

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Inovace měřicích úloh z předmětu elektrické přístroje

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KORANDA**

Osobní číslo: **E16B0020P**

Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**

Název tématu: **Inovace měřících úloh z předmětu elektrické přístroje**

Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište metodiku a cíle stávajících měřících úloh z předmětu KEE/EPR1.
2. Popište přístrojové vybavení laboratoře a pro každou úlohu popište její obsah, účel a cíle měření.
3. Navrhněte pro vybrané úlohy dílčí úpravy či rozšíření obsahu měření s ohledem na účelné pochopení problematiky a možnou úpravu měřícího stanoviště pro zvýšení bezpečnosti měřicí skupiny.
4. Připravte podklady pro realizaci navržených úprav.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladimír Vajnar

Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Tato práce se zabývá hodnocením aktuálního stavu měřicích úloh předmětu Elektrické přístroje 1 (KEE/EPR1) a následnými návrhy vylepšení jednotlivých úloh. To je prováděno za účelem lepšího znázornění problematiky, bezpečnosti měření, zlepšení efektivity měření. V první části práce je uveden teoretický rozbor laboratorních úloh. Další část práce se zabývá identifikací částí úloh vyžadujících inovaci.

Klíčová slova

Elektrické přístroje, měřicí úlohy, inovace, přístrojový transformátor, kontakt, nepřímé jištění, přímé jištění, bleskojistka

Abstract

This work is focused on evaluation of actual condition of measuring tasks of subject Electrical devices 1 and consecutive improvements of individual tasks. That is carried out for the purpose of improvement of representation of problematic, safety and effectiveness of measurement. In the first part of this work is written theoretical analysis of measuring tasks. The following part is focused on identification of parts of tasks requiring innovation.

Key words

Electrical device, measuring tasks, innovation, instrument transformer, contact, indirect protection, direct protection, lighting arrester

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 8.6.2017

Tomáš Koranda

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Vladimíru Vajnarovi a konzultantovi Ing. Václavu Mužíkovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení při vypracování práce.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
1 ÚVOD	11
2 POPIS MĚŘICÍCH ÚLOH	12
2.1 ÚLOHA 1 MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJOVÝCH TRANSFORMÁTORECH.....	12
2.1.1 <i>Popis a cíle úlohy</i>	12
2.1.2 <i>Přístrojový transformátor</i>	12
2.1.3 <i>Charakteristické veličiny přístrojových transformátorů</i>	13
2.1.4 <i>Rozdělení přístrojových transformátorů</i>	14
2.2 ÚLOHA 2 NEPŘÍMÉ JIŠTĚNÍ – MĚŘENÍ NA JISTIČÍCH NÍZKÉHO NAPĚTÍ.....	15
2.2.1 <i>Popis a cíle úlohy</i>	15
2.2.2 <i>Jističe</i>	15
2.2.3 <i>Třídění jističů</i>	19
2.3 ÚLOHA 3 MĚŘENÍ NA STYKAČÍCH.....	19
2.3.1 <i>Popis a cíle úlohy</i>	20
2.3.2 <i>Stykač</i>	20
2.3.3 <i>Stykačová jisticí relé</i>	23
2.4 ÚLOHA 4 MĚŘENÍ NA BLESKOJISTKÁCH.....	23
2.4.1 <i>Popis a cíle úlohy</i>	23
2.4.2 <i>Přepětí</i>	24
2.4.3 <i>Svodiče přepětí</i>	24
2.4.4 <i>Základní pojmy</i>	26
2.5 ÚLOHA 5 MĚŘENÍ NA KONTAKTECH.....	27
2.5.1 <i>Popis a cíle úlohy</i>	27
2.5.2 <i>Požadavky na kontakty</i>	27
2.5.3 <i>Problémy elektrických kontaktů</i>	28
2.5.4 <i>Materiály kontaktů</i>	29
2.5.5 <i>Dělení kontaktů</i>	32
2.6 ÚLOHA 6 PŘÍMÉ JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ.....	33
2.6.1 <i>Popis a cíle úlohy</i>	33
2.6.2 <i>Přímé jištění</i>	33
2.6.3 <i>Pozistor</i>	34
2.6.4 <i>Spencerova membrána</i>	35
3 IDENTIFIKACE DÍLČÍCH ÚPRAV A INOVACÍ	35
3.1 ÚLOHA 1.....	35
3.2 ÚLOHA 2.....	36
3.3 ÚLOHA 3.....	37
3.4 ÚLOHA 4.....	38
3.5 ÚLOHA 5.....	39
3.6 ÚLOHA 6.....	41
4 PŘÍPRAVEK PRO MĚŘENÍ VARISTORŮ	41
5 ZÁVĚR	43
6 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	45
7 PŘÍLOHY	1
7.1 TABULKA SHRNUÍ INOVACÍ	1

7.2 PODKLADY K PŘÍPRAVKU PRO MĚŘENÍ VARISTORŮ 2

Seznam symbolů a zkratk

EPR1	předmět Elektrické přístroje 1
KEE	Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky
PT	přístrojový transformátor
PTP	přístrojový transformátor proudu
PTN.....	přístrojový transformátor napětí
I.....	proud
I_n	jmenovitý proud
U	napětí
U_n	jmenovité napětí
ε_I	chyba měření proudu
ε_U	chyba měření napětí
k_I	převod proudu
k_U	převod napětí
P_n	jmenovitá zátěž
Z_n	jmenovitá impedance
I_{2n}	jmenovitý proud na sekundárním vinutí
n	nadproudové číslo
δ	chyba úhlu přístrojového transformátoru
I_k	zkratový proud
S	plocha kontaktu
S_n	nosná plocha
S_o	plocha dotyku
S_p	plocha přechodu

