové přívody

Při měření izolačního odporu prodlužovacích jednofázových přívodů lze postupovat stejným způsobem jako při měření spotřebičů (viz kap. 3.3.1). Přestože prodlužovací přívod není spotřebičem v pravém slova smyslu, neboť při svém provozu nespoteblovává elektrickou

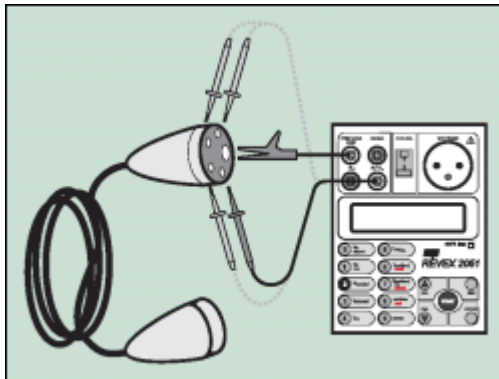
energii, lze u něj po připojení k síťovému napětí měřit i proud protékající ochranným vodičem nebo izolační odpor mezi ochranným vodičem a spojenými pracovními vodiči.

Jde-li o běžnou „prodlužovačku“, je situace navíc zjednodušena tím, že zcela jistě neobsahuje elektroniku. Odpadá tedy zvažování, zda izolační odpor měřit nebo ne. **Pozor však na prodlužovací přívody se zabudovanými přepětovými ochranami!** Přepětové ochrany jsou obvykle dimenzovány na 230 V a měřicím napětím 500 V nelze izolační odpor změřit. Zde je jedinou možností ověřit stav izolací měřením proudu ochranným vodičem.

Pozn.: Vhodné je ověřit i izolační odpor mezi jednotlivými pracovními vodiči. Jeho dostatečná velikost sice nemá vliv na elektrickou bezpečnost, ale na funkčnost prodlužovacího přívodu. A ověření funkce spotřebiče (zkouška chodu) je nedílnou součástí jeho kontroly nebo revize.

3.3.6 Prodlužovací trojfázové přívody

U trojfázových prodlužovacích přívodů, které nelze zapojit do měřicí zásuvky přístroje, je situace komplikována skutečností, že je nutné zajistit zkratování pracovních vodičů při měření. U „prodlužovačky“, není propojení pracovních vodičů zajištěno přes malé odpory síťové zátěže (např. motoru) tak jako u spotřebiče. Prostým měřením izolačního odporu každého pracovního vodiče proti vodiči PE se zjistí odlišné výsledky než měřením při zkratovaných pracovních vodičích. Celkový izolační odpor prodlužovacího přívodu je totiž tvořen paralelní kombinací odporů pracovních vodičů. Ta je mnohem menší než jednotlivé odpory.



Obr. 15. Měření izolačního odporu trojfázového prodlužovacího přívodu

Propojení pracovních vodičů trojfázové zásuvky je komplikovanou záležitostí, a proto se navrhuje tento pracovní postup:

Změří se izolační odpor každého pracovního vodiče proti ochrannému vodiči zvlášť (obr. 15) a výsledný izolační odpor se vypočítá ze vztahu pro paralelní kombinaci odporů jednotlivých pracovních vodičů:

$$\frac{1}{R_{ISO}} = \frac{1}{R_{L1}} + \frac{1}{R_{L2}} + \frac{1}{R_{L3}} + \frac{1}{R_N}$$

nebo po úpravě vzorce:

$$R_{ISO} = \frac{R_{L1} \cdot R_{L2} \cdot R_{L3} \cdot R_N}{R_{L2} \cdot R_{L3} \cdot R_N + R_{L1} \cdot R_{L3} \cdot R_N + R_{L1} \cdot R_{L2} \cdot R_N + R_{L1} \cdot R_{L2} \cdot R_{L3}}$$

kde R_{ISO} je celkový izolační odpor spotřebiče, R_{L1} až R_N izolační odpory jednotlivých pracovních vodičů proti vodiči PE.

Měřicí rozsah pro měření izolačního odporu většiny měřicích přístrojů pro revize spotřebičů je do 20 M Ω (max. zobrazitelná hodnota je 19,99 M Ω ; je-li izolace prodlužovacího přívodu v pořádku, jejich izolační odpor tuto hodnotu mnohonásobně překračuje. Změří-li se tedy izolační odpor

každého pracovního vodiče proti ochrannému vodiči zvlášť a naměřené hodnoty jsou ve všech případech větší než $20\text{ M}\Omega$, je výsledný odpor paralelní kombinací všech pracovních vodičů proti ochrannému vodiči větší než $5\text{ M}\Omega$ pro pětivodičový a $6,67\text{ M}\Omega$ pro čtyřvodičový prodlužovací přívod. Uvedené výsledky jsou podle ČSN 33 1610 vyhovující.

