

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

KVALITA A MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ EL. ZAŘÍZENÍ K SÍTI

THE QUALITY AND CONNECTIVITY EL. NETWORK EQUIPMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Rybníkář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. František Veselka, CSc.

BRNO 2017



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Jiří Rybníkář

ID: 155230

Ročník: 3

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Kvalita a možnosti připojení el. zařízení k síti

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s obsahovým zaměřením revize el. zařízení podle ČSN.
2. Zpracujte revizi připojení jednotlivých el. zařízení k napájecí síti v laboratoři ÚVEE, místnost 2.19.
3. Prohlídku a měření realizujte s dostupnými ocejchovanými měřicími přístroji.
4. Analyzujte přednosti a nevýhody jednotlivých druhů sítí.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] VESELKA, F., HUZLÍK, R.: Inspekční a revizní činnost ISBN 978-80-7204-568-6, laboratorní a numerická cvičení ISBN 978-80-7204-567-9,
- [2] HONYS, V.: Bezpečná elektrotechnika. IN – EL Praha 1998, ISBN – 80 – 86230 – 00 -7
- [3] ČSN EN 60204 – 1 ed.2 Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – část 1: Všeobecné požadavky a další navazující ČSN

Termín zadání: 6. 2. 2017

Termín odevzdání: 31. 5. 2017

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

Tato práce řeší problematiku revizí elektrických zařízení podle ČSN 33 1500 a ČSN 33 2000-6. Cílem této práce je zpracovat revizi připojení elektrických strojů v laboratoři. Při provádění kontroly byly nalezeny vážné nedostatky s ohledem na elektrickou bezpečnost. Byly navrženy kroky k nápravě. V současné době elektrické zařízení není schopno bezpečného provozu.

Klíčová slova

Revize, výchozí revize, pravidelná revize, revizní technik, revizní zpráva, elektrická bezpečnost.

Abstract

This paper addresses the issue of revision of electrical equipment according to ČSN 33 1500 and ČSN 33 2000-6. The aim of this work is to prepare a revision of the connection of electrical machines in the laboratory. When carrying out inspections serious deficiencies were found with respect to electrical safety. They were designed to take remedial steps. Currently electrical equipment is not capable of safe operation.

Keywords

Inspection, initial inspection, periodic inspection, inspection techniques, inspection report, electrical safety.

Bibliografická citace:

RYBNIKÁŘ, J. *Kvalita a možnosti připojení el. zařízení k síti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 76s.
Vedoucí práce: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma kvalita a možnosti připojení el. zařízení k síti 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 závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné 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 **28. května 2017**

.....
podpis autora

Poděkování

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

V Brně dne **28. května 2017**

.....
podpis autora

Obsah

Stránka

1	Úvod	1
2	Revize elektroinstalace.....	1
2.1	Obecné důvody pro provádění revizí.....	1
2.2	Důvody provádění výchozí revize:.....	2
2.3	Výchozí revize	2
2.4	Pravidelná revize	3
2.5	Praktická realizace revize.....	3
2.6	Lhůty pravidelných revizí.....	4
2.7	Vypracování zprávy o pravidelné revizi	5
3	prohlídka, zkoušení (měření) a závěr	5
3.1	Prohlídka.....	5
3.2	Zkoušení	6
4	Spojení kovových částí elektrického předmětu	9
5	Postup prohlídky	10
5.1	Třífázový komutátorový motor napájený do rotoru	15
5.1.1	Štítkové hodnoty třífázového komutátorového motoru (č.1)	15
5.1.2	Popis připojení a závady stroje č.1:	16
5.2	Synchronní stroj.....	22
5.2.1	Štítkové hodnoty synchronního stroje (č.2).....	22
5.2.2	Popis připojení a závady stroje č.2:	23
5.3	Synchronní stroj s budičem na stejné hřídeli + setrvačník	26
5.3.1	Štítkové hodnoty synchronního stroje (č.3).....	27
5.3.2	Popis připojení a závady stroje č.3:	27
5.4	Jednofázový synchronní stroj s budičem.....	30
5.4.1	Štítkové hodnoty jednofázového stroje (č.4)	31
5.4.2	Popis připojení a závady stroje č.4:	31
5.5	Střídavý regulovatelný stroj.....	33
5.5.1	Štítkové hodnoty střídavého regulovatelného stroje (č.5).....	34
5.6	Regulační transformátor.....	34
5.6.1	Štítkové hodnoty regulačního transformátoru (č.6).....	35
5.6.2	Popis připojení a závady stroje č.5 a stroje č.6:.....	35
5.7	Třífázový asynchronní motor	39
5.7.1	Štítkové hodnoty asynchronního motoru (č. 7).....	39
5.7.2	Popis připojení a závady stroje č.7:	39
5.8	Třífázový synchronní stroj.....	42
5.8.1	Štítkové hodnoty třífázového synchronního stroje (č.8).....	42
5.8.2	Popis připojení a závady stroje č.8:	42

5.9	Třífázový dynamometr s rameny	45
5.9.1	Štítkové hodnoty třífázového dynamometru s rameny (č.9).....	45
5.10	Regulační transformátor	46
5.10.1	Štítkové hodnoty regulačního transformátoru (č.10)	46
5.11	Sada kondenzátorů	47
5.11.1	Štítkové hodnoty sady kondenzátorů (č.11).....	47
5.11.2	Popis připojení a závady strojů č.9, č.10, č.11:	47
5.12	Asynchronní motor.....	53
5.12.1	Štítkové hodnoty asynchronního motoru (č.12)	53
5.12.2	Popis připojení a závady stroje č.12:	53
5.13	Dynamo	56
5.13.1	Štítkové hodnoty dynama (č.13)	56
5.13.2	Popis připojení a závady stroje č.13:	56
5.14	Stejnoseměrný Motor.....	58
5.14.1	Štítkové hodnoty ss. motoru (č.14)	58
5.14.2	Popis připojení a závady stroje č.14:	58
6	Závěr	61
	Literatura	62
	Seznam symbolů, veličin a zkratk.....	64

Seznam obrázků

Stránka

Obr. 1 - Měření odporu zemniče.....	8
Obr. 2 - Měření impedance poruchové smyčky	9
Obr. 3 - Rozmístění kontrolovaných strojů v laboratoři, místnost SA2.19 [13]	14
Obr. 4 - Třífázový komutátorový motor	15
Obr. 5 - Zástrčka třífázového komutátorového motoru.....	16
Obr. 6 - Svorkovnice třífázového komutátorového motoru	18
Obr. 7 - Synchronní stroj	22
Obr. 8 - Svorkovnice synchronního motoru.....	23
Obr. 9 - Svorkovnice buzení synchronního stroje	24
Obr. 10 - Připojení pospojování synchronní stroj	25
Obr. 11 - Synchronní stroj s budičem na stejné hřídeli	26
Obr. 12 - Svorkovnice synchronního stroje s budičem na stejné hřídeli.....	28
Obr. 13 - Připojení pospojování synchronního stroje s budičem na stejné hřídeli .	29
Obr. 14 - Jednofázový synchronní stroj s budičem	30
Obr. 15 - Svorkovnice jednofázového synchronního stroje.....	32
Obr. 16 - Střídavý regulovatelný stroj.....	33
Obr. 17 - Regulační transformátor č.6.....	34
Obr. 18 - Spojení vodičů pro stroje č.5 a č.6.....	36
Obr. 19 - Svorkovnice regulačního transformátoru č.6.....	37
Obr. 20 - Regulační kolo regulačního transformátoru.....	38
Obr. 21 - Třífázový asynchronní motor	39
Obr. 22 - Svorkovnice třífázového asynchronního motoru	41
Obr. 23 - Třífázový synchronní stroj.....	42
Obr. 24 - Připojení třífázového synchronního stroje k ovládacímu pultu	43
Obr. 25 - Svorkovnice třífázového synchronního stroje	44
Obr. 26 - Třífázový dynamometr s rameny	45
Obr. 27 - Regulační transformátor č.10	46
Obr. 28 - Sada kondenzátorů	47
Obr. 29 - Spoj přívodních drátů pro stroje č.9, č.10 a č.11	48
Obr. 30 - Svorkovnice třífázového dynamometru s rameny	50
Obr. 31 - Svorkovnice sady kondenzátor	52
Obr. 32 - Asynchronní motor	53
Obr. 33 - Svorkovnice asynchronního motoru.....	54
Obr. 34 - Asynchronní motor a dynamo na společné základně.....	55
Obr. 35 - Dynamo	56
Obr. 36 - Svorkovnice dynamo	57
Obr. 37 - Stejnoseměrný motor.....	58

Obr. 38 - Svorkovnice stejnosměrného motoru	60
---	----

Seznam tabulek

Stránka

Tabulka 1 - Doporučené lhůty pro provádění pravidelných revizí	4
Tabulka 2 - Minimální hodnoty izolačního odporu.....	6
Tabulka 3 - Provozní režimy Stroje č.1	16
Tabulka 4 - Barvy, písmenno-číslicový zápis a grafické značky pro identifikaci vodičů a svorek.....	21
Tabulka 5 - Provozní režimy střídavého regulovatelného stroje.....	34

1 ÚVOD

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval problematikou a možnostmi připojení elektrických zařízení k napájecí síti.

Při zpracování kontroly připojení strojů jsem postupoval podle platných norem, zejména podle ČSN 33 2000-6 (Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize), podle které, může revizi provádět jen osoba k tomu oprávněná. Touto osobou je revizní technik, kterému bylo vydáno osvědčení podle §9 vyhlášky 50/1978 Sb. Protože tuto kvalifikaci nesplňuji, provedl jsem pouze kontrolu, která bude splňovat a dodržovat pravidla revize. K prohlídce bylo vybráno posouzení připojení elektrických strojů v laboratoři Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky, místnost SA2.19. Bude se jednat o kontrolu v rozsahu a druhu E2A podle vyhlášky 73/2010 Sb. o stanovení vyhrazených elektrických zařízení.

2 REVIZE ELEKTROINSTALACE

V této kapitole bylo čerpáno ze zdrojů [1], [2], [3], [4], [5], [6], [14], [15]

2.1 Obecné důvody pro provádění revizí

Podle normy ČSN 33 1500 (Elektrotechnické předpisy - revize elektrických zařízení), je účelem revize elektrických zařízení ověřování stavu elektroinstalace z hlediska bezpečnosti. Požadavky bezpečnosti se považují za splněné, pokud elektrické zařízení odpovídá z hlediska bezpečnosti příslušným ustanovením norem. Součástí revize je zkouška funkčnosti zařízení a zkouška bezpečnostních prvků nebo zařízení. Doba životnosti je dána zvolenými materiály, údržbou zařízení a morální zastaralostí. Každé elektrické zařízení musí být konstruováno do daného prostředí, kdy jsou uváženy vlivy elektrického zařízení na okolí (vibrace, EMC, apod.), a také vliv okolí na elektrické zařízení (teplota, vlhkost apod.). Výrobce elektroinstalace je podle ČSN 33 1310 ed.2 (Bezpečnostní požadavky na elektrické instalace a spotřebiče určené k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace) povinen seznámit provozovatele s obsluhou a údržbou elektroinstalace (seřízení, dotažení spojů, výměna opotřeбенých částí, apod.) a upozornit jej na možná rizika spojená s provozem elektroinstalace. Provozovatel je podle §125(Dokumentace skutečného provedení stavby) zákona 183/2006 Sb. (Stavební zákon) povinen uchovávat po celou dobu trvání stavby ověřenou dokumentaci odpovídající jejímu skutečnému provedení, podle vydaných

povolení. Spolu s dokumenty o provedených kontrolách a revizích na zařízení, se této dokumentaci říká provozní dokumentace.

2.2 Důvody provádění výchozí revize:

Elektrická instalace se skládá z výrobků odpovídajících zákonu č. 22/1997 Sb, o technických požadavcích na výrobky (kabely, jističe, rozvaděče, zásuvky, vypínače apod.), které zaručují míru bezpečnosti danou předmětovými normami. Spojením těchto výrobků do jedné instalace však může dojít k vytvoření elektroinstalace, která bude nebezpečná z pohledu elektrické bezpečnosti nebo požáru. Proto je elektrické zařízení možné uvést do provozu, jen pokud na něm byla provedena výchozí revize s kladným výsledkem. Revizi musí provést revizní technik.

Úkolem revizního technika je prověřit, zda elektrická instalace odpovídá projektové dokumentaci, která je vypracována z hlediska bezpečnosti, alespoň podle příslušných technických norem. Za nedostatky v projektové dokumentaci a její provedení neodpovídá revizní technik, nýbrž projektant a prováděcí firma. Podle §159 zákona č. 183/2006 Sb. (Stavební zákon), projektant zodpovídá za správnost, celistvost, úplnost, bezpečnost a proveditelnost stavby, jakož i za technickou a ekonomickou úroveň projektu, včetně vlivů na životní prostředí. Projekt musí odpovídat vyhlášce 499/2006 Sb. Prováděcí firma zodpovídá podle zákona 455/1991 Sb. (Živnostenský zákon) za fyzické provedení stavby podle schváleného projektu.

2.3 Výchozí revize

Každá instalace musí být během svojí výstavby a nebo po jejím dokončení, předtím než ji uživatel uvede do provozu, revidována. Revizi musí provádět osoby znalé, které jsou k provádění revize kvalifikované. Revizní technik, který provádí revizi, musí mít k dispozici veškerou technickou dokumentaci zařízení (instalace) na kterém revizi provádí. Dále musí být provedena taková opatření, aby během prohlídky a zkoušení nedošlo k ohrožení osob nebo užitkových zvířat, ani k poškození majetku a instalovaných zařízení, a to ani v případě, kdyby v ověřovaném obvodu nastala porucha. Po vyhotovení výchozí revize může být zařízení uvedeno do provozu.

2.4 Pravidelná revize

Pokud je to vyžadováno, musí být každá elektrická instalace pravidelně revidována. Revize se provádí též po dokončení oprav, pokud nestačí prověření kontroly podle čl. 2.7 normy ČSN 33 1500: 1990. Kdykoliv je to možné, musí se vzít v úvahu záznamy a doporučení z předchozích pravidelných revizí. Tato revize může být provedena bez demontáže, nebo pokud to situace vyžaduje, jenom s částečnou demontáží, přitom se provádí příslušné zkoušky a měření. Měření se provádí tak, aby se zajistila bezpečnost osob a užitkových zvířat vůči účinkům úrazu a popálení elektrickým proudem. Musí být zajištěna ochrana před poškozením majetku ohněm, nebo tepelnými účinky, vzniklými při poruše na elektrickém zařízení. Pokud není k dispozici předchozí zpráva o revizi, je třeba provést podrobnější prozkoumání instalace. Podrobnějším přezkoumáním se rozumí to, že pravidelná revize bude prováděna v rozsahu výchozí revize, přičemž mohou být zjištěny a ve zprávě uvedeny nedostatky (např. neodpovídající nebo chybějící dokumentace), které je nutné podle ČSN 33 1500: 1990 odstranit. Měřicí přístroje a zařízení použité ke zjišťování stavu instalace a zkušební metody musí být zvoleny v souladu s normou ČSN EN 61557-1 ed.2 (Elektrická bezpečnost v nízkonapětových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1000V a se stejnosměrným napětím do 1500V - Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany - Část 1: Všeobecné požadavky).

Rozsah a výsledky pravidelných revizí instalace nebo jakékoliv její části musí být zaznamenány. Musí být zaznamenány jakákoliv poškození, zhoršení stavu od předchozí revize, závady nebo nebezpečné podmínky.

2.5 Praktická realizace revize

Jak uvádí norma ČSN 33 2000-6, musí revizi provádět osoby znalé, které jsou pro provádění revizí kvalifikovány a touto prací pověřeny. Touto osobou je revizní technik, který složil zkoušku u Technické inspekce České Republiky, a bylo mu vydáno osvědčení podle §9 vyhlášky 50/1978 Sb. K ověření elektrického vybavení připojeného na elektrickou instalaci stejně jako k ověření toho, zda prvky instalace zajišťují bezpečný provoz, mohou být podle složitosti celého systému mimo pracovníka pro provádění revizí přizváni příslušní specialisté. Takovým specialistou může být například osoba kvalifikovaná pro provádění určitých měření nebo zkoušek. Periodicita ověřování vybavení připojovaného na elektrickou instalaci je dána lhůtami pravidelných revizí podle ČSN 33 1500:1990.