Seznam obrázků

OBR. 2.1.1 URČENÍ NADPROUDOVÉHO ČÍSLA [1]	14
OBR. 2.2.1 VYPÍNAČÍ CHARAKTERISTIKY JISTIČŮ [5]	16
OBR. 2.2.2 JISTIČ V ROZVODOVÉ SKŘÍNI [6]	16
OBR. 2.2.3 VÝBAVA JISTIČE [5].....	18
OBR. 2.3.1 STYKAČ [7].....	21
OBR. 2.3.2 ŘEZ VNITŘKEM STYKAČE [8]	22
OBR. 2.4.1 BLOKY VARISTORŮ [10]	25
OBR. 2.4.2 JISKŘIŠTĚ TRAMVAJOVÉ TROLEJE [9].....	25
OBR. 2.5.1 VZORKY KONTAKTNÍCH PLOCH [11].....	28
OBR. 2.5.2 KONTAKTY S RŮZNÝMI STYČNÝMI PLOCHAMI [11].....	31
OBR. 2.6.1 OTEPLOVACÍ CHARAKTERISTIKA	34
OBR. 2.6.2 TEPLOTNÍ CHARAKTERISTIKA POZISTORU [1]	34
OBR. 3.2.1 NEKOMPATIBILNÍ KONTAKT ÚLOHY 2.....	37
OBR. 3.4.1 PŮVODNÍ PŘÍPRAVEK PRO MĚŘENÍ VARISTORŮ	38
OBR. 3.4.2 NOVÝ PŘÍPRAVEK PRO MĚŘENÍ VARISTORŮ	39
OBR. 3.5.1 PŮVODNÍ ZDROJ PROUDU PRO MĚŘENÍ KONTAKTŮ.....	40
OBR. 3.5.2 PŘÍPRAVEK PRO VKLÁDÁNÍ VZORKŮ KONTAKTŮ	40
OBR. 3.6.1 NÁHLED PŘÍPRAVKU.....	41
OBR. 7.2.1 VRCHNÍ A SPODNÍ ČÁST PŘÍPRAVKU PŘED DOKONČENÍM	2
OBR. 7.2.2 DOKONČENÝ PŘÍPRAVEK	2

1 Úvod

Elektrické stroje a přístroje začali vznikat již při samotném objevování a výzkumu elektřiny. Vědci vynalézali různé experimentální přístroje některé úspěšné a dodnes velmi známé a jiné nikoliv. Během těchto experimentů docházelo k formulování vlastností elektřiny a zákonů popisujících účinky a chování elektřiny. Takovými byli například Ohmův zákon, Ampérův zákon, Coulombův zákon, Kirchhoffovi zákony či Maxwelllovi rovnice.

Pro uskutečnění experimentů odhalujících záhady elektřiny vytvářeli vědci tehdy revoluční přístroje, jakými byli například baterie s přechodem Ag-Fe, bleskosvod, Faradayova klec, telegraf, fonograf, telefon či žárovka.

V okamžiku, kdy začala elektřina opouštět prostředí laboratoří a experimentů a vstupovala do života obyčejných lidí, vznikla potřeba pro vznik přístrojů umožňujících ovládání a ochranu elektrických přístrojů připojených v obvodech. Bylo nutné chránit elektrické přístroje před poruchami vnitřního i vnějšího rázu. S vývojem znalostí o elektřině, materiálech, chemii i fyzice obecně docházelo k postupnému vývoji nejrůznějších přístrojů sloužících pro ochranu či ovládání elektrických systémů. Jejich novodobými představiteli jsou jističe, stykače, vypínače, odpojovače či svodiče přepětí. Každý z těchto přístrojů má vlastní úlohu při ochraně či ovládání elektrických systémů.

Účelem této práce je popsání a zhodnocení všech laboratorních měřicích úloh předmětu Elektrické přístroje 1. Těmito úlohami je měření na přístrojových transformátorech, nepřímé jištění v obvodech nízkého napětí, přímé jištění elektrických zařízení, měření na stykačích, měření na bleskojistkách a měření na kontaktech. Ze zjištěných poznatků jsou následně navrženy úpravy již zmíněných laboratorních úloh za účelem zvýšení bezpečnosti měření či zlepšení efektivity měření.

2 Popis měřicích úloh

Záměrem předmětu Elektrické přístroje 1 (KEE/EPR1) a měřicích úloh tohoto předmětu je seznámení studentů s metodikou měření elektrických přístrojů a jejich charakteristickými vlastnostmi. Dále seznamuje studenty využitím těchto elektrických přístrojů v praxi a s tím i souvisejícími žadánými i nežádoucími vlastnostmi těchto zařízení.