U trojfázového prodlužovacího přívodu, který má izolaci v pořádku, lze tedy pracně a mnohdy technicky neproveditelné spojování pracovních vodičů nahradit změřením izolačního odporu každého pracovního vodiče zvlášť a zápisem do revizní zprávy, že jeho izolační odpor je $> 5\text{ M}\Omega$ nebo $> 6,67\text{ M}\Omega$. Není-li některý z naměřených izolačních odporů dostatečně velký (je menší než $20\text{ M}\Omega$), nezbyvá, než výsledný izolační odpor prodlužovacího přívodu spočítat podle již uvedeného vzorce. Lze ovšem předpokládat, že izolace takového pracovního vodiče s nižším izolačním odporem nebude i v případě „ještě vyhovujícího“, výsledku zcela v pořádku.

I pro trojfázové prodlužovací přívody platí, že nelze měřit jejich izolační odpor, obsahují-li přepětiovou ochranu (měření izolačního odporu je možné nahradit měřením unikajícího proudu) a že je vhodné ověřit i izolační odpory mezi jednotlivými pracovními vodiči.

3.4 Shrnutí

Měření izolačního odporu je jednou z nejproblematičtějších částí revize spotřebiče. Hlavním důvodem je obtížnost rozhodnutí, zda izolační odpor měřit či neměřit (viz kap. 3.2.1). Naprostá většina moderních spotřebičů v současné době obsahuje nejrůznější elektronické prvky, jejichž konstrukce bývá pro osobu kontrolující spotřebič neznámá. Proto se ve stále větší míře uplatňuje prověřování kvality izolací měřením unikajících proudů.

Nejpodrobněji se měřením izolačního odporu zabývá norma ČSN 33 1610. Ovšem doporučená schémata zapojení pro měření trojfázových spotřebičů, která obsahuje příloha C této normy, jsou v praxi obtížně realizovatelná. Alternativní postupy měření jsou navrženy v kapitolách 3.3.2 až 3.3.6.

Obecné zásady, které je nutné dodržovat při měření izolačního odporu jakéhokoliv spotřebiče, jsou tyto:

1. Před započítím měření je třeba rozhodnout, zda lze, a zda vůbec má smysl měřit izolační odpor spotřebiče.
2. Spotřebič musí být při měření odpojen od napájecího napětí (na odpojení napájecího napětí je třeba pamatovat především u pevně připojených spotřebičů).
3. Síťový vypínač spotřebiče musí být při měření vždy sepnut.
4. Jeden pól měřicího napětí se připojuje na ochranný vodič (tř. I) nebo na vodivé části spotřebiče přístupné dotyku a druhý pól se připojí na propojené pracovní vodiče. Je také možné, s vědomím určité zanedbatelné chyby měření, změřit každý pracovní vodič zvlášť a celkový izolační odpor vyhodnotit podle nejmenšího naměřeného odporu.

4. Proud protékající ochranným vodičem

Proud tekoucí ochranným vodičem je takový proud, který „prosákne,“ (unikne) přes izolace spotřebiče do částí spojených s jeho ochranným vodičem a odtéká jím přes obvod vodiče PE elektrické instalace do uzemnění. Je-li spotřebič spojen se zemí ještě jiným způsobem než přes ochranný vodič, tedy náhodně uzemněn, část unikajícího proudu odtéká do země tímto náhodným uzemněním. Ovšem i tuto část unikajícího proudu je třeba při měření zjistit. Je tomu

tak proto, že je nutné počítat s možností přerušení náhodného uzemnění; celý unikající proud pak bude odtékat vodičem PE.

Měřením se ověřuje schopnost izolací spotřebiče zabránit úniku nežádoucího proudu ze síťové části na části spotřebiče přístupné dotyku. Kdyby jejich vodivé spojení s uzemněním nebylo dostatečně kvalitní, na odporu tohoto vodivého spojení vznikne dotykové napětí, které může způsobit úraz elektrickým proudem. Unikající proud v tomto případě totiž teče částečně nebo úplně osobou dotýkající se přístupné části spotřebiče.

Proud tekoucí ochranným vodičem také může ovlivnit činnost jisticích prvků v elektrické instalaci, ke které je spotřebič připojen. Je totiž poruchovým proudem tekoucím např. přes proudové chrániče instalace. A je-li dostatečně veliký nebo sečtou-li se unikající proudy několika spotřebičů, způsobí vybavení jisticího prvku v instalaci.