2.6 Lhůty pravidelných revizí

Provozovatel (zaměstnavatel) je podle zákona 309/2006Sb. povinen určit lhůty pravidelných kontrol, údržby a revizí. Lhůty pravidelných revizí instalací se musí určit podle druhu instalace a zařízení, jejího použití a způsobu provozu, četnosti a kvality údržby s ohledem na vnější vlivy, kterým je instalace vystavena. Nejdelší lhůta mezi pravidelnými revizemi může být stanovena národními právními předpisy nebo normami, ČSN 33 1500; 1990. Lhůta může být třeba i několik let. Výjimkou z tohoto pravidla jsou následující případy, pro něž se vyžadují kratší lhůty:

- 1) Pracoviště, nebo místa s nebezpečím úrazu elektrickým proudem, požáru, nebo výbuchu v důsledku chemické degradace.
- 2) Pracoviště nebo místa, kde jsou vedle sebe jak instalace vysokého, tak i nízkého napětí.
- 3) Staveniště.
- 4) Instalace pro bezpečnostní účely (např. nouzové osvětlení). Pro byty, obydlí a příbytky mohou být vhodné i delší lhůty (např. 10 let). Revize elektrické instalace se důrazně doporučuje při výměně nájemníků nebo majitelů. Lhůty pravidelných revizí v České Republice předepisuje norma ČSN 33 1500; 1990.

Tabulka 1 - Doporučené lhůty pro provádění pravidelných revizí

Umístění	Lhůty
Prostory s vanou nebo sprchou a umývací prostory	Doporučené 3 roky
Prostory plaveckých bazénů a fontán	Doporučené 1 rok
Místnosti se saunovými kamny	Doporučené 3 roky
Staveniště a demolice	Doporučené 0,5 roku
Zemědělská a zahradnická zařízení	Doporučené 3 roky
Omezené vodivé prostory	Doporučené 3 roky
Zařízení pro zpracování dat	Doporučené 5 let
Parkovací místa karavanů v kempech	Doporučené 1 rok
Venkovní osvětlení	Doporučené 4 roky

Provádění pravidelných revizí odběrných zařízení bytu, obydlí a příbytků není v České Republice předepsáno, je však vhodné, účelné a žádoucí tyto revize po dohodě s vlastníkem nemovitosti provádět. Zejména se považuje za účelné revizi provést při zvýšení hodnoty rezervovaného příkonu (při zvýšení jmenovité hodnoty hlavního jističe před měřeným zařízením). V některých případech i při změně uživatelů bytu, obydlí a příbytku. Občas je také revize potřebná při uzavření nové smlouvy o dodávce elektřiny. Podrobnější informace jsou dány podmínkami distributora elektrické energie. Pokud instalace podléhá účinnému systému řízení zajišťujícímu preventivní údržbu při normálním použití. Mohou se pravidelné revize nahradit odpovídajícím režimem průběžného sledování a údržby instalace a všech jejích podstatných částí, které provádí osoba znalá. O této činnosti musí být zpracována a vedena odpovídající dokumentace.

2.7 Vypracování zprávy o pravidelné revizi

Po fyzickém dokončení revize musí být pro provozovatele instalace zhotovena zpráva o revizi. Tento dokument musí obsahovat podrobnosti o všech částech instalace a musí vymezit, čeho se daná revize týká. Musí k ní být přiložen záznam prohlídky obsahující výsledky zkoušek a případné závady. Zpráva dále může obsahovat doporučení oprav a vylepšení, jako je např. uvedení instalace do stavu vyhovujícímu současným normám. Vhodné je také do zprávy uvést i veškeré drobné nápravné úkony, které provedl revizní technik v průběhu revize. Může se sice jednat o úkony technicky nenáročné, nicméně se jejich provedením může zabránit velkým škodám na majetku. Zprávu musí zpracovat a podepsat osoba, která je k provádění revizí oprávněna.

3 PROHLÍDKA, ZKOUŠENÍ (MĚŘENÍ) A ZÁVĚR

3.1 Prohlídka

Prohlídka se provádí před započatím zkoušení. Obvykle se provádí, když je celá instalace bez napětí. Prohlídka musí být provedena proto, aby se potvrdilo, že trvale připojené elektrické předměty vyhovují bezpečnostním požadavkům příslušných norem pro zařízení. Použité elektrické přístroje musí být řádně zvoleny a instalovány v souladu s návody výrobců. Dále nesmí být viditelně poškozeny do té míry, že by to mohlo ohrozit bezpečnost. Prohlídka musí zahrnovat ověření alespoň těchto náležitostí:

- Způsob ochrany před úrazem elektrickým proudem.
- Použití protipožárních přepážek a jiných opatření na ochranu před šířícím se ohněm a před tepelnými účinky procházejícího proudu.
- Volby vodičů s ohledem na jejich proudové zatížení a úbytek napětí.
- Volby a seřízení ochranných a kontrolních přístrojů.
- Použití a vhodné umístění vhodných odpojovacích a spínacích přístrojů.
- Volbu předmětů, zařízení a ochranných opatření přiměřených vnějším vlivům.
- Správné označení použitých vodičů (hlavně ochranného a nulového).
- Vybavení schématy, varovnými nápisy nebo dalšími podobnými informacemi.
- Označení obvodů, přístrojů jistících před nadproudy, spínačů, svorek, atd.
- Použití a odpovídající parametry ochranných vodičů včetně vodičů ochranného a doplňujícího pospojování.
- Přístup k zařízení z hlediska jeho ovládání, značení a údržby.

Při prohlídce se musí ověřovat veškeré speciální požadavky pro jednoúčelové elektrické instalace nebo jejich umístění ve zvláštních objektech.

3.2 Zkoušení

Měřicí a kontrolní přístroje a zkušební metody se musí volit v souladu s příslušnou normou. Pokud se použijí jiné měřicí přístroje, nesmějí poskytovat nižší stupeň bezpečnosti ani nižší úroveň funkčních vlastností. Tam, kde je to z hlediska ověření potřebné, musí se provést dále uvedené zkoušky a to přednostně v tomto pořadí:

1) Spojitosť ochranných vodičů a spojitost hlavního a doplňkového pospojování. Musí se provádět u ochranných vodičů včetně vodičů ochranného a doplňujícího pospojování.

2) Izolační odpor elektrické instalace. Izolační odpor se musí měřit mezi každým pracovním vodičem a ochranným vodičem spojeným se zemnicem. Pro účely této zkoušky se mohou všechny pracovní vodiče (fázové vodiče a nulový vodič) mezi sebou spojit. Bez ohledu na prostředí, ve kterém se instalace nachází, se doporučuje ověřit izolační odpor i mezi jednotlivými fázovými vodiči.

Tabulka 2 - Minimální hodnoty izolačního odporu

Jmenovité napětí v obvodu (V)	Zkušební stejnosměrné napětí (V)	Izolační odpor (M Ω)
SELV a PELV	250	$\geq 0,5$
Do 500 V včetně (včetně FELV)	500	$\geq 1,0$
Nad 500 V	1000	$\geq 1,0$

Izolační odpor měřený zkušebním napětím, podle tabulky 2 se považuje za vyhovující, jestliže žádný obvod při odpojených spotřebičích nemá izolační odpor menší, než je příslušná hodnota uvedená v tabulce 2. Tabulka 2 platí i pro ověřování izolačního odporu mezi neuzemněným ochranným vodičem a zemí. Jestliže je pravděpodobné, že výsledky měření mohou být ovlivněny přepětovými ochranami, nebo jinými přístroji, jestliže takové přístroje mohou být měřením poškozeny, mají se tyto přístroje před měřením odpojit. Pokud však odpojení těchto přístrojů není prakticky proveditelné, je možné zkušební napětí pro takovéto obvody snížit na 250V DC. Přitom izolační odpor musí mít hodnotu nejméně 1M Ω . V síti TN-C se měří izolační odpor mezi fázovými vodiči a vodičem PEN.

3) Ochrana SELV a PELV, nebo elektrickým oddělením obvodu. U ochrany SELV a PELV se musí ověřit oddělení živých částí od živých částí ostatních obvodů a od země. Provádí se to měřením izolačního odporu. Jeho hodnoty musí odpovídat tabulce 2. Pokud je obvod PELV uzemněn, musí se před začátkem měření toto spojení se zemí přerušit.

Ochrana elektrickým oddělením - Ověřuje se stejně jako SELV a PELV měřením izolačního odporu. V případě elektrického oddělení s více než jedním spotřebičem se, buď měřením, nebo výpočtem, musí ověřit, že v případě dvou současně se vyskytujících poruch se zanedbatelnou impedancí mezi různými vodiči vedení a mezi vodičem ochranného pospojování, nebo neživými částmi připojenými k tomuto vodiči, musí být alespoň jeden z obvodů s poruchou odpojen. Doba odpojení musí odpovídat době předepsané pro ochranu automatickým odpojením od zdroje.

4) Odpor podlahy a stěn.

Měření odporu/impedance podlahy a stěn se provádí síťovým napětím proti zemi při jmenovitém kmitočtu sítě.

5) Ochrana automatickým odpojením od zdroje.

Ověření účinnosti opatření pro ochranu při poruše (ochranu před dotykem neživých vodivých částí) automatickým odpojením od zdroje se provede takto:

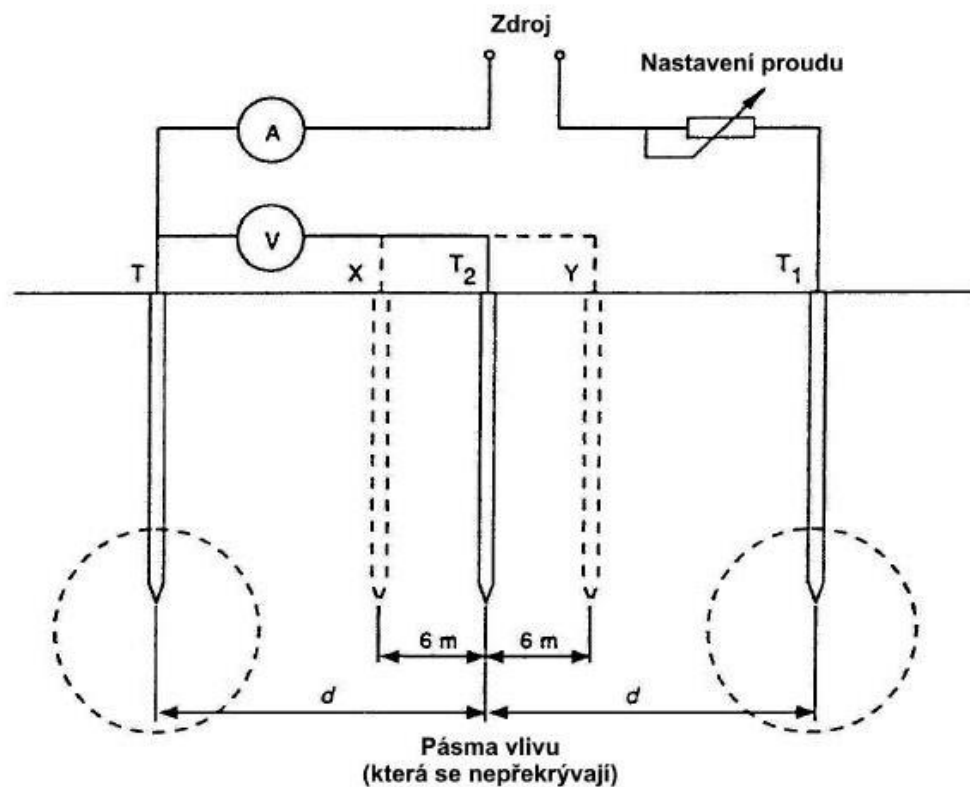
Ověření ochrany pro síť TN.

- a) Změřením impedance poruchové smyčky. Při použití proudových chráničů není obvykle potřeba provádět měření impedance poruchové smyčky z důvodu ověření podmínky automatického odpojení pomocí proudového chrániče. Ověřením impedance poruchové smyčky se však ověřuje, zda je zajištěno automatické odpojení obvodu i při poruše před chráničem a zda je zajištěna spojitost vodičů v obvodu. To je důležité zejména v případech, kdy je ochranný vodič vedený mimo magnetický obvod proudového chrániče spojen pouze s ochranným vodičem sítě (popř. vodičem PEN) před proudovým chráničem. Alternativně k měření impedance poruchové smyčky postačuje, pokud je možné provést nebo je proveden výpočet impedance poruchové smyčky, nebo odporu ochranných vodičů a pokud uspořádání instalace umožňuje ověření délky a průřezu vodičů, ověřit spojitost ochranných vodičů. Přednostní, oproti ostatním způsobům ověřování, je měření impedance poruchové smyčky. Alternativní ověření se uplatňuje v případech, kdy je již přesnost měření nedostačující. (při malých impedancích.)
- b) Ověřením charakteristik, a nebo účinnosti předřazeného ochranného přístroje. Toto ověření se musí provést u nadproudových ochranných přístrojů prohlídkou (ověření nastavení spouští jističů na okamžité nebo velmi rychlé vypnutí a ověření jmenovitých proudů a typů pojistek.) U proudových chráničů prohlídkou a zkouškou.

6) Měření odporu zemniče.

Pokud je potřeba provést měření odporu uzemnění, je možno použít následující způsob. Střídavý proud neproměnné hodnoty protéká mezi zemničem T a pomocným zemničem T1, který je od zemniče T umístěn v takové vzdálenosti, aby se pásma vlivu těchto zemničů vzájemně nepřekrývala. Druhý pomocný zemnič T2, kterým může být koncový bodec vetknutý do země, je umístěn na poloviční vzdálenosti mezi zemniči T a T1. Měří se úbytek napětí mezi T a T2. Odpor zemniče T je pak rozdíl napětí T a T2 a proudu protékajícího mezi zemniči T a T1.

Předpokladem správného výsledku je to, že se pásma vlivu těchto zemničů vzájemně nepřekrývají. Aby se ověřilo, že naměřená hodnota zemniče je správná, provedou se další dvě měření, když se druhý pomocný zemnič T2 umístí nejprve asi o 6m dále od zemniče T a pak asi 6m od původní polohy zemniče T2 blíže k zemniči T. Jestliže mezi těmito třemi naměřenými hodnotami nejsou podstatné rozdíly, považuje se průměr s naměřených hodnot za odpor zemniče T. Pokud se naměřené hodnoty liší, měření se opakují při zvětšené vzdálenosti mezi zemniči T a T1.



Legenda

- T zemnič, jehož odpor se měří – odpojený od všech ostatních zdrojů napájení,
- T₁ pomocný zemnič,
- T₂ druhý pomocný zemnič,
- X možné alternativní umístění zemniče T₂ pro ověření správnosti měření,
- Y další možné alternativní umístění zemniče T₂ pro ověření správnosti měření.

Obr. 1- Měření odporu zemniče

Toto měření jsem neprováděl, protože uvedená měření se provádí u uzemňovacího přívodu, který je připojen k hlavnímu rozvaděči objektu. Uzemnění hlavního rozvaděče nebylo předmětem mé kontroly.

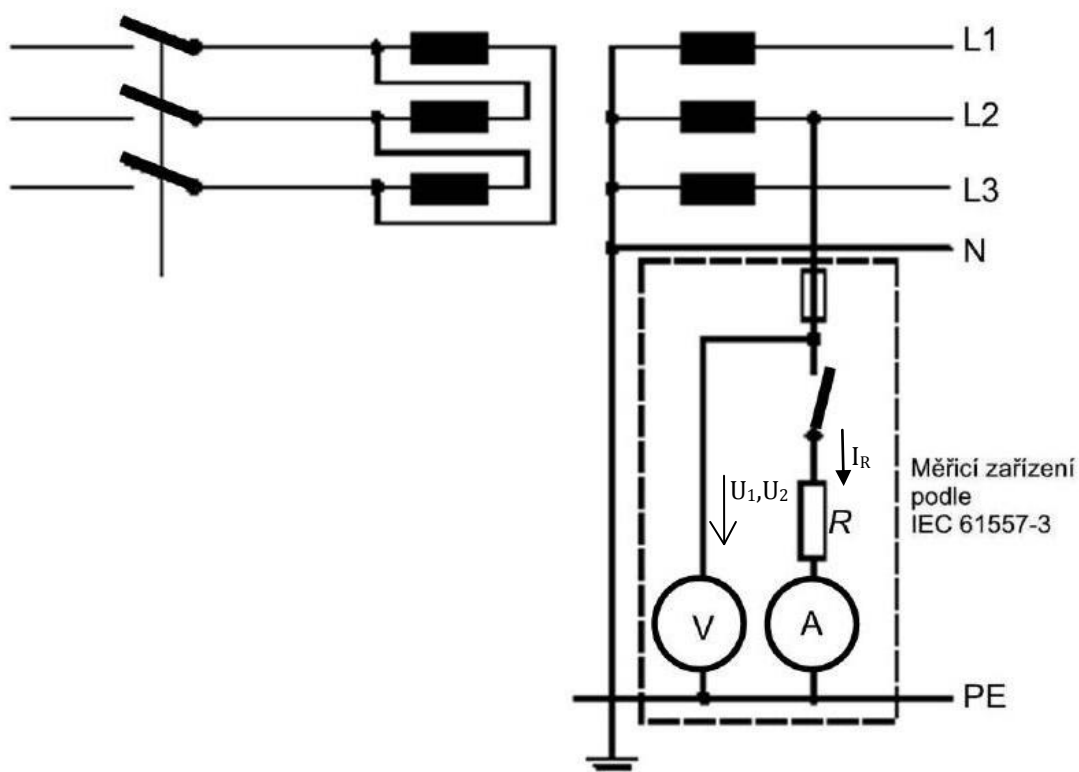
7) Měření impedance poruchové smyčky.

