



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

## PROBLEMATIKA MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ PŘECHODOVÉHO ODPORU V ELEKTROTECHNICKÉ PRAXI

PROBLEMS OF MEASUREMENT AND EVALUATION OF TRANSIENT RESISTANCE IN  
ELECTRICAL ENGINEERING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Libor Štěpanovský

### VEDOUČÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. František Veselka, CSc.

BRNO 2019

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**  
Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

**Student:** Libor Štěpanovský

**ID:** 191754

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2018/19

**NÁZEV TÉMATU:**

## Problematika měření a vyhodnocení přechodového odporu v elektrotechnické praxi

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Seznamte se s problematikou provádění revizí u elektrických zařízení a základní normou pro provádění revizí.
2. Definujte pojem přechodový odpor a určete faktory ovlivňující jeho velikost.
3. Změřte velikost přechodového odporu u vybraného elektrického zařízení s využitím různých měřicích přístrojů.
4. Určete vliv přesnosti měření přechodového odporu na bezpečnost a provozní vlastnosti elektrických zařízení.
5. Vyhodnoťte získané výsledky.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

- [1] ČSN 33 1500, Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení
- [2] Veselka, F., Huzlík, R.: Inspekční a revizní činnost, přednášky, cvičení.
- [3] Honys, V.: Bezpečná Elektrotechnika. IN – EL Praha, 1998

**Termín zadání:** 4.2.2019

**Termín odevzdání:** 22.5.2019

**Vedoucí práce:** doc. Ing. František Veselka, CSc.

**Konzultant:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
*předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je seznámení s prováděním revizí na elektrických instalacích a zařízeních, seznámení s problematikou přechodového odporu a s měřením přechodového odporu v elektrotechnické praxi.

V první části práce jsou popsány jednotlivé druhy revizí, postup při provádění revizí a metodika, kterou je nutné během revize dodržovat.

Druhá část práce je věnována přechodovému odporu. Jsou zde uvedeny faktory ovlivňující velikost přechodového odporu, metody využívané pro určení velikosti přechodového odporu a praktická ukázka měření přechodového odporu.

## **Klíčová slova**

Přechodový odpor, revize, technická norma, elektrická instalace, elektrické zařízení, ochranné pospojení, zkouška, měření, měřicí přístroj.

## **Abstract**

The aim of the Bachelor Thesis is to introduce the revisions to electrical wirings and equipment, to get familiarized with the problems of transient resistance and with measurement of transient resistance in electrical engineering.

The first part of the Thesis describes various types of revisions, the procedure to carry out revisions and the methodology that must be followed during the revision.

The second part is dedicated to transient resistance. It mentions factors which influence the magnitude of transient resistance, methods used to determine the magnitude of transient resistance and a practical demonstration of a transient resistance measurement.

## **Keywords**

Transition resistance, revision, technical standard, electrical wiring, electrical equipment, protective bonding, test, measurement, measuring instrument.

## **Bibliografická citace:**

ŠTĚPANOVSKEÝ, Libor. Problematika měření a vyhodnocení přechodového odporu v elektrotechnické praxi. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/120052>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky. Vedoucí práce František Veselka.

## **Prohlášení**

*„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Problematika měření a vyhodnocení přechodového odporu v elektrotechnické praxi* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.*

*Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.*

V Brně dne: 22. května 2019

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Františkovi Veselkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 22. května 2019

.....

podpis autora

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>NORMY PRO PROVÁDĚNÍ REVIZÍ.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Definování základních pojmů .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVIZNÍ ČINNOST .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Výchozí revize .....</b>	<b>14</b>
3.1.1	Úkony před započítím revize .....	14
3.1.2	Prohlídka revidované instalace .....	15
3.1.3	Zkoušení revidované instalace.....	16
3.1.3.1	Měření spojitosti ochranných vodičů .....	16
3.1.3.2	Měření izolačního odporu.....	17
3.1.3.3	Ověření sledu fází.....	18
3.1.3.4	Zkouška ochrany automatického odpojení od zdroje .....	18
3.1.3.5	Měření úbytku napětí.....	19
3.1.4	Vyhotovení zprávy o výchozí revizi.....	19
3.1.4.1	Záhlaví zprávy .....	20
3.1.4.2	Popis revidované instalace .....	21
3.1.4.3	Výsledek prohlídky .....	21
3.1.4.4	Výsledek zkoušek .....	21
3.1.4.5	Seznam použitých přístrojů .....	22
3.1.4.6	Přehled zjištěných závad .....	22
3.1.4.7	Závěr zprávy .....	22
<b>3.2</b>	<b>Pravidelná revize.....</b>	<b>22</b>
3.2.1	Příprava podkladů pro pravidelnou revizi .....	23
3.2.2	Postup při provádění pravidelné revize .....	23
3.2.3	Vyhotovení zprávy o pravidelné revizi.....	24
3.2.4	Časové lhůty pro provádění pravidelných revizí .....	24
<b>4</b>	<b>PŘECHODOVÝ ODPOR .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Elektrický odpor .....</b>	<b>25</b>

<b>4.2</b>	<b>Velikost přechodového odporu .....</b>	<b>26</b>
4.2.1	Odpor spoje.....	26
4.2.2	Materiál spoje .....	27
4.2.2.1	Měď .....	27
4.2.2.2	Stříbro .....	27
4.2.2.3	Mosaz .....	28
4.2.3	Teplota spoje.....	28
4.2.4	Druh spoje.....	29
4.2.4.1	Šroubový spoj.....	30
4.2.4.2	Spínací kontakty .....	31
<b>4.3</b>	<b>Měřicí metody .....</b>	<b>32</b>
4.3.1	Milivoltová metoda.....	32
4.3.2	Metoda specifikovaným proudem .....	32
4.3.3	Postup měření .....	33
<b>4.4</b>	<b>Příklady výskytu přechodového odporu na EZ .....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>MĚŘENÍ PŘECHODOVÉHO ODPORU.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Měřicí přístroje .....</b>	<b>38</b>
5.1.1	EASYTEST MA 2064.....	39
5.1.2	MEDITEST 50.....	40
5.1.3	REVEX 2051 .....	42
<b>5.2</b>	<b>Závislost přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3</b>	<b>Měření hodnoty přechodového odporu ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C + 2L A00.....</b>	<b>50</b>
<b>5.4</b>	<b>Vliv přesnosti měření na bezpečnost a provozní vlastnosti elektrických zařízení .....</b>	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>

## Seznam obrázků

Obr. 4.1 Značka ochranného uzemnění [14].....	31
Obr. 4.2 Závada na přívodní vidlici stolní lampy .....	34
Obr. 4.3 Závada na krytu instalační krabice pod omítku.....	35
Obr. 4.4 Závada na instalační krabici na omítku .....	35
Obr. 4.5 Zkorodovaná svorkovnice v rozváděči [30] .....	36
Obr. 4.6 Zkorodovaná svorkovnice středních a ochranných vodičů v rozváděči [30] .....	36
Obr. 4.7 Závada výsuvné části jističe Merlin Gerin compact NS250N [30] .....	37
Obr. 5.1 Měřicí přístroj EASYTEST MA 2064.....	39
Obr. 5.2 Měřicí přístroj MEDITEST 50 .....	40
Obr. 5.3 Měřicí přístroj REVEX 2051 .....	42
Obr. 5.4 Laboratorní přípravek pro měření přechodového odporu.....	44
Obr. 5.5 Schématické zobrazení laboratorního přípravku [27].....	45
Obr. 5.6 Graf závislosti velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje-měřicí přístroj EASYTEST MA 2064.....	48
Obr. 5.7 Graf závislost velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje-měřicí přístroj MEDITEST 50.....	48
Obr. 5.8 Graf závislosti velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje-měřicí přístroj REVEX 2051 .....	49
Obr. 5.9 Rozváděč QRS 2,7 3C + 2L A00.....	51
Obr. 5.10 Šroubové spoje ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00.....	56

## Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Dovolené hodnoty měrného odporu vodiče při referenční hodnotě okolí 30 °C pro zkoušku spojitosti vodičů [5] .....	17
Tabulka 3.2 Minimální hodnoty izolačního odporu pro jednotlivé třídy elektrických spotřebičů [5] .....	18
Tabulka 3.3 Dovolené úbytky napětí v elektrických instalacích [8] .....	19
Tabulka 5.1 Technické parametry jednotlivých měřících přístrojů .....	38
Tabulka 5.2 Legenda k obrázku 5.5 .....	45
Tabulka 5.3 Naměřené hodnoty přechodového odporu při dané hodnotě utahovacího momentu šroubového spoje .....	46
Tabulka 5.4 Průměrná hodnota přechodového odporu při dané hodnotě utahovacího momentu šroubového spoje .....	47
Tabulka 5.5 Osazení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A0O (legenda k obrázku 5.9). ...	52
Tabulka 5.6 Naměřené hodnoty odporu ochranného pospojení .....	53
Tabulka 5.7 Přehled nejistot měření a výsledné hodnoty odporu ochranného pospojení .....	55
Tabulka 5.8 Naměřené hodnoty přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení .....	56
Tabulka 5.9 Přehled nejistot měření a výsledné hodnoty přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení .....	59

# 1 ÚVOD

S elektrickou energií se v dnešní době setkáváme ve všech oblastech a odvětvích lidského života. Stal se z ní nepostradatelný element každodenního bytí. Příkladem důvodu takovéto fixace na elektrickou energii je především schopnost transformace elektrické energie na energii jiných druhů a přenos elektrické energie na velké vzdálenosti s vysokou účinností přenosu. S elektrickou energií se pojí také určitá rizika z hlediska jejího užívání. Příkladem rizik spojených s užíváním elektrické je nebezpečí úrazu osob a zvířat elektrickým proudem a vzniku škody na majetku vlivem poruchy zařízení využívajících elektrickou energii. Proto je důležité řídit se při práci s elektrickou energií danými pravidly a předpisy [1].

Úkolem revize elektrické instalace a elektrických zařízení je posouzení, zda prověřované elektrické zařízení či elektrická instalace odpovídá technickým požadavkům, které udávají příslušné normy, aby se minimalizovalo nebezpečí újmy na zdraví či života lidí a zvířat a předešlo se škodám na majetku.

Problematika bezpečnosti při užívání elektrické energie je posuzována od začátku využívání elektrické energie. Poznatky a závěry nabyté zkušenostmi, testováním a technickým vývojem byly shrnuty do pravidel a doporučení, na které by se mělo dbát při konstrukci a provozu elektrických zařízení. Obecně se tato pravidla a doporučení nazývají technické normy. Normy pro elektrotechniku se označují zkratkou ČSN a odpovídajícím číselným označením [1].

Jedním z faktorů ovlivňujících výsledek revize elektrické instalace je přechodový odpor. Přechodový odpor se vyskytuje především ve spojích elektrické instalace, například vzájemné spojení dvou a více vodičů nebo na svorkách elektrických strojů a přístrojů. Přechodový odpor je v elektrotechnické praxi obecně považován za jev nežádoucí, neboť jeho výskytem v elektrické instalaci dochází ke zvýšení odporu proudovodných drah elektrické instalace, vzniku nežádoucích jevů při spínání a rozpínání spínacích přístrojů, vzniku úbytku napětí mezi dvěma povrchy styku nebo dochází ke zvýšení impedance poruchové smyčky. V neposlední řadě vzniká vlivem přechodového odporu a proudu procházejícím mezi dvěma povrchy styku ztrátová tepelná energie. Vlivem zmíněných provozních stavů může dojít k nebezpečí úrazu lidí a zvířat elektrickým proudem nebo vzniku škody na majetku zapříčiněnou požárem.

## 2 NORMY PRO PROVÁDĚNÍ REVIZÍ

Technické normy jsou dokumenty, které udávají postupy, podmínky a opatření, které by se měly dodržovat při práci s elektrickými zařízeními. Problematikou revizí elektrických zařízení se zabývají následující normy:

- ČSN 33 1500: Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení
- ČSN 33 2000-6 ed.2: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize

### 2.1 Definování základních pojmů

Abychom se mohli seznámit se zásadami danými normami ČSN při provádění revizí na elektrických zařízeních, je třeba se obeznámit se základními pojmy a definicemi využívanými v elektrotechnické praxi. Touto problematikou se zabývá norma ČSN 33 0010, která obsahuje obecné pojmy používané v elektrotechnice. Pojmy blíže související s revizní činností definuje norma ČSN 33 2000-6 ed.2 a ČSN 33 1500. Zde je přehled základních pojmů a definicí spojených s revizní činností.

- *„Elektrická zařízení: Zařízení, které ke své činnosti nebo působení využívá účinků elektrických nebo elektromagnetických jevů“ [2].*
- *„Elektrická instalace: Sestava vzájemně spojených elektrických zařízení s charakteristikami koordinovanými k plnění stanovených úkolů“ [2].*
- *„Elektrický obvod: Soustava vodičů a jiných prvků, kterou může protékat elektrický proud“ [2].*
- *„Elektrický předmět: Konstrukční část, sestava nebo celek, která se zapojuje do elektrického obvodu“ [2].*
- *„Silnoproudá zařízení: Zařízení, v nichž při obvyklém užívání mohou vzniknout proudy nebezpečné osobám, užitkovým zvířatům, majetku a věcem“ [2].*

- „Přímé spojení – vodivé (galvanické) spojení dvou různých obvodů nebo zařízení, kdy části různých obvodů nebo části obvodů dvou různých zařízení jsou společné (obvody nebo zařízení mají společné např. vodiče, usměrňovací člunek, část vinutí točivého měniče nebo autotransformátor)“ [2].
- „Revize – všechna opatření, kterými se ověřuje shoda hotové elektrické instalace s příslušnými požadavky IEC 60364“ [5].
- „Zkoušení – realizace opatření pro zhodnocení elektrické instalace pomocí prostředků, kterými je prokázána její účinnost“ [5].
- „Údržba – spojení veškerých technických a administrativních činností včetně kontrol zaměřených na zachování daného předmětu ve stavu, nebo na obnovení jeho stavu, ve kterém je schopný vykonávat požadovanou funkci“ [5].
- „Prohlídka – přezkoumání elektrické instalace s využitím všech smyslů a veškerého důvtipu, aby se zjistilo, zda je tato instalace řádně provedena“ [5].
- „Měření – zjišťování hodnot nutných pro posouzení účinnosti ochranného zařízení pomocí vhodných měřících přístrojů, nedají-li se zjišťovat prohlídkou nebo zkoušením“ [1].
- „Vypracování zprávy – zaznamenání výsledků prohlídky a zkoušení“ [1].
- „Zpráva o revizi – písemný doklad o výsledku revize, z něhož je patrný stav elektrického zařízení z hlediska bezpečnosti v době vykonání revize“ [1].
- „Pověřený pracovník – pracovník s příslušnou kvalifikací podle předpisu orgánu státního odborného dozoru pro provádění nebo řízení prací, prokazatelně pověřený organizací k provádění kontrol elektrických zařízení“ [1].

## 3 REVIZNÍ ČINNOST

Dle norem ČSN 33 2000-6 ed.2 a ČSN 33 1500 rozdělujeme revize z hlediska jejich účelu a doby provádění do několika skupin. Jedná se o revizi výchozí, revizi pravidelnou a revizi mimořádnou [3][5].

Účelem výchozí revize je ověřit prohlídkou a vhodnými měřicími metodami, zda byly splněny požadavky na konstrukci nebo instalaci elektrického zařízení danými normou a zajištění bezpečnosti při užívání daného elektrického zařízení. Výchozí revize se provádí po dokončení nově instalovaného elektrického zařízení nebo po dokončení rozsáhlých změn prováděných na již existujícím elektrickém zařízení.

Pravidelná revize je prováděna z důvodu objektivního zhodnocení stavu elektrického zařízení a posouzení, zda je zařízení schopné nadále bezpečně plnit svoji funkci. Doba provádění pravidelné revize je dána normou ČSN 33 1500.

Mimořádná revize je dle změny Z4 normy ČSN 33 1500 definována jako revize, která nespadá do výchozí nebo pravidelné revize, poněvadž je prováděna na základě mimořádného požadavku nebo podnětu [4].

### 3.1 Výchozí revize

Norma ČSN 33 2000-6 ed.2 udává, že každá elektrická instalace a každé elektrické zařízení před tím, než jsou uvedeny do provozu, musí podstoupit revizi, aby se zajistila bezpečnost provozu dané instalace nebo zařízení a nedošlo k úrazu osob, zvířat elektrickým proudem a škodám na majetku. Samotný postup při provádění výchozí revize se dá rozdělit do několika etap, kterými se osoba provádějící revizi musí řídit, aby svou manipulací při provádění revize neohrozila život svůj a život osob ve svém okolí [5].

#### 3.1.1 Úkony před započítáním revize

Aby osoba provádějící výchozí revizi mohla plnit svoji práci, je zapotřebí revidovanou instalaci nebo zařízení připravit. Norma ČSN 33 2000-6 ed.2 udává, že je zapotřebí zajistit, aby během provádění revize nemohlo dojít k úrazu nebo ohrožení na životě osobám provádějící revizi a poškození majetku nebo revidované instalace.

Tato podmínka musí být splněna i přes to, že by v revidované instalaci nebo zařízení byla porucha. Pokud se jedná o výchozí revizi doplňku již existující instalace, musí být zajištěno, že nová část instalace neovlivní bezpečnost instalace původní a naopak. Dále norma ČSN 33 2000-6 ed.2 udává, že revizi musí provádět řádně kvalifikovaná osoba, které se musí doložit potřené dokumenty týkající se revidované elektrické instalace nebo zařízení [5].

