

## 14/7.3

# ZÁKLADNÍ DRUHY MĚŘENÍ PŘI ZKOUŠENÍ ELEKTRICKÝCH INSTALACÍ A PŘÍPOJEK NÍZKÉHO NAPĚTÍ

Revize elektrických zařízení je definována jako činnost, při kterém se prohlídkou, zkoušením a **měřením** zjišťuje stav daného zařízení z hlediska jeho bezpečnosti. Kontrola elektrického zařízení je pak činnost, při které se prohlídkou, zkoušením a **měřením** zjišťuje technický stav elektrického zařízení. Uvedené se v plném rozsahu týká i revizí a kontrol elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí.

**Měřením** rozumíme souhrn úkonů, kterými za pomoci měřících přístrojů a při použití vhodné měřicí metody získáme potřebné údaje o měřené veličině.

Stav elektrických zařízení se zjišťuje vhodnými měřicími přístroji. K měření se použijí měřicí přístroje a metody vyhovující požadavkům souboru norem ČSN EN 61557 (35 6230) nebo měřicí přístroje a metody dávající srovnatelné výsledky. Metody a postupy měření uvedené v této kapitole jsou metodami doporučenými. Jedná se o základní měření elektrických veličin prováděných jak při stavbě, tak i při revizích a kontrolách elektrických instalací a přípojek nízkého napětí. Jiné metody a postupy se nevylučují za předpokladu, že dávají alespoň stejně přesné výsledky.

### Měření izolačního odporu

Měření izolačního odporu je důležité zejména z bezpečnostních důvodů, protože ochrana živých částí před nebezpečným dotykem je ve většině případů zajišťována právě jejich izolací. I když dnes existují materiály s velmi vysokým izolačním odporem, neznamená to vyloučení izolačních poruch.

Aby bylo možno odpovídající úroveň izolačního stavu zařízení posoudit, jsou stanovena v technických normách (ČSN 33 2000–6, PNE 33 0000–1 ed. 4) dále uvedené základní kritéria:

- izolační odpor měřený hodnotami zkušebního napětí dle následující tabulky je vyhovující, jestliže každý obvod (při odpojených spotřebičích u elektrických instalací a odpojených odběrných zařízeních u přípojek) má izolační odpor, **který není nižší** než minimální hodnota příslušného obvodu uvedená v tabulce;

### Měření



### Měření izolačního odporu

díl 7, Požadavky na měřící přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

- měřit se musí stejnosměrným proudem. Zkušební přístroj musí být schopen poskytovat zkušební napětí stanovené v tabulce při zatížení 1 mA po dobu 5 až 10 vteřin.

*Poznámka:* Jestliže obvod obsahuje elektronická zařízení, provádí se pouze měření mezi pracovními vodiči (fázemi a nulovým vodičem, které jsou spojeny) a zemí, resp. ochranným vodičem. Toto opatření je nezbytné, protože provedení zkoušky bez vzájemného spojení pracovních vodičů může poškodit elektronická zařízení.

### Minimální hodnoty izolačního odporu

Tabulka 1: Minimální hodnoty izolačního odporu

Jmenovité napětí obvodu	Zkušební DC napětí (V)	Izolační odpor (MΩ)
SELV a PELV	250	≥ 0,5
Do 500 V včetně	500	≥ 1,0
Od 501 V do 1 000 V včetně	1 000	≥ 1,0
Venkovní a kabelové přípojky do 1 000 V	1 000	≥ 1,0
Venkovní přípojky do 1 000 V (za vlhkého počasí na 1 km délky)	1 000	≥ 0,024



#### Izolační odpor se musí měřit:

- a) u nových elektrických instalací
- mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemničtem. Pro účely měření se mohou pracovní vodiče (fázové vodiče a nulový vodič) spolu navzájem spojit, nulový vodič se odpojuje od ochranného vodiče.

*Poznámka:* Izolační odpor se bez ohledu na prostředí, ve kterém je instalace situována, doporučuje ověřit i mezi pracovními vodiči navzájem. Měření je nutno provádět během montáže instalace dříve, než se instalace připojí ke stávajícímu rozvodu.

- b) u nových elektrických přípojek
- mezi pracovními vodiči, postupně vždy dva mezi sebou, je-li za provozu mezi nimi napětí. Izolační odpor vodičů spojených provozně se zemí se proti zemi neměří.