V obvodu, který má být ověřován, se měří napětí, a to při zatížení zátěžovou rezistancí a bez tohoto zatížení. Impedance poruchové smyčky se vypočítá podle

vzorce: $Z = \frac{U_1 - U_2}{I_R}$

- Z - Impedance poruchové smyčky,
- U_1 - Napětí měřené bez připojené zátěžové rezistance,
- U_2 - Napětí měřené s připojenou zátěžovou rezistancí,
- I_R - Proud protékající zátěžovou rezistancí.

Mezi U_1 a U_2 by měl být podstatný rozdíl.



Obr. 2- Měření impedance poruchové smyčky

Toto měření jsem neprováděl, protože toto měření nebylo předmětem mojí kontroly.

4 SPOJENÍ KOVOVÝCH ČÁSTÍ ELEKTRICKÉHO PŘEDMĚTU

Všechny přístupné neživé vodivé části elektrických předmětů musí být v namontovaném stavu trvale a spolehlivě vodivě spojeny s místem připojení ochranného vodiče, a to i v případech, je-li k tomu třeba zvláštního opatření.


V případě, že mezi hlavní částí, která je přímo spojena s ochranným vodičem, a odnímatelnou částí je těsnění, nesmí být spolehlivost vodivého spojení obou částí ovlivněna stárnutím nebo deformací těsnění.

Za vyhovující spojení těchto částí se považuje, je-li přechodový odpor v namontovaném stavu mezi místem připojení ochranného vodiče a nejvzdálenější částí elektrického předmětu nejvýše 0,1 Ω , pokud příslušné normy nestanoví jiné hodnoty.

Drobné, neživé části (např. štítky, šrouby, nýty, ucpávkové šrouby, držáky), které nemohou svou povahou tvořit nebezpečí úrazu elektrickým proudem, se nemusí spojovat s ochranným vodičem.

Všechny spoje, zejména spoje ochranného obvodu, musí být zajištěny proti náhodnému uvolnění. Spojovací prostředky musí být vhodné pro průřezy a druh ukončovaných vodičů, viz čl. 13.1.1 ČSN EN 60204-1 ed.2.

Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. pružné pérové podložky. Rozebíratelná připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek, viz čl. 4.2.2 ČSN 33 0360 ed.2.

Místo připojení ochranného vodiče musí být označeno značkou 5019 z IEC 60417 ochranného uzemnění. Na svorkovnicích s písmenným značením lze značku  nahradit písmeny PE. Tato označení musí být vždy na pevné neodnímatelné části v blízkosti místa připojení ochranného vodiče. Označení musí být trvanlivé a v provozu nesmazatelné. Označení vnějšího místa připojení pouze barvou, obtisky, samolepicími štítky apod. není přípustné.

5 POSTUP PROHLÍDKY

V této kapitole bylo čerpáno ze zdrojů [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [15].

Při popisu připojení a instalace jednotlivých strojů je stroze konstatován stav zařízení i s případnými závadami, nebo nedostatky. U jednotlivých strojů se mohou opakovat stejné závady nebo nedostatky, a proto je text u těchto závad vždy stejný a může to vést při čtení k pocitu zbytečného opakování. Tato forma je zvolena proto, aby provozovatel jasně viděl nedostatky u konkrétního připojení stroje, mohl na tento stav adekvátně reagovat a v neposlední řadě má pracovník, který bude odstraňovat jednotlivé nedostatky, lepší přehled o závadách na konkrétním stroji.

Kontrola podle ČSN 33 2000-6 a ČSN 33 1500

Druh kontroly: pravidelná (mimořádná)

Datum zahájení kontroly: 21.9. 2016

Datum ukončení kontroly: 28.2. 2017

Kontrolovaná instalace:

Připojení elektrických strojů k rozvodu nn laboratoře ÚVEE., Technická 12, 616 00 Brno, místnost SA2.19

Kontroloval: Jiří Rybníkář
student VUT (Fekt), ID: 155230
osvědčení elektrotechnické kvalifikace §6 vyhl.50/1978 Sb. z 14.7. 2016.

Vlastník: Vysoké učení technické v Brně, Antonínská 548/1, Veveří,
602 00 Brno

Zadavatel: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Odborný dozor: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Celkový posudek: Elektrická instalace kontrolované skupiny strojů není s ohledem na elektrickou bezpečnost schopna provozu.

Předmět kontroly

Připojení elektrických strojů k napájecí síti v laboratoři ÚVEE, místnost 2.19. Jednotlivá vinutí strojů, (měření izolačního odporu vinutí R_{iso}).

Rozsah kontroly:

Začátek je tvořen připojením přívodních vodičů na svorky (zásuvky) jednotlivých ovládacích pultů. Konec je připojení přívodních kabelů do svorkovnic jednotlivých strojů.

Kontrola zahrnuje:

Kabelové připojení třífázového komutátorového motoru (TYP: 2T2733E), synchronního stroje (TYP: A8A4), generátoru se setrvačnickem na jedné hřídeli (č: 245282), jednofázového stroje s budičem (č: 250652), střídavého regulovatelného stroje (TYP: K22A-4), regulačního transformátoru (č: 212136), třífázového asynchronního motoru (TYP: AMP 110), třífázového synchronního stroje (TYP: AKI 08), třífázového dynamometru s rameny (č: 108099), regulačního transformátoru

(č: 108100), sady kondenzátorů, asynchronního motoru (č: 5098445), stejnosměrného dynama (č:1266344), stejnosměrného stroje (č: 1266343).

Kontrola nezahrnuje:

Zapojení ovládacích pultů. Ochranu automatickým odpojením od zdroje.

Doklady použité k provedení kontroly:

- 1) Provozní řád laboratoře ze dne 11.2. 2013, podepsán vedoucím ÚVEE FEKT VUT Brno ing. Ondřej Vítek, PhD. Vyvěšen u vstupu do laboratoře.
- 2) Požární poplachové směrnice ze dne 1.2. 2013, schválil ing. Miroslav Morda. Vyvěšeny u vstupu do laboratoře.
- 3) Pokyny pro první pomoc při úrazu elektrinou. Vyvěšeny u vstupu do laboratoře.

Určení vnějších vlivů:

Protokol o určení vnějších vlivů nebyl správcem laboratoře předložen.

Pro potřeby kontroly byly určeny vnější vlivy takto:

Jedná se o zařízení laboratoře, kam mají přístup osoby BA4, BA5 a provoz se řídí provozním řádem laboratoře.

Toto určení vnějších vlivů v žádném případě nenahrazuje protokol o určení vnějších vlivů, který musí být vypracován podle ČSN 33 2000-5-51 ed.3.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem - společná hlediska pro instalace a zařízení podle ČSN EN 61140 ed.2. Elektrická instalace nízkého napětí - ochrana před úrazem elektrickým proudem podle ČSN 33 2000-4-41 ed.2

- a) základní ochrana (živých částí) - izolací (příloha A)
 - kryty nebo překážkami (příloha A)
- b) ochrana při poruše (neživých částí) u zařízení do 1000V AC a 1500V DC
 - automatickým odpojením od zdroje
 - nadproudovými jistícími prvky

Ochrana před přepětím a úderem blesku podle ČSN EN 62305-1 ed.2 až 4 ed.2

- a) ochrana proti přepětí
 - ochrany T1, T2, T3 jsou součástí hlavního rozvaděče
 - hromosvod je součástí objektu, ale není součástí této kontroly

Napětí a druh sítě:

3 PEN 230V/400V AC TN-C-S

Použité měřicí přístroje:

Měřič izolace s induktorem IMEG 1000N

Revex 2051 e.č. 1000123918

EASYTEST- Reg. č.: 600-OR-025-03. Datum kalibrace 9.4.2014. Číslo kalibračního listu: N231A

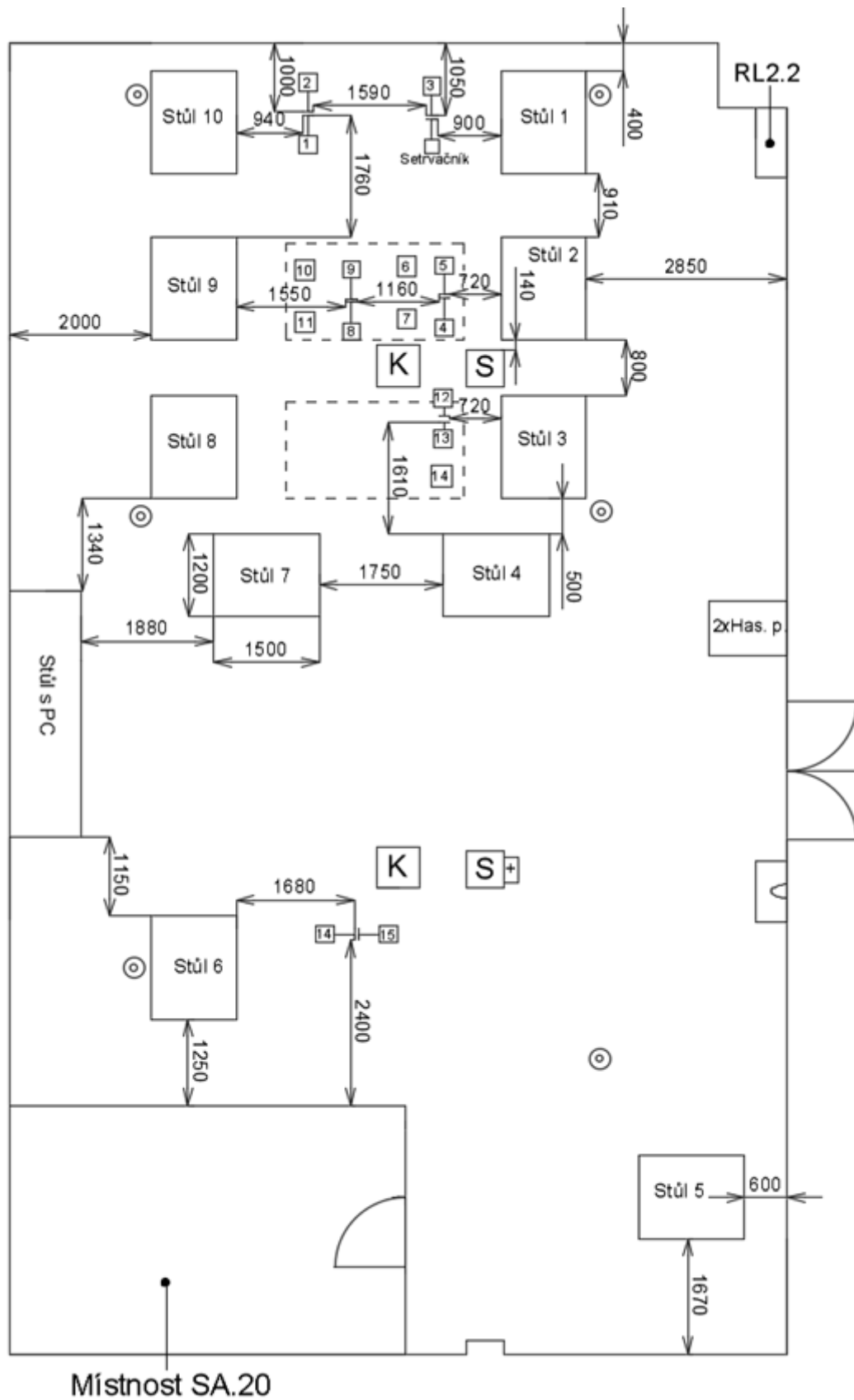
Zdroj napájení:

Elektroinstalace je napájena z rozvodu nn objektu VUT, fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií v Brně, Technická 3082/12, Brno.

Popis:

Všechny stoje jsou staršího data výroby. Prohlídka s ohledem na elektrickou bezpečnost bude probíhat podle současných platných norem a předpisů.

Jelikož se jedná o laboratoř a mají do ní povolený vstup pouze osoby s elektrotechnickým vzděláním, nebudu tedy v průběhu prohlídky upozorňovat na nedostatečné krytí. Některé svorkovnice jsou provedeny jako zcela odkryté (IP00). Toto bylo provedeno na základě zlepšovacího návrhu, který navrhlo vedení Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky, za účelem lepší manipulace při přepojování strojů. Po domluvě s vedoucím práce, bude kontrola probíhat tak, že budou postupně popsány kontrolované stroje a bude se posuzovat jejich bezpečné připojení k napájecí síti. Všechny stroje jsou napájeny z jednotlivých ovládacích pultů a nemají svoje jištění. Proto jištění ovládacích pultů je zároveň jištěním jednotlivých strojů. Toto jištění je provedeno jističi LPN C63/3, které jsou v hlavním rozvaděči laboratoře označeny F25 až F34. [13]



Obr. 3- Rozmístění kontrolovaných strojů v laboratoři, místnost SA.19 [13]

Legenda: 1) Třífázový komutátorový motor (č.1), 2) Synchronní stroj (č.2), 3) Generátor se setrvačníkem na jedné hřídeli (č.3), 4) Jednofázový stroj s budičem (č.4), 5) Střídavý regulovatelný stroj (č.5), 6) Regulační transformátor (č.6), 7) Třífázový asynchronní motor (č.7), 8) Třífázový synchronní stroj (č.8), 9) Třífázový dynamometr s rameny (č.9), 10) Regulační transformátor (č.10), 11) Sada kondenzátorů, 12) Asynchronní motor (č.12), 13) Stejnoseměrné dynamo (č.13), 14) Stejnoseměrný stroj (č.14).

5.1 Třífázový komutátorový motor napájený do rotoru



Obr. 4- Třífázový komutátorový motor

5.1.1 Štítkové hodnoty třífázového komutátorového motoru (č.1)

Výrobce:	Škoda
TYP:	282733E
Napětí :	380V
Frekvence:	50Hz
Napětí stator:	79V

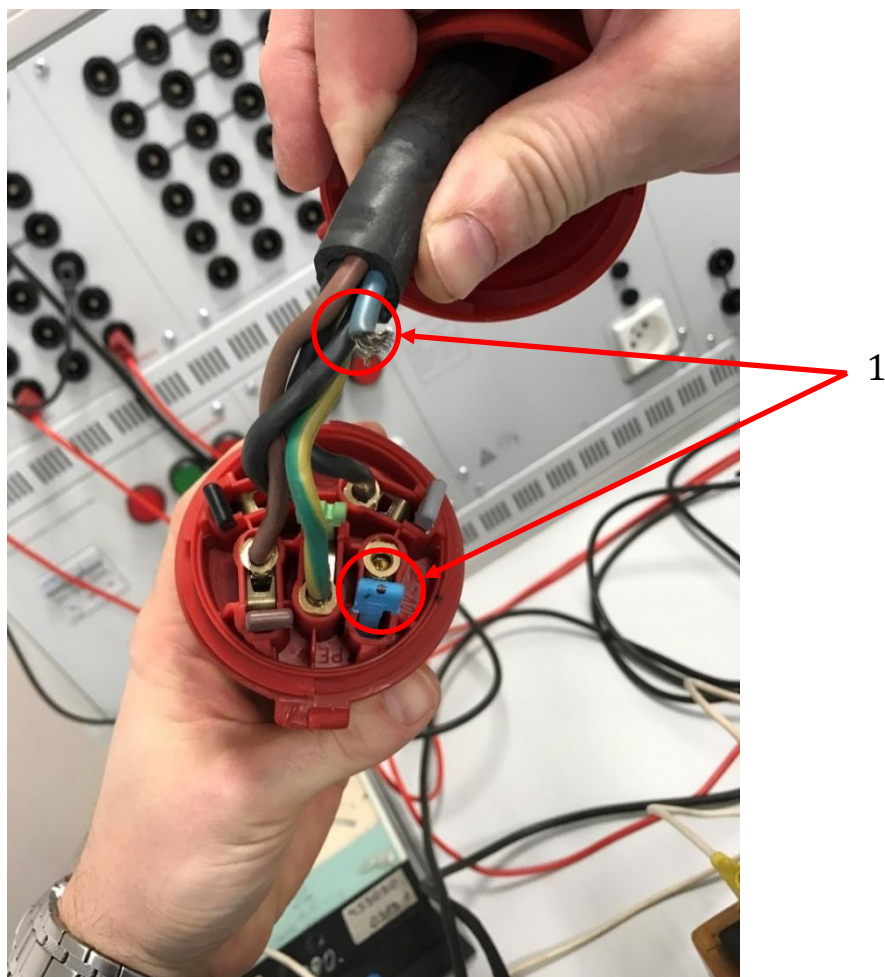
Tabulka 3 - Provozní režimy Stroje č.1

Výkon (KW)	Otáčky (min^{-1})	Proud rotoru (A)	Proud statoru (A)
9,00	2160	16	34,0
6,25	1500	15	31,5
3,00	720	10	30,0

Rok výroby: 1967
Hmotnost: 220kg
Norma: ČSN 35 0420
Ostatní štítkové údaje nejsou čitelné

5.1.2 Popis připojení a závady stroje č.1:

Připojení třífázového komutátorového motoru je provedeno pohyblivým přívodem 400V 32A, 5P (CGSG 5x6), který je připojen do přístrojové zásuvky 400V na čelním panelu zkušebního pultu. Tento pohyblivý šňůrový přívod nemá ve vidlici, ani ve svorkovnici stroje zapojený modrý nulový vodič.