Podle normy ČSN 33 1500 se těmito dokumenty rozumí:

- dokumentace elektrického zařízení odpovídající skutečnému provedení,
- protokoly o určení vnějších vlivů,
- záznamy o kontrolách, zkouškách a měřeních provedených na elektrickém zařízení před jeho uvedením do provozu,
- písemné doklady o provedení výchozích revizí částí elektrického zařízení, (tento dokument je potřeba tehdy, kdy se revidovaná instalace skládá z elektrických zařízení, na kterých byla již provedena výchozí revize. V takovém případě se zmíněná zařízení znovu nerevidují, ale jejich revizní zprávy se přiloží k ostatním dokumentům potřebným pro provedení výchozí revize [3])
- doložení osvědčení o jakosti a kompletním stavu zařízení opatřené státní značkou jakosti.

### **3.1.2 Prohlídka revidované instalace**

Smyslem prohlídky revidované elektrické instalace je ověření, že pevně připojená elektrická zařízení jsou správně vybrána pro účely dané instalace a připojena podle pokynů výrobce a nejeví známky viditelného poškození nebo nemají vady, které by mohly zapříčinit závadu v revidované instalaci. Celá prohlídka se musí provádět v beznapětovém stavu [5].

Norma ČSN 33 2000-6 ed.2 dále uvádí, že revizní technik při provádění prohlídky musí tam, kde to podmínky dovolí, ověřit následující náležitosti:

- způsob ochrany před úrazem elektrickým proudem,
- použití protipožárních přepážek a jiných opatření na ochranu před šířením ohně a před tepelnými účinky,

- volbu vodičů s ohledem na proudovou zatížitelnost a úbytek napětí,
- seřízení a selektivitu ochranných a monitorovacích přístrojů,
- řádné označení nulových a ochranných vodičů,
- přítomnost informačních schémat a výstražných nápisů,
- správný způsob ukončování a spojování vodičů,
- označení obvodů, svorek, spínačů a ochranných přístrojů,
- řádné spojení ochranných vodičů s neživými částmi instalace.

### 3.1.3 Zkoušení revidované instalace

Dalším úkonem revizního technika provádějícího výchozí revizi jsou zkoušky revidovaného zařízení. Tyto zkoušky se provádějí po prohlídce dané elektrické instalace nebo zařízení, kdy byly splněny všechny podmínky prohlídky (viz. kapitola 3.1.2). Volbu metody měření jednotlivých zkoušek udává norma ČSN 33 2000-6 ed.2. Podle této normy se zkoušení revidované elektrické instalace nebo elektrického zařízení musí skládat z:

- měření spojitosti ochranných vodičů,
- měření izolačního odporu,
- ověření sledu fází,
- zkouška automatického odpojení od zdroje,
- zkouška doplňkové ochrany,
- měření úbytku napětí,
- zkouška funkčnosti.

#### 3.1.3.1 Měření spojitosti ochranných vodičů

Měřením spojitosti vodičů revidované instalace se rozumí měření odporu jednotlivých ochranných vodičů a přechodový odpor mezi ochrannými vodiči a neživými částmi elektrické instalace. Dovolené hodnoty odporu pro jednotlivé průřezy vodičů podle normy ČSN 33 2000-6 ed.2 jsou vyneseny v tabulce 3.1. Hodnoty měrného odporu jsou vztaženy k referenční hodnotě okolí  $\vartheta_o = 30\text{ °C}$ . Pro jiné okolní teploty se maximální dovolený odpor přepočítává pomocí vztahu udávaným literaturou [5]

$$R_{\vartheta} = R_o \cdot (1 + \alpha(\vartheta_2 - \vartheta_o)) \quad (3.1)$$

kde  $R_g$  je maximální dovolený odpor při dané teplotě okolí,  $R_o$  je odpor při referenční teplotě okolí 30 °C,  $\alpha$  je teplotní součinitel odporu,  $\vartheta_o$  je referenční teplota 30 °C a  $\vartheta_2$  teplota okolí.

**Tabulka 3.1 Dovolené hodnoty měrného odporu vodiče při referenční hodnotě okolí 30 °C pro zkoušku spojitosti vodičů [5]**

Jmenovitý průřez vodiče	Měrný odpor $R_o$
[mm <sup>2</sup> ]	[mΩm <sup>-1</sup> ]
1,5	12,5755
2,5	7,5661
4,0	4,7392
6,0	3,1491
10,0	1,8811
16,0	1,1858
25,0	0,7525
35,0	0,5467
50,0	0,4043
70,0	0,2817
95,0	0,2047
120,0	0,1632
150,0	0,1341
185,0	0,1091

### 3.1.3.2 Měření izolačního odporu

Smyslem měření izolačního odporu je potřeba ověření schopnosti elektrických spotřebičů zabránit výskytu nebezpečného dotykového napětí na neživých částech elektrické instalace a na částech přístupných k dotyku osob. Dále měřením izolačního odporu zkoumáme, zda u částí elektrické instalace s různou napěťovou hladinou nemůže dojít ke galvanickému spojení a následnému zkratu [6].

Měření se provádí vzájemně mezi pracovními vodiči a jednotlivě mezi každým pracovním vodičem a vodičem ochranným. Měřicí přístroj na měření izolačního odporu musí dle normy ČSN 33 1600 splňovat podmínku, že minimální hodnota stejnosměrného napětí, které generuje zdroj měřícího přístroje, je 500 V při zatížení 1 mA po dobu 1-5 s. V tabulce 3.2 jsou uvedeny minimální hodnoty izolačního odporu pro dané třídy spotřebičů [12].

**Tabulka 3.2 Minimální hodnoty izolačního odporu pro jednotlivé třídy elektrických spotřebičů [5]**

Třída ochrany	Izolační odpor elektrických spotřebičů
	[MΩ]
I	2,00
II	7,00
III	0,25

### 3.1.3.3 Ověření sledu fází

Pokud je instalace vybavena třífázovými elektrickými zařízeními, kontroluje technik u těchto zařízení správný sled fází [5].

### 3.1.3.4 Zkouška ochrany automatického odpojení od zdroje

Smyslem ochrany automatického odpojení od zdroje je zabránění výskytu nebezpečného dotykového napětí na neživých částech chráněného zařízení při jeho poruše. Ochrana spočívá ve vybavení jisticího zařízení při průrazu proudu mezi živou a neživou částí chráněného zařízení nebo mezi živou částí a ochranným vodičem chráněného zařízení. Tím nastává uzavření poruchové proudové smyčky, kterou protéká poruchový proud a následně vybavení jisticího přístroje [21].

Při zkoušení této ochrany v sítích TN se měří impedance poruchové smyčky. Naměřená hodnota se posléze porovnává s maximální povolenou hodnotou impedance poruchové smyčky, která je dle normy ČSN 33 2000-4-41 stanovena vztahem

$$Z_s \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a} \quad (3.2)$$

kde  $Z_s$  je naměřená impedance poruchové smyčky obsahující impedanci zdroje, vodiče vedení k místu poruchy a impedanci ochranného vodiče mezi zdrojem a místem poruchy,  $U_0$  je napájecí vedení a  $I_a$  je proud potřebný pro vybavení jisticího přístroje zajišťujícího odpojení ve stanovené době [7].

V sítích TT se zkouška ochrany automatického odpojení od zdroje provádí měřením odporu zemniče  $R_z$ , sloužícím pro uzemnění neživých částí revidované instalace. Následně se postupuje stejně jako v případě sítě TN. Rozdíl nastává pouze ve vztahu (3.2) kdy za  $Z_s$  uvažujeme impedanci poruchové smyčky obsahující impedanci zdroje, zemnič zdroje, impedanci vodiče vedení od zdroje k místu poruchy, zemnič revidované instalace a uzemňovací přívod [7].

### 3.1.3.5 Měření úbytku napětí

Měření úbytku napětí se provádí z důvodu zamezení ztrát přenášené elektrické energie mezi počátkem instalace a odběrným místem. V tabulce 3.3 jsou uvedeny maximální povolené hodnoty úbytku napětí pro instalace nízkého napětí [8].

**Tabulka 3.3 Dovolené úbytky napětí v elektrických instalacích [8]**

Druh instalace	Úbytek napětí světelných obvodů	Úbytek napětí ostatních obvodů
	[%]	[%]
instalace nízkého napětí napájená přímo z veřejné distribuční sítě	3	5
instalace nízkého napětí napájená z vlastního zdroje nízkého napětí	6	8

Měření úbytku napětí se provádí změřením napětí na odběrném místě při připojení a odpojení odběru elektrické energie daného místa. Výsledný úbytek napětí se vypočítá pomocí vztahu

$$\Delta u_{\%} = \left(1 - \frac{U_m}{U_0}\right) \cdot 100 \quad (3.3)$$

kde  $\Delta u_{\%}$  je procentní úbytek napětí,  $U_m$  je měřené napětí a  $U_0$  je jmenovité napájecí napětí.

### 3.1.4 Vyhotovení zprávy o výchozí revizi

Po dokončení zkoušek na nové revidované instalaci nebo doplnku instalace stávající je povinností revizního technika vyhotovit revizní zprávu. Revizní zpráva je dokument, který dokládá, že revidovaná elektrická instalace nebo elektrické zařízení splňuje podmínky bezpečného provozu stanovenými normami ČSN. Vizuální podoba zprávy je volbou každého revizního technika, avšak musí obsahovat náležitosti stanovené normou ČSN 33 2000-6 ed.2 a ČSN 33 1500. Vzor revizní zprávy je vložen do přílohy 2 a 3.

Norma ČSN 33 1500 a ČSN 33 2000-6 ed.2 udává, že každá revizní zpráva by se měla skládat z:

- záhlaví zprávy,
- popisu revidované instalace,
- výsledků prohlídky instalace,
- výsledků zkoušek a měření,
- seznamu použitých měřících přístrojů,
- přehledu zjištěných závad,
- vyhodnocení a závěr revizní zprávy.

#### **3.1.4.1 Záhlaví zprávy**

V záhlaví revizní zprávy by se dle normy ČSN 33 2000-6 ed.2 měly vyskytovat následující údaje:

- druh revize (výchozí, pravidelná, mimořádná),
- údaje o provozovateli revidované instalace,
- podpis provozovatele,
- adresa revidované instalace,
- jméno revizního technika a jeho evidenční číslo,
- podpis revizního technika,
- popis a rozsah revidované instalace,
- datum započetí revize,
- datum ukončení revize,
- datum o předání revizní zprávy,
- prohlášení o dokončení montáže instalace,
- rozhodnutí revizního technika o schválení provozování revidované instalace.

Norma ČSN 33 1500 dále uvádí, že pokud k vypracování revizní zprávy byly použity písemné podklady, musí být v revizní zprávě (obvykle v záhlaví zprávy) uveden jejich seznam a místo uložení nebo musí být přímo součástí zprávy [3].

### 3.1.4.2 Popis revidované instalace

V této části revizní zprávy se uvádějí informace o charakteru revidované instalace. Norma ČSN 33 2000-6 ed.2 udává, že popis revidované instalace musí obsahovat:

- typ uzemňovací soustavy (TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT),
- druh živých vodičů a jejich počet,
- parametry zdroje (jmenovité napětí, jmenovitá frekvence, předpokládaný poruchový proud a předpokládaná impedance poruchové smyčky),
- typ ochranného přístroje napájecího vedení a jeho parametry (jmenovité napětí, jmenovitý proud, vybavovací proud, typ vypínací charakteristiky).

### 3.1.4.3 Výsledek prohlídky

Tato část revizní zprávy je věnovaná zhodnocení revidované instalace po vizuální stránce. V praxi se zhodnocení provádí buď slovním komentářem revizního technika nebo se postupuje za pomoci připravené tabulky s úkony prohlídky, do které posléze revizní technik zapisuje, zda revidovaná instalace vyhověla nebo nevyhověla uvedeným požadavkům.

### 3.1.4.4 Výsledek zkoušek

V této části revizní zprávy jsou zaznamenané veškeré naměřené hodnoty vypovídající o stavu revidované instalace. Naměřené hodnoty jsou zapsány do tabulky, jejíž vzor je uveden v příloze 2. Tabulka by měla dle normy ČSN 33 2000-6 ed.2 obsahovat:

- označení rozvaděče a jeho popis,
- výpis všech vývodů z rozvaděče a jejich označení,
- údaje o vodičích jednotlivých vývodů (způsob uložení, průřezy živých a neživých vodičů),
- údaje o nadproudové ochraně jednotlivých vývodů (typ ochranného přístroje, jmenovitý proud přístroje a vypínací charakteristika ochranného přístroje),
- naměřené hodnoty zkoušky spojitosti vodičů, velikosti izolačního odporu, polarity, úbytku napětí a impedance poruchové smyčky pro rozvaděč a jednotlivé vývody,
- charakteristika proudového chrániče (jmenovitý proud, jmenovitý reziduální proud, doba vypnutí) a výsledky měřicí zkoušky (funkce kontrolního tlačítka, naměřená doba vypnutí, hodnota vypínacího proudu),
- poznámky revizního technika k jednotlivým vývodům.

### **3.1.4.5 Seznam použitých přístrojů**

Pro tento seznam bývá obvykle vypracována přehledná tabulka, která obsahuje:

- název měřícího zařízení,
- značka výrobce a model přístroje,
- výrobní číslo měřícího přístroje,
- datum poslední revize a kalibrace měřícího přístroje,
- datum platnosti poslední provedené revize měřícího přístroje.

### **3.1.4.6 Přehled zjištěných závad**

V této části zprávy revizní technik zaznamená všechny závady, které během prohlídky a zkoušky zaznamenal. Dle normy ČSN 33 1500 musí revizní technik uvést u každé zjištěné závady, s jakou normou nebo ustanovením je daná závada v rozporu. Následně je úkolem revizního technika určit další postup v odstranění závad a zvážení, zda revidovaná instalace je schopna bezpečného provozu, dokud ze závady neodstraní. Pokud instalace přes zjištěné závady není schopna bezpečného provozu, musí revizní technik do závěru zprávy odůvodnit takovéto rozhodnutí [3].

### **3.1.4.7 Závěr zprávy**

Jedná se o souhrnný slovní komentář o provedené revizi, o jejím postupu, výsledcích měření a zjištěných závadách. V závěru se revizní technik vyjadřuje, zda je revidovaná instalace schopna bezpečného provozu.

## **3.2 Pravidelná revize**

Po ukončení výchozí revize, kdy revizní technik uzná revidovanou instalaci za provozuschopnou, může instalace plnit funkci, na kterou je konstruována. Během provozu se na instalaci mohou vlivem provozních a okolních vlivů, opotřebením a únavou materiálů, neodbornou manipulací atd., vzniknout poruchy, které mohou vést k dočasnému nebo trvalému poškození elektrických zařízení obsažených v instalaci nebo k degradaci ochranných prvků instalace. V důsledku toho se snižuje bezpečnost celé instalace. Aby se předešlo tomuto stavu, musí se na instalaci provádět opakovaná kontrola provozuschopnosti a bezpečnosti celé instalace čili pravidelná revize.

Postupem pro provádění pravidelných revizí se zabývá norma ČSN 33 2000-6 ed.2 a norma ČSN 33 1500, ve kterých je dáno, že po ukončení pravidelné revize musí být revidovaná instalace schopna zajistit bezpečnost osob a zvířat vůči úrazu elektrickým proudem a ochranu majetku před zničením v důsledku poruchy instalace. Pokud revizní technik uzná, že instalace není schopna plnit tyto podmínky, nesmí se do odstranění příčiny vzniku nebezpečí instalace provozovat [3][5].

### **3.2.1 Příprava podkladů pro pravidelnou revizi**

Aby revizní technik mohl provést na daném elektrickém zařízení nebo instalaci pravidelnou revizi, musí mu být poskytnuta kompletní technická dokumentace revidované instalace ve skutečném stavu provedení a formulář s určením druhu prostředí, ve kterém se instalace nachází. Dále musí mít revizní technik kompletní zprávu o provedení výchozí revize případně zprávy z již vykonaných pravidelných revizí [3].

Pokud se stane, že zpráva o výchozí nebo pravidelné revizi není reviznímu technikovi dodána nebo je neúplná, musí se provést tzv. „*předběžná prohlídka*“ [5]. Během předběžné prohlídky se musí provést úkony, jaké se provádějí v revizi výchozí [5].

### **3.2.2 Postup při provádění pravidelné revize**

Po dodání a prostudování dokumentů týkajících se revidované instalace může revizní technik začít s revizí. Pravidelná revize se provádí ideálně na nedemontované instalaci, ovšem pokud je to nutné, lze instalaci částečně demontovat. Revizní technik vizuálně přezkoumá celou revidovanou instalaci nebo zařízení za účelem ověření, že v zapojení reálného stavu instalace nebo zařízení vůči jejich technické dokumentaci nenastala žádná změna a zda instalace nebo zařízení nejeví známky poškození. Dále revizní technik provádí zkoušky na instalaci, které jsou totožné se zkouškami výchozí revize popsané v kapitole 3.1.3 [5].