*Poznámka:* V praxi lze provést měření izolačního odporu mezi pracovními vodiči pouze během montážních prací před připojením odběrných zařízení, jinak musí me vodiče před měřením odpojit.

- mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemničtem.

*Poznámka:* V soustavě TN–C se měří mezi pracovními vodiči a vodičem PEN, vodič PEN se považuje za součást země;

díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

c) Při pravidelných revizích a kontrolách

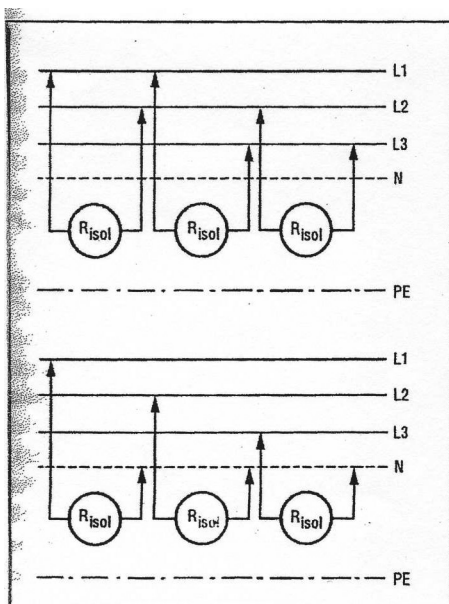
- mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemnicem, je-li za provozu mezi ním a ochranným vodičem spojeným se zemnicem jmenovité napětí.

Naměřené hodnoty izolačního odporu bývají obvykle mnohem vyšší než ty, které předepisuje uvedená tabulka 1. Jestliže mezi naměřenými hodnotami jsou zřejmé rozdíly, je účelné zjistit příčiny.

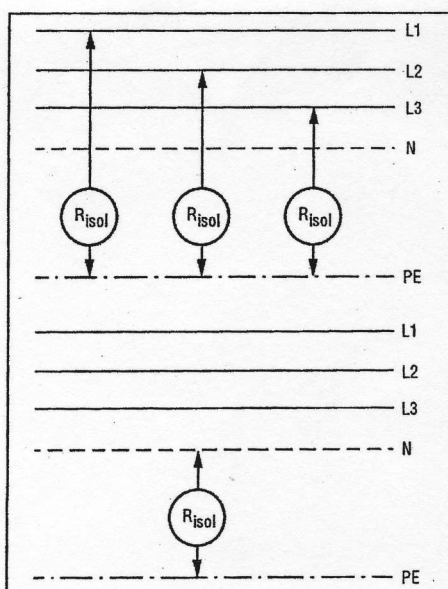
Tabulka 2: Pro ověření izolačního stavu lze použít některý z dále uvedených měřících přístrojů

Výrobce	Typ přístroje	Rozsah zkušebního napětí
Kyoritsu	KEW 3132	250, 500, 1000 V
Metra Blansko	PU 186	500, 1000, 2500 V
Meger	MIT 400	250, 500, 1000 V
Metra Blansko	PU 187.2	50, 100, 250, 500, 1000 V
Kyoritsu	KEW 3122	250, 500, 1000, 2500, 5000 V

a)



b)



Obrázek 1: Měření izolačního odporu – a) mezi pracovními vodiči,  
– b) mezi každým pracovním vodičem a zemí

### Měření odporu zemniče

S uzemněním a s měřením odporu zemniče se při revizích a kontrolách setkáváme poměrně často. Zjištění odporu celkového uzemnění nebo jednotlivých zemničů je důležité nejen pro revizního technika, ale též pro dodavatele montážních prací, který musí zjistit, zda jím provedené uzemnění dosahuje předepsané hodnoty a též pro provozovatele zařízení, zejména pak s ohledem na ochranu před úrazem elektrickým proudem a funkčnost zařízení např. svodičů přepětí. Metody

### Uzemnění a měření odporu zemniče

díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

měření uzemnění (např. metoda založená na měření proudu a napětí) jsou popsány v technických normách a technické literatuře.