Obr. 5- Zástrčka třífázového komutátorového motoru

Legenda: 1) nepřipojený nulový vodič

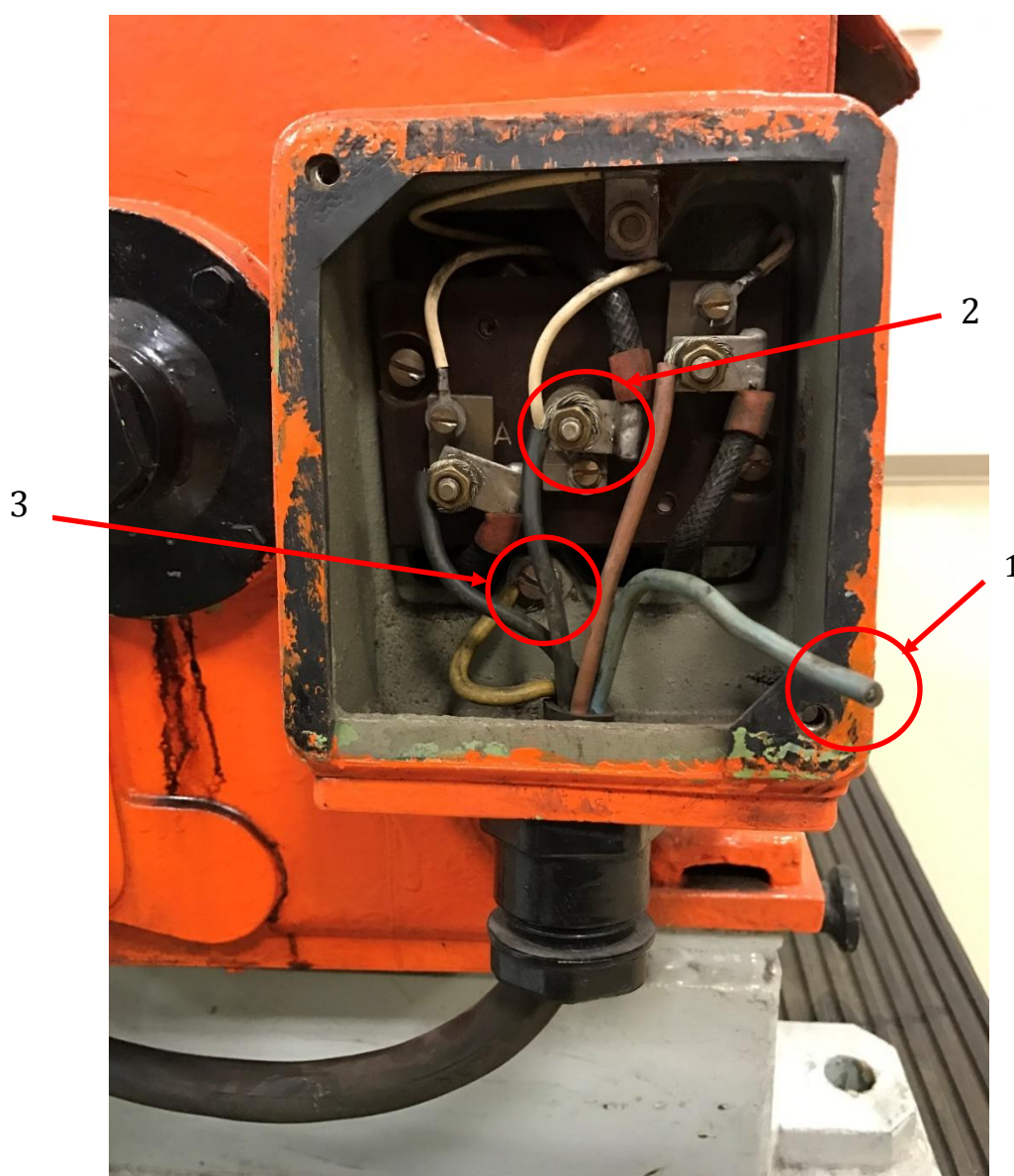
Přívodní kabel je příliš krátký, je mezi vývodkou svorkovnice stroje a zásuvkou zkušebního pultu značně napnutý. Není ve vývodce svorkovnic motoru odlehčen od tahu. Proto fázové vodiče, zejména pak vodič L3, jsou značně napnuté. Šňůra přívodu je nadměrně mechanicky namáhána, což zkracuje její životnost a hrozí riziko pro obsluhu, že o tento kabel zakopne. Tento stav je v nesouladu s § 2 zákona 309/2006 Sb. "Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci", který řeší požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, cituji: „Zaměstnavatel je povinen zajistit, aby pracoviště byla prostorově a konstrukčně uspořádána a vybavena tak, aby pracovní podmínky pro zaměstnance z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci odpovídaly bezpečnostním a hygienickým požadavkům na pracovní prostředí a pracoviště“. Dále všeobecně s čl. 526.6 normy ČSN 33 2000-5-52 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení", který předepisuje, že spoje a připojovací místa kabelů mají být chráněny před mechanickým namáháním a poškozením vhodnými prvky pro odlehčení od tahu. Citace článku zní: „Spoje a připojovací místa kabelů a vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání. Prostředky pro odlehčení namáhání musí být navrženy tak, aby zabránily jakémukoliv mechanickému poškození kabelů nebo vodičů“. Konkrétní požadavek, pro připojení strojů, je popsán v čl.13.1.2 normy ČSN EN 60204-1 ed.2. "Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky", kde je uvedeno, že ukončení kabelu musí být dostatečně upevněno tak, aby se zabránilo mechanickým namáháním na konce vodičů. Znění článku je: „Vodiče a kabely musí být vedeny od svorky ke svorce bez spojů a spojek. Spoje využívající zásuvková spojení s vhodnou ochranou proti náhodnému odpojení nejsou považovány za spojky pro účel tohoto článku. Ukončení kabelů musí být dostatečně upevněna, aby se zabránilo mechanickým namáháním na konce vodičů. Kde to přichází v úvahu, musí být ochranný vodič umístěn v blízkosti přidružených živých vodičů, aby se snížila impedance smyčky“. K odstranění tohoto nedostatku je nejvhodnější výměna napájecího kabelu, který bude dostatečně dlouhý. Připojovací šňůru ve svorkovnici stroje je nutno dostatečně fixovat, aby se nedala vytrhnout.

Kabel musí splňovat nároky na mechanickou odolnost a proudovou zatížitelnost, viz čl. 522 a čl. 523 ČSN 33 2000-5-52 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení" ve znění: „Instalační metody musí být zvoleny tak, aby ochrana před předpokládanými vnějšími vlivy byla zajištěna u všech příslušných částí vedení. Zvláštní péči je přitom třeba věnovat ohybům vedení a místům, kde vedení vstupuje do zařízení. Proud, který má být kterýmkoliv vodičem za normálního provozu dlouhodobě veden, musí být takový, aby nebyla překročena teplotní mez

pro izolaci.". Přívodní kabel je hlavně u svorkovnice stroje značně namáhán ohybem.

Nevhodnou volbou přívodního vodiče, pokud tento vodič bude poddimenzován, může dojít při průchodu vyšších proudů k nadměrnému oteplení těchto vodičů a v krajním případě i k požáru.

Dále musí být ve svorkovnici svorka pro ukončení modrého nulového vodiče, nebo musí být tento vodič zaizolován, aby nemohlo dojít k nahodilému dotyku živé části uvnitř svorkovnice.



Obr. 6- Svorkovnice třífázového komutátorového motoru

Legenda: 1) Nezaizolovaný konec nulového vodiče 2) Roztřepené konce vodičů 3) Zkorodovaný šroub pro uchycení ochranného vodiče.

Nevyhovující je také ukončení slaněných jader napájecích vodičů tohoto kabelu připojených na šroubových svorkách svorkovnice stroje, které jsou roztřepeny a šroub ochranného vodiče je zkorodovaný. Podle čl. 4.2 normy ČSN 34 0350 ed.2 "Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení", musí být konce jader žil vhodně upraveny tak, aby se jednotlivé drátky neoddělovaly. Jádra musí být upraveny tak, aby je bylo možno správně a řádně zapojit do připojovacích svorek. Pro ukončení jader vodičů je možné použít kabelových ok. Ochranný vodič pohyblivého přívodu musí být z připojených vodičů nejdelší, proto, aby se při poruše odlehčovací spony a po případném vytržení přívodu přerušil jako poslední. Přesné znění je: „Pohyblivé přívody musí být v místě připojení spolehlivě odlehčeny od tahu, zajištěny proti posunutí i vytržení a opatřeny proti zkroucení žil. Odlehčovací zařízení nesmí být pod napětím a musí být upraveno tak, aby mechanicky nemohlo poškodit odlehčovaný kabel nebo šňůru. Případná deformace izolačního pláště k lepšimu zajištění šňůry proti posunutí není na závadu, pokud se tím nezhorší izolační stav a nebude zkrácena životnost kabelu nebo šňůry. Vstupní otvory elektrických předmětů pro kabely a šňůry musí být upraveny tak, aby se šňůra mohla ohýbat jen s přiměřeným poloměrem ohybu, např. musí mít hrdla s vhodným zaoblením nebo musí být opatřeny vhodnými návlačkami. Tyto návlačky apod. nesmějí být kovové a mají z elektrického předmětu (zařízení) vyčnívat alespoň 25mm. Ochranné návlačky kabelů a šňůr musí být na koncích upraveny tak, aby se nepoškozovaly (netřepily, netrhaly, nepraskaly apod.) ani se neposouvaly. Žíly kabelů a šňůr musí být k připojovacím svorkám připojeny tak, aby spoje byly odlehčeny od mechanického namáhání (tahem, tlakem, apod.) a aby jednotlivé žíly byly ohýbány poloměrem rovným alespoň 2,5 násobku průměru žíly. Konce izolace musí být upravené tak, aby se nepoškozovaly (netrhaly, nepraskaly apod.). Konce jader žil musí být vhodně upraveny tak, aby se jednotlivé drátky neoddělovaly a jádra bylo možno správně a řádně zapojit do připojovacích svorek. Spoje musí být provedeny tak, aby jejich přechodový odpor byl trvale co nejmenší. Pro zařízení třídy ochrany I připojovaná pohyblivým přívodem musí být provedena taková opatření, aby se ochranný vodič pohyblivého přívodu v případě poruchy odlehčovací spony přerušil jako poslední". Vodivé spoje, zejména spoje ochranného obvodu, musí být podle čl. 4.2 normy ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech", zajištěny proti náhodnému uvolnění instalací pružícího prvku. Pro toto zajištění lze u šroubového spoje použít podložku a vějířovou podložku. Znění: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče podle tabulky 1 z normy ČSN 33 0360 ed.2. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije












pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek". Povrch styčných ploch rozebíratelných připojení ochranných vodičů musí být čistý a hladký. Styčná plocha a upevňovací části musí být dobře elektricky vodivé a musí mít antikorozi ochranu. Znění článku: „Povrch styčných ploch rozebíratelných připojení ochranných vodičů musí být čistý a hladký. Styčná plocha upevňovací části musí být elektricky dobře vodivá a musí mít antikorozi ochranu. Drsnost styčných ploch nesmí být vyšší než Rz 80". Tyto podmínky u připojení ochranného vodiče nejsou v tomto případě zajištěny.

Podle čl.13.1.1 EN 60204-1 ed.2 "Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky", musí být svorky na svorkovnici označeny nebo opatřeny štítky, které korespondují se značením na schématech. Svorkovnice musí být namontovaná tak, aby se vnitřní a vnější spoje na svorkách nekřížily. Přesné znění je: „Svorky musí být na svorkovnici zřetelně označeny nebo opatřeny štítky tak, aby to odpovídalo značení na schématech. Identifikační štítky musí být čitelné, trvalé a vhodné pro pracovní prostředí". U tohoto stroje není provedeno označení svorkovnice a vodičů.

Značení svorek musí být provedeno podle tabulky 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů", kdy svorka vodiče vedení L1 se značí „U“, svorka vodiče vedení L2 se značí „V“ a svorka vodiče vedení L3 se značí „W“.









U Třífázového komutátorového motoru jsem prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojením motoru. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3. Dále jsem u stroje měřil přechodový odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou stroje. Přechodový odpor byl změřen měřicím přístrojem EASYTEST. Odpor je po přičtení chyby měření $R=0,03\ \Omega$, což je v souladu s čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2.

Tabulka 4 - Barvy, písmenno-číslicový zápis a grafické značky pro identifikaci vodičů a svorek

Vybrané vodiče / svorky	Identifikace vodičů / svorek prostřednictvím			
	Písmenno-číslicového zápisu ^a		Barev	Grafických ^b značek
	Vodiče	Svorky		
AC vodiče Vodič vedení (fáze) 1 Vodič vedení (fáze) 2 Vodič vedení (fáze) 3 Vodič středního bodu (střední vodič) Nulový vodič	AC	AC	-	
	L1	U	● BK ^d nebo	
	L2 ^o	V	● BR ^d nebo	
	L3 ^o	W	● GR ^d	
	M	M	● BU ^e	doporučení není nutné
DC vodiče Kladný Záporný	DC	DC	-	
	L+	+	doporučení není nutné	
	L-	-		
Ochranné vodiče vodiče PEN vodiče PEL vodiče PEM	PE	PE	 GNYE	
	PEN	PEN	 GNYE ^f	doporučení není nutné
	PEL	PEL	● BU ^f	
	PEM	PEM		
Vodiče ochranného pospojování^g – uzemněné – neuzemněné	PB	PB	 GNYE	
	PBE	PBE		doporučení není nutné
	PBU	PBU		
Vodiče pracovního uzemnění^h	FE	FE	doporučení není nutné	
Vodiče pracovního pospojování	FB	FB		

^a Viz kapitola 7.

^b Uvedené grafické značky odpovídají značkám následujících čísel v IEC 60417.

	IEC 60417-5032 (2002-10)		IEC 60417-5019 (2006-08)
	IEC 60417-5031 (2002-10)		IEC 60417-5018 (2006-10)
	IEC 60417-5005 (2002-10)		IEC 60417-5020 (2002-10)
	IEC 60417-5006 (2002-10)		IEC 60417-5021 (2002-10)

^o Je třeba pouze v sítích s více než jednou fází.

^d Tento sled barevných kódů je abecední. Nepředstavuje doporučené fázování nebo směr otáčení.

^e Viz 6.2.2 .

^f Viz 6.3.3 až 6.3.5

^g Vodič ochranného pospojování je ve většině případů uzemněným vodičem ochranného pospojování. Takový vodič není třeba označovat PBE. Zřetelně je třeba rozlišit mezi uzemněným vodičem ochranného pospojování a vodičem ochranného pospojování neuzemněným tam, kde se použijí oba (například uvnitř zdravotnických elektrických instalací) a kde označení PBE a PBU mají být uplatněna.

^h Označení FE ani grafická značka 5018 z IEC 60417 se nesmějí používat pro vodiče nebo svorky, které mají ochrannou funkci. Dvoubarevnou izolaci zelená-žlutá nelze použít pro vodiče, které nemají ochrannou funkci (tj. pro vodiče jiné než PE, PEN, PEL, PEM, PB, PBE, PBU). Viz kapitola 5.