### **3.2.3 Vyhotovení zprávy o pravidelné revizi**

Po dokončení prohlídky a měřících zkoušek je povinností revizního technika vyhotovit zprávu o pravidelné revizi. Tato zpráva by dle normy ČSN 33 2000-6 ed.2 měla obsahovat, stejně jako zpráva o výchozí revizi, záhlaví zprávy, seznam měřících přístrojů, výsledky měřících zkoušek, seznam závad a závěr zprávy, jak je popsáno v kapitole 3.1.4. Dále by zpráva o pravidelné revizi měla dle normy ČSN 33 2000-6 ed.2 obsahovat:

- porovnání výsledků měřících zkoušek aktuální revize s výsledky zkoušek výchozí revize nebo s výsledky předchozí pravidelné revize,
- doporučenou lhůtu pro provedení další revize,
- doporučené úpravy v rámci modernizace instalace, tak aby instalace odpovídala novým změnám v normách.

### **3.2.4 Časové lhůty pro provádění pravidelných revizí**

Časové intervaly pravidelných revizí se stanovují podle kritérií, kterými jsou například druh revidované instalace, způsob využití dané instalace, faktor vnějších vlivů a další. Časové rozmezí mezi jednotlivými revizemi bývá zpravidla od dvou do pěti let. Ovšem v situacích, kdy je instalace vystavena specifickým podmínkám, jako je například umístění elektrické instalace nebo zařízení v prostorách staveniště, veřejně přístupných míst nebo se jedná o instalaci užívanou pro bezpečnostní účely, je časový interval mezi revizemi kratší [5].

Doporučená časová rozmezí mezi pravidelnými revizemi jsou uvedena v normě ČSN 33 1500.

## 4 PŘECHODOVÝ ODPOR

Přechodový odpor je podle normy ČSN 34 5101 definován jako „*odpor daný napětím mezi dvěma povrchy styku, dělený proudem, který jimi protéká*“ [9]. V elektrotechnické praxi se s přechodovým odporem setkáváme téměř ve všech elektrických instalacích a zařízeních. Příkladem míst výskytu přechodového odporu mohou být kluzné kontakty točivých strojů, spojení elektrických instalací se zemí, vzájemné spojování vodičů, spojení vodičů s kontakty v elektrických zařízeních nebo vzájemný styk kontaktů spínacích přístrojů.

Pro bližší přiblížení problematiky přechodového odporu je níže definovaná fyzikální veličina nazývaná elektrický odpor.

### 4.1 Elektrický odpor

Elektrický odpor je fyzikální veličina definující vlastnost daného materiálu nebo prostředí, která ovlivňuje schopnost pohybu volných nosičů elektrického náboje mezi dvěma body, které jsou pod napětím. Můžeme tedy říci, že elektrický odpor nám udává vliv, jakým bude ovlivněna velikost protékajícího proudu vodičem z daného materiálu při určité hodnotě napětí [11].

Značkou elektrického odporu je symbol  $R$  a základní jednotkou je ohm  $[\Omega]$  a jeho velikost určujeme ze vztahu

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (4.1)$$

kde  $R$  je elektrický odpor,  $\rho$  je rezistivita materiálu,  $l$  je délka vodiče a  $S$  je průřez vodiče [11].

Ze vztahu (4.1) vyplývá, že odpor vodiče je přímo úměrný rezistivitě vodiče a délce vodiče a nepřímo úměrný průřezu vodiče.

Rezistivitou materiálů udáváme schopnost materiálů vytvářet odpor procházejícímu proudu. V praxi rezistivitu označujeme symbolem  $\rho$  a velikost rezistivity vztahujeme na vodič o délce  $l = 1$  m a průřezu  $S = 1$  mm<sup>2</sup>, a proto se rezistivita materiálu obvykle udává v jednotkách  $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  [11].

Na velikost elektrického odporu má vliv mimo již zmíněné veličiny také teplota okolí. Literatura [10] uvádí, že se zvyšující se teplotou kovového vodiče dochází ke snižování střední doby srážek elektronů a tím dochází k lineárnímu růstu hodnoty odporu vodiče.

Velikost odporu při určité teplotě lze dle literatury [10] vypočítat dle vztahu

$$R_{\vartheta} = R_o \cdot (1 + \alpha(\vartheta_2 - \vartheta_o)) \quad (4.2)$$

kde  $R_o$  je odpor při referenční teplotě,  $R_{\vartheta}$  je odpor při určité teplotě,  $\alpha$  je teplotní součinitel odporu a „udává relativní změnu odporu při změně teploty o jeden stupeň Celsia (Kelvina)“ [10],  $\vartheta_o$  je referenční teplota a  $\vartheta_2$  teplota okolí.

## 4.2 Velikost přechodového odporu

Velikost přechodového odporu ovlivňuje celá řada faktorů. Mezi čtyři základní faktory ovlivňující velikost přechodového odporu patří:

- odpor spoje,
- materiál spoje,
- teplota spoje,
- druh spoje.

Mezi další faktory ovlivňující velikost přechodového odporu řadíme například vibrace, které působí na spoj, atmosféru obklopující spoj, okolní vlivy (vlhkost, nečistoty) nebo mechanické namáhání daného spoje.

Pojmem spoj definujeme spojení dvou a více vodičů, které jsou k sobě vzájemně stlačeny určitou silou [13].

### 4.2.1 Odpor spoje

Odpor spoje lze popsat tak, že budeme uvažovat vodič o délce  $l$ , průřezu  $S$  a odporu  $R$ . Pokud zmíněný vodič rozdělíme v libovolném místě na dvě části a ty následně přiložíme je k sobě plochami vzniklými dělením, bude odpor vodiče  $R$  větší o přechodový odpor spoje  $R_p$ . Velikost přechodového odporu spoje je dána následujícím vztahem

$$R_p = R_v + R_u \quad (4.3)$$

kde  $R_p$  je přechodový odpor spoje,  $R_v$  je odpor způsobený oxidační vrstvou na povrchu styčných ploch spoje a  $R_u$  je odpor úžiny [13].

Oxidací kontaktních ploch vzniká na plochách spoje tenká oxidová vrstva. Tato vrstva způsobuje zvýšení odporu spoje o složku  $R_v$  [13].

Nedokonalost kontaktních ploch spoje je způsobena skutečností, že nelze žádným technologickým postupem dosáhnout dokonale hladké plochy. Vždy se na opracované ploše budou vyskytovat mikroskopické nerovnosti, které způsobují, že vzájemný styk

obou kontaktních ploch bude pouze mezi těmito nerovnostmi a celkový styčný průřez bude menší než průřez vodiče. Tato složka odporu spoje se nazývá odpor úžiny  $R_u$  a jeho velikost závisí na materiálu kontaktních ploch, velikosti přítláčné síly a počtu míst styku [13].

## 4.2.2 Materiál spoje

Z hlediska dobrých provozních vlastností a bezpečnosti se na materiály spojů a kontaktů kladou jisté nároky. Materiály, ze kterých se vyrábějí kontakty, musí mít podle literatury [16]:

- dostatečnou elektrickou a tepelnou vodivost,
- odolnost proti opalování,
- nízké tečení materiálu,
- odolnost proti přivaření,
- odolnost proti opotřebení,
- odolnost proti chemickým vlivům.

Vhodnými materiály pro výrobu kontaktů jsou například měď, stříbro, nebo mosaz.

### 4.2.2.1 Měď

Měď je základní materiál využívaný v elektrotechnické praxi. Čistá měď se vyznačuje vysokou elektrickou a tepelnou vodivostí a chemickou odolností. Měď svojí strukturou patří mezi měkké materiály, což se projevuje její dobrou tvárností. Proto je vhodná jako elektroinstalační materiál [15].

Hodnota rezistivity mědi má hodnotu  $\rho = 0,0178 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  a hodnota teplotního součinitele odporu je  $\alpha = 0,0042 \text{ K}^{-1}$  [18].

Čistá měď se pro využití v elektrotechnice dělí z hlediska pevnosti na měkkou, polotvrdou a tvrdou a používá se na výrobu jader kabelů a šňůr, dále na výrobu kontaktů spínačů, vinutí cívek a na výrobu lamel komutátoru [18].

### 4.2.2.2 Stříbro

V dnešní době patří stříbro mezi nejpoužívanější materiály na výrobu kontaktů. Zpravidla je to díky jeho elektrické vodivosti a chemickým vlastnostem. Stříbro má

v elektrotechnice velké využití. Používá se například na výrobu kontaktů, pájek, kontaktních dvojků, pojistkových vložek nebo jako příměs do materiálů na kartáče elektrických strojů. Stříbro se také hojně využívá k postříbření částí elektrických zařízení vyrobených z jiných kovů [16].

Hodnota rezistivity stříbra a teplotního součinitele odporu nabývá dle literatury [18] hodnotu  $\rho = 0,0163 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  a teplotní součinitel odporu  $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ .

#### 4.2.2.3 Mosaz

Mosaz je slitina, jejíž základní prvky jsou měď a zinek. Pro zlepšení vlastností mosazi se v praxi do mosazi přidávají další prvky, jako například olovo, hliník, křemík nebo mangan. Předními výhodami mosazi je její dobrá tvárnost, obrobitelnost, odolnost proti korozi a nízká cena. Mosazi určené pro tváření se označují značkou *Ms* a doplňujícím dvojcíslím, které udává procentuální zastoupení mědi v dané mosazi [16].

V elektrotechnice se nejvíce využívají mosazi s označením *Ms63* a *Ms54*, kdy *Ms63* se využívá na výrobu kontaktů, šroubů, matic, podložek nebo svorek. Mosaz *Ms54* se využívá jako tvrdá pájka [18].

Hodnota rezistivity nabývá pro mosaz s 50 – 99 % zastoupením mědi hodnotu  $\rho = 0,075 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  a hodnota teplotního součinitele odporu  $\alpha = 0,002 – 0,007 \text{ K}^{-1}$  [31][32].

### 4.2.3 Teplota spoje

Teplota spoje je důležitý faktor nejen na velikost přechodového odporu spoje, ale i na zajištění bezpečného provozu kontaktu. Vlivem průchodu proudem kontaktem dochází k ohřívání materiálu kontaktu, což vede k růstu jeho odporu dle vztahu (4.2). Tento stav má za následek vzrůst hodnoty přechodového odporu. Současně vlivem zvyšující se hodnoty přechodového odporu dochází ke vzniku tepelných ztrát na kontaktu podle vztahu uvedeným literaturou [17]

$$\Delta P = R_p \cdot I^2 \quad (4.4)$$

kde  $\Delta P$  jsou tepelné ztráty ve watttech,  $R_p$  je přechodový odpor kontaktu,  $I$  je proud procházející obvodem.

Vlivem tepelných ztrát dochází k intenzivnějšímu oteplení spoje, což má za následek zvětšování tloušťky oxidové vrstvy na styčných plochách, což vede ke zvyšování odporu  $R_p$ . Současně rostoucím  $R_p$  roste i úbytek napětí na spoji a teplota spoje. Zvyšující se teplota spoje následně způsobí porušení oxidové vrstvy na jeho styčných plochách. Následuje měknutí materiálu, ze kterého je spoj vyroben, čímž dojde ke zvýšení jeho styčné plochy. Celý děj má za následek snížení  $R_p$  na hodnotu blízkou počáteční hodnotě. Tento průběh změny hodnoty  $R_p$  se opakuje do té doby, než je oxidová vrstva tak pevná, že nedojde k jejímu rozpadu. Hodnota přechodového odporu poté roste do okamžiku, než vzniklé tepelné ztráty zapříčiní poškození spoje natavením a porušení izolace daného přístroje [13].

Zvyšující se hodnota přechodového odporu má také za následek bezpečnostní rizika. Vlivem tepelných ztrát na kontaktu podle vztahu (4.4) dochází k zahřívání nejen samotného kontaktu, ale i k zahřívání zařízení v blízkosti kontaktu. Pokud se budou tepelné ztráty vlivem zvyšujícího se přechodového odporu zvyšovat, může být daný kontakt příčinou vzniku požáru s následným ohrožením zdraví osob, zvířat a vzniku škody na majetku [16].

#### 4.2.4 Druh spoje

Způsob spojení dvou proudovodných drah, například připojení vodičů ke svorkám elektrickému zařízení, vzájemné spojení dvou vodičů, spojení kartáče s komutátorem, významně ovlivňuje velikost přechodového odporu. Literatura [16] udává, že pro dosažení co nejmenší hodnoty přechodového odporu je zapotřebí, aby spojovací součásti splňovaly vlastnosti, kterými jsou:

- malá rezistivita materiálu spoje,
- odolnost proti chemickým vlivům,
- mechanická pevnost,
- odolnost materiálu proti tavení.

Literatura [22] definuje z hlediska plochy styčných ploch tři základní druhy kontaktního styku, kterými jsou:

- bodový styk,
- přímkový styk,
- plošný styk.

Dle literatury [13] dále rozdělujeme spoje z hlediska jejich povahy a provedení na spínací kontakty a šroubové spoje. Zatímco šroubové spoje slouží k trvalému spojení jednotlivých částí elektrického obvodu, spínací kontakty jsou záměrně konstruovány na spínání, rozpínání, přepínání a vypínání jednotlivých částí elektrické instalace.

#### **4.2.4.1 Šroubový spoj**

Šroubové spoje se z konstrukčního hlediska zhotovují mnoha způsoby, neboť spojují vodiče různých profilů a průřezů. Základním a pro všechny šroubové spoje společným kritériem musí být jejich spolehlivost. Šroubové spoje musí být navrženy tak, aby odolaly po celou dobu své životnosti vlivům provozním a okolním. Spolehlivostí a odolností šroubového spoje se rozumí, že šroubové spoje vydrží bez poškození dále zmíněné provozní a okolní vlivy bez toho, aby se měnila hodnota odporu daného spoje a nedocházelo k deformaci spoje. Mezi provozní vlivy řadíme jmenovitý proud dané elektrické instalace nebo proud, který může spojem procházet při vzniku poruchy nebo havárie v dané elektrické instalaci. Dále mohou na spoj působit elektrodynamické síly vyvolané průchodem zkratového proudu daným spojem. Mezi okolní vlivy působící na šroubový spoj se řadí teplota a vlhkost okolí nebo působení mechanických sil. Působením zmíněných vlivů na spoj dochází k oteplování, popřípadě ochlazování spoje, nebo smýkání jednotlivých částí spoje vůči sobě [13].

Technické provedení šroubových spojů pro místa připojení ochranných vodičů udává norma ČSN 33 0360. Podle této normy musí být šroubový spoj navržen a proveden tak, aby zajistil spolehlivé spojení neživých částí chráněné elektrické instalace s ochranným vodičem a odolal mechanickému, tepelnému a korozivnímu namáhání. Šroubový spoj musí být proveden v místě, které je snadno přístupné pro případnou revizi nebo montáž a označené značkou ochranného uzemnění, které je zobrazeno na Obr. 4.1, nebo písmeny PE v případě, že je značka umístěována na svorkovnici s písemným značením. [14]



**Obr. 4.1 Značka ochranného uzemnění [14]**

Šroubové spoje sloužící pro připojení ochranných vodičů smí být použity pouze k tomu účelu. Nelze pomocí nich připevňovat jiné konstrukční prvky. Provedení šroubového spoje musí být takové, aby materiál spoje nezpůsobil korozi ochranného vodiče, nezpůsobil poškození ochranného vodiče vlivem předepsaného kontaktního tlaku a zajistil styk s chráněným zařízením s hodnotou přechodového odporu menší než  $0,1 \Omega$ . Povrch styčných ploch svorky šroubového spoje musí mít antikorozi ochranu a její drsnost povrchu  $Ra$  nesmí být vyšší než  $12,5 \mu\text{m}$ . Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a ochrany proti samovolnému uvolnění spoje musí být šroubový spoj vybaven podložkou a pružícím prvkem, např. vějířovitou podložkou [14].

#### **4.2.4.2 Spínací kontakty**

Podobně jako u šroubových spojů, i spínací kontakty se vyrábí v celé škále konstrukčních provedení. Příkladem spínacích kontaktů mohou být kontakty nožové, růžicové, kolébkové, ploché pružinové nebo kartáčové. Základním dělením kontaktů z pracovního hlediska je dělení na hlavní a opalovací kontakty. Spínací mechanismus vybavený hlavními i opalovacími kontakty funguje na principu, že v sepnutém stavu hlavní kontakty přenáší jmenovité i zkratové hodnoty proudu. Aby nedocházelo k jejich opotřebení, či poškození vlivem hoření elektrického oblouku během rozpínání kontaktu, jsou hlavní kontakty od sebe oddáleny dříve než kontakty opalovací. Díky tomu se elektrický oblouk zapálí až na kontaktech opalovacích, které jsou navrženy na účinky elektrického oblouku [13].

## 4.3 Měřicí metody

Přechodový odpor lze měřit pomocí přímé a nepřímé metody měření. Přímá metoda měření spočívá v použití vhodných měřících přístrojů určených pro měření přechodového odporu. Výstupem takového měření bývá hodnota odečtená z měřícího přístroje, která nabývá hodnoty měřeného přechodového odporu. Měření přechodového odporu přímou metodou pomocí měřících přístrojů je popsáno v kapitole 5.1.

U nepřímé metody se pomocí vhodných měřících přístrojů nejprve změří veličina nebo veličiny, které z fyzikálního hlediska souvisí s přechodovým odporem. Následně se z naměřených veličin pomocí daných vztahů určí hodnota přechodového odporu.

Problematikou měření přechodového odporu se zabývají normy ČSN EN 60512-2-1 a ČSN EN 60512-2-2. Normy udávají dvě metody pro měření přechodového odporu. Metodu milivoltovou a metodu specifikovaným proudem. Pro obě metody měření norma ČSN EN 60512-2-1 a ČSN EN 60512-2-2 udává podmínky, které musí být během měření dodrženy:

- měření smí být prováděno s využitím stejnosměrného nebo střídavého proudu, přičemž hodnota frekvence střídavého proudu nesmí přesáhnout 2 kHz,
- nesmí se jakkoliv manipulovat s kontakty měřícího přístroje během průběhu měření,
- nesmí se jakkoliv manipulovat s vodiči měřeného styku,
- měřící zařízení musí mít chybu měření menší jak 1 % z měřené hodnoty.