4.1 Měření proudu protékajícího ochranným vodičem – požadavky ČSN

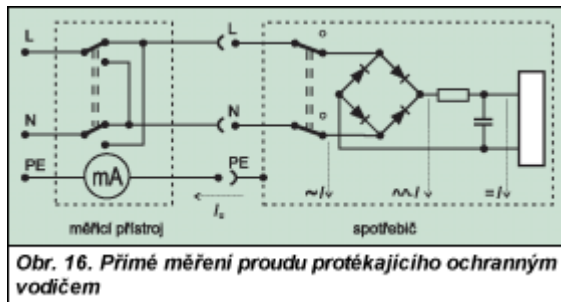
Měření se vykonává u spotřebičů tř. I, které spadají do kategorií podle ČSN 33 1600 a ČSN 33 1610, i u strojů podle ČSN EN 60204-1 shodným způsobem. Výsledky se vyhodnocují podle ČSN 33 1610. V jiných normách toto měření totiž není popsáno.

4.1.1 Schéma a popis zapojení

Na obr. 16 je schéma zapojení pro přímé měření proudu protékajícího ochranným vodičem u spotřebičů tř. I (tzv. přímá metoda).

Spotřebič je připojen přes měřicí přístroj k napájecímu napětí a sepnutím síťového vypínače je uveden do provozu. Proud, který uniká ze síťové části přes izolace spotřebiče na jeho vodivé

části přístupné dotyku, odtéká ochranným vodičem přes měřicí přístroj, kde je do obvodu ochranného vodiče vřazen miliampérmetr měřící velikost proudu.

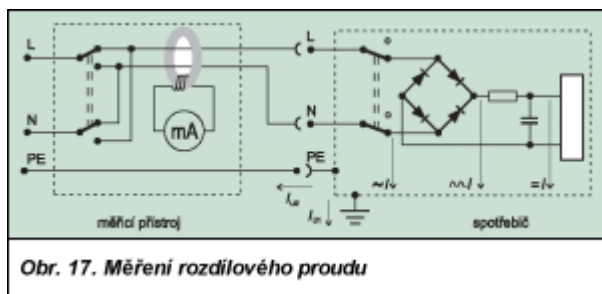


Obr. 16. Přímé měření proudu protékajícího ochranným vodičem

Měřicí přístroj je vybaven přepínačem polarit pracovních vodičů. Díky němu lze měřit unikající proud v obou možných provozních stavech spotřebiče, tzn. kdy je tentýž pracovní vodič připojen jednou k fázovému a podruhé k neutrálnímu pólu napájení.

Pozn.: Nutnost prověřit unikající proud spotřebiče v obou provozních stavech je dána skutečností, že případná závada na izolaci síťové části spotřebiče zpravidla nevznikne symetricky k oběma pracovním vodičům. Je-li např. jeden z pracovních vodičů spotřebiče připojen k neutrálnímu pólu napájení, a nachází se tedy na stejném potenciálu jako vodič PE, i při poruše jeho izolace z něj neteče do vodiče PE žádný proud. Je-li ovšem spotřebič připojen do jiné napájecí zásuvky, která má fázový a neutrální vodič zapojen opačně, může z pracovního vodiče s porušenou izolací téci do vodiče PE poměrně značný proud.

Podmínkou správného změřením unikajícího proudu je tzv. izolované uložení spotřebiče. Budou-li některé vodivé, s vodičem PE spojené části spotřebiče uzemněny ještě jinak než přes vodič PE, měřicí přístroj tu část unikajícího proudu, která odtéká náhodným uzemněním, nezměří.



Aby bylo možné u náhodně uzemněných spotřebičů zjistit obě části unikajícího proudu, je nutné měřit takzvaný rozdílový proud podle schématu na obr. 17. Výsledný unikající proud se zjistí tak, že měřicí přístroj porovná napájecí proud, který teče do spotřebiče s proudem, jenž se ze spotřebiče vrací. Uniká-li ve spotřebiči část napájecího proudu mimo pracovní vodiče a síťovou část, projeví se jako rozdíl proudů v pracovních vodičích. Tento rozdíl proudů v měřicím přístroji vyhodnotí miliampérmetr

připojený k toroidnímu měřicímu transformátoru, skrz nějž procházejí pracovní vodiče napájecí spotřebič.

Požadované parametry měřicího zařízení

Jedním z požadavků normy je, že pokud uživatel měří proud protékající ochranným vodičem tzv. přímou metodou, musí jej přístroj prokazatelně upozornit na nutnost izolovaného uložení spotřebiče, např. nápisem na displeji, na štítku přístroje apod.

Další požadavky na měřicí zařízení pro měření proudu protékajícího vodičem PE jsou uvedeny v příloze E normy ČSN 33 1610.