5.2 Synchronní stroj



Obr. 7 - Synchronní stroj

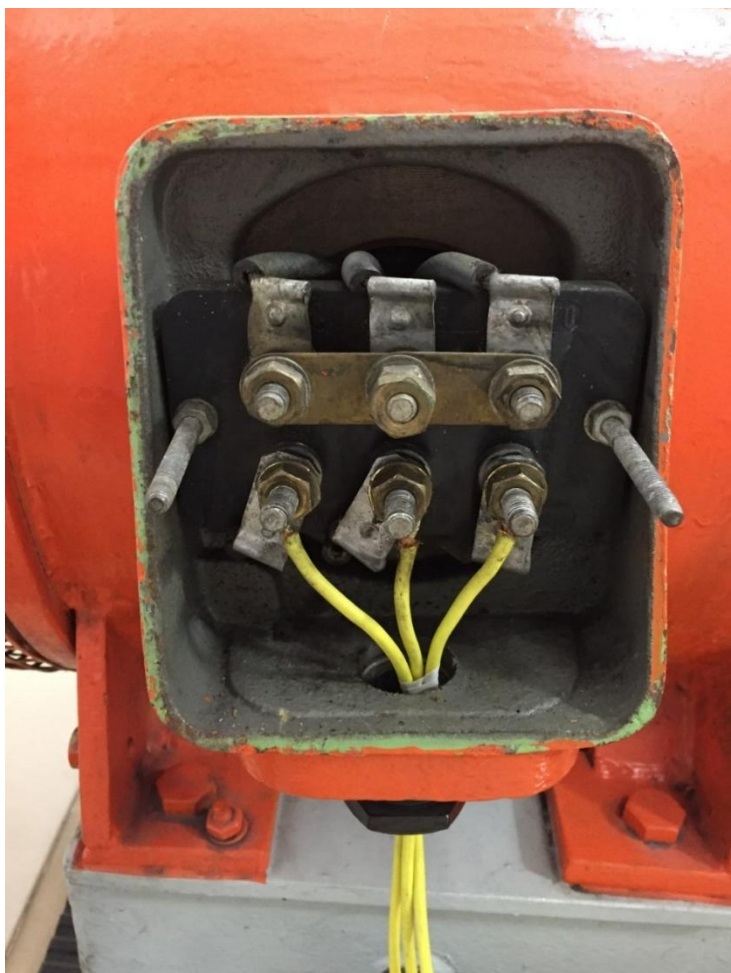
5.2.1 Štítkové hodnoty synchronního stroje (č.2)

Výrobce:	MEZ Frenštát, Národní podnik Frenštát, p. R. ČSSR	
TYP:	A8A4 03	
Výrobní číslo:	547610	
Evidenční číslo VUT:	00120008	
Frekvence:	50Hz	
Provozní:	IP21/b	
Tvar:	M101	
cosφ:	0,8	
Výkon:	5,2kW	6kVA
Otáčky:	1500 min ⁻¹	
Zapojen do hvězdy		
Napětí:	400V	
Proud:	9,5A	
Napětí buzení:	13 - 34V	
Proud buzení:	3,1-5,7A	
Rok výroby:	11/1967	
Hmotnost:	154kg	

Norma: ČSN 350200
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné

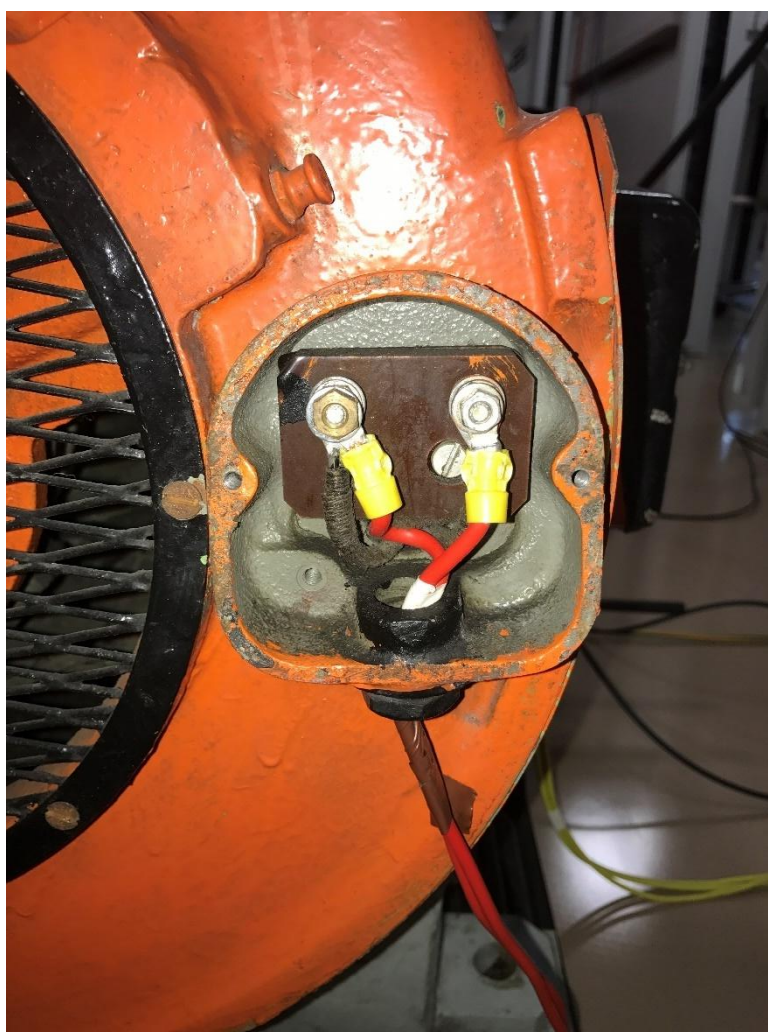
5.2.2 Popis připojení a závady stroje č.2:

Pro připojení fází ze zdírek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů (měřicí kabel 32A, 1000V) v jednoduché izolaci, která má žlutou barvu. Tato barva fázových vodičů není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů", protože může dojít k záměně s barevnou kombinací zelená a žlutá, která je vyhrazenou barvou pro ochranné vodiče. Jedná se o závažnou závadu s ohledem na elektrickou bezpečnost při údržbě zařízení! Pro připojení fázových vodičů musí být použito vodičů s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá.



Obr. 8 - Svorkovnice synchronního motoru

Šroubové spoje fázových vodičů ve svorkovnici nejsou zajištěny proti povolení, viz čl.4.2.2 ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech", ve znění: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek.". Totéž platí i pro připojení vodičů buzení. Šroubové spoje by měly být opatřeny pružnými (vějířovými) a rovnými podložkami. Pro lepší uchycení fázových vodičů na svorkách svorkovnice by měly být použity na kabelech kabelová oka.

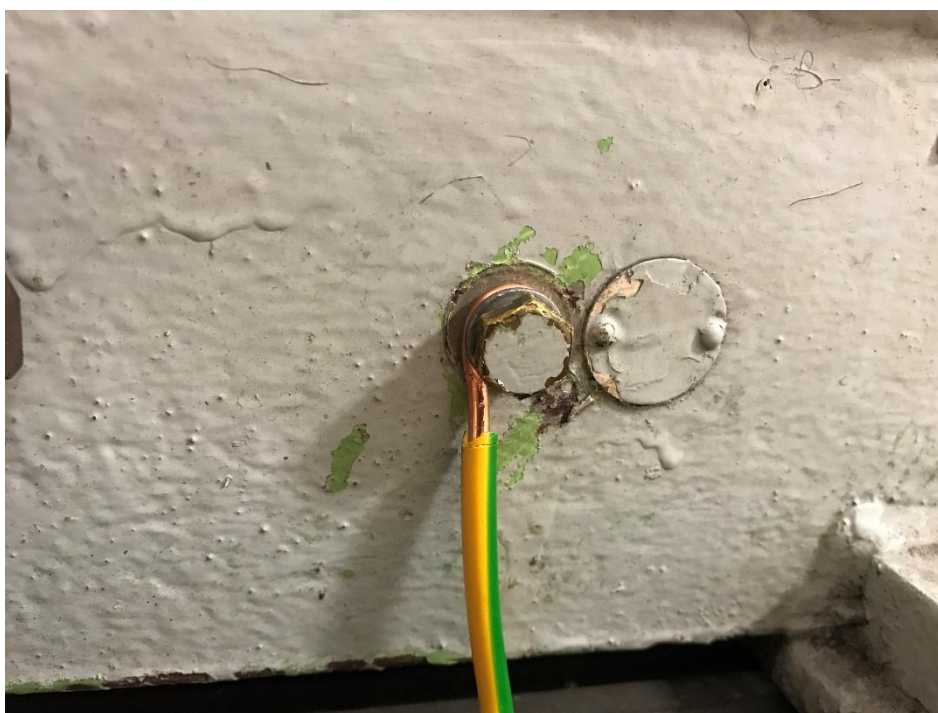


Obr. 9 - Svorkovnice buzení synchronního stroje

Stroj není svým připojením uzpůsoben pro síť TN-C-S. U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl.411.4. "Elektrické instalace nízkého napětí -

Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem", ve znění: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový nebo střední bod není k dispozici nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení." Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti! Stroj musí mít vyvedenou svorku pro připojení vodiče PE nebo PEN.

Připojení vodiče ochranného pospojování ke konstrukci je provedeno šroubovým spojem bez vějířové podložky. Viz čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2. "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech". Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku by mělo šroubové připojení ochranného pospojování obsahovat pružný prvek, (vějířovou) podložku, jak zní tento článek: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek.".



Obr. 10 - Připojení pospojování synchronní stroj

Grafická značka svorky připojení tohoto ochranného vodiče je zabarvena, nečitelná. Značení svorkovnice musí být provedeno podle tabulky 4. z normy ČSN

EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Musí být použita značka uzemňovací svorky.



U Synchronního stroje jsem prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným strojem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3. Dále jsem u stroje měřil přechodový odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou stroje. Přechodový odpor byl změřen měřicím přístrojem EASYTEST a jeho hodnota je po přičtení chyby měření $0,03\Omega$, což odpovídá normě.

5.3 Synchronní stroj s budičem na stejné hřídeli + setrvačnick



Obr. 11 - Synchronní stroj s budičem na stejné hřídeli

5.3.1 Štítkové hodnoty synchronního stroje (č.3)

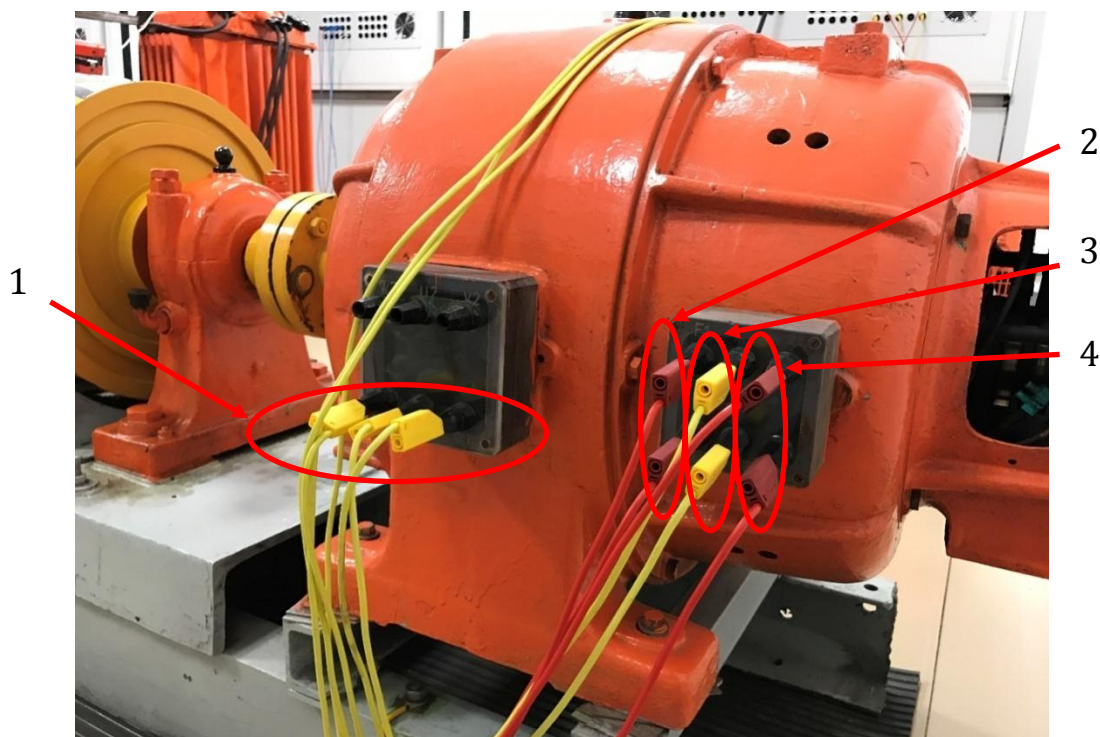
Jedná se o stroj, který má na společné hřídeli umístěný setrvační.

Výrobce:	MEZ Drásov, Národní podnik, n.p. závod Nedvědice pod Pernštejnem	
Typ:	G2	
Výrobní číslo:	245282	
Evidenční číslo VUT:	0112008	
cosφ:	0,8	
Výkon:	6kW	7,5kVA
Frekvence:	50Hz	
Otáčky:	1500 min ⁻¹	
Zapojení do hvězdy		
Napětí:	400V	
Proud:	11,4A	
Zapojení do trojúhelníku		
Napětí:	230V	
Proud:	19,8 A	
Budič		
Napětí:	65V	
Proud	5A	

Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné.

5.3.2 Popis připojení a závady stroje č.3:

Pro připojení fází ze zdírek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci (měřicí kabel 32A, 1000V), která má žlutou barvu. Tato barva fázových vodičů není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů", protože může dojít k záměně s barevnou kombinací zelená a žlutá, která je vyhrazenou barvou pro ochranné vodiče. Jedná se o závažnou závadu s ohledem na elektrickou bezpečnost při údržbě zařízení! Pro připojení fázových vodičů musí být použito vodiče s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá.



Obr. 12- Svorkovnice synchronního stroje s budičem na stejné hřídeli

Legenda: 1) třífázové napájení synchronního stroje na statoru 2) Buzení synchronního stroje 3) Kotva budiče 4) Buzení budiče

Svorky stroje, by pro větší přehled měly být označeny dodatečnými popisky jednotlivých svorek.

Stroj není svým připojením uzpůsoben pro síť TN-C-S. U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl.411.4. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem", který předepisuje, že u stroje musí být vyvedena svorka pro ochranný vodič. Znění článku: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový nebo střední bod není k dispozici nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení.“. Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti. Musí být vyvedená svorka na připojení ochranného vodiče, ideálně v blízkosti stávajících přípojníc.

Připojení vodiče ochranného pospojování ke konstrukci je provedeno šroubovým spojem bez vějířové podložky. Totéž platí pro připojení patky motoru ke kovové konstrukci, ke které je připojen vodič pospojování. Mezi konstrukcí a patkou motoru jsou izolační gumové podložky, které ovlivňují správnou funkci

doplňujícího ochranného pospojování. Připojení patky ke konstrukci není definovaným elektrickým spojem podle čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech". Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku by mělo šroubové připojení ochranného pospojování obsahovat pružný prvek, (vějířovou) podložku. Znění článku: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek”.



Obr. 13 - Připojení pospojování synchronního stroje s budičem na stejné hřídeli

Čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.3.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.3.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13])"

Předepisuje dovolený přechodový odpor.

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodový odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou stroje. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor je $0,03\Omega$. Po dosazení za $I_a = 630A$, mi vyšlo $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$. Tato podmínka je tedy splněna a doplňující ochranné pospojování bude při poruše funkční.