### 4.3.1 Milivoltová metoda

Milivoltová metoda je definována normou ČSN EN 60512-2-1. Během této metody by neměla hodnota měřícího napětí přesáhnout 20 mV a hodnota měřícího proudu by měla být maximálně 100 mA. Tato metoda se uplatňuje na styky kontaktů s malou styčnou plochou [19].

### 4.3.2 Metoda specifikovaným proudem

Metoda specifikovaným proudem je definována normou ČSN EN 60512-2-2. Během této metody by měla být hodnota měřícího napětí alespoň 1 V a hodnota měřícího proudu se určuje podle parametrů měřených kontaktních styků.

### 4.3.3 Postup měření

Po splnění podmínek uvedených v kapitole 4.3 je postup měření dle normy ČSN EN 60512-2-1 a ČSN EN 60512-2-2 následovný:

- na styčnou plochu kontaktů se připojí vhodnými spojovacími součástmi napěťový zdroj,
- provede se měření proudu tekoucího jedním směrem a měření úbytku napětí na kontaktu,
- provede se měření proudu tekoucího opačným směrem a měření úbytku napětí na kontaktu,
- odpojí se napěťový zdroj,
- celý postup se opakuje.

Po dokončení měření se z naměřených hodnot úbytků napětí na kontaktu a proudu protékajícího kontaktem v jednotlivých směrech vypočítá aritmetický průměr, který se dosadí do vztahu

$$R_p = \frac{|U_f - U_r|}{|I_f| + |I_r|} \quad (4.5)$$

kde  $R_p$  je přechodový odpor,  $U_f$  je napětí kladné polarity,  $U_r$  je napětí záporné polarity,  $I_f$  je proud protékající kontaktem jedním směrem,  $I_r$  je proud protékající kontaktem opačným směrem [19] [20].

#### 4.4 Příklady výskytu přechodového odporu na EZ

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.1.2, během revize se provádí prohlídka revidované instalace za účelem vizuálního posouzení provozuschopnosti a bezpečnosti instalace a nalezení případných závad na instalaci.

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny části elektrických zařízení, na kterých se vyskytl určitý druh závady. Vlivem této závady došlo ke zvýšení přechodového odporu v postižené části instalace, což vedlo ke snížení provozuschopnosti daného zařízení a ke vzniku nebezpečí úrazu elektrickým proudem.



**Obr. 4.2 Závada na přívodní vidlici stolní lampy**

Na Obr. 4.2 lze vidět typický příklad poruchy elektrického zařízení zapříčiněnou výskytem přechodového odporu. Na obrázku je vyfocena přívodní vidlice stolní lampy. Vlivem špatného provedení spojení přívodní šňůry s pevným vývodem kontaktu vidlice došlo ke vzniku přechodového odporu. Průchodem proudu v daném místě došlo ke vzniku tepelných ztrát, které vedly až k porušení izolace vidlice. Pokud by se závada neodstranila a pokračovalo by se v provozu s poškozenou vidlicí, mohlo by dojít k požáru nebo k úrazu elektrickým proudem osoby manipulující s lampou.



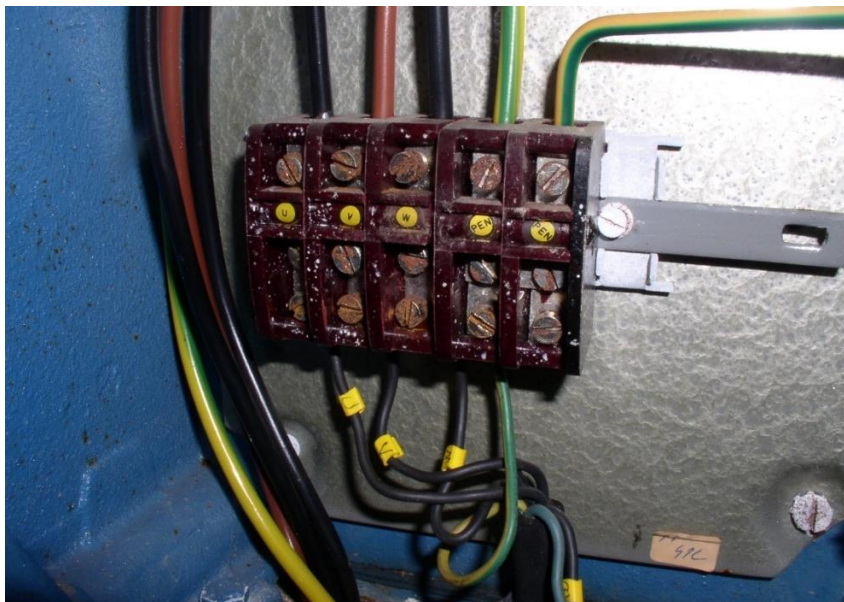
**Obr. 4.3 Závada na krytu instalační krabice pod omítku**

Na Obr. 4.3 je zobrazena porucha, kdy vlivem přechodového odporu na svorkovnici spojující vodiče uvnitř instalační krabice došlo ke vzniku tepelné energie, vyhřátí svorkovnice a natavení krytu krabice.

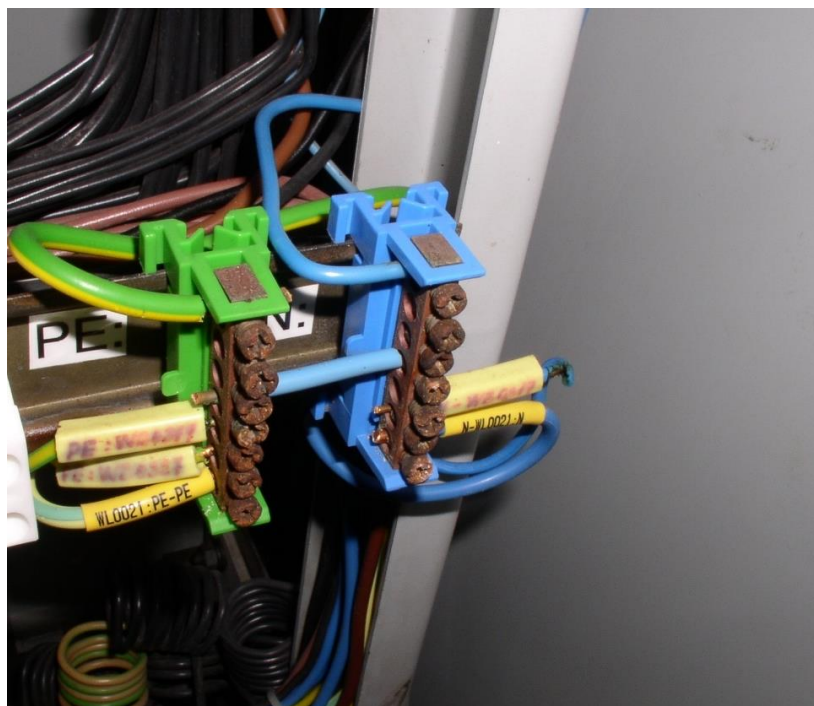


**Obr. 4.4 Závada na instalační krabici na omítku**

Na Obr. 4.4 je vyfocena instalační krabice s umístěním na omítce. Tato krabice byla umístěna v prostředí, kde změnou teploty okolí došlo ke kondenzaci vlhkosti uvnitř krabice a korozi styčných ploch šroubových spojů. Tento stav zapříčinil zvýšení hodnoty přechodového šroubových spojů, což vedlo k porušení izolace vodičů natavením, prohoření krytu instalační krabice a zkratu elektrického obvodu.

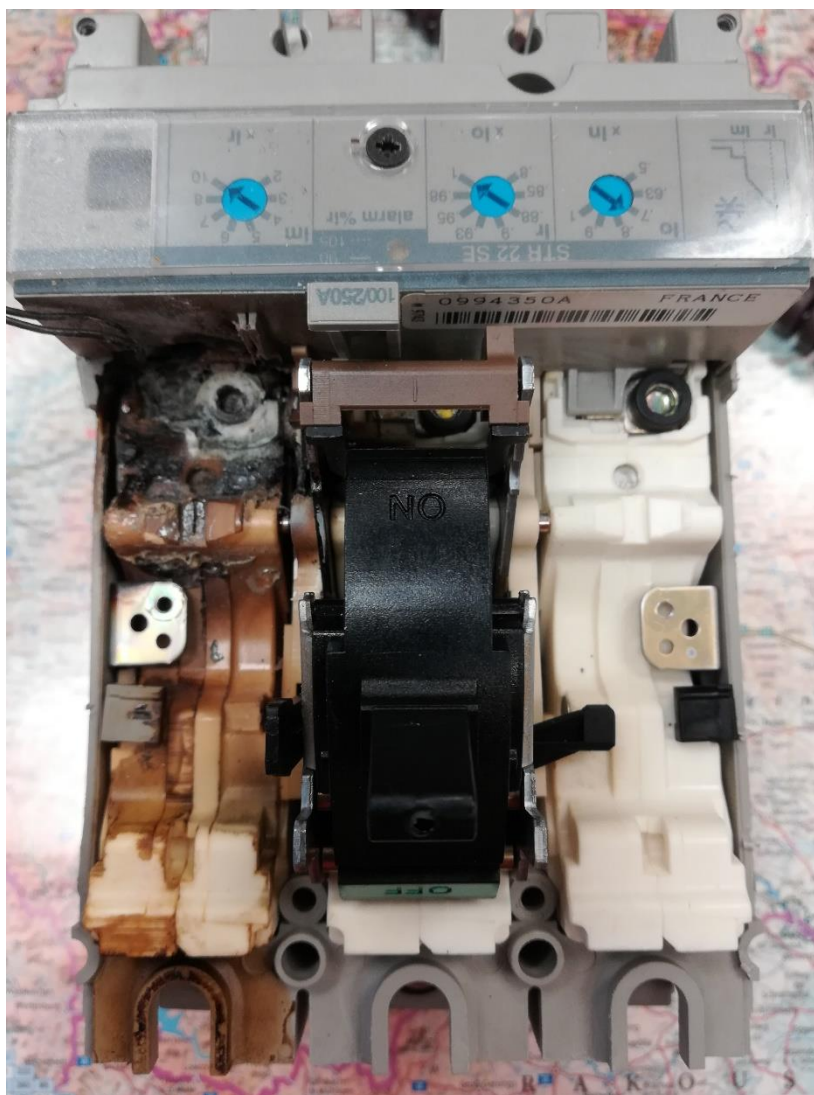


**Obr. 4.5 Zkorodovaná svorkovnice v rozváděči [30]**



**Obr. 4.6 Zkorodovaná svorkovnice středních a ochranných vodičů v rozváděči [30]**

Obr. 4.5 a Obr. 4.6 byl pořízen pracovníky JE Dukovany při provádění pravidelné revize na rozváděčích NN. Na obrázcích jsou zobrazeny svorkovnice uvnitř revidovaných rozváděčů, na kterých došlo ke korozi kontaktních svorek vlivem vlhkosti vzduchu. Vznik korozivní vrstvy na styčných plochách spojů zapříčinil zvýšení hodnoty přechodového odporu jednotlivých spojů.



**Obr. 4.7 Závada výsuvné části jističe Merlin Gerin compact NS250N [30]**

Na Obr. 4.7 je zobrazena závada, kdy vlivem přechodového odporu na silovém kontaktu jedné z fází přívodního jističe rozváděče došlo ke vzniku tepelné energie a poškození výsuvné části jističe.

## 5 MĚŘENÍ PŘECHODOVÉHO ODPORU

V následující kapitole je popsáno měření velikosti přechodového odporu přímou metodou měření. Měření bylo prováděno na laboratorním přípravku simulujícím šroubový spoj a na ochranném pospojení kompenzačního rozváděče typu QRS 2,7 3C + 2L A00 pomocí tří měřících přístrojů určených k měření přechodového odporu využívaných při revizních činnostech. Výstupem měření je závislost velikosti přechodového odporu na velikosti utahovacího momentu šroubového spoje, velikost přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení a velikost odporu ochranného pospojení mezi místem připojení ochranného vodiče a nejbližší částí elektrického zařízení.

### 5.1 Měřící přístroje

Měření přechodového odporu bylo prováděno za pomoci tří multifunkčních měřících přístrojů využívaných při revizních činnostech. Byl použit přístroj EASYTEST MA 2064, MEDITEST 50 a REVEX 2051. Tabulka 5.1 obsahuje základní měřící údaje o měřících přístrojích, které byly během vlastního měření použity.

**Tabulka 5.1 Technické parametry jednotlivých měřících přístrojů**

Měřící přístroj	EASYTEST MA 2064	MEDITEST 50	REVEX 2051
Registrační číslo	703014	20286272	0401183
Měřící napětí [V]	4	10	4,0 ÷ 10,0
Měřící proud ( $R < 1 \Omega$ ) [mA]	>200	>200	>200
Měřící rozsah [ $\Omega$ ]	0,00 ÷ 19,99	0,00 ÷ 19,99	0,00 ÷ 19,99
Rozlišovací schopnost [ $\Omega$ ]	0,01	0,01	0,01
Přesnost měření	$\pm (2 \% \text{ z MH} + 2 \text{ D})$	$\pm (2 \% \text{ z MH} + 3 \text{ D})$	$\pm (3 \% \text{ z MH} + 2 \text{ D})$

### 5.1.1 EASYTEST MA 2064

Přístroj EASYTEST MA 2064 je multifunkční měřicí přístroj konstruovaný na provádění revizí v sítích napěťové hladiny 230 V. Provedení přístroje umožňuje měření izolačních odporů, přechodových odporů, měření vypínacích časů proudových chráničů při různých násobcích reziduálního vybavovacího proudu, měření impedance vypínací smyčky, celkového zemního odporu a měření dotykového napětí [23].



**Obr. 5.1 Měřicí přístroj EASYTEST MA 2064**

Na Obr. 5.1 je zobrazen měřicí přístroj EASYTEST MA 2064. Přístroj měří přechodový odpor v rozsahu  $0 \div 19,99 \Omega$  s rozlišovací schopností  $0,01 \Omega$  a přesností měření  $\pm (2 \% \text{ z měřené hodnoty} + 2 \text{ D})$ . Během měření přístroj změří přechodový odpor v obou polaritách. Na displeji se následně zobrazí výsledek ve formě průměru z obou měření [23].

Postup měření přechodového odporu je dle literatury [23] následovný:

- Před uvedením měřicího přístroje do provozu vizuálně zkontrolujeme, zda není poškozena izolace měřících šňůr nebo kryt přístroje,
- kontakty měřících šňůr se zasunou do zdířek přístroje zobrazených na Obr. 5.1,

- otočný přepínač v čele přístroje se nastaví na polohu **LOW  $\Omega$** ,
- měřicí šňůry se zkratují a stiskne se tlačítko  $I_{\Delta N}$  (po stisknutí se na displeji objeví symbol k), následně se stiskne tlačítko **START**, čímž dojde ke kalibraci přístroje, po kterém se bude automaticky od měřené hodnoty odečítat odpor měřících šňůr,
- hroty měřících šňůr se přiloží k měřenému objektu,
- pro započítí měření se stiskne tlačítko **START**.

### 5.1.2 MEDITEST 50

Přístroj MEDITEST 50 je multifunkční měřicí přístroj umožňující měření přechodových a izolačních odporů a měření unikajících proudů. Pro měření přechodového odporu přístroj disponuje rozsahem měření  $0,00 \Omega \div 19,99 \Omega$ , rozlišovací schopností  $0,01 \Omega$  a přesností měření  $\pm (2 \% \text{ z měřené hodnoty} + 3 \text{ D})$  [24].

Přístroj MEDITEST 50 je zobrazen na Obr. 5.2.



Obr. 5.2 Měřicí přístroj MEDITEST 50

Pracovní postup pro měření přechodového odporu měřicím přístrojem MEDITEST 50 je udáván literaturou [24] následovně:

- Před uvedením měřicího přístroje do provozu vizuálně zkontrolujeme, zda není poškozena izolace přívodní šňůry nebo kryt přístroje,
- měřicí přístroj připojíme k síti TT nebo TN o parametrech 230 V / 50 Hz,
- přepínač pro druh měření nastavíme na pozici **PŘECHODOVÝ ODPOR**,
- do konektoru označeného jako **PŘECHODOVÝ ODPOR** zapojíme měřicí šňůru (dále označována jako **ŠŇŮRA 1**),
- v případě rozsvícení LED diody u tlačítka **RESET**, stiskneme zmíněné tlačítko, dokud LED dioda nezhasne,
- provedeme zkoušku měřicího přístroje: přiložíme hrot **ŠŇŮRY 1** na ochranný kolík zásuvky zabudované v měřicím přístroji, při provádění zkoušky by hodnota měřeného odporu na displeji neměla přesáhnout 0,03  $\Omega$ ,
- do konektoru označeného jako **PŘÍSTUPNÁ ČÁST** zapojíme měřicí šňůru (dále označována jako **ŠŇŮRA 2**),
- vzájemně vyzkratujeme **ŠŇŮRU 1** a **ŠŇŮRU 2**. Na displeji měřicího přístroje se zobrazí hodnota odporu **ŠŇŮRY 1** a **ŠŇŮRY 2**, údaj zaznamenáme pro potřeby dalšího měření,
- hrot **ŠŇŮRY 1** a **ŠŇŮRY 2** přiložíme k měřenému styku, na displeji měřicího přístroje se zobrazí hodnota přechodového odporu styku, tato hodnota je zvětšena o hodnotu odporu **ŠŇŮRY 1** a **ŠŇŮRY 2**,
- Odečteme hodnotu odporu **ŠŇŮRY 1** a **ŠŇŮRY 2** od hodnoty odporu měřeného styku a získáme skutečnou hodnotu přechodového odporu měřeného styku.