2.1 Úloha 1 Měření na přístrojových transformátorech

2.1.1 Popis a cíle úlohy

Úkolem této úlohy je seznámení studentů s přístrojovými transformátory, jejich charakteristickými vlastnostmi a použitím v praxi. V této úloze studenti zjišťují chybu převodu přístrojového transformátoru napětí ε_U v rozsahu 76 - 115% U_n primárního vinutí a přístrojového transformátoru proudu ε_I v rozsahu 20 - 120% I_n primárního vinutí. Při zjišťování chyby měření studenti zaznamenávají hodnoty napětí (proudu) na straně primárního i sekundárního vinutí transformátoru, z čehož jsou následně vypočítány chyby jednotlivých hodnot. Následně studenti určují nadproudové číslo PT proudu metodou přímou z nadproudové charakteristiky, kdy je proud na primárním vinutí transformátoru zvyšován nad jeho jmenovitou hodnotu, v bodě kdy $\varepsilon_I = -10\%$ je určeno nadproudové číslo (Obr. 2.1.1), a metodou nepřímou pomocí výpočtů. V závěru je úkolem porovnat získaná nadproudová čísla a zhodnocení chyb měření a určení třídy přesnosti.

2.1.2 Přístrojový transformátor

Účelem přístrojových transformátorů je transformace vysokých hodnot napětí či proudu na straně primárního vinutí PT na nízkou hodnotu napětí či proudu na straně sekundárního vinutí PT. Pro napětěvé transformátory je obvykle na sekundárním vinutí jmenovité napětí 100V, pro proudové transformátory je tato hodnota obvykle 5A. Tyto transformátory mohou obsahovat dodatečná sekundární vinutí na společném magnetickém jádru.

Hodnoty proudu a napětí na sekundárních vinutích PT proudu a napětí byly vybrány z mnoha důvodů. Z důvodu bezpečnosti obsluhy, takto nízké napětí a proud zraní člověka, ale jen výjimečně usmrtí v případě poskytnutí první pomoci. Vložení PT je také

snížena pravděpodobnost poškození či zničení měřicích přístrojů při zkratu. Umožňují oddálení přístrojů z oblasti nežádoucího vlivu elektrických a magnetických polí silových vodičů. Vybrané jmenovité hodnoty sekundárních vinutí jsou vhodné pro cívky měřicích a jisticích přístrojů a použití velkého množství přesných měřicích a jisticích přístrojů pro unifikované hodnoty napětí a proudu umožňuje nezanedbatelné snížení pořizovací ceny i ceny cejchování přístrojů. Nízká hodnota napětí a proudu umožňuje použití vodičů slabšího průřezu a izolace a je tím umožněna centralizace měřicích a jisticích přístrojů. Zařazením PT do obvodu přináší i nežádoucí vlivy. Jedním je vznik ztrát a tedy i tepla v transformátoru. Na PT vzniká chyba proudu ε_I či napětí ε_U nesekundárním vinutí a v případě překročení hodnoty I_n primárního vinutí vzniká chyba z důvodu nasycení magnetického obvodu.

2.1.3 Charakteristické veličiny přístrojových transformátorů

Jmenovitá zátěž P_n (uvedena na štítku) transformátoru proudu (napětí) je taková zátěž při které není v měřicím rozsahu překročena dovolená chyba.

$$P_n = Z_n \cdot I_{2n}^2$$

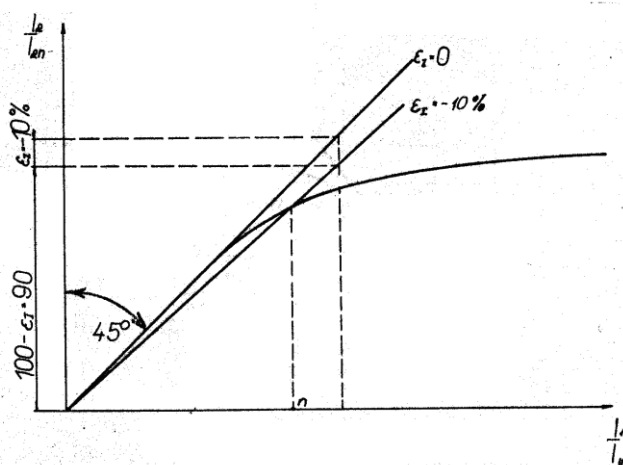
Kde I_{2n} je jmenovitá hodnota proudu na sekundárním vinutí a Z_n je jmenovitá impedance připojené zátěže (břemeno). Jmenovitý převod k_I přístrojového transformátoru proudu je poměr jmenovitých hodnot proudu primárního vinutí a sekundárního vinutí. (Jmenovitý převod k_U PT napětí je získán analogicky.) Chyba proudu ε_I (napětí ε_U) transformátoru je procentuelním vyjádřením veličiny změřené na sekundárním vinutí násobené jmenovitým převodem a veličiny na primárním vinutí. Pokud je součin hodnoty na sekundárním vinutí a jmenovitého převodu větší nežli hodnota na primárním vinutí pak je chyba ε kladná:

$$\varepsilon_I = \frac{I_2 \cdot k_I - I_1}{I_1} \cdot 100 (\%)$$

$$\varepsilon_U = \frac{U_2 \cdot k_U - U_1}{U_1} \cdot 100 (\%)$$

Chyba úhlu (δ) přístrojového transformátoru (proudu i napětí) vyjadřuje úhel zpoždění mezi vektory sekundárních a primárních veličin. Třída přesnosti (T_p) je vyjádřením největší dovolené chyby při určené velikosti připojené impedance při jmenovité frekvenci v měřicím rozsahu primárního vinutí. Používají se třídy přesnosti: 0,1; 0,2; 0,5; 1 a 3 dle velikosti dovolených chyb. Jednotlivé třídy přesnosti mají určeny dovolené chyby, jež musí splňovat.