4.1.2 Vyhodnocení naměřených hodnot

Proud protékající ochranným vodičem je třeba měřit dvakrát při záměně polarit napájení pracovních vodičů. V nyní platném znění ČSN 33 1610 sice zmíněný měřicí postup není stanoven, ovšem toto opominutí napraví návrh změn normy, kde je již povinnost dvojího měření zakotvena.

Pro vyhodnocení měření je třeba vzít v úvahu vyšší z obou naměřených hodnot a porovnat ji s maximálním povoleným proudem uvedeným v tab. 4.

Tab. 4. Maximální hodnoty proudu protékajícího ochranným vodičem elektrického spotřebiče tř. I

Typ spotřebiče	Max. hodnota proudu (mA)
všechny typy s výjimkou níže uvedených	3,5
zařízení informační techniky podle ČSN EN 60950 držená za provozu v ruce	0,75
tepelné spotřebiče s výkonem nad 3,5 kW	1 mA na 1 kW výkonu

Pozn.: Unikající proud se neměří u zařízení informační techniky specifikovaného v ČSN EN 60950 a vybaveného varovným návěstím upozorňujícím na velký zpětný proud a ukládajícím povinnost připojit ochranný vodič před zapojením přívodu napájení. U tohoto spotřebiče se kontroluje pouze ochranné pospojování, a to prohlídkou a měřením, přičemž odpor musí odpovídat předepsanému průřezu ochranného vodiče.

4.2 Problematika měření proudu procházejícího ochranným vodičem

4.2.1 Izolované uložení spotřebičů

Podmínkou správnosti přímého měření unikajícího proudu je izolované uložení spotřebiče. Znamená to, že není spojen se zemí jiným způsobem než přes ochranný vodič napájecího přívodu. Náhodným uzemněním může být např. vodovodní nebo plynové potrubí, vedení pro přenos dat, propojení s jiným spotřebičem či připevnění k vodivému nebo částečně vodivému podkladu (ke zdi, k podlaze apod.). Toto náhodné uzemnění nemusí být stabilní nebo trvalé. Nastane-li jeho zhoršení nebo přerušení, může proud unikající PE vodičem spotřebiče vzrůst nad přípustnou mez.

Proto použije-li se k měření unikajícího proudu metoda přímého měření, je nutné od spotřebiče odpojit veškerá náhodná uzemnění a položit jej na izolační podložku dostatečné tloušťky. Tím se zabrání přímému dotyku vodivých částí spotřebiče s uzemněným podloží, ale i případné kapacitní vazbě mezi nimi. Doporučená tloušťka podložky je minimálně 50 až 100 mm. Uvedenou podmínku např. položení spotřebiče na nevodivý pracovní stůl splňuje.

Nelze-li izolované uložení spotřebiče zajistit, není možné metodu přímého měření proudu ochranným vodičem použít. Je pak třeba unikající proud spotřebiče změřit jinou metodou (nejčastěji měřením rozdílového proudu).

Pozn.: Vliv na případnou změnu proudu procházejícího vodičem PE spotřebiče může mít jen náhodné uzemnění těch částí spotřebiče, které jsou vodivé a jsou spojeny s jeho vodičem PE. Pokud jsou náhodně uzemněny jeho nevodivé části nebo části nespojené s obvodem ochranného vodiče, lze metodou přímého měření proudu spotřebič ověřit. Je ovšem třeba zvážit, zda se nemůže uplatnit případný vliv kapacitní vazby mezi obvodem ochranného vodiče spotřebiče a těmito náhodně uzemněnými díly.

4.2.2 Měření spotřebičů obsahujících elektronické prvky

Na obr. 16 a obr. 17 je též znázorněno, že unikající proud může být střídavý, stejnosměrný, usměrněný pulsní nebo může jít i o různé jejich kombinace či zkreslení vyššími harmonickými, způsobené polovodičovými spínacími prvky ve spotřebiči. To vše ovlivní naměřený výsledek. Záleží na konstrukci měřícího přístroje, jakým způsobem měřený proud zpracuje a vyhodnotí.

Značná část měřících přístrojů pro revize spotřebičů je obvykle nastavena tak, že předpokládá ideální sinusový průběh proudu o kmitočtu 50 Hz. Veškeré odchylky od tohoto průběhu tedy mají vliv na naměřený výsledek. Vzhledem k tomu, že metodika měření unikajících proudů není upravena řadou evropských norem EN 61557, mohou přístroje různých evropských i neevropských výrobců reagovat na zkreslující složky proudu produkované elektronikou spotřebičů různě. U některých spotřebičů je tudíž možné různými typy měřících přístrojů naměřit odlišné hodnoty unikajícího proudu. V návrhu změn nejnovější verze ČSN 33 1610 jsou zahrnuty alespoň základní požadavky na zpracování měření unikajících proudů, aby bylo možné u spotřebičů dosáhnout srovnatelných výsledků měření různými přístroji. Vzhledem k tomu, že tyto změny dosud nejsou platné a nelze vyloučit, že ještě projdou úpravami, nebudou zde rozebírána a informace o nich bude zveřejněna, až začne nové znění normy platit. Na výsledek měření může mít značný vliv také DC složka unikajícího proudu a vzhledem k tomu, že schopnost měřícího přístroje registrovat tuto složku hraje roli při rozhodování o volbě měřící metody při revizi spotřebiče, je vhodné tento problém rozebrat podrobněji.