V praxi se pro měření odporů zemničů zřízených v souvislosti s elektrickými instalacemi a přípojkami nízkého napětí běžně používají přístroje určené speciálně k měření zemních odporů – ukazující přímo odpor zemniče. Měřiče odporu uzemnění jsou vyráběny v analogové i digitální verzi, napájení je většinou bateriové nebo s vestavěným akumulátorem. K vybavení přístrojů pro měření zemních odporů patří zemní tyče (pomocný zemnič a měřicí sonda), propojovací kabely a další příslušenství potřebné k provedení měření.

Tabulka 3: Běžně používané typy přístrojů

Výrobce	Typ přístroje	Poznámka
Metra Blansko	PU 183.1	Pro měření zemních odporů, ohmických odporů a měrného odporu (rezistivity) půdy.
Meger	DET 4TD	Digitální měřič zemního odporu a rezistivity půdy.
Metra Blansko	PU 193	<b>Podrobněji – viz dále</b>
Kyoritsu	KEW 4200	Klešťový měřič uzemnění.

### Měření zemního odporu zemniče s menší rozlohou

#### Měření zemního odporu zemniče s menší rozlohou

Pro měření se používá celá řada přímo ukazujících přístrojů různých konstrukcí. Tyto přístroje měří malým proudem při určitém kmitočtu odlišném od 50 Hz. Zdrojem proudu je převážně baterie, případně vestavěný akumulátor. K vlastnímu měření jsou dále nutné dvě pomocné měřicí elektrody (sondy) a měděné měřicí šňůry dodávané jako součást příslušenství přístroje.

Umístění pomocných měřících elektrod je odvislé od typu zemniče. U páskového zemniče se elektrody umísťují v přímce, napěťová elektroda se zarazí do země ve vzdálenosti min. 20 m od svodu měřeného zemniče, za ní v přímce min. po 20 metrech se zarazí proudová elektroda. Je-li zemnič tyčový, umísťují se elektrody do rovnostranného trojúhelníka. Při deskovém zemniči se elektrody umísťují v přímce kolmé na zemnič.

Měřit by se mělo vždy nejméně dvakrát, a při každém měření změnit vzdálenosti, popř. i směr elektrod. Naměřené hodnoty by měly být stejné, v případech, kdy nejsou, je třeba umístit proudovou elektrodu do větší vzdálenosti. Za směrodatnou je nutné brát větší z naměřených hodnot, pokud se příliš neliší. Při měření jednoduchých zemničů se umísťuje proudová elektroda (jak vyplývá z výše uvedeného) ve vzdálenosti min. 40 m kolmo na delší rozměr zemniče.

díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

### Měření zemního odporu zemničů s větší rozlohou

Při měření složitých zemničů nebo mřížové uzemňovací sítě je nutné umístit proudovou elektrodu ve vzdálenosti rovnající se nejméně trojnásobku největšího rozměru zemniče nebo trojnásobku úhlopříčky mřížové uzemňovací sítě.

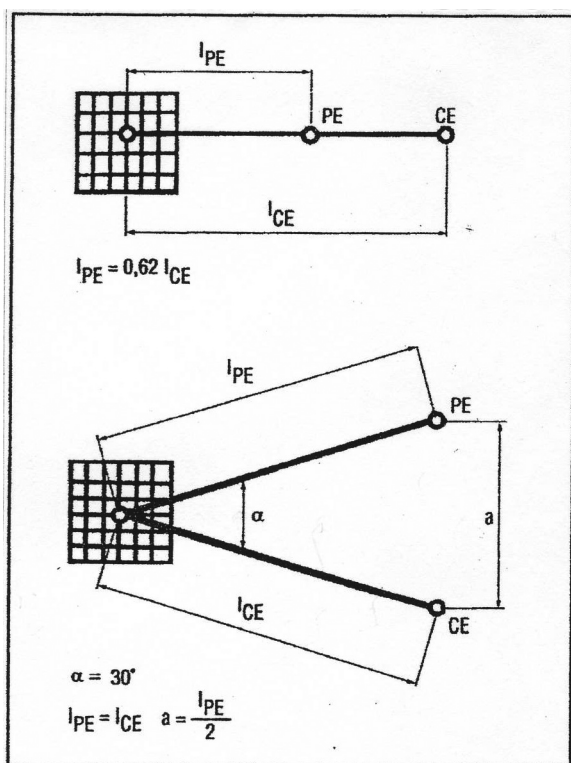
Rozhodující vliv pro správné měření má vzájemná poloha měřeného uzemnění a měřících elektrod.