### 5.1.3 REVEX 2051

Přístroj REVEX 2051 je multifunkční měřicí přístroj hojně využívaný v elektrotechnické praxi, respektive při provádění revizní činnosti. Přístroj je určený pro měření a kontrolu spotřebičů z hlediska kontroly izolačního odporu, měření dotykových a unikajících proudů, měření přechodového odporu a úbytku napětí na ochranných vodičích přístroje, spotřebu měřených spotřebičů, procházející proud vodiči a otáčky točivých strojů [25].

Na Obr. 5.3 je zobrazen měřicí přístroj REVEX 2051. Přístrojem lze měřit velikost přechodového odporu dvěma variantami. První varianta měření je použití měřícího proudu o hodnotě 10 A. Při použití této varianty je měřicí rozsah přístroje v rozmezí  $0,00 \Omega \div 1,00 \Omega$  s rozlišovací schopností  $0,01 \Omega$ . Pracovní chyba měření při použití první varianty měření je  $\pm (3 \% \text{ z měřené hodnoty} + 2 \text{ D})$ . Druhá varianta měření pracuje s měřícím proudem 200 mA. U této varianty je měřicí rozsah přístroje v rozmezí  $0,00 \Omega \div 19,99 \Omega$  s rozlišovací schopností  $0,01 \Omega$ . Pracovní chyba měření při použití první varianty měření je  $\pm (3 \% \text{ z měřené hodnoty} + 2 \text{ D})$  [25].



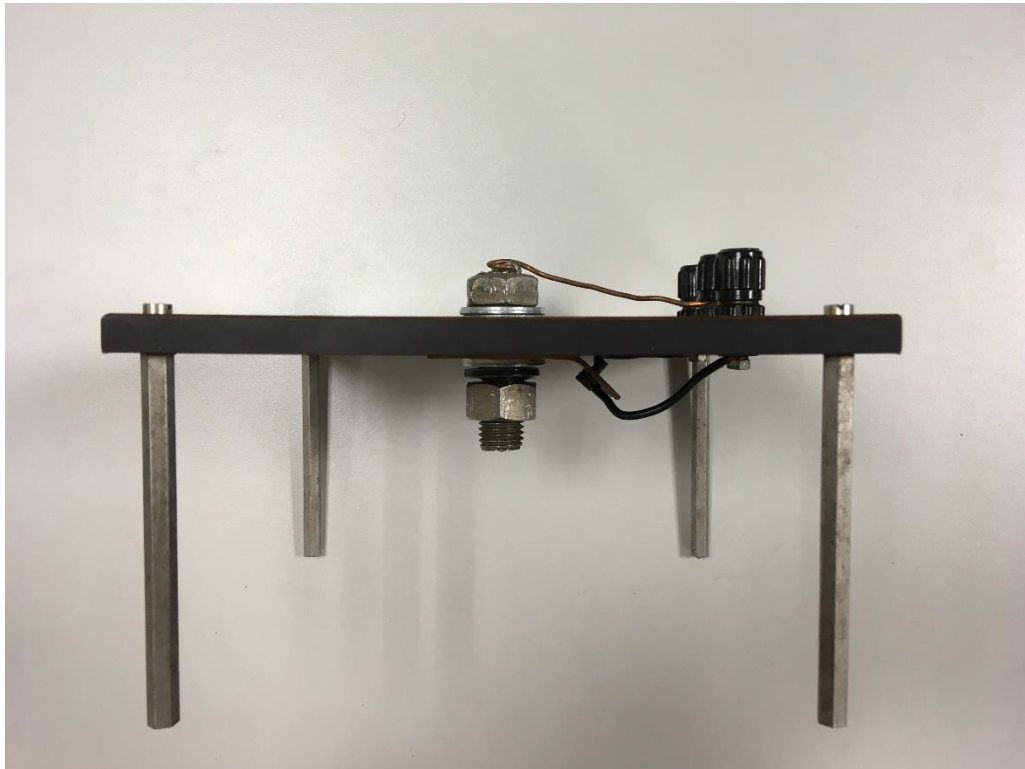
Obr. 5.3 Měřicí přístroj REVEX 2051

Pracovní postup pro měření přechodového odporu měřícím přístrojem REVEX 2051 je udáván literaturou [25] následovně:

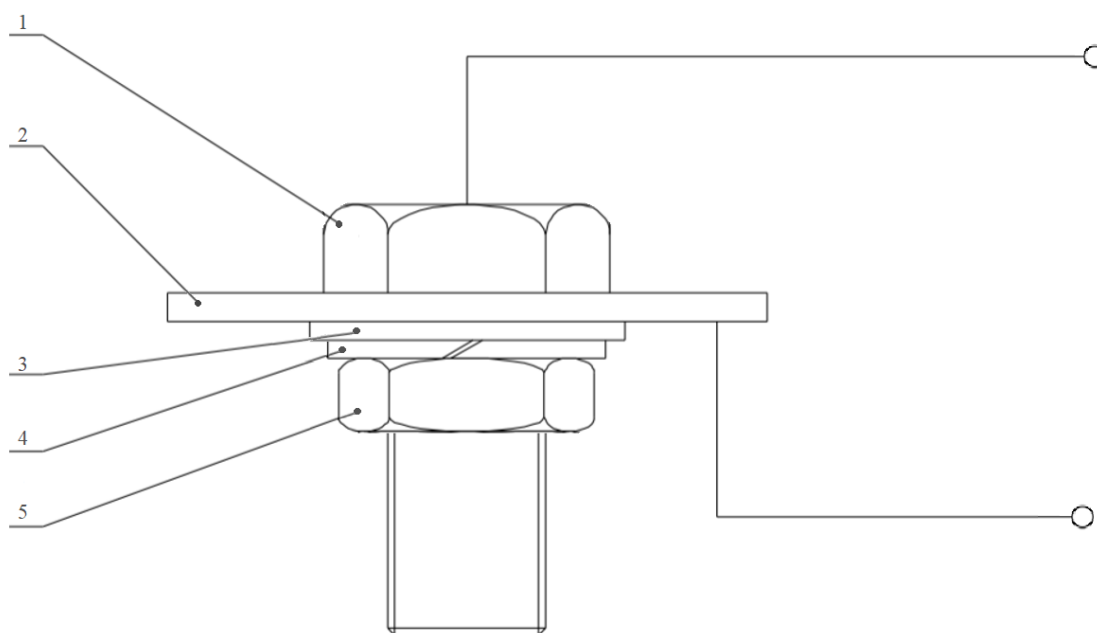
- Před uvedením měřícího přístroje do provozu vizuálně zkontrolujeme, zda není poškozena izolace přívodní šňůry nebo kryt přístroje,
- měřící přístroj připojíme k síti TT nebo TN o parametrech 230 V / 50 Hz, přitom dbáme na to, aby při připojení měřícího přístroje do sítě nebylo k němu připojeno měřené zařízení,
- stiskem tlačítka **Rp 200 mA** zvolíme funkci měření přechodového odporu měřícím proudem 200 mA,
- do konektoru **Rp** a **PŘÍSTUPNÁ ČÁST** zapojíme měřící šňůry,
- měřící šňůry vzájemně zkratujeme,
- stiskem tlačítka **START** na displeji zobrazíme hodnotu odporu měřících šňůr,
- stiskem tlačítka **CAL** se naměřená hodnota odporu měřících šňůr uloží do paměti přístroje (do následující kalibrace nebo do vypnutí měřícího přístroje) a následně se automaticky odečítá od měřené hodnoty přechodového odporu měřeného zařízení,
- měřící šňůry připojíme na měřený objekt,
- stiskem tlačítka **START** provedeme měření, probíhající měření je ve spodním rohu displeje označeno symbolem čtverce,
- po dokončení měření se na displeji zobrazí minimální naměřená hodnota odporu, měřící proud a čas měření.

## 5.2 Závislost přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje

Cílem měření bylo stanovení závislosti velikosti přechodového odporu šroubového spoje na velikosti momentu, kterým je šroubový spoj utažen. Měření bylo prováděno v laboratorní místnosti při teplotě okolí 22,9 °C, okolním tlaku 994 hPa a relativní vlhkosti vzduchu 39,6 %. Měření bylo prováděno na laboratorním přípravku zobrazeném na Obr. 5.4. Jedná se o šroubový spoj, který se skládá ze šroubu, měděné lišty, podložky, pružné podložky a matice. Z důvodu zjednodušení připojení šňůr měřících přístrojů k měřicímu přípravku je na hlavu šroubu připájen měděný drát, který je spojen s laboratorním konektorem. Stejným způsobem je provedeno spojení měděné lišty a laboratorního konektoru.



Obr. 5.4 Laboratorní přípravek pro měření přechodového odporu



**Obr. 5.5 Schématické zobrazení laboratorního přípravku [27]**

**Tabulka 5.2 Legenda k obrázku 5.5**

Pozice	Název
1	Šroub M16 x 50 mm s šestihrannou hlavou
2	Měděná lišta
3	Podložka
4	Pružná podložka
5	Šestihranná matice M16

Vlastní měření přechodového odporu bylo provedeno následujícím postupem:

- Pomocí momentového klíče se nastavila požadovaná hodnota utahovacího momentu v rozsahu 0 Nm až 50 Nm po kroku 2 Nm,
- pomocí měřících přístrojů uvedených v kapitole 5.1 se změřila hodnota přechodového odporu pro jednotlivé velikosti utahovacího momentu,
- naměřené hodnoty byly zapsány do tabulky 5.3,
- z naměřených hodnot byla sestavena závislost velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu  $R_p = f(M_u)$ .

**Tabulka 5.3 Naměřené hodnoty přechodového odporu při dané hodnotě utahovacího momentu šroubového spoje**

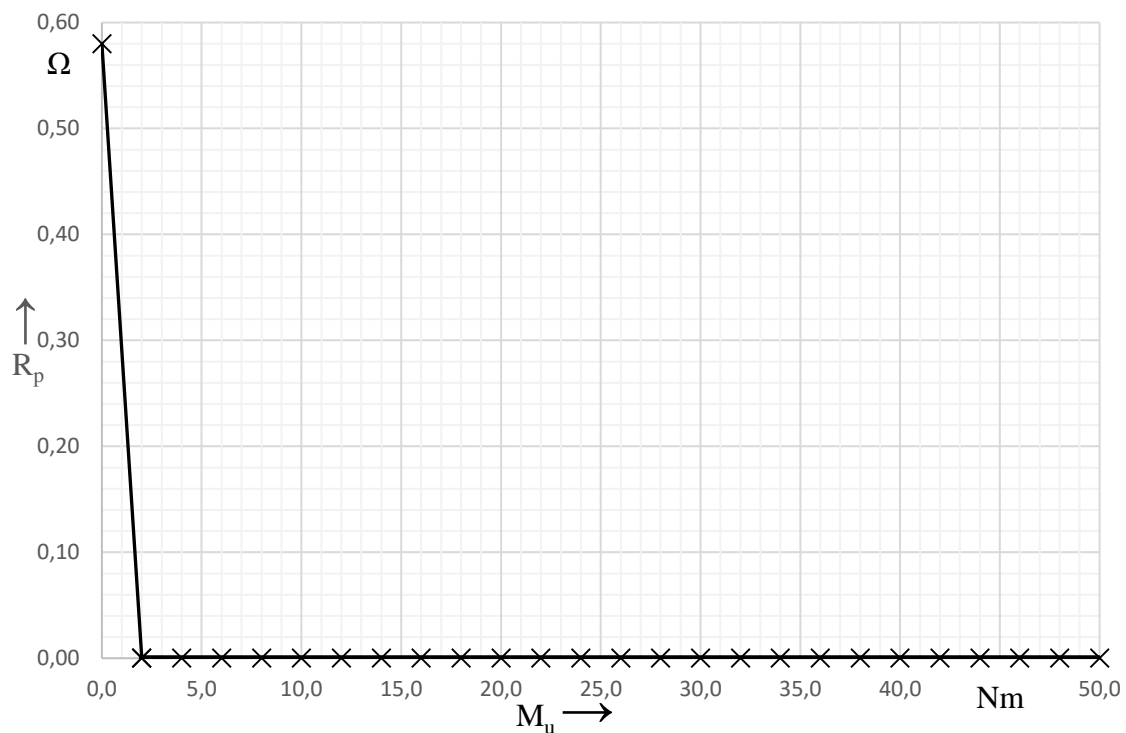
Měřicí přístroj	EASYTEST MA 2064			MEDITEST 50			REVEX 2051		
	R <sub>p</sub> [Ω]								
	n [-]			n [-]			n [-]		
M <sub>u</sub> [Nm]	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
0,0	0,62	0,54	0,58	0,57	0,66	0,60	0,50	0,53	0,47
2,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
4,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
6,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01
8,0	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02
10,0	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
12,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
14,0	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
16,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
18,0	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
20,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
22,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
24,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01
26,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
28,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01
30,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
32,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
34,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01
36,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
38,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
42,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
44,0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
46,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
48,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
50,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01

**Tabulka 5.4 Průměrná hodnota přechodového odporu při dané hodnotě utahovacího momentu šroubového spoje**

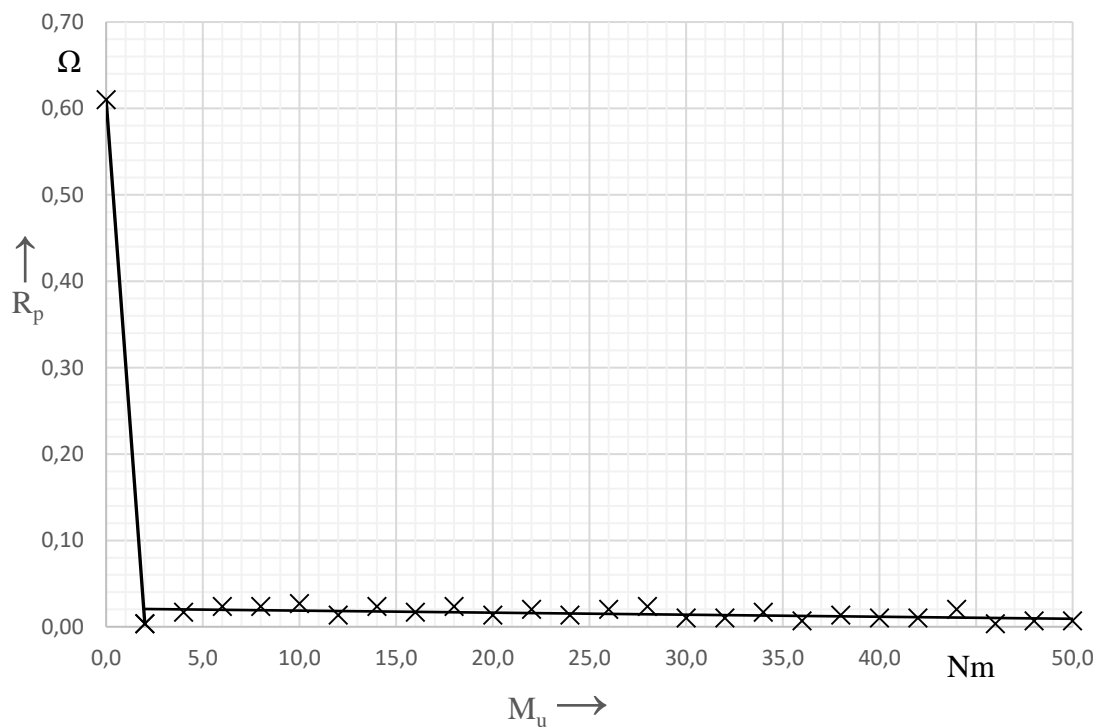
Měřicí přístroj	EASYTEST MA 2064	MEDITEST 50	REVEX 2051
$M_u$ [Nm]	$\overline{R_p}$ [ $\Omega$ ]		
0,0	0,580	0,610	0,500
2,0	0,000	0,003	0,010
4,0	0,000	0,017	0,010
6,0	0,000	0,023	0,010
8,0	0,000	0,023	0,013
10,0	0,000	0,027	0,010
12,0	0,000	0,013	0,010
14,0	0,000	0,023	0,010
16,0	0,000	0,017	0,010
18,0	0,000	0,023	0,010
20,0	0,000	0,013	0,010
22,0	0,000	0,020	0,010
24,0	0,000	0,013	0,010
26,0	0,000	0,020	0,010
28,0	0,000	0,023	0,013
30,0	0,000	0,010	0,010
32,0	0,000	0,010	0,010
34,0	0,000	0,017	0,010
36,0	0,000	0,007	0,010
38,0	0,000	0,013	0,010
40,0	0,000	0,010	0,010
42,0	0,000	0,010	0,010
44,0	0,000	0,020	0,010
46,0	0,000	0,003	0,013
48,0	0,000	0,007	0,010
50,0	0,000	0,007	0,010

Příklad výpočtu průměrné hodnoty  $R_p$  (použité hodnoty jsou převzaty z prvního řádku tabulky 5.3 a jsou vyznačeny kurzívou):