V případě překonání I_n primárního vinutí, pak vstupuje proud do nadproudové oblasti. Nadproudové číslo (n) určuje násobek I_n primárního vinutí, při kterém je dosažena chyba proudu $\varepsilon_I = -10\%$. V případě měřicích PT je výhodné co nejmenší nadproudové číslo s následně co nejpomaleji stoupající charakteristikou aby se zajistila ochrana měřicích přístrojů. Pro jisticí PT je požadavek přesně opačný, aby byla zajištěna spolehlivá funkce jisticích přístrojů i při nadproudech a zkratech. Nadproudové číslo je ovlivněno velikostí břemene, pokud je impedance zátěže menší než jmenovitá, pak je nadproudové číslo větší nežli jmenovité.



Obr. 2.1.1 Určení nadproudového čísla [1]

2.1.4 Rozdělení přístrojových transformátorů

Přístrojové transformátory se dělí na jisticí a měřicí. Jisticí PT transformují v jisticím rozsahu hodnotu na primárním vinutí na vinutí sekundární o hodnotě vhodné pro jisticí přístroje a to za dodržení požadované přesnosti převodu. Měřicí PT transformují v měřicím rozsahu hodnotu na primárním vinutí na vinutí sekundární o hodnotě vhodné pro měřicí přístroje a to za dodržení požadované přesnosti převodu. Dále se dělí na PT proudu, napětí a kombinované, kde PTP transformuje proud procházející primárním

vinutím transformátoru na sekundární vinutí, kde vzniká proud vhodný k napájení připojených přístrojů. PTN pracuje analogicky s napětím. Kombinované transformátory obsahují napěťové i proudové vinutí ve společném izolátoru.

Dále jsou PT děleny:

dle provedení: vnitřní a venkovní

dle montáže: pro postavení, závěsné, vodorovná či libovolná poloha

dle izolace: vzduchové, olejové, zalité,...

dle tvaru a vývodů:

PTP - podpěrné, průchozí, průchodkové, mohou být tyčové, násuvné či prstencové, jednozávitové či vícezávitové.

PTN – jednofázové izolované, trojfázové plně izolované či uzemněné.

2.2 Úloha 2 Nepřímé jištění – měření na jističích nízkého napětí

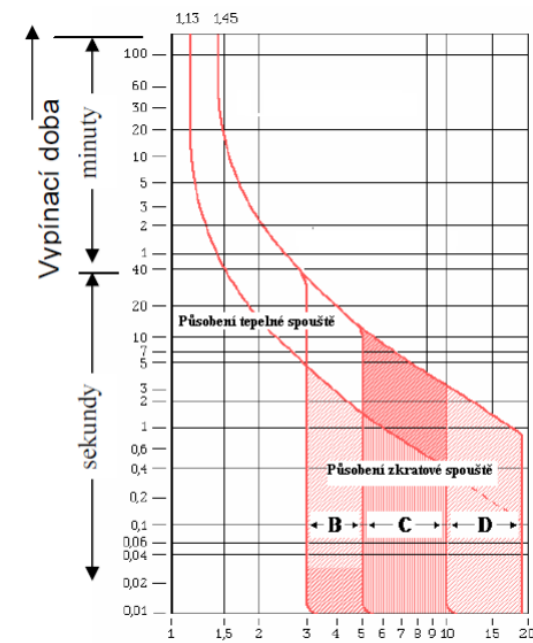
2.2.1 Popis a cíle úlohy

Účelem úlohy je seznámení studentů s jističi různých typů a jejich vlastnostmi, tedy jejich vypínacími charakteristikami a úbytky napětí. Během tohoto měření se studenti také seznamují s používáním specializovaných přístrojů v tomto případě je jím měřicí přístroj MEGGER. Tento přístroj zároveň slouží i jako zdroj proudu. Během měření jsou postupně měřeny vypínací časy pro různé proudy procházející různými typy jističů pro různé jmenovité proudy, ze získaných hodnot jsou sestrojeny vypínací charakteristiky jednotlivých měřených jističů. Vzniklé charakteristiky jsou vzájemně porovnávány. Dalším měřením jsou zjištěny úbytky napětí na fázích jističů, ty jsou poté studenty porovnávány. V závěru studenti porovnávají získané vypínací charakteristiky normou ČSN EN 60 989 a rozhodují, zda měřené jističe splňují požadavky normy.

2.2.2 Jističe

Jistič je samočinný spínací přístroj konající funkci ochrany soustavy a prvků v ní. Tento přístroj má základní polohu v poloze vypnuto, do zapnuté polohy musí být uveden externí silou a je v ní následně držen západkou volnoběžky. Ze zapnutého stavu lze jistič vypnout působením malé síly na západku, čímž se uvolní volnoběžka. Na tu následně působí silou pružina původně stlačená při přepnutí jističe do vypnuté polohy. Nebo může

dojít k samočinnému vybavení jističe v důsledku průchodu proudy vyššího než jmenovitého.