S ohledem na průběh potenciálu elektrického pole kolem nich je nutné elektrody rozmístit tak, že střed měřeného uzemnění a elektrody leží v přímce, přičemž mezi vzdáleností k napěťové elektrodě ( $I_{PE}$ ) a vzdáleností k proudové elektrodě ( $I_{CE}$ ) platí vztah:  $I_{PE} = 0,62 \cdot I_{CE}$ .

Měřicí elektrody lze též umístit tak, že tvoří vrcholy rovnoramenného trojúhelníka, přičemž

$I_{PE} = I_{CE}$  a spojnice středu s elektrodami svírají úhel  $30^\circ$ . Rozmístění elektrod pro měření zemničů s větší rozlohou přibližuje uvedený obrázek 2.

### Měření zemního odporu zemničů s větší rozlohou



Obrázek 2: Rozmístění elektrod při měření zemničů s větší rozlohou

### Doporučení pro měření zemních odporů

Při měření zemních odporů je účelné dodržovat některá praxí ověřená opatření, která zaručují nejen správné změřené hodnoty, ale též bezpečnost práce při vlastním měření.



díl 7, Požadavky na měřící přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

Při měření:

- a) je nutné dbát na to, aby pomocné elektrody byly umístěny v jedné přímce s měřeným zemničem;
- b) je nutné – pokud to lze prakticky provést, umístit pomocné elektrody kolmo na vedení přípojek;
- c) pomocné elektrody se nemají umísťovat nad zemnicí pásek nebo jiné kovové konstrukce uložené v zemi;
- d) nemáme-li jistotu, kde a jak je uloženo zemnicí zařízení, je účelné zvětšit vzdálenost pomocných elektrod od měřeného zemnicího zařízení minimálně na 40 a 80 m;
- e) délka spojovacího vodiče od měřeného zemniče k měřicímu přístroji nemá být větší než 3 m; není-li možné tuto vzdálenost dodržet je nutno provést zdvojení spojovacích vodičů, a tím odstranit (zejména při měření malých hodnot odporů), vliv odporu spojovacího vedení na celkový výsledek měření.



Dle ČSN EN 50110 ed. 2 (34 3100) *Obsluha a práce na elektrických zařízeních* je měření (obecně) považováno za práci na elektrickém zařízení související s kontrolou funkčního stavu zařízení. Tím je dána i nutná kvalifikace osob pro jednotlivé druhy měření.

### Měření zemních odporů měřičem PU 193

#### Měřič PU 193

Přístroj PU 193 je určen především pro měření zemničů a uzemňovacích soustav. Je napájen z vestavěného olověného akumulátoru 12V/1,3Ah s možností dobíjení po připojení k síti 230V/50Hz.

Přístroj je vybaven pamětí s kapacitou 1999 naměřených hodnot a možností přenosu do PC.