Usměrňovače nebo elektronické obvody produkující stejnosměrné nebo usměrněné pulsní průběhy obsahuje velký počet spotřebičů. A technicky jednoduše uskutečnitelné měření stejnosměrného proudu je možné pouze při tzv. přímém měření proudu protékajícího vodičem PE. Měření rozdílového proudu měřicím transformátorem stejnosměrnou složku nezaregistruje nebo usměrněné průběhy měří zkresleně. Proto je vhodné při měření izolovaně uložených spotřebičů přednostně používat metodu přímého měření unikajícího proudu.

Pozn.: Ne každý měřicí přístroj, který je vybaven tzv. přímou metodou měření proudu ochranným vodičem, měří i stejnosměrnou složku. Existují přístroje, které i při tomto měření ke snímání proudu tekoucího ochranným vodičem využívají měřicí transformátor, a proto stejnosměrnou složku nezaregistrují.

4.2.3 Měření spotřebičů obsahujících filtrační kapacity

Další problematickou částí spotřebiče z hlediska měření unikajícího proudu jsou jeho filtrační prvky. Ty často obsahují poměrně velké kapacity zapojené mezi ochranný vodič a pracovní vodiče.

Uvedené kapacity propouštějí do ochranného vodiče relativně velký střídavý proud. Celkový proud tekoucí ochranným vodičem je pak tvořen proudem unikajícím přes izolaci spotřebiče a proudem tekoucím přes filtrační kapacity. Překročí-li unikající proud spotřebiče normou povolenou hodnotu 3,5 mA, nastává dilema, jak posoudit elektrickou bezpečnost spotřebiče. Nemusí totiž jít o závadu na izolaci, ale o jeho konstrukční vlastnost.

Přísně vzato, proud unikající do ochranného vodiče přes filtrační kapacity může být pro obsluhu spotřebiče stejně nebezpečný jako proud unikající přes závadu na izolaci. Naproti tomu ovšem tento proud obvykle významně nepřekračuje normou povolenou hodnotu. Je tedy na revizním technikovi, aby jeho případnou nebezpečnost posoudil.

Pozn.: Určitým vodítkem při posuzování může být zjištění, jak velká část celkového unikajícího proudu se do vodiče PE dostává přes filtrační kapacity. K tomu lze využít metodu měření náhradního unikajícího proudu (podrobnější popis bude uveden v části věnované měření náhradního unikajícího proudu). Pokud se převážná část proudu do vodiče PE dostává přes filtrační kapacity, není tedy porušena izolace spotřebiče a celkový unikající proud jen nevýznamně překračuje povolenou hodnotu, je možné (byť s určitou výhradou) spotřebič považovat za bezpečný. Dostává-li se ovšem většina proudu do vodiče PE přes izolaci síťové části spotřebiče, již se pravděpodobně jedná o závadu, která se postupem času může zhoršovat a ohrozit bezpečnost.

4.2.4 Vliv stavu elektrické instalace na měření

Správnost měření proudu protékajícího ochranným vodičem může být ovlivněna i stavem elektrické instalace, ke které je měřicí přístroj připojen. Aby přístroj dokázal změřit proud ochranným vodičem, musí tento proud mít možnost odtékat přes měřicí přístroj a vodič PE elektrické instalace do země. Jestliže je impedance ochranné smyčky v zásuvce, ke které je přístroj připojen, příliš velká, unikající proud se zmenší nebo v případě přerušení ochranné smyčky vůbec neteče.

Vyskytne-li se na kolíku PE zásuvky jakékoliv napětí, ovlivní naměřený výsledek do kladných nebo záporných hodnot podle toho, zda je ve fázi či v protifázi k měřenému proudu. Nebezpečné dotykové napětí může také z kolíku PE zásuvky proniknout přes měřicí přístroj na spotřebič a

způsobit úraz. Proto je dosti důležité mít jistotu, že přístroj je při měření připojen do zásuvky splňující požadavky norem pro bezpečnost elektrické instalace.