Dále jsem u synchronního stroje prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným strojem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

Svorka pospojování není označena ve smyslu tabulky 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Musí být použito značky pro uzemňovací svorku:



5.4 Jednofázový synchronní stroj s budičem



Obr. 14 - Jednofázový synchronní stroj s budičem

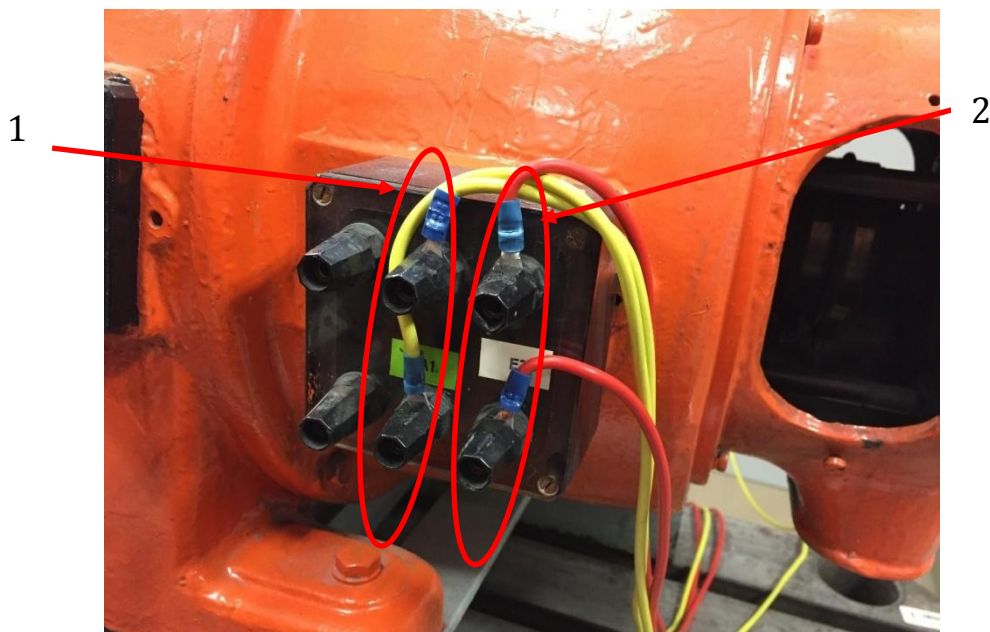
5.4.1 Štítkové hodnoty jednofázového stroje (č.4)

Výrobce:	MEZ Drásov, Národní podnik, n.p. závod Nedvědice pod Pernštejnem
Typ:	G1
Výrobní číslo:	250652
Evidenční číslo VUT:	0042008
cosφ:	0,8
Otáčky:	1500 min ⁻¹
Výkon:	2,4kW 3kVA
Frekvence:	50Hz
Napětí:	127V
Proud:	23,5A
Budič	
Napětí:	65V
Proud	4A

Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné

5.4.2 Popis připojení a závady stroje č.4:

Pro připojení stroje ze zdírek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci (měřicí kabel 32A, 1000V), které mají žlutou a červenou barvu. Tato barva vodičů není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů", protože může dojít k záměně s barevnou kombinací zelená a žlutá, která je vyhrazenou barvou pro ochranné vodiče. Jedná se o závažnou závadu s ohledem na elektrickou bezpečnost při údržbě zařízení! Pro připojení pracovních vodičů by mělo být použito vodiče s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá pro fázové vodiče, a světle modrá pro nulové vodiče.



Obr. 15 - Svorkovnice jednofázového synchronního stroje

Legenda: 1) Kotva budiče 2) Buzení budiče

Svorky stroje, by pro větší přehled měly být označeny dodatečnými popisky jednotlivých svorek.

U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl.411.4 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový nebo střední bod není k dispozici nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení.“. Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti! U stroje musí být vyvedena svorka pro připojení ochranného vodiče.

Čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.4.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.4.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13])"

Předepisuje minimální dovolený přechodový odpor pro doplňkové ochranné pospojování.

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodových odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou stroje. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor má hodnotu $2,19\Omega$. Po dosazení za $I_a=630A$, mi vyšlo $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že maximální hodnota přechodového odporu může být $R \leq 0,079365\Omega$. Tato podmínka tedy není splněna a doplňující ochranné pospojování neodpovídá této normě. Synchronní stroj s budičem není schopen bezpečného provozu.

Dále jsem u jednofázového stroje s budičem prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným strojem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

5.5 Střídavý regulovatelný stroj



Obr. 16 - Střídavý regulovatelný stroj

5.5.1 Štítkové hodnoty střídavého regulovatelného stroje (č.5)

Výrobce: MEZ Vsetín, Národní podnik
Typ: K22A-4
Výrobní číslo: 212134
Provozní režimy:

Tabulka 5 - Provozní režimy střídavého regulovatelného stroje

Výkon (kW)	0,8	2,7	4,05
Otáčky (min ⁻¹)	450	1500	2250

Napětí: 380V
Proud: 8A
Frekvence: 50Hz
Rok výroby: 1956
Hmotnost: 80kg
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné

5.6 Regulační transformátor



Obr. 17 - Regulační transformátor č.6

5.6.1 Štítkové hodnoty regulačního transformátoru (č.6)

Výrobce: MEZ Vsetín, Národní podnik
Typ: R12-3
Výrobní číslo: 212136
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné (zabarveno barvou).

5.6.2 Popis připojení a závady stroje č.5 a stroje č.6:

Připojení obou strojů je provedeno jednotlivými fázovými vodiči vyvedenými ze svorek pultu. Tyto jednotlivé vodiče jsou po třiceti centimetrech rozděleny smotáním a zaizolováním, na dva kabely, které jsou zavedeny do jednotlivých svorkovnic motoru a transformátoru. Tyto vodiče připojené do pultu jsou značně mechanicky namáhány svojí vahou. Spojení a uložení vodičů neodpovídá článku 13.1.2 normy ČSN EN 60204-1 ed.2 "Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky" ve znění: „Vodiče a kabely musí být vedeny od svorky ke svorce bez spojů a spojek. Ukončení kabelů musí být dostatečně upevněna, aby se zabránilo mechanickým namáháním na konce vodičů" a čl. 526.5 ČSN 33 2000-5-52 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení" ve znění: „Spoje vodičů (nejenom koncové, ale i mezilehlé) musí být umístěny ve vhodných krytech, např. ve svorkách, vývodových krabicích, nebo v zařízení, pokud k tomu výrobce poskytl dostatečný prostor. V takovém případě musí být zařízení používáno tam, kde jsou k dispozici upevněné spojovací prostředky (svorky), nebo jsou pro instalaci těchto spojovacích prostředků (svorek) provedena odpovídající opatření. Zakončení vodičů koncových obvodů musí být provedeno v krytech". Přednostně spoje mezi svorkami nesmí být narušeny jakýmikoliv spoji nebo spojkami. Pokud je situace nevyhnutelná spoje musí být provedeny vhodnými svorkami, které jsou umístěny ve svorkovnicích, krabicích, krytech nebo zařízeních, pokud k tomu výrobce poskytl dostatečný prostor. Spoje a připojovací místa vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání viz čl. 526.6. ČSN 33 2000-5-52 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení" , která říká: „Spoje a připojovací místa kabelů a vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání. Prostředky pro odlehčení namáhání musí být navrženy tak, aby zabránili jakémukoliv mechanickému poškození kabelů nebo vodičů".



Obr. 18- Spojení vodičů pro stroje č.5 a č.6

Dále u obou těchto strojů není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s čl.411.4. normy ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem", který říká: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou, nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový, nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový, nebo střední bod není k dispozici, nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení." Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti!



Obr. 19 - Svorkovnice regulačního transformátoru č.6

Propojení mezi železnou základovou deskou připojenou na pospojování a kostrou stroje, není definovaný elektrický spoj podle čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2. "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech". Znění článku je: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče podle tabulky 1 z normy ČSN 33 0360 ed.2. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek". Transformátor je pouze položený na podložce, ve kterém je zachycený uniklý olej ze zařízení. Podložka je pouze položena na základové desce skupiny strojů, která je připojena na ochranné pospojování. Toto není v souladu s čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem", který zní: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení, včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že

odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.6.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.6.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13]), je předepsaný dovolený přechodový odpor doplňkového ochranného pospojování po dosazení za $I_a = 630A$, mi vyšlo $R \leq \frac{50V}{630A}$. $R \leq 0,079365\Omega$.

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodový odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou transformátoru. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor je $1,99\Omega$. To znamená, že Doplňující ochranné pospojování tedy neodpovídá normě. Taktéž u střídavého regulovatelného stroje jsem změřil přechodový odpor vyšší než dovolený, a to $0,88\Omega$.

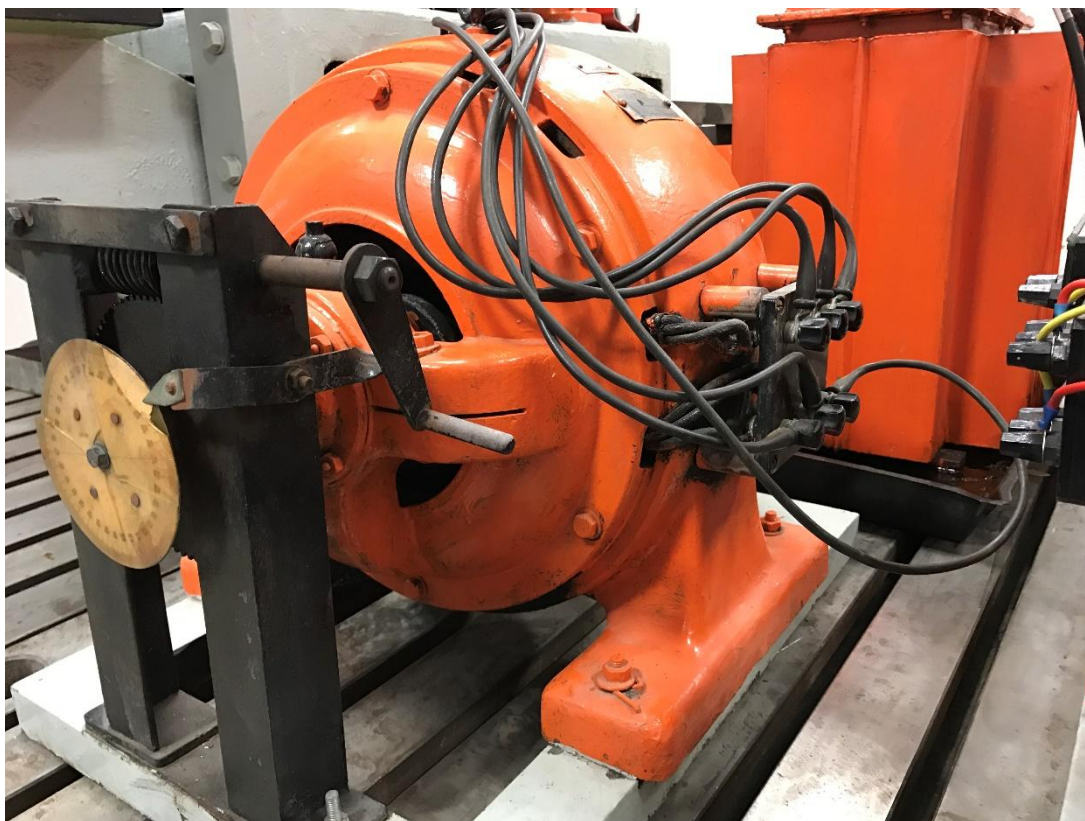
Dále jsem u regulačního transformátoru a střídavého regulovatelného stroje prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným strojem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

Transformátor (6) - regulace výstupního napětí transformátoru je realizována regulačním kolem, které jde hodně ztuhla a neumožňuje citlivé doladování výstupního napětí.



Obr. 20 - Regulační kolo regulačního transformátoru

5.7 Třífázový asynchronní motor



Obr. 21 - Třífázový asynchronní motor

5.7.1 Štítkové hodnoty asynchronního motoru (č. 7)

Motor je zabrzděný, plní zde roli boosteru a není připojeny. Možnost natáčení rotoru přes šnekový převod.

Stroj není připojen k žádnému zdroji.

Výrobce: E. Janík a spol, elektrotechnická továrna Brno

Napětí: 110V

Proud: 28A

Frekvence: 50Hz

Otáčky: 1430 min⁻¹

Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné

5.7.2 Popis připojení a závady stroje č.7:

U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s čl.411.4 normy ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN, nebo PE se

zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový, nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový, nebo střední bod není k dispozici, nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení". Pro připojení ochranného vodiče PE, nebo PEN musí být na stroji vyvedena svorka pro připojení tohoto vodiče. Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti!

Patka třífázového asynchronního motoru nemá definovaný elektrický spoj s kovovou podložkou. Viz čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech", které zní: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče podle tabulky 1. z normy ČSN 33 0360 ed.2. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek.". Stroj je na podložce pouze položen, což nezaručuje míru bezpečnosti doplňkové ochrany doplňujícím ochranných pospojováním.

Z důvodu nedokonalého spoje s kovovou podložkou, není zajištěno připojení na pospojování podle čl. 415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.7.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.7.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13] ")

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodový odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor je $0,04\Omega$. Po dosazení za $I_a=630A$, mi vyšlo $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$. Tato podmínka je tedy splněna a doplňující ochranné pospojování by mělo být při poruše funkční, ale protože není přítomno žádné elektricky definované spojení se základovou deskou, musí být doplňující ochranné pospojování vyhodnoceno jako nedostatečné.

Dále jsem u regulačního transformátoru a střídavého regulovatelného stroje prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojenými stroji. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.



Obr. 22 - Svorkovnice třífázového asynchronního motoru

5.8 Třífázový synchronní stroj



Obr. 23 - Třífázový synchronní stroj

5.8.1 Štítkové hodnoty třífázového synchronního stroje (č.8)

Výrobce:	Bartelmus. Donát a spol. Brno
Typ:	AKI-08
Výrobní číslo:	19107
Evidenční číslo VUT:	0062008
Napětí:	110V
Proud:	26,3A
Frekvence:	50Hz
Otáčky:	1500 min ⁻¹

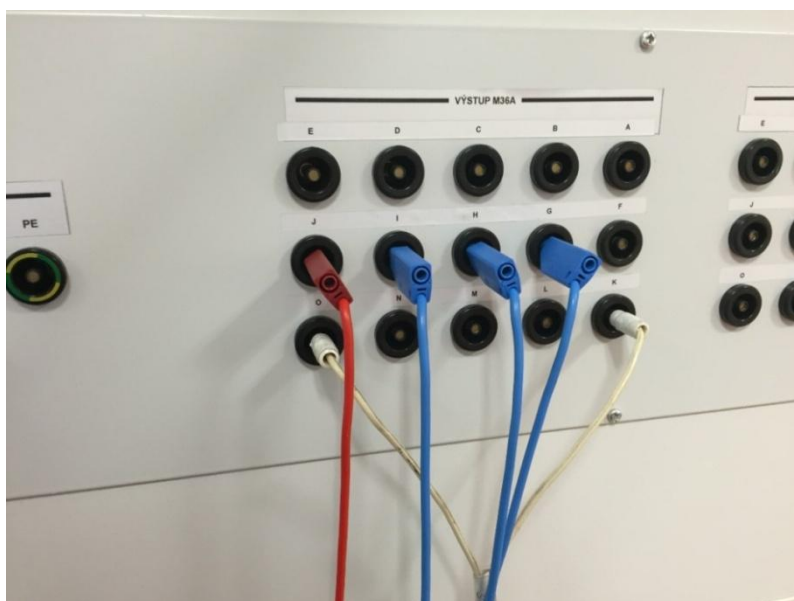
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné.

5.8.2 Popis připojení a závady stroje č.8:

Připojení stroje je provedeno jednotlivými fázovými vodiči vyvedenými ze svorek pultu. Tyto jednotlivé vodiče jsou po jednom metru připojeny smotáním a zaizolováním na kabel, který je zaveden do svorkovnice motoru. Tyto vodiče připojené do pultu jsou značně mechanicky namáhány svojí vahou. Spojení a uložení vodičů neodpovídá článku 13.1.2 normy ČSN EN 60204-1 ed.2 "Bezpečnost

strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky" ve znění: „Vodiče a kabely musí být vedeny od svorky ke svorce bez spojů a spojek. Ukončení kabelů musí být dostatečně upevněna, aby se zabránilo mechanickým namáháním na konce vodičů" a čl. 526.5 ČSN 33 2000-5-52 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení" ve znění: „Spoje vodičů (nejenom koncové, ale i mezilehlé) musí být umístěny ve vhodných krytech, např. ve svorkách, vývodových krabicích, nebo v zařízení, pokud k tomu výrobce poskytl dostatečný prostor. V takovém případě musí být zařízení používáno tam, kde jsou k dispozici upevněné spojovací prostředky (svorky), nebo jsou pro instalaci těchto spojovacích prostředků (svorek) provedena odpovídající opatření. Zakončení vodičů koncových obvodů musí být provedeno v krytech". Přednostně spoje mezi svorkami nesmí být narušeny jakýmikoliv spoji, nebo spojkami. Pokud je situace nevyhnutelná spoje musí být provedeny vhodnými svorkami, které jsou umístěny ve svorkovnicích, krabicích, krytech nebo zařízeních, pokud k tomu výrobce poskytl dostatečný prostor. Spoje a připojovací místa vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání podle článku 526.6. ČSN 33 2000-5-52 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení", která říká: „Spoje a připojovací místa kabelů a vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání. Prostředky pro odlehčení namáhání musí být navrženy tak, aby zabránily jakémukoliv mechanickému poškození kabelů nebo vodičů".

Pro připojení fází a středu cívek motoru ze zdírek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci, které mají světle modrou a červenou barvu. Tyto barvy pracovních (fázových) vodičů nejsou v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Pro připojení pracovních (fázových) vodičů použijte vodiče s barvou izolace hnědá, černá, nebo šedá. Světle modrá barva je předepsána pro nulové vodiče.