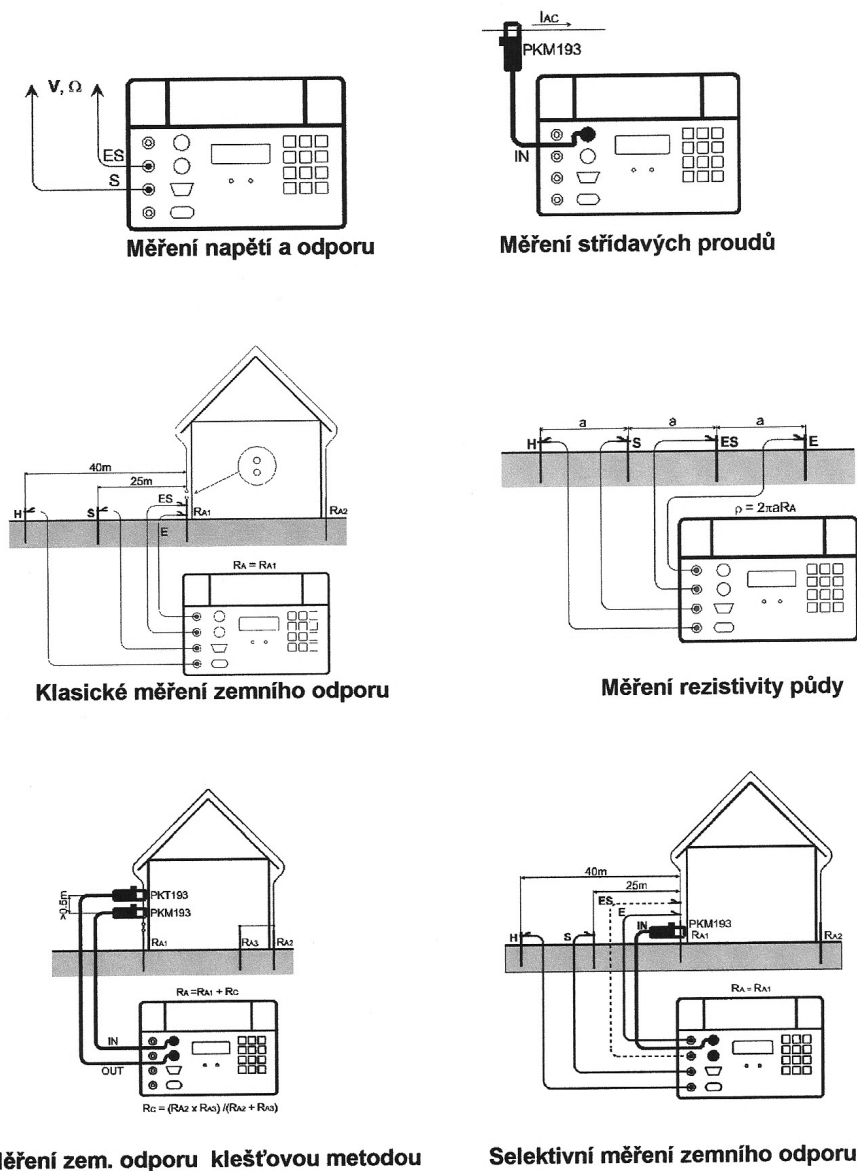
Konstrukce přístroje odpovídá ČSN EN 61557-3 (35 6230).

#### Přístrojem lze měřit:

- zemní odpory do 20 k $\Omega$  klasickou třívodičovou (čtyřvodičovou) metodou s možností změny frekvence měřicího signálu;
- zemní odpory klešťovou metodou bez rozpojování zkušební svorky měřeného zemniče pomocí vysílacích kleští (PKT 193) a měřících kleští (PKM 193);
- rezistivitu (měrný odpor) půdy do 20 k $\Omega$ .m s volitelnou vzdáleností měřících elektrod;
- selektivní měření zemních odporů (tuto metodu je možno použít k měření zemniče v zemnicích soustavách bez vlivu ostatních zemničů) – k měření jsou nutné měřící kleště PKM 193;
- odpor ochranného vodiče do 20  $\Omega$  proudem min. 200 mA DC (se změnou polarity);
- proud tekoucí zemničem (vodičem, který má proti zemi napětí max. 250V) pomocí měřících kleští PKM 193 v rozsazích 200 mA, 2 A, 20 A;
- měření napětí na zemniči – maximálně do 250V/AC, DC;
- měření ohmických odporů (odporů, které nemají kapacitní ani induktivní složku) v rozsahu 0,01 ÷ 19,99 k $\Omega$ .

*díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí*

Možnosti měření přístrojem PU 193 a jeho připojení k měřenému obvodu znázorňuje obrázek 3.



Obrázek 3: Možnosti měření přístrojem PU 193

**Měření impedance smyčky**

Impedance vyjadřuje vlastnost určitého elektrického obvodu, v němž se vyskytuje ohmický odpor, indukčnost či kapacita. K měření impedancí, kapacit a indukčností se používají měřicí metody výchylkové i nulové, které jsou základem různých typů měřičů impedancí, dnes běžně při revizích a kontrolách používaných.

**Impedance**



díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

### Měření impedance poruchové smyčky elektrických přípojek

V distribučních sítích TN venkovních i kabelových vedení, v nichž se používá pro ochranu před nebezpečným dotykem neživých částí (ochrana při poruše) automatické odpojení od zdroje, je nezbytné si ověřit, zdali kontrolovaným obvodem (jištěným úsekem elektrické přípojky nn) může protékat takový vypínací proud, který zabezpečí odpojení poškozeného zařízení od zdroje v čase stanoveném pro distribuční síť nn normou *PNE 33 0000–1 ed. 4*. Toto ověření řešíme měřením impedance smyčky, která zahrnuje pracovní zdroj, pracovní vodič k místu poruchy a ochranný vodič mezi místem poruchy a zdrojem. Vlastní měření je nejlépe provést v místě, kde končí elektrická přípojka, což je převážně hlavní domovní pojistková skříň, tj. v předávacím místě, kde začíná odběrné zařízení odběratele – zákazníka.