Některé moderní měřicí přístroje tento problém řeší obvodem kontrolujícím správnost zapojení obvodu PE v instalaci a indikujícím přítomnost napětí. Jestliže přístroj pro revize spotřebičů vodič PE nekontroluje nebo kontroluje pouze nebezpečné napětí na kolíku PE zásuvky, je vhodné instalaci zkontrolovat měřičem impedance a napětí (např. Zerotestem 46 N).

4.3 Měření proudu tekoucího ochranným vodičem v praxi

Pro měření proudu protékajícího ochranným vodičem lze spotřebiče tř. I podle způsobu připojení k napájecímu zdroji (elektrické síti) rozdělit na spotřebiče:

- s pohyblivým přívodem zakončeným jednofázovou vidlicí,
- s pohyblivým přívodem zakončeným trojfázovou vidlicí,
- pevně připojené.

Podle způsobu spojení jejich vodivých částí přístupných dotyku se zemí je lze rozdělit na spotřebiče:

- izolovaně uložené, spojené se zemí pouze přes vodič,
- neizolovaně uložené, náhodně uzemněné i jinak než přes vodič PE.

4.3.1 Volba měřicí metody

Jestliže měřicí přístroj umožňuje měřit proud ochranným vodičem oběma metodami, je třeba se rozhodnout, kterou z nich u ověřovaného spotřebiče použít.

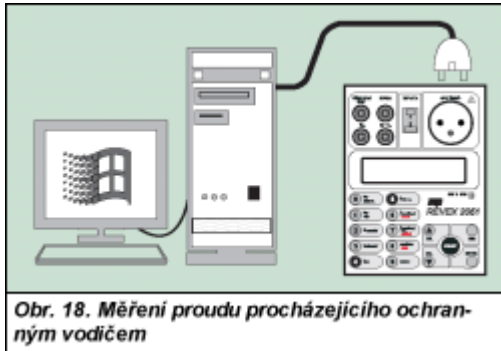
Dokáže-li přístroj měřit i stejnosměrnou složku unikajícího proudu, je vhodné přednostně volit metodu přímého měření proudu. Výhodou této metody u některých přístrojů je i vyšší odolnost proti vnějším rušivým vlivům a tím i vyšší přesnost měření. Jestliže je pro přímou metodu snímání proudu použit měřicí transformátor, a stejnosměrná složka se tedy neměří, je v podstatě lhostejné, která metoda je k měření zvolena.

Před měřením přímou metodou je zapotřebí nejprve ověřit, zda všechny vodivé části, které jsou spojeny s ochranným vodičem, jsou dostatečně izolovány od vodivých objektů spojených se zemí.

Pozn.: Vodivými objekty může být např. i zeď nebo betonová podlaha, k nimž je spotřebič přišroubován a které podle materiálu a své vlhkosti vykazují větší či menší vodivost. Dostatečnou izolací se myslí nejen dostatečný izolační odpor, ale i taková vzdálenost od vodivých uzemněných částí, která zaručí, že nemůže dojít k toku proudu do těchto částí vlivem velké kapacity mezi nimi (viz kap. 4.2.1).

Nelze-li izolované uložení spotřebiče zajistit, je nutné volit metodu měření rozdílového proudu. Měřicí postup je stejný jako u přímé metody, ale není třeba zajišťovat izolované uložení spotřebiče.

4.3.2 Spotřebiče s pohyblivým přívodem zakončeným jednofázovou vidlicí



Obr. 18. Měření proudu procházejícího ochranným vodičem

Na obr. 18 je uveden příklad měření unikajícího proudu spotřebiče tř. I, počítače.

Vidlice napájecího přívodu se zapojí do měřicí zásuvky přístroje a zvolí se měřicí metoda podle kap. 4.3.1.

Dále je třeba zachovat tento postup měření:

- Přivede se napětí do měřicí zásuvky přístroje buď stiskem tlačítka zahajujícího měření, nebo jestliže to měřicí přístroj dovoluje, zaaretováním napětí v zásuvce.
- Sítovým vypínačem se zapne spotřebič a je třeba vyčkat, až se uvede do provozního stavu.

Pozn.: Provozní stav je takový, ve kterém je spotřebič běžně provozován. Například u tepelných spotřebičů je třeba počkat, až se ohřejí na provozní teplotu, u počítače je zapotřebí počkat, až proběhnou testy paměti a počítač čeká na další pokyny obsluhy, apod. Vodítkem pro určení provozního stavu může být i údaj o velikosti unikajícího proudu na displeji měřicího přístroje. Pokud se hodnota unikajícího proudu nemění, pracuje spotřebič v ustáleném provozním stavu. Nemusí to ovšem platit ve všech případech.