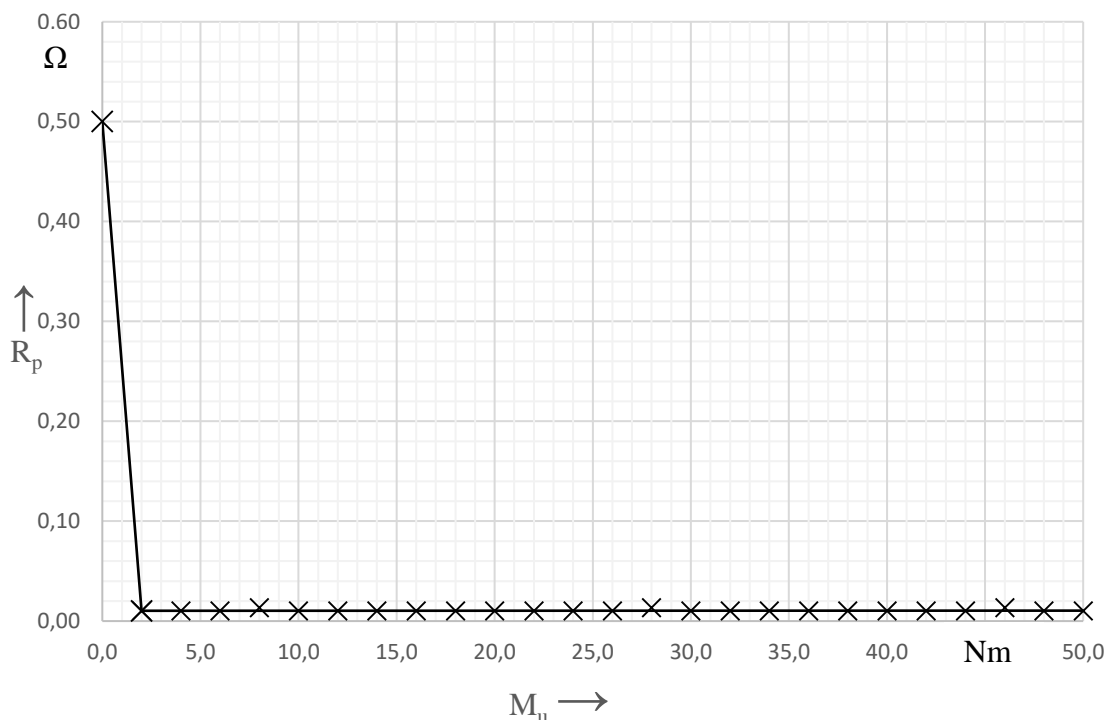
$$\overline{R_p} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_{pi} = \frac{1}{3} \cdot (0,57 + 0,66 + 0,60) = 0,610 \Omega$$



**Obr. 5.6 Graf závislosti velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje-měřicí přístroj EASYTEST MA 2064**



**Obr. 5.7 Graf závislost velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje-měřicí přístroj MEDITEST 50**



**Obr. 5.8 Graf závislosti velikosti přechodového odporu na utahovacím momentu šroubového spoje-měřicí přístroj REVEX 2051**

Z výše uvedených grafů lze odvodit, že velikost přechodového odporu se změnou velikosti utahovacího momentu šroubového spoje v rozsahu 50-2 Nm je provázána malou změnou hodnoty přechodového odporu. Díky pružné podložce se velikost přítláčné síly, kterou šroubový spoj působí na měděnou lištu, i při snižující se hodnotě utahovacího momentu nezmenšuje. Z toho důvodu dochází pouze k malé změně hodnoty přechodového odporu.

Výrazné zvýšení hodnoty přechodového odporu nastává v rozsahu utahovacího momentu 2-0 Nm. V této fázi utažení šroubového spoje se pružná podložka zcela rozevře, tudíž není schopna na styčné plochy spoje vyvinout dostatečnou přítláčnou sílu a mezi styčnými plochami spoje vzniká vůle. To má za následek snížení počtu kontaktních míst ve spoji, zmenšení styčného průřezu, zvýšení hodnoty odporu úžiny a celkové zvětšení přechodového odporu. Z naměřených grafických závislostí je patrné, že hodnota přechodového odporu povoleného šroubového spoje oproti hodnotě přechodového odporu šroubového spoje utaženého je přibližně 60krát vyšší.

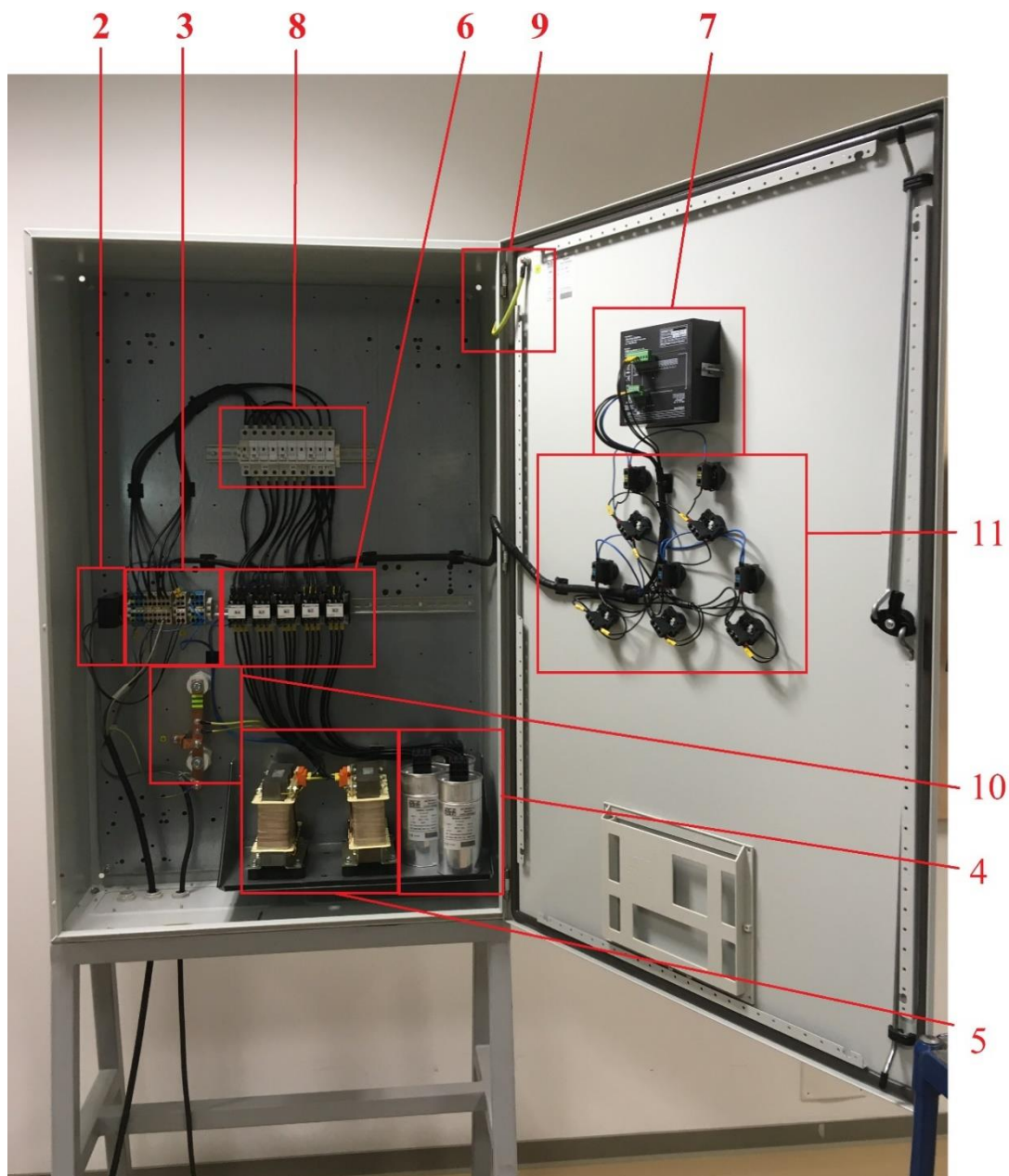
Při porovnání měřících schopností jednotlivých měřících přístrojů vyplývá, že měřicí přístroj EASYTEST MA-2064, MEDITEST 50 a REVEX 2051 jsou pro tento druh měření nedostačující. Vzhledem k teoretickým poznatkům lze stanovit, že hodnota

přechodového odporu se se změnou přítláčné síly na styčné plochy spoje mění. Z naměřených hodnot přechodového odporu šroubového spoje je patrné, že při nulovém utahovacím momentu se měřené hodnoty všech tří měřících přístrojů pohybovaly v rozmezí hodnot přechodového odporu 0,50–0,66  $\Omega$ . V rozsahu utahovacího momentu 2–50 Nm měřicí přístroj REVEX 2051 ukazoval během celého měřeného rozsahu hodnotu přechodového odporu 0,01  $\Omega$ , přístroj EASYTEST MA 2064 ukazoval hodnotu 0,00  $\Omega$  a měřená hodnota přístroje MEDITEST 50 se pohybovala v rozsahu utahovacího momentu 2-50 Nm v rozmezí 0,00–0,04  $\Omega$ . Z toho vyplývá, že rozlišovací schopnost použitých měřících přístrojů není dostatečná pro měření hodnot přechodového odporu pohybuje se rozsahu hodnot menších než 0,01  $\Omega$ .

### **5.3 Měření hodnoty přechodového odporu ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C + 2L A00**

Rozváděč typu QRS, vyrobený společností ZES – SILKO, s.r.o., je druh kompenzačního rozváděče, který slouží k automatickému řízení účinníku v místech odběru elektrické energie. Technický výkres rozváděče je uveden v příloze 3. Rozváděč je znázorněn na Obr. 5.9 a skládá se z elektrických zařízení uvedených v tabulce 5.5. Přívod rozváděče je proveden kabelem, který do rozváděče vstupuje průchodkou ze spodu (pozice 1). Hned za průchodkou rozváděče prochází přívodní kabel měřícím transformátorem proudu (pozice 2). Následně je přívodní kabel je vyveden na svorkovnici rozváděče (pozice 3). Rozváděč obsahuje tři kompenzační kondenzátory (pozice 4), značené v příloze 3 jako  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , typu CSADG vyrobené společností ZEZ SILKO s.r.o. o jmenovitém napětí  $U_n = 440$  V a výkonu jednotlivých kondenzátorů  $Q_{C1} = 0,4$  kVar,  $Q_{C2} = 0,8$  kVar,  $Q_{C3} = 1,5$  kVar. V rozváděči jsou dále umístěny dvě kompenzační tlumivky (pozice 5), značené v příloze 3 jako  $L_1$  a  $L_2$ , typu TTC 33041-0013 vyrobené společností ELEKTROKOV a.s. Znojmo o jmenovitém napětí  $U_n = 3 \times 440$  V a výkonu  $Q_{L1} = Q_{L2} = 1$  kVar. Funkci spínačů kompenzačních zařízení plní sada stykačů (pozice 6) značených v příloze 3 jako  $K1$ - $K5$ . Výrobce stykačů je firma BENEDIKT&JÄGER a jsou typu K3-18K10. Samotná kompenzace je řízena regulátorem jalového výkonu NOVAR 1114 (pozice 7) od firmy KMB SYSTEMS. Celé osazení rozváděče je jištěno pojistkovými odpínači OEZ OPV10/3 (pozice 8), které jsou osazeny pojistkami PV10-6 A s vypínací charakteristikou gG.

Náplní bakalářské práce je měření odporu ochranného pospojení mezi místem připojení ochranného vodiče a nejvzdálenější částí elektrického zařízení a měření přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení rámu a dveří výše popsaného rozváděče (pozice 9).



**Obr. 5.9 Rozváděč QRS 2,7 3C + 2L A00**

Legenda k osazení rozváděče QRS 2,7 3C + 2L A00 zobrazeném na Obr. 5.9 je uvedena v tabulce 5.5 na následující straně.

**Tabulka 5.5 Osazení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00 (legenda k obrázku 5.9).**

Pozice	Označení	Zařízení
1	-	Průchodka rozváděče
2	-	MTP
3	-	Svorkovnice rozváděče
4	C1, C2, C3	Kompenzační kondenzátory
5	L1, L2	Kompenzační tlumivky
6	K1-K5	Stykače pro spínání kompenzačních zařízení
7	NOVAR 1114	Regulátor jalového výkonu
8	OPV 10/3	Pojistkové odpínače
9	-	Ochranné pospojení rozváděče
10	-	Svorkovnice ochranných vodičů PE
11	-	Ovládací a signalizační prvky rozváděče

Měření přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C + 2L A00 a hodnoty odporu ochranného pospojení bylo prováděno v laboratorní místnosti za teploty 23,1 °C, tlaku 1006 hPa a relativní vlhkosti 28,6 %.

Jako první byla měřena hodnota odporu ochranného pospojení mezi místem připojení ochranného vodiče a nejbližší částí elektrického zařízení. V případě zkoumaného rozváděče se jedná o svorkovnici ochranných vodičů a boční stranu dveří rozváděčové skříně. Dle normy ČSN 33 0360 ed.2 se spojení považuje za vyhovující v případě, že odpor mezi zmíněnými dvěma body je menší než 0,1  $\Omega$  [14].

Postup měření byl prováděn následovně:

- První měřicí šňůra byla připojena pomocí krokosvorky na svorkovnici ochranných vodičů a hrot druhé měřicí šňůry byl přiložen k boční straně dveří rozváděče,
- pomocí měřících přístrojů uvedených v kapitole 5.1 byly naměřeny hodnoty odporu ochranného pospojení, které jsou zapsány v tabulce 5.6.

**Tabulka 5.6 Naměřené hodnoty odporu ochranného pospojení**

Měřicí přístroj	EASYTEST MA 2064	MEDITEST 50	REVEX 2051
n [-]	$R_m$ [ $\Omega$ ]	$R_m$ [ $\Omega$ ]	$R_m$ [ $\Omega$ ]
1.	<i>0,03</i>	0,03	0,07
2.	<i>0,07</i>	0,05	0,03
3.	<i>0,06</i>	0,04	0,02
4.	<i>0,07</i>	0,03	0,04
5.	<i>0,04</i>	0,04	0,02
$\overline{R_m}$ [ $\Omega$ ]	<i>0,054</i>	0,038	0,036

Příklad výpočtu průměrné hodnoty odporu (použité hodnoty jsou převzaty z prvního sloupce tabulky 5.6, hodnoty jsou vyznačeny kurzívou):

$$\overline{R_m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_{mi} = \frac{1}{5} \cdot (0,03 + 0,07 + 0,06 + 0,07 + 0,04) = 0,054 \Omega$$

kde  $\overline{R_m}$  je průměrná hodnota odporu,  $n$  je počet měření a  $R_{mi}$  je hodnota odporu jednotlivých měření.

Příklad výpočtu nejistot měření pro měřicí přístroj EASYTEST MA 2064 (použité hodnoty jsou převzaty z prvního sloupce tabulky 5.6, hodnoty jsou vyznačeny kurzívou):

Výpočet nejistoty typu A:

Nejistota typu A se určuje opakovaným měřením a její mírou je výběrová směrodatná odchylka výběrového průměru. Pokud je počet měření menší než deset, doplňuje se vztah pro výpočet nejistoty typu o koeficient  $k_s$ , jehož hodnota je pro počet měření  $n=5$  rovna  $k_s=1,4$  [29].

$$\begin{aligned}
 uA(R_m) &= k_s \cdot \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (R_{mi} - \overline{R_m})^2} = \\
 &= 1,4 \cdot \sqrt{\frac{1}{5 \cdot (5-1)} \cdot \left[ (0,03 - 0,054)^2 + (0,07 - 0,054)^2 + \right. \\
 &\quad \left. + (0,06 - 0,054)^2 + (0,07 - 0,054)^2 + (0,04 - 0,054)^2 \right]} = \\
 &= 0,01137 \Omega \doteq 11 \cdot 10^{-3} \Omega
 \end{aligned}$$

kde  $uA(R_m)$  je nejistota typu A,  $k_S$  je koeficient počtu měření,  $n$  je počet měření,  $\overline{R_m}$  je průměrná hodnota odporu a  $R_{mi}$  je hodnota odporu jednotlivých měření.

Výpočet nejistoty typu B:

Vztah pro výpočet nejistoty typu B udává literatura [28] a [29].

Při výpočtu uvažujeme rovnoměrné rozdělení náhodné veličiny, tudíž koeficient rozdělení náhodné veličiny nabývá hodnoty  $\chi = \sqrt{3}$  [29].

$$\Delta_{max} = \pm \frac{\delta_m \cdot \overline{R_m} + \delta_R \cdot R_R}{100} = \pm \frac{2 \cdot 0,054 + 0,1 \cdot 19,99}{100} = \pm 0,02107 \Omega$$

$$\delta_R = \frac{d}{D} \cdot 100 = \frac{2}{2000} \cdot 100 = 0,1 \%$$

$$uB(R_m) = \frac{\Delta_{max}}{\chi} = \frac{0,02107}{\sqrt{3}} = 0,01217 \Omega \doteq 13 \cdot 10^{-3} \Omega$$

kde  $\Delta_{max}$  je absolutní chyba měřícího číslicového přístroje odporu,  $\delta_m$  je relativní chyba měření hodnoty,  $\delta_R$  je relativní chyba měřícího rozsahu,  $\overline{R_m}$  je průměrná hodnota odporu,  $R_R$  je hodnota měřícího rozsahu přístroje,  $d$  je chyba udávaná v počtu jednotek posledního místa zobrazovače,  $D$  je počet indikačních míst zobrazovače měřícího přístroje,  $uB(R_m)$  je nejistota typu B a  $\chi$  je koeficient rozdělení náhodné veličiny.