Obr. 24 - Připojení třífázového synchronního stroje k ovládacímu pultu

Ve svorkovnici stroje je použito zelenožlutého vodiče jako pracovního vodiče. Tato barva pracovního vodiče není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Barevná kombinace zelená a žlutá, je vyhrazenou barvou pro ochranný vodič. Jedná se o závažnou závadu s ohledem na elektrickou bezpečnost při údržbě zařízení! Pro pracovní vodiče použijte vodiče s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá.



Obr. 25 - Svorkovnice třífázového synchronního stroje

Z důvodu nedokonalého spoje s kovovou podložkou, není zajištěno připojení na pospojování podle čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.8.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.8.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13])

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodových odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou stroje. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor je $0,2\Omega$. Po dosazení za $I_a = 630A$, mi vyšlo

$R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$. Tato podmínka tedy není splněna a doplňující ochranné pospojování neodpovídá normě. Synchronní stroj není schopen bezpečného provozu.

Dále jsem u synchronního stroje prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným strojem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

5.9 Třífázový dynamometr s rameny



Obr. 26 - Třífázový dynamometr s rameny

5.9.1 Štítkové hodnoty třífázového dynamometru s rameny (č.9)

Výrobce:	MEZ Drásov, Národní podnik
Výrobní číslo:	108099
Frekvence:	50Hz
Napětí:	380V
Proud:	11A

Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné

5.10 Regulační transformátor



Obr. 27 - Regulační transformátor č.10

5.10.1 Štítkové hodnoty regulačního transformátoru (č.10)

Výrobce:	MEZ Vsetín, Národní podnik
Typ:	R2625+ATP26
Výrobní číslo:	108100
Výkon:	8kVA
Frekvence:	50Hz
Napětí 1:	380V
Napětí 2:	44V
Proud 1:	13,4A
Proud 2:	62A
Rok výroby:	1951
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné	

5.11 Sada kondenzátorů



Obr. 28 - Sada kondenzátorů

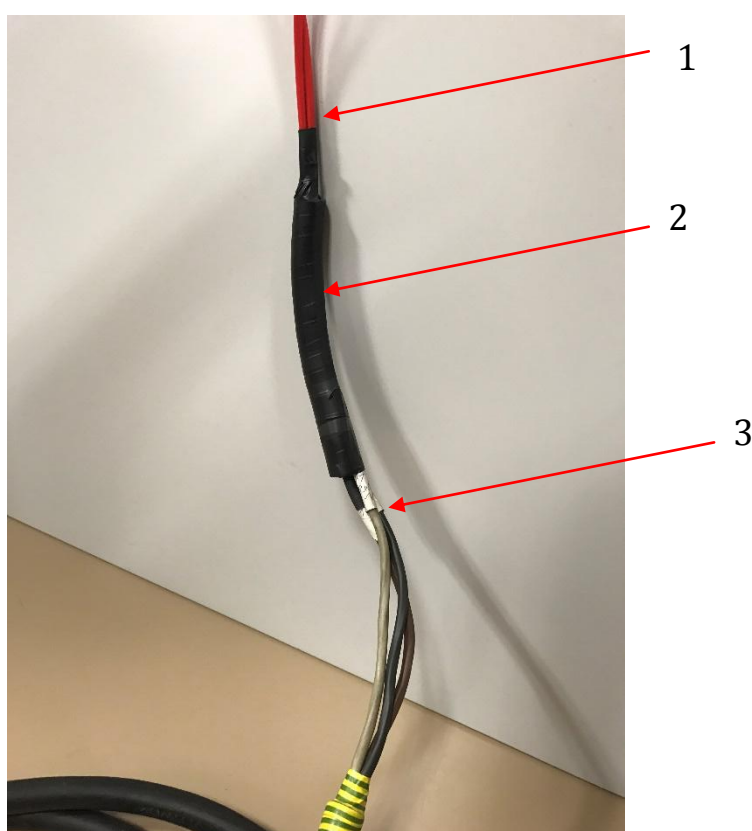
5.11.1 Štítkové hodnoty sady kondenzátorů (č.11)

Žádné štítkové hodnoty nebyly nalezeny

5.11.2 Popis připojení a závady strojů č.9, č.10, č.11:

Připojení strojů je provedeno jednotlivými fázovými vodiči vyvedenými ze svorek pultu. Tyto jednotlivé vodiče jsou po jednom metru připojeny smotáním a zaizolováním na kabely, které jsou zavedeny do svorkovnic strojů. Tyto vodiče připojené do pultu jsou značně mechanicky namáhány svojí vahou. Spojení a uložení vodičů neodpovídá článku 13.1.2 normy ČSN EN 60204-1 ed.2 "Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky" ve znění: „Vodiče a kabely musí být vedeny od svorky ke svorce bez spojů a spojek. Ukončení kabelů musí být dostatečně upevněna, aby se zabránilo mechanickým namáháním na konce vodičů" a čl. 526.5 ČSN 33 2000-5-52 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení" ve znění: „Spoje vodičů (nejenom koncové, ale i mezilehlé) musí být umístěny ve vhodných krytech, např. ve svorkách, vývodových krabicích, nebo v zařízení, pokud k tomu výrobce poskytl dostatečný prostor. V takovém případě musí být zařízení používáno tam, kde jsou k dispozici upevněné

spojovací prostředky (svorky), nebo jsou pro instalaci těchto spojovacích prostředků (svorek) provedena odpovídající opatření. Zakončení vodičů koncových obvodů musí být provedeno v krytech" Přednostně spoje mezi svorkami nesmí být narušeny jakýmikoliv spoji, nebo spojkami. Pokud je situace nevyhnutelná spoje musí být provedeny vhodnými svorkami, které jsou umístěny ve svorkovnicích, krabicích, krytech nebo zařízeních, pokud k tomu výrobce poskytl dostatečný prostor. Spoje a připojovací místa vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání podle článku 526.6. ČSN 33 2000-5-52 ed.2. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení" , která uvádí: „Spoje a připojovací místa kabelů a vodičů musí být odlehčeny od mechanického namáhání. Prostředky pro odlehčení namáhání musí být navrženy tak, aby zabránili jakémukoliv mechanickému poškození kabelů, nebo vodičů".



Obr. 29 - Spoj přívodních drátů pro stroje č.9, č.10 a č.11

Legenda: 1)Vodiče připojené do ovládacího pultu 2)Zaizolované smotané vodiče 3)Vodiče pokračující dále do strojů

Pro připojení fází strojů ze zdířek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci, které mají červenou barvu. Tyto barvy pracovních (fázových) vodičů nejsou v souladu tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Pro připojení pracovních (fázových) vodičů použijte vodiče s barvou izolace hnědá, černá, nebo šedá.

Dále u těchto strojů není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze

pospojováním, což není v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl.411.4."Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou, nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový, nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový, nebo střední bod není k dispozici, nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení". U žádného ze strojů není vyvedena svorka pro připojení ochranného vodiče PE, nebo PEN. Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti!

Spojení mezi základovou deskou, připojenou na pospojování a kostrou stroje nemá definované elektrické spoje podle čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech" ve znění: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče podle tabulky 1 z normy ČSN 33 0360 ed.2. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek".

Dále transformátor je položený na podložce, ve které je zachycený uniklý olej ze zařízení. Podložka je pouze položena na základové desce pro skupinu strojů, která je připojena na ochranné pospojování.

Podle čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.11.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.11.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13]), norma předepisuje po dosazení za $I_a=630A$, přechodový odpor $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$.

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodový odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou transformátoru. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor je $0,03\Omega$. Tato podmínka je tedy splněna a doplňující ochranné pospojování by mělo při poruše fungovat jak má, ale protože není přítomno žádné elektricky definované spojení se základovou deskou, musí být doplňující ochranné pospojování vyhodnoceno jako nedostatečné.

Dále jsem u Transformátoru prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným transformátorem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

Transformátor (10) - regulace výstupního napětí transformátoru je realizována regulačním kolem, které jde hodně ztuhla a neumožňuje citlivé doladování výstupního napětí. Navrhují v rámci údržby celý mechanismus rozhybat a namazat.

U třífázového dynamometru s rameny (9) je špatný přístup ke svorkovnici stroje a použité matky k připojení ok kabelů jsou zkorodované. Podle čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech", musí být připojovací místa čisté a hladké. Přesné znění článku je: „Povrch styčných ploch rozebíratelných připojení ochranných vodičů musí být čistý a hladký. Styčná plocha upevňovací části musí být elektricky dobře vodivé a musí mít antikorozi ochranu. Drsnost styčných ploch nesmí být vyšší než $R_z 80$ ”.

Spoje vodičů, připojené ke svorkovnici nejsou odlehčeny od tahu. Vodiče připojené ke svorkovnici musí být podle čl. 4.2 normy ČSN 34 0350 ed.2 "Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení". Přesné znění je: „Pohyblivé přívody musí být v místě připojení spolehlivě odlehčeny od tahu, zajištěny proti posunutí i vytržení a opatřeny proti zkroucení žil.”



Obr. 30 - Svorkovnice třífázového dynamometru s rameny

Konstrukce podstavce třífázového dynamometru s rameny (9) nemá definovaný elektrický spoj s kovovou podložkou podle čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2 "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech" ve znění: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče podle tabulky 1. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek". Je na ní pouze položena a není tak zajištěna ochrana doplňkovým pospojováním.

Podle čl. 415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.11.3)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.11.4)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13]), norma předepisuje po dosazení za $I_a=630A$, přechodový odpor $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$.

Za pomoci měřícího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodových odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor je $0,09\Omega$. Tato podmínka tedy není splněna a doplňující ochranné pospojování neodpovídá normě. Velký přechodový odpor byl také naměřen na kostře sady kondenzátorů a to $0,54\Omega$. Tyto stroje nejsou schopny bezpečného provozu.

Dále jsem i s připojeným dynamometrem prováděl měření izolačního odporu R_{iso} . U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

Sada kondenzátorů (11), na svorkách chybí vybíjecí odpory. Čl.6.2.4 ČSN 60204-1 ed.2 "Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky", předepisuje, aby zbytkové napětí na živých částech elektrického stroje kleslo na hodnotu maximálně $60V$ během $5s$ po odpojení napájecího napětí, za předpokladu, že tato rychlost vybíjení nenarušuje správnou funkci zařízení. Přesné znění článku je: „živé části, které mají po odpojení elektrické napájení zbytkové napětí větší než $60V$, musí být vybity na hodnotu $60V$ nebo nižší během 5 sekund po odpojení napájecího napětí, za předpokladu, že tato rychlost vybíjení nenarušuje správnou funkci zařízení. Tento požadavek se

nevztahuje na součástky s akumulovaným nábojem $60 \mu\text{C}$ nebo menším. Pokud by tato stanovená rychlost narušovala správnou funkci zařízení, musí být na dobře viditelném místě na krytu nebo bezprostředně vedle krytu s kapacitními odpory, umístěna trvalá výstraha upozorňující na nebezpečí s uvedením doby, která musí uplynout, než může být kryt obsahující kapacity otevřen".

Správné vybíjení kondenzátorů nebylo možné ověřit měřením, z důvodu zapůjčení potřebného napájecího zdroje mimo VUT. Můžeme ale předpokládat že díky chybějícím vybíjecím odporům není tato podmínka splněna.



Obr. 31 - Svorkovnice sady kondenzátor

5.12 Asynchronní motor



Obr. 32 - Asynchronní motor

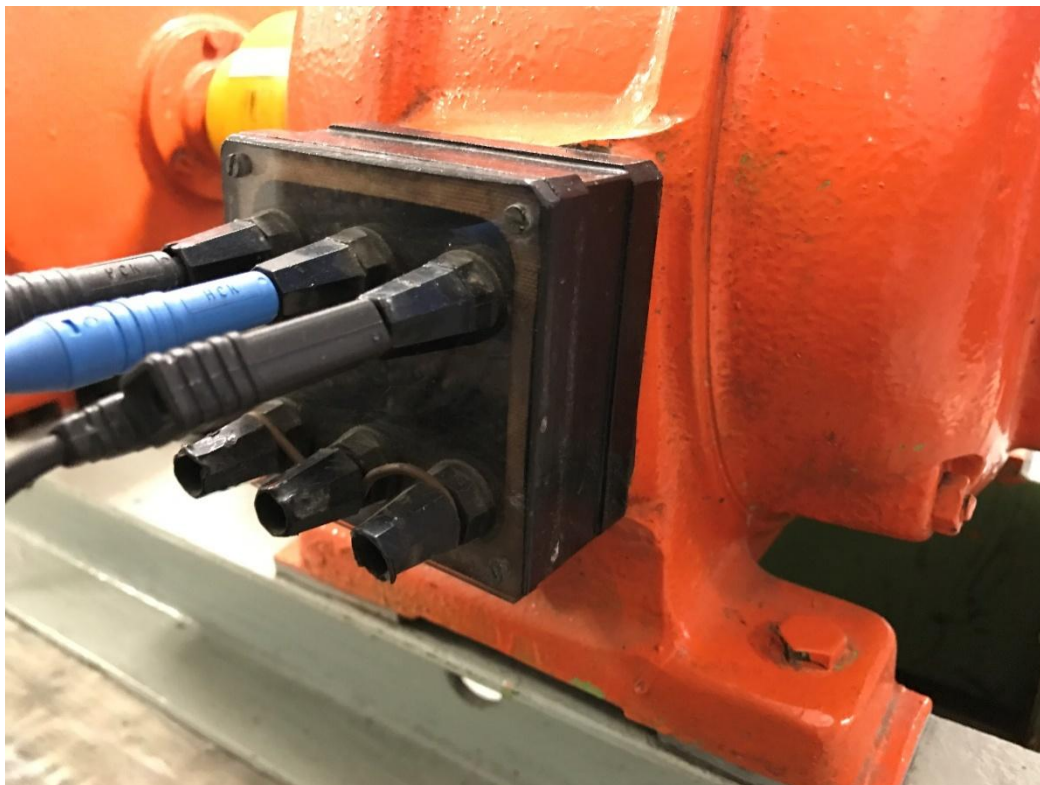
5.12.1 Štítkové hodnoty asynchronního motoru (č.12)

Výrobce:	MEZ Židenice, Národní podnik, MTS-HS1
Typ:	R46S+4
Výrobní číslo:	5098445
Výkon:	1,5kW
Frekvence:	50Hz
Otáčky:	1425min ⁻¹
Zapojení vinutí do trojúhelníku	
Napětí:	220V
Proud:	6,1 A
Zapojení vinutí do hvězdy	
Napětí:	380V
Proud:	3,5 A
Rok výroby:	1957
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné	

5.12.2 Popis připojení a závady stroje č.12:

Pro připojení fází stroje ze zdířek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci. Jeden z vodičů (L2) má modrou barvu. Tato barva pracovního

(fázového) vodiče není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Pro připojení pracovního (fázového) vodiče použijte vodiče s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá.



Obr. 33 - Svorkovnice asynchronního motoru

U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl.411.4."Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem", ve znění: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový, nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový, nebo střední bod není k dispozici, nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení". Na stroji není vůbec vyvedena svorka pro ochranný vodič. Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti! Stroj musí mít vyvedenou svorku pro připojení ochranného vodiče PE, nebo PEN.

Oba dva stroje, asynchronní motor (12) a dynamo (13), jsou upevněny ke kovové traverze. Tato traverza leží pouze na kovové základové desce, která je připojena na ochranné pospojování.

Stroje nejsou připojeny na ochranné pospojování, nemají definované elektrické spojení podle čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana

před úrazem elektrickým proudem", ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.12.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.12.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13])"

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodových odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou strojů. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor asynchronního motoru je $0,04\Omega$ a přechodový odpor dynama je $0,03\Omega$. Po dosazení za $I_a=630A$, mi vyšlo $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$. Tato podmínka je tedy splněna a doplňující ochranné pospojování je podle normy v pořádku. Protože ale není přítomno žádné definované elektrické spojení se základovou deskou, musí být doplňující ochranné pospojování vyhodnoceno jako nedostatečné.

Dále jsem u připojených strojů prováděl měření izolačního odporu R_{iso} . U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.