Obr. 2.2.1 Vypínací charakteristiky jističů [5]

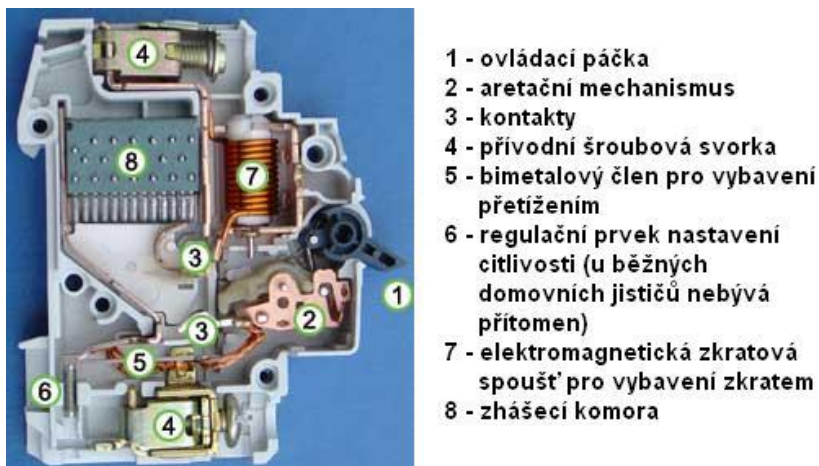
Jističe jsou tvořeny kontaktní soustavou se zapínacím mechanismem a vypínacími pružinami, zhášecí komorou, volnoběžkou a čidlem jistění veličiny, (neboli spouště či relé). Spouště (relé) jističů zajišťují uvolnění volnoběžky v závislosti na překročení nastavených mezních hodnot jistěných veličin. Spoušť působí přímo na volnoběžku mechanickou silou, zatímco relé při zapůsobení ochrany zapne či vypne pomocný kontakt a změna proudu na tomto kontaktu vytvoří mechanickou sílu působící na volnoběžku. Spouště (relé) se dělí do tří skupin: podpětňové, nadproudové a zkratové. Jističe jsou obvykle vybaveny více spouštěmi.



Obr. 2.2.2 Jistič v rozvodové skříni [6]

Podpěťová spoušť má za účel uvolnit volnoběžku jističe při poklesu napětí v jistěné soustavě. Tato spoušť může vybavit při poklesu napětí pod alespoň pod 65% U_n a při poklesu pod 35% U_n musí reagovat vždy. Tato spoušť je tvořena elektromagnetem připojeným na přívodní straně jističe. Kotva cívky elektromagnetu je vázána s volnoběžkou jističe. Taková konstrukce umožňuje tomuto typu spouště reagovat velmi rychle při dosažení nastavené hodnoty napětí. Zkratová spoušť vybavuje jistič okamžitě při překročení dané hodnoty proudu, tato hodnota bývá alespoň 5÷10 násobek I_n či více. S dále se zvyšujícím proudem tato spoušť reaguje stejně, pokud není dosaženo nastavené hodnoty i když se jedné o proud vyšší I_n tato spoušť nijak nereaguje. Zkratová spoušť je elektromagnetická, je to cívka navinutá na jádře s takovým počtem závitů, aby při překročení nastavené hodnoty proudu došlo k takovému zvýšení síly působící na západku držící jistič v zapnuté poloze, že dojde k jejímu posunutí a tím uvolnění mechanismu a vybavení jističe.

Nadproudová spoušť (relé) reaguje a uvolňuje západku jističe se zpožděním jež je nepřímou závislou na velikosti nadproudu. Tato spoušť je buďto založena na tepelných účincích proudu nebo na magnetických účincích. Spouště založené na tepelných účincích pracují na principu roztažnosti jako dvojkovová spoušť (relé), dilatační spoušť (relé) a expansní články. Expansní články využívají změny objemu a skupenství látek při zvýšení jejich teploty (přechod pevné skupenství – kapalina a kapalina – plyn). Průchodem proudu se zvyšuje teplota a mění skupenství použitého materiálu, to způsobuje zvětšení objemu a tlaku, tím vzniká síla působící na západku jističe. Při velkém přetížení hrozí riziko přehřátí a zvýšený tlak může zničit spoušť. Dnes se již nepoužívají a jsou nahrazeny převážně bimetalovými spouštěmi. Dilatační spouště využívají tepelné roztažnosti kovových pásků a různých způsobů jejich upevnění. Tyto změny délky jsou velmi malé (pásek o délce 10 (cm) při změně o 100°C změni délku jen o 0,1÷0,3 mm) proto jsou nutné mezi tyto spouště a vybavovací systémy vkládat velké převody. Z tohoto důvodu dilatační spouště ustoupily spouštím s bimetalovými pásky.



Obr. 2.2.3 Vybava jističe [5]

Spouště s bimetalovými články se dnes používají pro nadproudové spouště téměř výhradně. Dvojkovový článek je tvořen dvěma k sobě napařenými kovovými pásky. Zásadním faktorem ovlivňujícím citlivost těchto článků je velikost rozdílu teplotního součinitele použitých kovů, čím je rozdíl větší, tím bude citlivější bimetalový článek. Pásek kovu s malým teplotním součinitelem roztažnosti se nazývá pasivní, vrstva s velkým teplotním součinitelem roztažnosti je pak aktivní. Často používaným materiálem je niklová ocel, slitina invar (36% niklu) má velmi malý teplotní součinitel roztažnosti 10^{-6} ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) a je tedy pasivní vrstva. I malé zvýšení či snížení obsahu niklu způsobuje prudký vzrůst teplotního součinitele roztažnosti a používá se jako aktivní vrstva. Používají se různá uspořádání a tvary bimetalových článků: přímý pásek, ohnutý pásek do tvaru U, kruhový tvar, radiální a axiální spirála, svazkový článek, hladký výlisek tvaru U. Dále se používají různé způsoby ohřevu a to jsou 1) přímý ohřev – proud prochází přímo článkem, 2) nepřímý ohřev – proud prochází topným článkem, jež ohřívá bimetalový článek, 3) smíšený ohřev – kombinace 1) a 2), 4) přímý ohřev s napájením z transformátoru proudu, 5) nepřímý ohřev s napájením z transformátoru proudu.