Pro správnou funkci ochranných přístrojů v sítích TN je nutné, aby v případě poruchy vzniklé v kterémkoliv místě venkovní nebo kabelové přípojky mezi fázovým vodičem a vodičem PEN (sít' TN–C) nebo jinou neživou částí přípojky došlo k automatickému odpojení od zdroje v předepsaném čase do 30 sec., což zabezpečuje splnění podmínek uvedených v *PNE 33 0000–1 ed. 4, čl. 3.3.3.4*.

Impedance smyčky je závislá nejen na délce a vodivosti vodičů vedení, ale i na kvalitě provedených spojů vodičů, které zejména u hliníkových vodičů nemusí být vždy spolehlivé. Proto se doporučuje, před vlastním měřením impedance smyčky, provést zkoušku spjitosti ochranných vodičů.



Při měření impedance smyčky **v podmínkách distribučních sítí a i přípojek** je nutné uvažovat s chybou použitého měřicího přístroje. Naměřenou hodnotu impedance smyčky je nutné vynásobit koeficientem 1,2 – který respektuje chybu použitého měřicího přístroje a oteplení vodičů při jednofázovém zemním zkratu do doby jeho odpojení.

### Měření impedance poruchové smyčky v elektrické instalaci objektů

Požadavky na ověření ochrany automatickým odpojením od zdroje pro jednotlivé typy sítí jsou rozvedeny v kapitole 14/5 této příručky.

Měření impedance poruchové smyčky v síti TN provedených instalací objektů se provádí obvykle při pokojové teplotě (předpokládaná teplota 20 °C), čímž se naměří odlišná hodnota, než by se naměřila při provozní teplotě, kdy k poruchám (porušení izolace) dochází, včetně velkých zkratových proudů, který při poruše vzniká. Na výsledek měření má vliv i pracovní nejistota měření (viz kapitola 14/7.1 příručky). Aby se nemuselo s těmito vlivy při měření uvažovat, byly tyto vlivy zahrnuty se do dále uvedeného výsledného vztahu:



$$Z_{s(m)} \leq 2U_0/3I_a (\Omega)$$

kde

$Z_{s(m)}$  je naměřená hodnota impedance smyčky (fázový vodič – uzemněný ochranný vodič (vodič PEN) v ohmech;

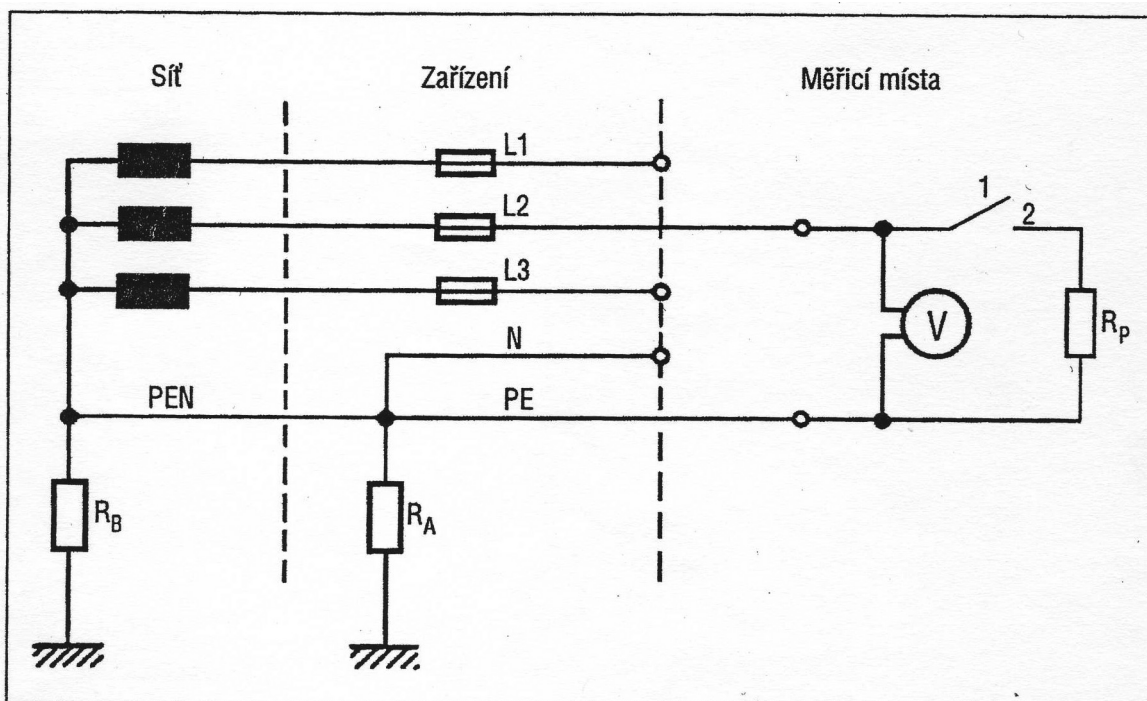
$U_0$  je napětí mezi fázovým vodičem a uzemněným nulovým vodičem ve voltech;



díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

- I<sub>a</sub> je proud způsobující automatickou funkci ochranného přístroje v době stanovené pro koncové obvody tabulkou v ČSN 33 2000–4–41 ed. 2, tab. 41.1, nebo do 5 sec. dle čl. 411.3.2.3 normy.

Na obrázku 4 je uveden princip měření impedance smyčky na zařízeních pod napětím. Spočívá v tom, že se porovnává napětí, které je v místě obvodu bez zatížení, s napětím v témže místě při zatížení známým odporem  $R_p$ . Rozdíl napětí se vyhodnotí a v porovnání s napětím naprázdno se z něj při známém odporu určí impedance smyčky a velikost zkratového proudu obvodu. Uvedený princip se využívá i u různých typů měřičů impedancí, jež vyhodnocují úbytky napětí při průchodu definovaného proudu (např. 10 A), který tyto přístroje nechávají měřeným obvodem procházet po dobu jedné půlvlny (0,01 s).

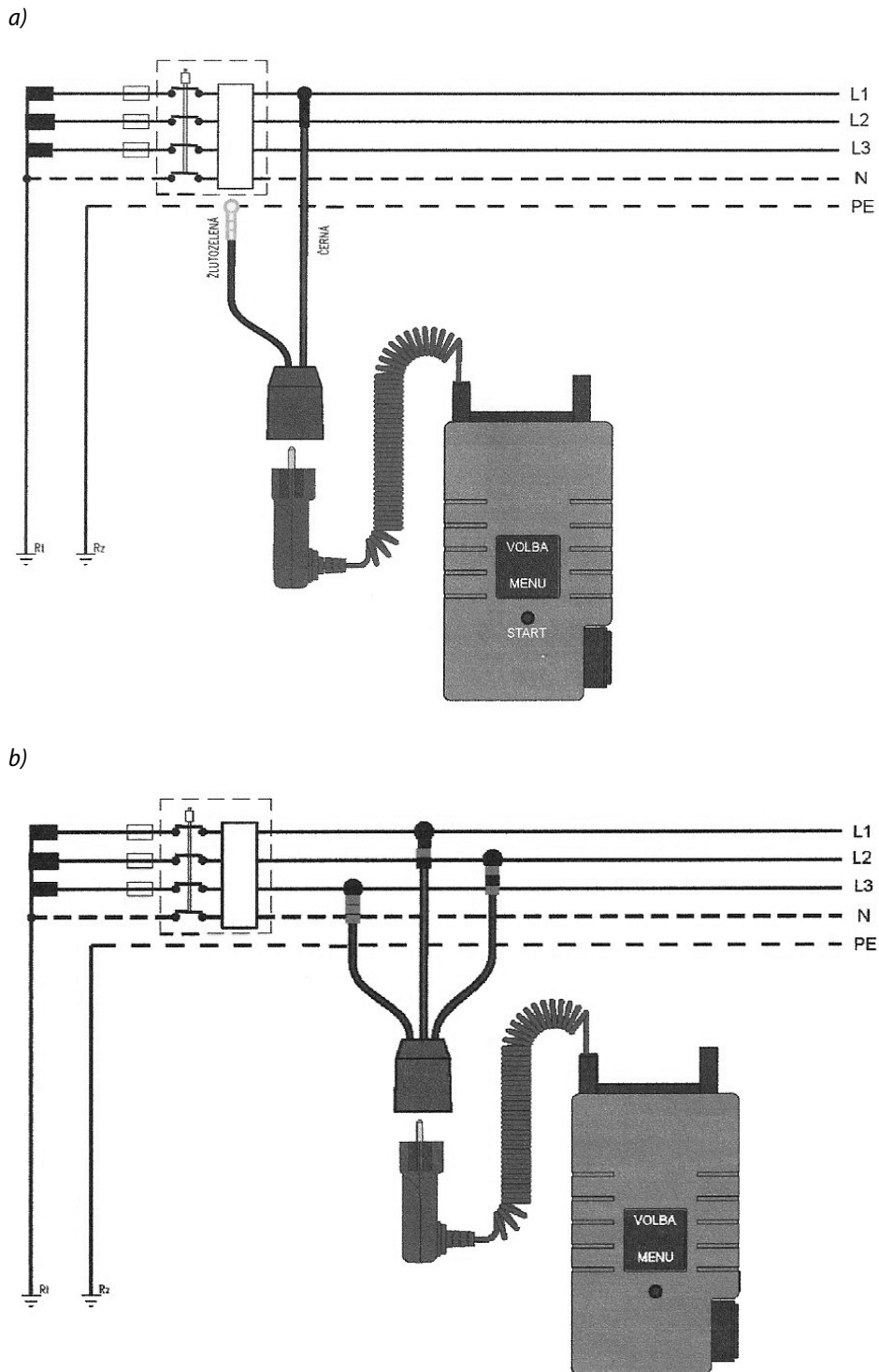


Obrázek 4: Princip měření impedance smyčky na základě úbytku napětí mezi L2 a PE

Jako příklady měřičů (**sdužených revizních přístrojů**) ukazující (kromě dalších hodnot) přímo naměřenou hodnotu impedance smyčky a umožňující zkoušení proudových chráničů všech typů možno uvést:

Výrobce	Typ přístroje
Metra Blansko	PU 195
Kyoritsu	KEW 6050

díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí



Obrázek 5: Sdružený revizní přístroj PU 195 – příklady měření  
 a) měření v síti s adaptérem PD 191.1,  
 b) ověření sledu fází s adaptérem PD 195

díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí

### Měření proudových chráničů při ochraně automatickým odpojením od zdroje proudovými chrániči

Měření proudových chráničů navazují na provedenou prohlídku instalovaných chráničů, tj. na zjištění údajů na chrániči a jejich posouzení s požadavky projektu a ochrany automatickým odpojením od zdroje a i z hlediska správné volby po provedené montáži.

Vyvoláním poruchového proudu za proudovým chráničem se musí prokázat, že:

- proudový chránič vypíná alespoň při dosažení svého jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu  $I_{\Delta n}$ ;
- není překročena mez dovoleného dotykového napětí  $U_d$  (při poruše krátkodobé) stanovená pro zařízení.

Přezkoušení musí být provedeno postupně narůstajícím rozdílovým proudem, přičemž se musí změřit vybavovací rozdílový proud chrániče a dotyková napětí, která se přitom vyskytují.

Je-li prokázána účinnost ochrany za proudovým chráničem v jednom místě vedení, pak postačuje zjištění, že všechny ostatní části zařízení, které mají být tímto chráničem chráněny, jsou s tímto místem měření spolehlivě spojeny ochranným vodičem.

Na závěr následuje ověření funkce kontrolního tlačítka proudového chrániče, která se prokazuje jeho stisknutím. Tím se ověřuje funkce proudového chrániče při jeho uvádění do provozu a dále během provozu v termínech stanovených výrobcem proudového chrániče. Proudový chránič musí při každém stisknutí kontrolního tlačítka spolehlivě vybavit. Tato kontrola nenahrazuje ověření vlastností proudového chrániče podle předchozích ustanovení.

*Poznámka:* Příklad pořadí a postupů zkoušek při ověřování proudových chráničů je uveden v kapitole 14/5.1 této příručky.

### Měření proudových chráničů

*díl 7, Požadavky na měřicí přístroje používané při zkoušení elektrických instalací a elektrických přípojek nízkého napětí*