Obr. 34 - Asynchronní motor a dynamo na společné základně

5.13 Dynamo



Obr. 35 - Dynamo

5.13.1 Štítkové hodnoty dynama (č.13)

Výrobce:	MEZ Mohelnice, Národní podnik, MTS-HS1
Typ:	TON 12Ab P040
Výrobní číslo:	1266344
Evidenční číslo VUT:	0052008
Frekvence:	50Hz
Otáčky:	1400min ⁻¹
Výkon:	1,3kW
Napětí:	220V
Proud:	5,9 A
Budič	
Napětí:	172V
Proud	0,42A
Rok výroby:	1957

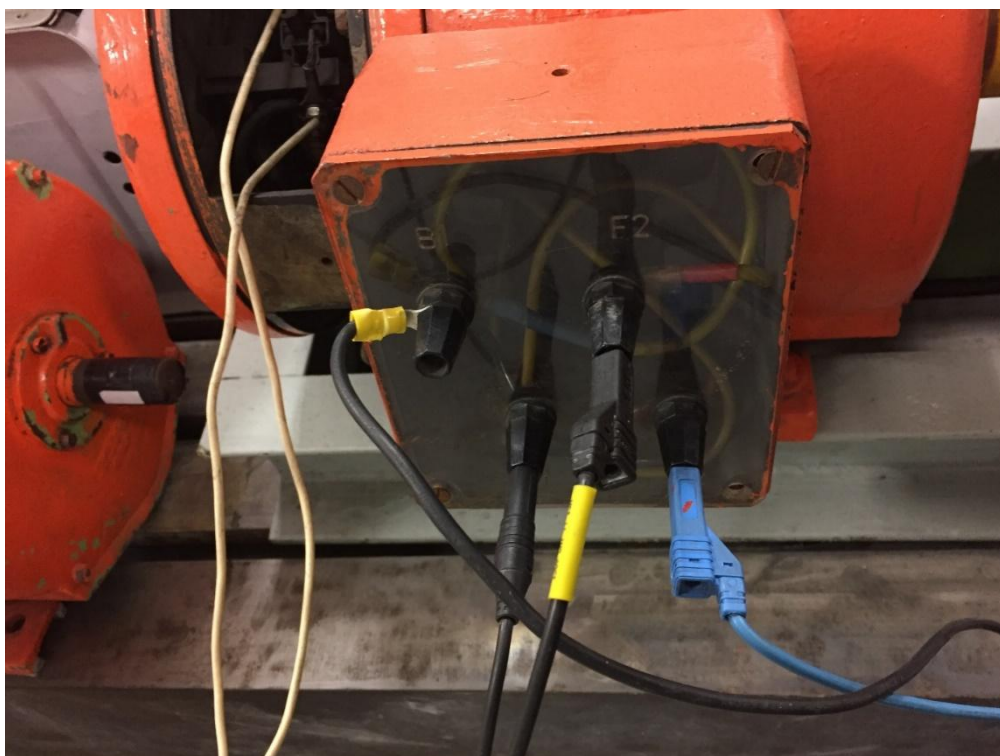
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné

5.13.2 Popis připojení a závady stroje č.13:

Pro připojení fází stroje ze zdírek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci. Jeden z připojovacích vodičů má světle modrou barvu. Tato barva pracovního (fázového) vodiče není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů". Pro připojení

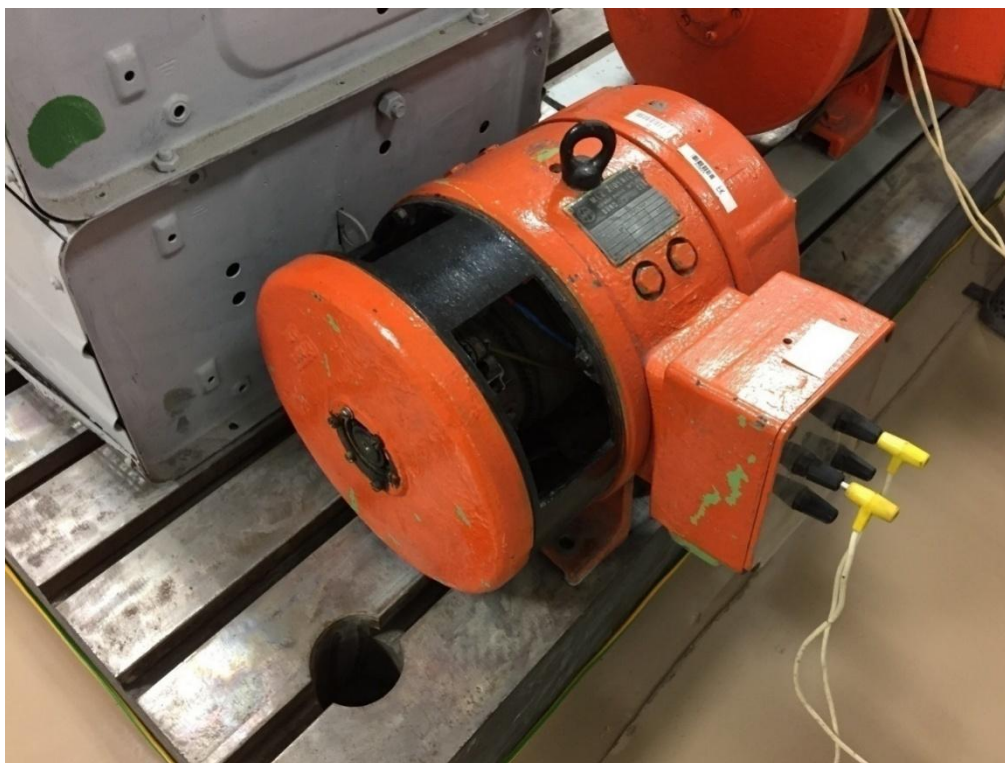
pracovního (fázového) vodiče je nutno použít vodiče s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá.

U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.2 čl.411.4. "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „V síti TN-C závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový, nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový, nebo střední bod není k dispozici, nebo není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení." Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti! Stroj musí mít vyvedenu svorku pro připojení ochranného vodiče PE, nebo PEN.



Obr. 36 - Svorkovnice dynama

5.14 Stejnoseměrný Motor



Obr. 37 - Stejnoseměrný motor

5.14.1 Štítkové hodnoty ss. motoru (č.14)

Výrobce:	MEZ Židenice, Národní podnik, MTS-HS1
Výrobní číslo:	1266343
Evidenční číslo VUT:	0082008
Frekvence:	50Hz
Otáčky:	1400 min ⁻¹
Výkon:	1,3kW
Napětí:	220V
Proud:	5,9 A
Budič	
Napětí:	172V
Proud	0,42A
Rok výroby:	1957
Ostatní štítkové hodnoty jsou nečitelné	

5.14.2 Popis připojení a závady stroje č.14:

Pro připojení fází stroje ze zdírek ovládacího pultu je použito jednotlivých vodičů v jednoduché izolaci. Připojovací vodiče mají bílou barvu. Tohle není v souladu s tabulkou 4. z normy ČSN EN 60445 ed.4 "Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců

vodičů a vodičů". Pro připojení pracovních (krajních) vodičů je nutno použít vodiče s barvou izolace hnědá, černá nebo šedá.

Stroj není kvalitně připojen k ochrannému pospojování podle čl.415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně, pokud je to proveditelné, hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek. Jestliže existují pochybnosti o účinnosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, že odpor R mezi neživými částmi současně přístupnými dotyku a cizími vodivými částmi splňuje tuto podmínku:

$$R \leq \frac{50V}{I_a} \text{ ve střídavých sítích} \quad (5.14.1)$$

$$R \leq \frac{120V}{I_a} \text{ ve stejnosměrných sítích} \quad (5.14.2)$$

I_a - je vypínací proud ochranných prvků v A. (pro náš případ $I_a = 630A$ [13])"

Za pomoci měřicího přístroje EASYTEST jsem změřil přechodových odpor mezi konstrukcí připojenou na ochranné pospojování a kostrou strojů. Měřením bylo zjištěno, že přechodový odpor stejnosměrného motoru je $0,03\Omega$. Po dosazení za $I_a = 630A$, mi vyšlo $R \leq \frac{50V}{630A}$. To znamená, že $R \leq 0,079365\Omega$. Tato podmínka je tedy splněna a doplňující ochranné pospojování odpovídá normě. Protože není přítomno žádné definované elektrické spojení se základovou deskou, musí být doplňující ochranné pospojování vyhodnoceno jako nedostatečné.

Dále jsem u stejnosměrného stroje prováděl měření izolačního odporu R_{iso} i s připojeným strojem. U všech vodičů vyšly hodnoty vyšší než $20M\Omega$, což je v souladu s ČSN 33 2000-6 čl. C.61.3.3.

Propojení mezi konstrukcí připojenou na pospojování a kostrou stroje nemá definované elektrické spoje. Viz čl. 4.2 ČSN 33 0360 ed.2. "Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech" ve znění: „Rozebíratelné připojení ochranného vodiče se provede jako svorka šroubová a musí mít pracovní rozsah pro připojení ochranného vodiče podle tabulky 1 z normy ČSN 33 0360 ed.2. Pro dlouhodobé zachování kontaktního tlaku a pro zajištění šroubového spoje proti samovolnému uvolnění se použije pružícího prvku např. podložky. Rozebíratelná místa připojení elektroinstalačních výrobků pro jmenovité proudy nad 25A musí mít podložku a pružící prvek.".

U stroje není zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Není připojen ochranný vodič! Stroj je připojen k ochrannému vodiči pouze pospojováním, což není v souladu s čl.411.4. ČSN 33 2000-4-41 ed.2 "Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem" ve znění: „V síti TN závisí bezporuchovost uzemnění instalace na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí. Jestliže uzemnění je zajištěno veřejnou nebo jinou sítí, dodržení potřebných podmínek, které platí vně instalace, je na zodpovědnosti provozovatele distribuční soustavy. Nulový nebo střední bod sítě musí být uzemněn. Jestliže nulový nebo střední bod není k dispozici nebo není dosažitelný,

musí se uzemnit vodič vedení.". Jedná se o závažnou závadu ve smyslu elektrické bezpečnosti! Pro připojení ochranného vodiče PE, nebo PEN musí být na kostře vyvedena svorka.



Obr. 38 - Svorkovnice stejnosměrného motoru

6 ZÁVĚR

Cílem mojí bakalářské práce bylo zpracování pravidelné revize připojení elektrických strojů v laboratoři Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky, v místnosti A2.19.

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabýval způsobem zpracování revize elektrických zařízení NN podle platných norem ČSN 33 1500 (Elektrotechnické předpisy - revize elektrických zařízení) a ČSN 33 2000-6 (Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize).

Vzhledem k tomu, že nesplňuji kvalifikaci revizního technika, provedl jsem pouze prohlídku připojení jednotlivých strojů. V laboratoři to vypadá, jako kdyby se tam čas zastavil v sedmdesátých letech minulého století. Když ji srovnám s ostatními laboratořemi na škole, působí vybavení velice archaicky. Všechny stroje jsou ale funkční a pro názornou výuku plně dostačující. Co je však funkční, neznamena, že je také bezpečné při provozu. A touto otázkou jsem se právě já ve své praktické části bakalářské práce zabýval. Prohlídka byla provedena nepravidelně od konce září 2016, a byla ukončena 28.2 2017. Připojení strojů jsem posuzoval podle platných norem v době ukončení prohlídky. Od 1.3 2017 vstoupila v platnost nová edice normy ČSN 33 2000-6 ed.2, která je v souběhu platná se stávající normou ČSN 33 2000-6: 2007 do 1.6 2019.

Celá laboratoř je napájena ze sítě TN-C-S. Prakticky žádný stroj však není na tuto síť svým připojením uzpůsoben a nemá podle čl. 411.4. ČSN 33 2000-4-41 ed.2 svorku na připojení ochranného vodiče PEN nebo PE. Jednotlivé stroje jsou postaveny na základových deskách, které jsou připojeny podle čl. 415.2 ČSN 33 2000-4-41 ed.2 na doplňující ochranné pospojování a zemnicí svorku laboratoře. Po přeměření přechodových odporů mezi kostrami strojů a základovými deskami, jsem zjistil, že hodnoty přechodových odporů jsou vyšší než dovoluje norma. Dále často se opakující závada byla barevné značení jednotlivých přívodních vodičů, které není v souladu s ČSN EN 60445 ed.4. Toto jsou ty nejzávažnější závady, na základě kterých musím konstatovat, že kontrolované stroje nejsou za stávajícího stavu, s ohledem na elektrickou bezpečnost, schopny bezpečného provozu.

Téma bakalářské práce jsem si vybral proto, že jsem si při pohledu na elektrické stroje a zařízení v naší laboratoři uvědomil, že u elektrického zařízení není jen důležitá jeho funkčnost, ale možná je i důležitější jeho bezpečnost vůči okolí a jeho obsluze. Přišel jsem na to, že pro prověření bezpečného zapojení elektrického zařízení z pohledu elektrické bezpečnosti je nejvhodnější zvolit postup předepsaný normami ČSN pro revize. Tímto jsem získal větší přehled o revizích elektrických zařízení a prohloubil jsem si znalosti bezpečnostních norem.

Literatura

- [1] *ČSN 33 1500: Elektrotechnické předpisy, Revize elektrických zařízení.* 1991 [cit. 2016-11-14].
- [2] *ČSN 33 2000-6: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize.*2007 [cit. 2016-11-14].
- [3] *ČSN 33 1310 ed. 2: Bezpečnostní požadavky na elektrické instalace a spotřebiče určené k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace.* 2009 [cit. 2016-11-24].
- [4] *ČSN EN 61557-1 ed. 2: Elektrická bezpečnost v nízkonapětových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 000 V a se stejnosměrným napětím do 1 500 V - Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany - Část 1: Všeobecné požadavky.* 2007[cit. 2016-11-24].
- [5] *ČSN EN 60204 ed. 2: Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky.* 2007 [cit. 2016-11-24].
- [6] *ČSN 33 0360 ed. 2: Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech.* 2014 [cit. 2016-11-24].
- [7] *ČSN EN 61140 ed. 2: Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení.* 2016 [cit. 2016-11-24].
- [8] *ČSN 33 2000-4-41 ed. 2: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem.* 2010 [cit. 2016-11-24].
- [9] *ČSN 33 2000-5-52 ed. 2: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení.* 2012 [cit. 2016-11-24].
- [10] *ČSN 34 0350 ed. 2: Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení.* 2009 [cit. 2017-01-06].
- [11] *ČSN 33 0360 ed. 2: Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech.* 2014 [cit. 2017-01-08].

- [12] ČSN 60445 ed. 4: *Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů.* 2011 [cit. 2017-01-08].
- [13] PELIKÁN, L. *Problematika revize laboratoře elektrických strojů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 55 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. František Veselka, CSc..
- [14] VESELKA, F., HUZLÍK, R.: *Inspekční a revizní, Skripta.* Brno: FEKT VUT, 2007, 122 stran.
- [15] RYBNÍKÁŘ, J.: *Problematika revize připojení el. zařízení k napájecí síti,* Semestrální práce. Brno: FEKT VUT, 2015, 28 stran.

Seznam symbolů, veličin a zkratek

FEKT	-	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	-	Vysoké učení technické v Brně
ÚVEE	-	Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky
ČSN	-	Česká státní norma
EN	-	Evropská norma
IEC	-	Mezinárodní elektrotechnická komise
§	-	Paragraf
Sb.	-	Sbírky
E2A	-	Zařízení s napětím do 1 kV střídavého nebo 1,5 kV stejnosměrného Zařízení v objektech bez nebezpečí výbuchu
EMC	-	Elektromagnetická kompatibilita
č.	-	Číslo
ed.	-	Edice
V	-	Volt
R	-	Odpor
M	-	Mega
k	-	Kilo
Ω	-	Ohm
SELV	-	Oddělené malé napětí
PELV	-	Chráněné malé napětí
FELV	-	Obvody pracující s malým napětím, ale nezaručující ochranu před úrazem
DC	-	Stejnoseměrná soustava
AC	-	Střídavá soustava
TN	-	Síť charakterizovaná spojením neživých částí s uzemněným bodem sítě prostřednictvím vodiče PEN
TN-C	-	Klasické provedení sítě TN, pro funkci ochranného vodiče PE se využívá střední vodič N. Označení tohoto vodiče je PEN.
TN-C-S	-	Síť TN charakteristická rozdělením ochranného a středního vodiče na dva samostatné vodiče PE a N
PE	-	Ochranný vodič
PEN	-	Sdružený ochranný vodič a střední vodič.
Z	-	Impedance vypínací smyčky
U	-	Napětí
I	-	Proud
vyhl.	-	Vyhláška
BA4	-	Osoby poučené

BA5	-	Osoby znalé
IP	-	Způsob krytí
C	-	Charakteristika jistícího prvku
Hz	-	Hertz
W	-	Watt
VA	-	VoltAmpér
min ⁻¹	-	Otáčky za minutu
kg	-	Kilogram
čl.	-	Článek
R _z	-	Značka drsnosti
L1(U)	-	První fáze
L2(V)	-	Druhá fáze
L3(W)	-	Třetí fáze
R _{iso}	-	Izolační odpor