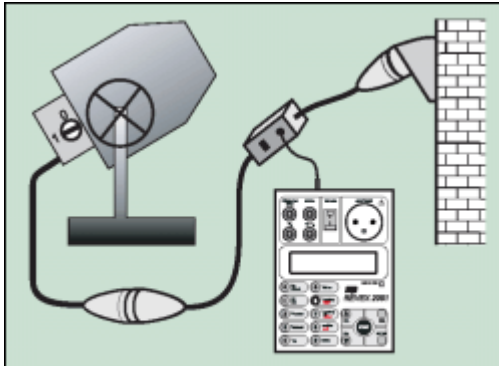
- Změří se unikající proud (přečtením údaje na displeji).
- Spotřebič se vypne postupem pro něj stanoveným (sítovým vypínačem, prostřednictvím klávesnice počítače apod.).
- Odpojí se napětí z měřicí zásuvky přístroje.
- Změní se polarita pracovních vodičů v měřicí zásuvce přístroje (záměna L a N).
- Popsaným postupem se znovu zapne spotřebič a přečte se hodnota unikajícího proudu při opačné polaritě napájecích vodičů.
- Popsaným způsobem se spotřebič vypne a odpojí se napětí z měřicí zásuvky.
- Pro vyhodnocení unikajícího proudu spotřebiče se použije vyšší z obou naměřených hodnot.

Uvedený postup zapínání a vypínání spotřebiče při měření je vhodné zachovat, neboť měřicí, a tedy i provozní napětí pro spotřebič je v přístroji spínáno pomocí relé. Kdyby byl nejprve sepnut sítový vypínač spotřebiče a teprve potom přivedeno napětí do měřicí zásuvky přístroje, proudový odběr při zapnutí spotřebiče způsobí jiskření mezi spínacími kontakty relé. To jednak zkracuje jejich životnost a jednak vysokonapěťové špičky, které při jiskření vznikají, mohou poškodit elektroniku spotřebiče. Totéž platí pro vypínání spotřebiče.

4.3.3 Spotřebiče s pohyblivým přívodem zakončeným třífázovou vidlicí

Měření proudu procházejícího ochranným vodičem u třífázových spotřebičů tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost osob, je možné jen pomocí třífázového adaptéru. To je speciální příslušenství, které neobsahuje každý měřicí přístroj. Adaptér je v podstatě třífázový prodlužovací přívod, v němž jsou vestavěny dva měřicí transformátory. Jedním z nich prochází ochranný vodič „prodlužováku“, a měří tedy proud ochranným vodičem. Druhým prochází

pracovní vodiče a měří rozdílový proud. Přepínačem lze volit, který z transformátorů má snímat unikající proud.



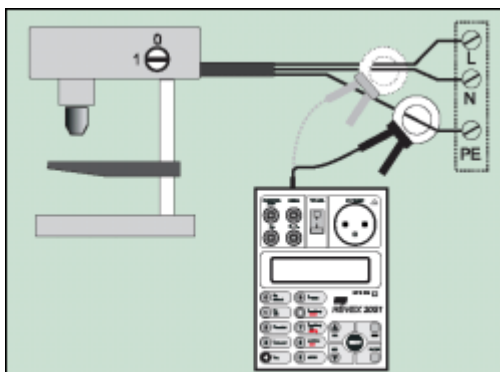
Obr. 19. Měření unikajícího proudu pomocí třífázového adaptéru

Měření s využitím třífázového adaptéru je znázorněno na obr. 19. Spotřebič je k síti připojen přes adaptér. Přepínačem na adaptéru je možné volit měřicí metodu. Je-li spotřebič náhodně uzemněn, je třeba využít metodu měření rozdílového proudu, je-li uložen izolovaně, je možné zvolit kteroukoliv z obou metod. Je tomu tak proto, že proud je v adaptéru snímán pomocí měřicích transformátorů a případnou stejnosměrnou složku proudu stejně nezaregistruje. Spotřebič se uvede do chodu a po ustálení údaje na displeji měřicího přístroje se přečte hodnota unikajícího proudu.

4.3.4 Pevně připojené jednofázové spotřebiče

Měřit proud procházející ochranným vodičem u pevně připojených spotřebičů lze dvěma způsoby. Nejvhodnějším způsobem je měření klešťovým ampérmetrem (obr. 20), neboť je nejjednodušší a bezpečné. Druhá metoda pracuje s odpojeným ochranným vodičem. Pro možné ohrožení měřicího přístroje a bezpečnosti obsluhy ji není vhodné používat. Proto zde není popsána.