Výpočet kombinované standardní nejistoty podle literatury [29]:

$$\begin{aligned} uC(R_m) &= \sqrt{uA^2(R_{pm}) + uB^2(R_{pm})} = \sqrt{(11 \cdot 10^{-3})^2 + (13 \cdot 10^{-3})^2} = \\ &= 0,01703 \Omega \doteq 0,017 \Omega \end{aligned}$$

kde  $uC(R_m)$  je kombinovaná standardní nejistota,  $uA(R_m)$  je nejistota typu A,  $uB(R_m)$  je nejistota typu B.

Výpočet rozšířené nejistoty s pravděpodobností 95 %, že výsledek se měření nachází v daném intervalu [29]:

$$U(R_m) = k_R \cdot uC(R_m) = 2 \cdot 0,017 = 0,034 \Omega \doteq 0,03 \Omega$$

kde  $U(R_m)$  je rozšířená nejistota měření,  $k_R$  je koeficient rozšíření (pro pravděpodobnost výskytu 95 % je hodnota  $k_r = 2$  [29]) a  $u_C(R_m)$  je kombinovaná standardní nejistota.

Konečný zápis naměřené hodnoty odporu je popsán vztahem:

$$R = (\overline{R_m} \pm U(R_m)) = (0,05 \pm 0,03) \Omega$$

Přehled vypočítaných nejistot měření s konečným zápisem hodnoty odporu pro všechny měřicí přístroje je uveden v tabulce 5.7.

**Tabulka 5.7 Přehled nejistot měření a výsledné hodnoty odporu ochranného pospojení**

Měřicí přístroj	$u_A(R_m)$ [ $\Omega$ ]	$u_B(R_m)$ [ $\Omega$ ]	$u_C(R_m)$ [ $\Omega$ ]	$U(R_m)$ [ $\Omega$ ]	R [ $\Omega$ ]
EASYTEST MA 2064	0,011	0,013	0,017	0,03	(0,05±0,03)
MEDITEST 50	0,0052	0,018	0,019	0,04	(0,04±0,04)
REVEX 2051	0,013	0,013	0,018	0,04	(0,04±0,04)

Výsledné hodnoty odporu ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00 nepřekročily maximální přípustnou hodnotu 0,1  $\Omega$ , udávanou normou ČSN 33 0360 ed.2. Z tohoto výsledku lze konstatovat, že ochranné pospojení dveří rozváděče je spolehlivě vodivě spojeno s místem připojení ochranného vodiče. Ochranné pospojení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00 vyhovuje požadavkům normy ČSN 33 0360 ed.2.

Druhá část měření se zaměřuje na měření hodnoty přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení zobrazených na Obr. 5.10, které v rozváděči slouží k vodivému spojení dveří rozváděče se skříní rozváděče.



**Obr. 5.10 Šroubové spoje ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00**

Postup měření přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení byl prováděn následovně:

- Měřicí šňůry byly připojeny pomocí krokosvorek na matice šroubových spojů ochranného pospojení, které jsou zobrazeny na Obr. 5.10,
- pomocí měřících přístrojů uvedených v kapitole 5.1 byly naměřeny hodnoty přechodového odporu šroubových spojů, které jsou zapsány v tabulce 5.8.

**Tabulka 5.8 Naměřené hodnoty přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení**

Měřicí přístroj	EASYTEST MA 2064	MEDITEST 50	REVEX 2051
N [-]	$R_{pm} [\Omega]$	$R_{pm} [\Omega]$	$R_{pm} [\Omega]$
1.	0,01	0,01	0,01
2.	0,02	0,01	0,01
3.	0,01	0,01	0,01
4.	0,02	0,01	0,01
5.	0,01	0,01	0,01
$\overline{R_{pm}} [\Omega]$	0,014	0,010	0,010

Příklad výpočtu průměrné hodnoty odporu (použité hodnoty jsou převzaty ze čtvrtého sloupce tabulky 5.8, hodnoty jsou vyznačeny kurzívou):

$$\overline{R_{pm}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_{pmi} = \frac{1}{5} \cdot (0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01) = 0,01 \Omega$$

kde  $\overline{R_{pm}}$  je průměrná hodnota přechodového odporu,  $n$  je počet měření a  $R_{pmi}$  je hodnota přechodového odporu jednotlivých měření.

Příklad výpočtu nejistot měření pro měřicí přístroj REVEX 2051 (použité hodnoty jsou převzaty ze čtvrtého sloupce tabulky 5.8, hodnoty jsou vyznačeny kurzívou). Postup výpočtu je totožný s postupem výpočtu nejistot měření odporu ochranného pospojování rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00:

Výpočet nejistoty typu A:

$$\begin{aligned} uA(R_{pm}) &= k_S \cdot \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (R_{mi} - \overline{R_m})^2} = \\ &= 1,4 \cdot \sqrt{\frac{1}{5 \cdot (5-1)} \cdot \left[ (0,01 - 0,01)^2 + (0,01 - 0,01)^2 + \right. \\ &\quad \left. + (0,01 - 0,01)^2 + (0,01 - 0,01)^2 + (0,01 - 0,01)^2 \right]} = \\ &= 0 \Omega \end{aligned}$$

kde  $uA(R_{pm})$  je nejistota typu A,  $k_S$  je koeficient počtu měření,  $n$  je počet měření,  $\overline{R_{pm}}$  je průměrná hodnota přechodového odporu a  $R_{pmi}$  je hodnota přechodového odporu jednotlivých měření.

Výpočet nejistoty typu B:

$$\Delta_{max} = \frac{\delta_m \cdot \overline{R_{pm}} + \delta_R \cdot R_R}{100} = \frac{3 \cdot 0,01 + 0,1 \cdot 19,99}{100} = 0,02029 \Omega$$

$$\delta_R = \frac{d}{D} \cdot 100 = \frac{2}{2000} \cdot 100 = 0,1 \%$$

$$uB(R_{pm}) = \frac{\Delta_{max}}{\chi} = \frac{0,02029}{\sqrt{3}} = 0,01171 \Omega \doteq 0,012 \Omega$$

kde  $\Delta_{max}$  je absolutní chyba měřicího číslicového přístroje odporu,  $\delta_m$  je chyba měření hodnoty,  $\delta_R$  je chyba měřicího rozsahu,  $\overline{R_{pm}}$  je průměrná hodnota přechodového odporu,  $R_R$  je hodnota měřicího rozsahu přístroje,  $d$  je chyba udávaná v počtu jednotek posledního místa zobrazovače,  $D$  je počet indikačních míst zobrazovače měřicího přístroje,  $uB(R_{pm})$  je nejistota typu B a  $\chi$  je koeficient rozdělení náhodné veličiny.

Výpočet kombinované standardní nejistoty:

$$\begin{aligned} uC(R_{pm}) &= \sqrt{uA^2(R_{pm}) + uB^2(R_{pm})} = \sqrt{(0)^2 + (0,012)^2} = \\ &= 0,012 \Omega \end{aligned}$$

kde  $uC(R_{pm})$  je kombinovaná standardní nejistota,  $uA(R_{pm})$  je nejistota typu A,  $uB(R_{pm})$  je nejistota typu B.

Výpočet rozšířené nejistoty s pravděpodobností pokrytí 95 %:

$$U(R_{pm}) = k_R \cdot uC(R_{pm}) = 2 \cdot 0,012 = 0,024 \Omega \doteq 0,02 \Omega$$

kde  $U(R_{pm})$  je rozšířená nejistota měření,  $k_R$  je koeficient rozšíření a  $uC(R_{pm})$  je kombinovaná standardní nejistota.

Konečný zápis naměřené hodnoty přechodového odporu je popsán vztahem:

$$R_p = \left( \overline{R_{pm}} \pm U(R_{pm}) \right) = (0,01 \pm 0,02) \Omega$$

Přehled vypočítaných nejistot měření s konečným zápisem hodnoty přechodového odporu pro použité měřicí přístroje je uveden v tabulce 5.9.

**Tabulka 5.9 Přehled nejistot měření a výsledné hodnoty přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení**

Měřicí přístroj	$u_A(R_{pm})$ [ $\Omega$ ]	$u_B(R_{pm})$ [ $\Omega$ ]	$u_C(R_{pm})$ [ $\Omega$ ]	$U(R_{pm})$ [ $\Omega$ ]	$R_p$ [ $\Omega$ ]
EASYTEST MA 2064	0,0034	0,012	0,012	0,02	(0,01±0,02)
MEDITEST 50	0,00	0,018	0,018	0,04	(0,01±0,04)
REVEX 2051	0,00	0,012	0,012	0,02	(0,01±0,02)

Z tabulky 5.9 je patrné, že všechny tři měřicí přístroje naměřily téměř totožné hodnoty přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení rozváděče QRS 2,7 3C +2L A00. Jak už bylo v kapitole 5.2 popsáno, kvůli rozlišovací schopnosti nejsou použité měřicí přístroje schopny správně naměřit hodnoty přechodového odporu o hodnotě menší než 0,01  $\Omega$ . Tato skutečnost nemá významný vliv na výsledek tohoto druhu měření, protože smyslem měření bylo stanovit, zda velikost přechodového odporu šroubových spojů ochranného pospojení vyhovuje požadavkům normy ČSN 33 0360 ed.2. Bylo zjištěno, že provedení šroubových spojů splňuje požadavky normy ČSN 33 0360 ed.2.

## **5.4 Vliv přesnosti měření na bezpečnost a provozní vlastnosti elektrických zařízení**

Přesnost měření přechodového odporu je důležitý faktor nejen pro správné stanovení velikosti přechodového odporu, ale i pro zajištění bezpečného provozu samotných elektrických zařízení a zajištění ochrany osob a zvířat před úrazem elektrickým proudem.

Budeme-li vycházet z naměřených hodnot odporu ochranného pospojení a přechodového odporu jeho šroubových spojů, můžeme tvrdit, že měřicí přístroje k tomuto měření použité mají dostatečnou přesnost měření, aby dokázaly stanovit hodnotu přechodového odporu s dostatečnou přesností měření. Pokud by byly pro účely měření použity měřicí přístroje, jejichž měřená hodnota je zatížena velkou chybou měření, mohlo by dojít ke stavu, kdy měřená hodnota přechodového odporu je větší než maximální povolená hodnota přechodového odporu udávaná normou ČSN 33 0360 ed.2, i když skutečná hodnota přechodového odporu nepřesahuje maximální přípustnou hodnotu. Pokud by takováto situace nastala během revize elektrické instalace nebo elektrického zařízení, je revizní technik povinen prohlásit revizi za neschopnou bezpečného provozu a zvolit postup pro odstranění této závady, což s sebou přináší nutnost nových finančních investic do opravy závady, časové prodlevy provozu revidované instalace nebo zařízení a s tím spojené finanční ztráty.

Přesnost měření hodnoty přechodového odporu má vliv dále na zajištění bezpečného provozu elektrického zařízení nebo elektrické instalace. Příkladem může být situace, kdy ochrana automatickým odpojením od zdroje dané elektrické instalace nebude správně plnit svoji funkci, protože skutečná hodnota odporu ochranného pospojení bude vlivem nepřesného měření přechodového odporu jednotlivých spojů ochranného pospojení vyšší než maximální dovolená hodnota udávaná normou. Tím vzniká riziko, že při poruše, kdy dojde k průrazu elektrického proudu na neživou část chráněného zařízení, nezapůsobí ochrana automatickým odpojením od zdroje v předepsaném čase, protože hodnota impedance vypínací smyčky bude přesahovat maximální dovolenou velikost udávanou normou ČSN 33 2000-6 ed.2.

## 6 ZÁVĚR

Revizní činnost patří mezi důležité faktory ovlivňující dnešní podobu elektrotechnické praxe. Jedná se o velmi rozsáhlou problematiku, která klade důraz především na bezpečnost při provozování elektrických zařízení, proto pracovníci provádějící revizní činnost musí mít odpovídající teoretické znalosti a praktické zkušenosti prověřované náležitými zkouškami. V České republice jsou potřebné znalosti pro provádění revizí uváděné v ČSN 33 2000-6 ed.2 a ČSN 33 1500.

Náplní první části bakalářské práce bylo seznámení s revizí elektrických zařízení. Revize elektrických instalací je komplexní činnost obsahující celou škálu úkonů začínajících prostudováním technických výkresů revidované instalace, končících vyhotovením zprávy o provedení revize. Vyhotovením revizní zprávy a uznáním revidované elektrické instalace nebo elektrického zařízení za schopné bezpečného provozu bere revizní technik na sebe značnou odpovědnost. Pokud by vlivem zmíněné instalace nebo zařízení došlo k úrazu osob nebo zvířat elektrickým proudem či škodě na majetku a následné zkoumání vzniku nehody by ukázalo, že revidovaná instalace i přes kladné posouzení vykazuje provozní vlastnosti rozporující některým usnesením udávaných v normách ČSN 33 2000-6 ed.2 a ČSN 33 1500, odpovědná osoba za vzniklé škody je revizní technik, který revizi prováděl.

Druhá část práce je věnována přechodovému odporu. Přechodový odpor je specifický jev, který se vyskytuje na každém spoji elektrovedného materiálu. Jeho velikost je ovlivněna mnoha faktory, mezi kterými dominuje druh materiálu, ze kterého jsou vyrobeny styčné plochy spoje, teplota spoje a samotný způsob provedení spoje. Velikost přechodového odporu je také významným parametrem při zajišťování bezpečnosti u elektrických zařízení. Vlivem přechodového odporu může dojít ke zhoršení provozních podmínek elektrické instalace nebo zařízení, což může vést k ohrožení zdraví osob a zvířat nebo vzniku škody na majetku. Pro zamezení účinků přechodového odporu je důležité klást důraz na přesnost měření jeho velikosti, aby se mohly podniknout opatření k potlačení vlivu přechodového odporu.

V praktické části práce se ověřilo, že velikost utahovacího momentu šroubového spoje má vliv na velikost přechodového odporu daného spoje. Správnou volbou materiálu styčných ploch spoje a jeho vlastním provedením se však tento vliv minimalizuje.

To je především zapříčiněno použitím pružné podložky, která vyvíjí na styčných plochách spoje i při nízkých hodnotách utahovacího momentu dostatečnou přítláčnou sílu. Dále se ověřilo, že ochranné pospojení rozváděče QRS 2,7 3C + 2L A00 je provedeno tak, že hodnota odporu mezi místem připojení ochranného vodiče a nejbližším bodem neživé části daného zařízení nepřesahuje maximální přípustnou hodnotu udávanou normou ČSN 33 0360 ed.2.

# Literatura

- [1] VESELKA, F. a R. HUZLÍK. *Inspekční a revizní činnost*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 122 s. ISBN 978-807-2045-686.
- [2] ČSN 33 0010: *Elektrická zařízení – Rozdělení a pojmy*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 8 s.
- [3] ČSN 33 1500: *Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 1991, 12 s.
- [4] ČSN 33 1500 změna Z4: *Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 2 s.
- [5] ČSN 33 2000-6: *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize*. ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017, 60 s.
- [6] Měření elektrických spotřebičů při revizích (3): Měření izolačního odporu. KOUPÝ, L. *ELEKTRO: Časopis pro elektrotechniku* [online]. FCC Public, 2004, 5(02) [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/mereni-elektrickyx-spotrebicu-pri-revizich-3--14212>
- [7] ČSN 33 2000-4-41: *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Ed. 3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018, 36 s.
- [8] ČSN 33 2000-5-52: *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 120 s.
- [9] ČSN 34 5101: *Základní názvosloví v elektrotechnice*. 3. ed. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [10] KOŠTÁL, J. Teplotní závislost odporu kovových vodičů. *Elektro: Časopis pro elektrotechniku* [online]. 2008, 9(01/2008), 22-23 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/36489.pdf>
- [11] SVOBODA, E. *Přehled středoškolské fyziky*. 3. vydání. Praha: Prometheus, 1998, 497 s. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 80-719-6116-7.
- [12] ČSN 33 1600: *Revize a kontroly elektrických spotřebičů během používání*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, 28 s.
- [13] BUL', B.K. a kolektiv. *Elektrické přístroje: Základy teorie*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1977, 538 s.
- [14] ČSN 33 0360: *Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 16 s.
- [15] *Materiály podľa druhu* [online]. Bratislava: Výskumno-vývojová a inovačná sieť pre oblasť materiálov a technológií, 2006 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=9>

- [16] DRÁPALA, J. a M. KURSA. *Elektrotechnické materiály: učební text* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 2019-05-14]. ISBN 978-80-248-2570-0. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/ETMAT/Elektrotechnicke%20materialy.pdf>
- [17] MAKKI, Z. a M. JANDA. Analýza metod pro výpočet tepelných ztrát jednofázového vodiče. In: *Elektro revue*. 13. Brno: International Society for Science and Engineering, o.s., 2011, s. 1-8. ISSN 1213-1539. Dostupné také z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika-elektrotechnologie/0/analyza-metod-pro-vypocet-tepelnych-ztrat-jednofazoveho-vodice/>
- [18] MUDRUŇKOVÁ, A. *Elektrotechnické materiály I.* [online]. Praha: VOŠ a SPŠ elektrotechnická Františka Křižíka, 2016 [cit. 2019-01-05]. ISBN 978-80-88058-90-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/353/Impresum.html>
- [19] ČSN EN 60512-2-1: Konektory pro elektronická zařízení – Zkoušky a měření – Část 2-1: Zkoušky elektrické kontinuity a přechodového odporu – Zkouška 2a: Přechodový odpor – milivoltová metoda. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [20] ČSN EN 60512-2-2: Konektory pro elektronická zařízení – Zkoušky a měření – Část 2-1: Zkoušky elektrické kontinuity a přechodového odporu – Zkouška 2a: Přechodový odpor – Metoda se specifikovaným proudem. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [21] KRÍŽ, M. Automatické odpojení v síti TN – impedance smyčky. *Profi elektrika.cz* [online]. Praha: Elektrika.info, 2012 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/kriz-5-automaticke-odpojzeni-v-siti-tn-2013-impedance-smycky>
- [22] VAVŘIŇÁK, P. *Elektrické stroje a přístroje* [online]. Ostrava: Střední škola elektrotechnická, Ostrava, 2006 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: [http://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni\\_materialy/elektricke\\_stroje\\_a\\_pristroje.pdf](http://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni_materialy/elektricke_stroje_a_pristroje.pdf)
- [23] ILLKO s.r.o. *Návod k používání přístroje: EASYTEST*. Blansko, 29 s.
- [24] ILLKO s.r.o. *Návod k používání přístroje: MEDITEST 50*. Blansko, 19 s. Dostupné také z: <https://www.illko.cz/images/dokumenty/navod-meditest50.pdf>
- [25] ILLKO s.r.o. *Návod k používání přístroje: REVEX 2051*. Blansko, 2002, 71 s. Dostupné také z: <https://www.illko.cz/images/dokumenty/navod-revex2051.pdf>
- [26] ZÁMEČNÍK, P. ZEZ-SILKO, s.r.o. *Schéma zapojení: Kompenzační rozváděč QRS 2,7 3C + 2L A00*. Žamberk, 2010, 1 s. V.č. 2252658.
- [27] VESELKA, F. a kolektiv. *Inspekční a revizní činnost: Učební texty pro potřeby ÚVEE FEKT VUT v Brně Návod pro laboratorní cvičení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2004, 92 s.