Většina jističů obsahuje nadproudovou a zkratovou spoušť. Jističe se dělí na typy A, B, C a D. Typ A slouží k ochraně polovodičů, velmi rychle vypíná i malé nadproudy. Typ B je jistič vedení. Nadproudy vypíná poměrně rychle a používá se pro zařízení, kde nevznikají nadproudy nebo jen malé krátkodobé nadproudy až do 3 násobku I_n . Jistič typu C je motorový jistič a používá se pro jištění motorů s lehkým i těžkým rozběhem, kdy nadproud stoupá i na osminásobek I_n . Jistič typu D slouží pro jištění pro stroje s velkými

zapínacími proudy, jež mohou přesahovat i desetinásobek I_n . K těmto zařízením patří například dvoupólové indukční motory či transformátory.

2.2.3 Třídění jističů

Jmenovitý proud:

- Drobné do 25 A
- Malé 25÷50 A
- Střední 50÷600 A
- Velké nad 600 A

Jmenovité napětí

- Stejnoseměrné: 220 V
- Střídavé: 250 V, 400 V, 500V

Použití

- Jističe vedení
- Jističe motorové

Počet pólů

- Jednopolové
- Vícepólové (dvoj, troj, čtyř)

Druh proudu

- Střídavý
- Stejnoseměrný
- Střídavý i stejnosměrný

Prostředí

- Vzduchové
- Olejové

Druh spouště

- Nadproudová
- Zkratová
- Podproudová

2.3 Úloha 3 Měření na stykačích

2.3.1 Popis a cíle úlohy

Záměrem této úlohy je seznámit studenty se stykači. V první části této úlohy studenti měří V-A charakteristiku ovládacích elektromagnetu relé pro rostoucí i klesající napětí. Z toho studenti vidí, že k přitažení a odpadnutí kotvy elektromagnetu nedochází při stejném napětí a dochází ke skokové změně proudu procházejícím relé. V druhé části měří studenti hodnoty pro sestrojení vypínacích charakteristik tepelného relé pro dvě různé hodnoty I_n tepelného relé. Porovnáním těchto charakteristik studenti zjišťují, že se zvyšujícím se I_n klesá strmost vypínacích charakteristik.

2.3.2 Stykač

Účelem stykače v soustavě je spínání provozních proudů elektrických strojů a přístrojů. Toto spínání může probíhat ve velmi dlouhých intervalech (dny) tak i ve velmi krátkých intervalech v rámci minut i vteřin. Stykače jsou navrženy tak aby spínaly a rozpínaly jmenovité proudy i nadproudy i do pětinasobku I_n , nikoli již zkratky. Stykače mohou být ovládány ručně i automaticky dle programu nebo také zásahem jisticího relé či jiných ochran sledující elektrické i neelektrické veličiny. Tyto přístroje mohou mít různý pohon dle potřeby konkrétní aplikace, mohou být elektromagnetické, pneumatické, mechanické, bez vnějšího zdroje energie je nelze ovládat. Jsou konstruovány tak, že mají klidovou polohu, kdy ovládací energie není přiváděna (proud, tlakový vzduch,...), obvykle jí odpovídají vypnuté hlavní kontakty (existují i obrácené konstrukce, popřípadě kombinované). Druhá poloha je pracovní, kdy je ovládací energie přiváděna a kontakty jsou tedy v opačné poloze. Z toho plyne, že když je stykač v pracovní poloze spotřebovává jeho mechanismus energii, aby se v této poloze udržel, a není tedy žádoucí, aby v této poloze dlouhodobě setrval.

Stykače jsou navrženy pro časté spínání od desítek až po stovky sepnutí za hodinu, takové nároky vytváří požadavek na vysokou životnost stykače. Někdy se tato životnost vyjadřuje počtem sepnutí za jeho životnost, než dojde k poškození (například 10^8 sepnutí). Během života stykače bývá ve výkonových aplikacích nutné měnit jeho kontakty, protože dochází k jejich opalování během zapínání i vypínání. V principu je spínání stykače jen několikrát za den nebo i méně nesprávné ve smyslu jeho účelu, ke kterému byl navržen, ale obvykle se je to nutné. Stykače nejsou určeny k vypínání I_k , protože jejich kontakty ani zhášecí ústrojí nejsou na takovou zátěž navrženy. Při pokusu o vypínání zkratového proudu

pravděpodobně dojde ke zničení nebo alespoň k vážnému poškození stykače a je možné, že při rozepnutí kontaktů dojde k zapálení oblouku, který stykač nedokáže uhasit. Proto je nutné zapojit do série ke stykači jistič či pojistky.