Unikající proud pevně připojeného spotřebiče lze klešťovým ampérmetrem měřit přímo na ochranném vodiči nebo na pracovních vodičích jako rozdílový proud. Předpokladem přímého měření proudu procházejícího ochranným vodičem je skutečnost, že spotřebič je izolovaně uložen. Rozdílový proud je možné měřit u izolovaně uložených i náhodně uzemněných



Obr. 20. Měření proudu procházejícího ochranným vodičem u pevně připojených spotřebičů pomocí kleští

spotřebičů. Volba měřicí metody není důležitá, neboť klešťový transformátor případnou stejnosměrnou složku i při přímém měření proudu tekoucího ochranným vodičem nezaregistruje.

Spotřebič se uvede do chodu a klešťovým transformátorem se obemkne jeho vodič PE nejlépe v místě připojení do svorkovnice napájení nebo jeho pracovní vodiče (s výjimkou vodiče PE), měří-li se rozdílový proud. Na displeji přístroje se přečte hodnota unikajícího proudu. Druhé měření při opačné polaritě pracovních vodičů není u pevně připojených spotřebičů nutné, neboť lze předpokládat, že náhodná záměna fázového a neutrálního vodiče nehrozí.

Pozn.: Pro měření unikajícího proudu je třeba použít takový klešťový přístroj, který dokáže s dostatečným rozlišením a přesností měřit alespoň jednotky miliampérů (mezní hodnota

bezpečného unikajícího proudu u většiny spotřebičů je 3,5 mA). Nelze tedy k tomuto měření použít jakýkoliv klešťový ampérmetr.

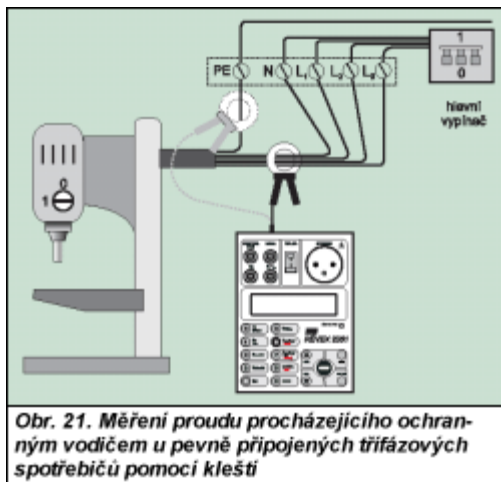
4.3.5 Pevně připojené třífázové spotřebiče

Unikající proud třífázových spotřebičů se měří podobným způsobem jako u jednofázových. Znamená to, že se klešťovým ampérmetrem obemkne buď ochranný vodič, nebo všechny pracovní vodiče (obr. 21), spotřebič se uvede do chodu a měří se proud vodičem PE nebo rozdílový proud.

Také v tomto případě platí, že měření proudu přímo ve vodiči PE je možné pouze u izolovaných uložených spotřebičů.

4.4 Shrnutí

Měření proudu tekoucího ochranným vodičem (unikajícího proudu) je jeden ze způsobů, jak



prověřit stav izolací spotřebiče z hlediska elektrické bezpečnosti. V současné době, kdy spotřebiče jsou ve stále větší míře vybavovány elektronikou a ověřování stavu izolací měřením izolačního odporu se stává problematickým (viz kap. 3.2.1), získává toto měření na důležitosti. Měření unikajícího proudu je popsáno pouze v normě ČSN 33 1610, ovšem lze je vykonávat i u spotřebičů spadajících do kategorií ručního nářadí podle ČSN 33 1600 a strojů podle ČSN EN 60204-1.

Existují dvě metody měření proudu tekoucího ochranným vodičem – přímé měření a měření rozdílového proudu. Problematika měření a výběr měřicí metody jsou popsány v kapitole 4.2. Obecně lze říci, že metoda měření rozdílového proudu je univerzálněji použitelná, neboť není třeba zkoumat způsob uzemnění

vodivých částí spotřebiče přístupných dotyku. Ovšem obsahuje-li unikající proud usměrněnou složku, může být výsledek měření zkreslený.

Unikající proud pevně připojených a třífázových spotřebičů lze při zachování bezpečnosti měřit pouze s využitím speciálních třífázových adaptérů nebo klešťovým miliampérmetrem.

Postup měření proudu tekoucího ochranným vodičem je takovýto:

1. Před započítím měření je třeba zvolit měřicí metodu (viz kap. 4.3.1).
2. Spotřebič se připojí k napájecímu napětí.
3. Spotřebič se uvede do chodu za dodržení všech bezpečnostních a provozních pokynů pro provoz spotřebiče.
4. Poté, co spotřebič dosáhne provozního stavu (viz kap. 4.3.2.), změří se (přečtením z displeje) unikající proud.
5. Spotřebič se vypne.
6. U jednofázových spotřebičů s pohyblivým přívodem je nutné zaměnit pracovní vodiče napájení (viz kap. 4.3.2).
7. Zopakuje se měření postupem uvedeným v bodech 2 až 5.