- [28] BEJČEK, L., M. ČEJKA, J. REZ, E. GESCHIEDTOVÁ a M. STEINBAUER. *Měření v elektrotechnice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2002.
- [29] *Měření v elektrotechnice: Přednáška č.3 - nejistoty měření*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017.
- [30] ŠTĚPANOVSKEÝ, L. *Fotodokumentace závad na elektrické instalaci*. Jaderná elektrárna Dukovany, 2018.
- [31] BUREŠ, J. Měrný odpor. *Converter: Převody jednotek, fyzikální tabulky, životopisy fyziků a Nobelova cena*. [online]. Kroměříž: Jiří Bureš, ©2000-2016 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/merny-odpor.htm>
- [32] Fyzikální tabulky: Měrný odpor a teplotní součinitel elektrického odporu. *Fyzikální kabinet GymKT* [online]. Klatovy: Remote-LAB GymKT, ©2001-2011,2016-2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/merny-odpor.php>

# Seznam symbolů a zkratk

## Zkratky:

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
<i>C</i>	Značení kompenzačního kondenzátoru
<i>EZ</i>	Elektrické zařízení
ČSN	Česká technická norma
<i>K</i>	Značení stykače
<i>L</i>	Značení kompenzační tlumivky
<i>IT</i>	Izolované sítě bez uzemněného uzle nebo s neúčinně uzemněným uzlem
<i>Ms</i>	Mosaz pro tváření
<i>MTP</i>	Měřicí transformátor proudu
<i>NN</i>	Nízké napětí
<i>PE</i>	Označení ochranného vodiče
<i>TN</i>	Sítě s uzemněným uzlem zdroje a vyvedeným ochranným vodičem
<i>TN-C</i>	Sítě s uzemněným uzlem zdroje a společným ochranným a středním vodičem
<i>TN-S</i>	Sítě s uzemněným uzlem zdroje a samostatným ochranným a středním vodičem
<i>TN-C-S</i>	Sítě s uzemněným uzlem zdroje a kombinací samostatného a společného vyvedení ochranných a středních vodičů
<i>TT</i>	Sítě s uzemněným uzlem zdroje a ochranou spotřebičů zemněním

**Symbols:**

<b>Značka</b>	<b>Veličina</b>	<b>Jednotka</b>
$D$	Počet indikačních míst zobrazovače měřícího přístroje	-
$I$	Proud procházející obvodem	A
$I_a$	Proud potřebný k vybavení ochrany v předepsané době	A
$I_f$	Proud protékající kontaktem jedním směrem	A
$I_r$	Proud protékající kontaktem opačným směrem	A
$M_u$	Utahovací moment	Nm
$Q_{C1}$	Jmenovitý výkon kompenzačního kondenzátoru $C_1$	Var
$Q_{C2}$	Jmenovitý výkon kompenzačního kondenzátoru $C_2$	Var
$Q_{C3}$	Jmenovitý výkon kompenzačního kondenzátoru $C_3$	Var
$R_a$	Drsnost povrchu	$\mu\text{m}$
$R_o$	Odpor při referenční teplotě	$\Omega$
$R_p$	Přechodový odpor	$\Omega$
$\overline{R_{pm}}$	Průměrná měřená hodnota přechodového odporu	$\Omega$
$\overline{R_m}$	Průměrná měřená hodnota odporu	$\Omega$
$R_{pm}$	Měřená hodnota přechodového odporu	$\Omega$
$R_m$	Měřená hodnota odporu	$\Omega$
$R_R$	Rozsah měřícího přístroje	$\Omega$
$R_u$	Odpor úžiny	$\Omega$
$R_v$	Odpor oxidační vrstvy	$\Omega$

$R_z$	Odpor zemniče	$\Omega$
$R_g$	Odpor při dané teplotě	$\Omega$
$S$	Průřez vodiče	$\text{mm}^2$
$U_f$	Napětí kladné polarity	V
$U_m$	Měřená hodnota napětí	V
$U_n$	Jmenovité napětí	V
$U_0$	Napájecí napětí	V
$U_r$	Napětí záporné polarity	V
$U(R_{pm})$	Rozšířená standardní nejistota měřené hodnoty přechodového odporu	$\Omega$
$U(R_{pm})$	Rozšířená standardní nejistota měřené hodnoty odporu	$\Omega$
$Z_s$	Impedance poruchové smyčky	$\Omega$
$d$	Chyba udávaná v počtu jednotek posledního místa zobrazovače	-
$l$	Délka vodiče	m
$k_s$	Koeficient počtu měření	-
$k_r$	Koeficient rozšíření	-
$n$	Počet měření	-
$uA(R_{pm})$	Nejistota typu A měřené hodnoty přechodového odporu	$\Omega$
$uA(R_m)$	Nejistota typu A měřené hodnoty odporu	$\Omega$
$uB(R_{pm})$	Nejistota typu B měřené hodnoty přechodového odporu	$\Omega$
$uB(R_m)$	Nejistota typu B měřené hodnoty odporu	$\Omega$
$uC(R_{pm})$	Kombinovaná standardní nejistota měřené hodnoty přechodového odporu	$\Omega$

$uC(R_m)$	Kombinovaná standardní nejistota měřené hodnoty odporu	$\Omega$
$\alpha$	Teplotní součinitel odporu	$K^{-1}$
$\Delta P$	Tepelné ztráty	W
$\Delta_{max}$	Absolutní chyba číslicového měřicího přístroje odporu	$\Omega$
$\Delta u_{\%}$	Procentní úbytek napětí	%
$\delta_m$	Relativní chyba měřené hodnoty	%
$\delta_R$	Relativní chyba měřicího rozsahu	%
$\vartheta_o$	Referenční teplota okolí	K
$\vartheta_2$	Teplota okolí	K
$\rho$	Rezistivita materiálu	$\Omega mm^2 m^{-1}$
$\chi$	Koeficient rozdělení náhodné veličiny	-

## Seznam příloh

PŘÍLOHA 1	VZOROVÁ ZPRÁVA O PROVEDENÍ VÝCHOZÍ REVIZE [5].....	71
PŘÍLOHA 2	VZOR TABULKY PRO ZÁZNAM MĚŘÍCÍCH ZKOUŠEK REVIZE [5] .....	74
PŘÍLOHA 3	SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZVÁDĚČE QRS 2,7 3C + 2L A00 [26]....	75
PŘÍLOHA 4	SOUHLAS S POSKYTNUTÍM MATERIÁLŮ K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI .....	76

# Příloha 1    Vzorová zpráva o provedení výchozí revize [5]

<b>ZPRÁVA O VÝCHOZÍ REVIZI ELEKTRICKÉ INSTALACE</b> (Nová nebo změněná instalace) (IEC 60364 Elektrické instalace nízkého napětí)			
<b>ÚDAJE O ZÁKAZNÍKOVĚ</b>			
<b>ADRESA INSTALACE</b>			
<b>POPIS A ROZSAH INSTALACE</b> Zaškrtnout příslušná okénka		Nová instalace	<input type="checkbox"/>
Popis instalace:		Doplnění existující instalace	<input type="checkbox"/>
Rozsah instalace, který je předmětem této zprávy:		Změna existující instalace	<input type="checkbox"/>
(Pokud je to třeba, použijte samostatnou přílohu.) viz samostatná příloha č.: .....			
<b>ZA PROJEKT</b>			
Já/my jako osoba (osoby) odpovědná za projekt elektrické instalace (jak potvrzují svým/našimi níže uvedeným podpisem), o kterém jsou údaje uvedeny výše, při uplatnění odpovídajících znalostí a péče při provádění projektu tímto PROHLAŠUJI, že projekční práce, za něž jsem (jsme) odpovědný, jsou provedeny podle mých (našich) nejlepších vědomostí a přesvědčení podle IEC 60364 s výjimkou následujících odchylek, pokud jsou:			
Údaje o odchylkách od IEC 60364:(je třeba uvést články)			
Rozsah odpovědnosti podepsaného (podepsaných) je omezen na práce popsané výše jako předmět této zprávy.			
Za PROJEKT instalace: *(kde je společná odpovědnost za projekt)			
Podpis:	Datum:	Jméno (HŮLKOVÝM PÍSMEM):	Projektant č. 1
Podpis:	Datum:	Jméno (HŮLKOVÝM PÍSMEM):	Projektant č. 2**
<b>ZA MONTÁŽ</b>			
Já/my jako osoba (osoby) odpovědná za montáž elektrické instalace (jak potvrzují svým/našimi níže uvedeným podpisem), o kterém jsou údaje uvedeny výše, při uplatnění odpovídajících znalostí a péče při provádění montáže tímto PROHLAŠUJI, že montážní práce, za něž jsem (jsme) odpovědný, jsou provedeny podle mých (našich) nejlepších vědomostí a přesvědčení podle IEC 60364 s výjimkou následujících odchylek, pokud jsou:			
Údaje o odchylkách od IEC 60364:(je třeba uvést články):			
Rozsah odpovědnosti podepsaného je omezen na práce popsané výše jako předmět této zprávy.			
Za MONTÁŽ instalace:			
Podpis:	Datum:	Jméno (HŮLKOVÝM PÍSMEM):	Vedoucí montáže
<b>ZA PROHLÍDKU &amp; ZKOUŠENÍ</b>			
Já/my jako osoba (osoby) odpovědná za prohlídku & zkoušení elektrické instalace (jak potvrzují svým/našimi níže uvedeným podpisem), o kterém jsou údaje uvedeny výše, při uplatnění odpovídajících znalostí a péče při provádění prohlídky & zkoušení tímto PROHLAŠUJI, že práce, za něž jsem (jsme) odpovědný, jsou provedeny podle mých (našich) nejlepších vědomostí a přesvědčení podle IEC 60364 s výjimkou následujících odchylek, pokud jsou:			
Údaje o odchylkách od IEC 60364:(je třeba uvést články):			
Rozsah odpovědnosti podepsaného je omezen na práce popsané výše jako předmět této zprávy.			
Za PROHLÍDKU A ZKOUŠENÍ instalace:			
Podpis:	Datum:	Jméno (HŮLKOVÝM PÍSMEM):	Revizní technik.
<b>PŘÍŠTÍ REVIZE</b>			
Já/my projektant (projektanti), doporučujeme, aby tato instalace byla příště prohlédnuta a přezkoušena za dobu ne delší než.....roků/měsíců.			

ÚDAJE O OSOBÁCH PODEPISUJÍCÍCH ZPRÁVU O REVIZI ELEKTRICKÉ INSTALCE			
<b>Projektant (č. 1)</b>			
Jméno: .....		Firma: .....	
Adresa: .....		PSČ: .....	Tel. č.: .....
<b>Projektant (č. 2) (pokud je)</b>			
Jméno: .....		Firma: .....	
Adresa: .....		PSČ: .....	Tel. č.: .....
<b>Vedoucí montáže</b>			
Jméno: .....		Firma: .....	
Adresa: .....		PSČ: .....	Tel. č.: .....
<b>Revizní technik</b>			
Jméno: .....		Firma: .....	
Adresa: .....		PSČ: .....	Tel. č.: .....
<b>CHARACTERISTIKY NAPÁJENÍ A ZPŮSOBY UZEMNĚNÍ – Zaškrtnout okénka a vepsat údaje, v případě potřeby</b>			
Uzemňovací soustavy	Počet a druh živých vodičů	Základní parametry zdroje	Charakteristiky ochranného přístroje napájecího vedení
TN-C	AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>	Jmenovité napětí, $U/U_n^{(1)}$ .....V Jmenovitý kmitočet, $f^{(1)}$ Hz  Předpokládaný poruchový proud, $I_{pr}^{(2)}$ ... kA  Impedance poruchové smyčky na vstupu do instalace, $Z_e^{(2)}$ Ω  (Poznámka: (1) zjištěno dotazem, (2) Zjištěno dotazem nebo měřením nebo výpočtem)	Druh:   Jmenovitý proud: A
TN-S	1fázová, 2vodičová <input type="checkbox"/> 2 pólová <input type="checkbox"/>		
TN-C-S	2fázová, 3vodičová <input type="checkbox"/> 3 pólová <input type="checkbox"/>		
TT	3fázová, 3vodičová <input type="checkbox"/> jiná <input type="checkbox"/>		
IT	3fázová, 4vodičová <input type="checkbox"/>		
Náhradní zdroj napájení (podrobnosti na příložených soupisech) <input type="checkbox"/>			
<b>PODROBNOSTI O INSTALCI O KTERÝCH SE ZMIŇUJE ZPRÁVA – Zaškrtnout okénka a vepsat údaje, pokud je to vhodné</b>			
Způsoby uzemnění	<b>Maximální odběr</b>		
Zařízení dodavatele <input type="checkbox"/>	Maximální odběr (zatižení) ..... kVA / A Nehodící se škrtněte		
Zemnič instalace <input type="checkbox"/>	<b>Údaje o zemniči instalace (v případě potřeby)</b>		
	Druh (např. tyč (tyče), pásek atd.) ..... Zemní odpor zemniče ..... Ω		
	Umístění .....		

<b>Hlavní ochranné vodiče</b>				
Uzemňovací přívod:	materiál:	průřez..... mm <sup>2</sup>	Spojitosť a připojení ověřeno	<input type="checkbox"/>
Vodiče hlavního pospojování:	materiál:	průřez..... mm <sup>2</sup>	Spojitosť a připojení ověřeno	<input type="checkbox"/>
<b>Hlavní vypínač nebo jistič</b>				
Druh a počet pólů .....	Jmenovitý proud .....	A	Jmenovité napětí .....	V
Umístění.....	Jmenovitý proud pojistky nebo nastavení jističe .....			A
Jmenovitý vybavovací reziduální proud $I_{\Delta n}$ = ..... mA, a doba vypnutí ..... ms (při $I_{\Delta n}$ ) (uplatňuje se pouze, jestliže je RCD vhodný a je použitý jako hlavní vypínač)				
<b>DOPORUČENÍ TÝKAJÍCÍ SE EXISTUJÍCÍ INSTALCE</b> – (v případě doplnění nebo změny viz 61.4.2 <sup>NP34</sup> ):				
<b>PŘEHLEDY</b>				
Přiložené přehledy jsou součástí tohoto dokumentu a tato zpráva je platná pouze, jestliže k ní jsou přiloženy. ..... přehledy o prohlídce a ..... přehledy s výsledky zkoušek jsou přiloženy. (Vstupní veličiny přehledů jsou přiloženy).				





## **Příloha 4    Souhlas s poskytnutím materiálů k bakalářské práci**

### **Souhlas s poskytnutím materiálů k bakalářské práci**

Udělují tímto souhlas panu Liboru Štěpanovskému, studentu Vysokého učení technického v Brně, fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií, k poskytnutí potřebných podkladů k bakalářské práci s názvem „Problematika měření a vyhodnocení přechodového odporu v elektrotechnické praxi“. Obsahem poskytnutých podkladů bude dokumentace týkající se provádění výchozích a pravidelných revizí v areálu jaderné elektrárny Dukovany.

Souhlasím s použitím fotodokumentace a revizních zpráv pro potřeby výše uvedené bakalářské práce a s použitím nezbytně nutných částí revizních zpráv jako přílohu výše uvedené bakalářské práce.

dne 12.12.2018

ČEZ, a.s

Jaderná elektrárna Dukovany

odd. Péče o zařízení elektro