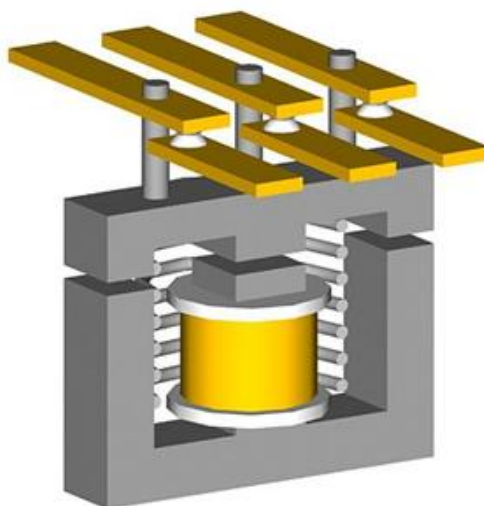
Obr. 2.3.1 Stykač [7]

Stykače jsou ovládány různými energiemi. Mechanickou energií jsou ovládány vačkové stykače, jejich mechanismu spínání je upraven prokládání vačkami na hřídeli poháněné ručně, elektricky, apod. Používají se ve vačkových kontrolérech pro starší vozidla. Pneumatické stykače jsou ovládány tlakovým vzduchem přivedeným na ovládací válec s pístem, jež uvede kontakty do pracovní polohy, zpět se vrací vlastní vahou či protitlakem pružiny. Používají se v provozech kde je již zaveden stlačený vzduch pro jiné účely a ve stykačích vysokého napětí protože mají lepší dynamické vlastnosti. Elektromagnetické stykače jsou nejrozšířenější. Přivedením proudu na cívku se přesune stykač z klidové polohy do pracovní polohy, zpět se vrací vlastní vahou nebo pomocí pružiny. Používá se pro ně stejnosměrný i střídavý proud, dle výhodnosti v konkrétní aplikaci.

Stykače se dělí dle zhašecího média na vzduchové, olejové a vakuové. Dnes olejové stykače ustupují vzduchovým a vakuovým a udržují se převážně ve znečištěném prostředí či prostředí s rizikem výbuchu. Vzduchové stykače mají průměrně vyšší životnost než olejové. Vakuové stykače postupně nahrazují vzduchové stykače pro svojí podstatně vyšší životnost kontaktů i celého stykače a nezávislost na prostředí. Jejich hlavní nevýhodou je jejich pořizovací cena. Dále se stykače dělí dle proudu jež jimi prochází, tedy

stejnosemné, střídavé a universální. V případě elektromagnetického ovládní je nutno brát v úvahu ovládací proud. Při sestavování složitých aplikací stykačů je možné vytvářet kombinace stejnosměrných i střídavých stykačů dohromady s přihlédnutím na komptabilitu jednotlivých spojených částí. Stykače se mohou dělit dle napětí na vysoké a nízké. Stykače nízkého napětí se používají ve velkém množství a vyrábějí se velkosériově, kdežto vysoko napěťové stykače se vyrábějí v malých sériích pro často používané hodnoty jako 3 a 6 kV a pak už jen kusově pro konkrétní aplikace. Dalším dělením stykačů je počet pólů. Používají se třípólové stykače pro střídavé obvody a jedno a dvou pólové pro stejnosměrné obvody.

Při výběru stykačů se zohledňují různá kritéria. Izolační a pracovní napětí – vyrábějí se řady např. 400 V, 500 V, stykače tak má jedno izolační napětí a více pracovních napětí. Jednotlivé řady mají normalizované rozměry a další vlastnosti. Jmenovitý proud – je definován tak, že za osm hodin v zapnutém stavu nesmí teplota stykače překročit hodnoty uvedené v normě. V nízkém napětí se vyrábějí v typových řadách od jednotek ampér až do tisíců ampér. Mechanická trvanlivost – udává počet sepnutí stykače naprázdno, než dojde k poruše. Elektrická trvanlivost – vyjadřuje trvanlivost kontaktů, ty se při spínání a rozpínání obvodu s procházejícím proudem opalují a poškozují a nevydrží tolik sepnutí jako při chodu naprázdno. Spínací schopnost stykače – označuje hodnotu mezního proudu, do které výrobce zaručuje schopnost stykače spínat proud.



Obr. 2.3.2 Řez vnitřkem stykače [8]

Stykače se používají na ovládání aplikací od jednoduchých – ovládání třífázového asynchronního motoru s přepínáním hvězda/trojúhelník a stejnosměrná brzda, až po složité aplikace se stovkami stykačů řízených počítačem.

2.3.3 Stykačová jisticí relé

Ve stykačích se používají různé řady relé, jakým je například nadproudové stykačové jisticí relé. Tohoto je možno využít k jistění proti přetížení. Přetížení je indikováno čidlem, které vydá stykači povel k vypnutí, obě funkce jsou zastoupeny nadproudovým stykačovým jisticím relé. Toto relé se také nazývá tepelné relé, a je konstruováno jako součást stykače. Tento stykač má v každé fázi prvek reagující na oteplení způsobené procházejícím proudem. Dosažením nastavené hodnoty oteplení způsobí přerušení přívodu proudu na cívku stykače. Využívá se několika principů. Relé se bimetalovým členem, což jsou dva k sobě napařené kovové pásky s rozdílnou tepelnou roztažností. Rozdílná tepelná roztažnost způsobuje při ohřátí ohnutí pásku na stranu kovu s menší tepelnou roztažností. V pracovním stavu prochází hlavními kontakty proud, pokud tento proud překročí jmenovitou hodnotu, dochází k nadměrnému uhřátí bimetalového článku a jeho ohnutí, tím dochází k přerušení proudové cesty ovládací cívky stykače a jeho vypnutí. Po vychladnutí bimetalového pásku se stykač opět přestaví do pracovní polohy. Dále existují relé dilatační, fungují na podobném principu jako bimetalová relé. Je použit jen jeden pásek kovu s velkou tepelnou roztažností. Průchodem proudu se tento pásek ohřívá a natahuje, čímž působí na ovládání cívky stykače.

V praxi se používala kombinace stykače, tepelného relé a pojistek, kde relé se stykačem chránily proti nadproudům a pojistky proti vzniku zkratu. V dnešní době toto řešení nahrazuje jistič, občas se za jistič připojuje ke konkrétním přístrojům tepelné relé pro preciznější ochranu proti přetížení jednotlivých strojů.

2.4 Úloha 4 Měření na bleskojistkách

2.4.1 Popis a cíle úlohy

Tato úloha má za úkol seznámit studenty s vlastnostmi varistorů pomocí měření jejich volt-ampérových charakteristik. Pro toto měření byl použit jako zdroj napětí autotransformátor a následně pro zvýšení napětí měřicí transformátor napětí se sekundárními svorkami připojenými k autotransformátoru a na primární svorky byly

připojen přípravek s měřeným varistorem, stabilizační odpor a měřicí přístroje (ampérmetr a voltmetr). Ze získaných hodnot napětí a proudu byly dopočítány odpory v jednotlivých stavech a následně byly porovnávány s hodnotami ostatních varistorů.

2.4.2 Přepětí

Přepětí je takové napětí, které velikostí své amplitudy překračuje amplitudu nejvyššího povoleného napětí soustavy. Přepětí se rozlišuje na přepětí proti zemi vztažené k nejvyššímu fázovému napětí a přepětí mezi fázemi vztažené proti nejvyššímu sdruženému napětí. Dále se přepětí dělí dle svého původu na vnitřní a vnější.

Vnitřní přepětí neboli provozní přepětí vzniká uvnitř soustavy zejména při probíhajících přechodových dějích. Přechodové děje mohou vznikat v soustavách často, protože vznikají při každé změně stavu v soustavě. Při každé změně stavu soustavy opouští soustava původní ustálený stav a než se ustálí v novém ustáleném stavu, prochází přechodovým dějem, kde mohou vznikat přepětí. Tyto změny stavu vznikají při spínání a rozpínání částí soustavy, při prudkých změnách zatížení či při poruchách. Obvykle mají vyšší kmitočet než je 50 Hz a trvají obvykle jen zlomky vteřin.

Vnější přepětí jsou způsobena atmosférickými jevy, přesněji úderu blesků. Může dojít k nepřímým úderům či přímým úderům do vodičů vedení, zemnicích lan vedení či stožárů. V případě nepřímého úderu blesku v blízkosti vedení vzniká elektromagnetické pole, jež indukuje napětí ve vodičích vedení. Přímý úder blesku do vodiče fáze způsobuje šíření přepět'ové vlny z bodu úderu na obě strany vedení. Tato vlna způsobuje indukci napětí i na ostatních vodičích soustavy. Velikost tohoto přepětí bývá v mnoha případech vyšší než je izolační napětí soustavy vedení, což může způsobovat přeskoky mezi vodiči vedení či vodičem a kostrou. V případě úderu blesku do zemnicího lana v něm vzniká přepět'ová vlna šířící se v obou směrech od místa úderu jako v případě přímého úderu do vodiče vedení. Elektromagnetická vazba mezi blízkými vodiči způsobuje indukci napět'ových vln ve vodičích. Izolace je namáhána rozdílem napětí na zemnicím laně a napětím na vodičích. Úder blesku do stožáru způsobuje přepětí od vrcholku stožáru k zemi. Velikost tohoto napětí je závislá na vlnové impedanci stožáru a zemnicích lan a na odporu uzemnění stožáru.

2.4.3 Svodiče přepětí

Svodiče přepětí mají za úkol svést napětí přesahující nejvyšší povolené napětí, aby nedošlo k překročení izolačního napětí soustavy. Jako svodiče přepětí se používají ventilová bleskojistka, Torokova trubice (vyfukovací bleskojistka), ochranná jiskřiště a magnetické bleskojistky.



Obr. 2.4.1 Bloky varistorů [10]

Ventilová bleskojistka je složena ze sériového spojení jiskřiště a odporu závislého na napětí. Funkce ventilové bleskojistky spočívá v tom, že v případě překročení povoleného provozního napětí dochází k zapálení oblouku na jiskřišti předtím, než dojde k překročení ochranného napětí. To způsobuje svedení proudu vzniklého přepětím přes odpor závislý na napětí, čímž se omezí přepětí. Poklesem přepětí vzrůstá odpor napětově závislého odporu a tím i protékající proud, až do okamžiku kdy tento proud klesne na takovou hodnotu, že se oblok stává nestabilní a uhasíná.



Obr. 2.4.2 Jiskřiště tramvajové troleje [9]

Jiskřiště je složeno ze dvou elektrod oddělených izolačním médiem schopným obnovení izolační schopnosti po uhašení oblouku (vzduch, plyn či vakuum). V případě, že na jiskřišti je dosaženo průrazné napětí dochází ke vzniku oblouku mezi elektrodami. Jiskřiště má jen minimální odpor a tak proud jím procházející se blíží zkratovému proudu, což způsobuje pokles napětí. V praxi se obvykle řadí více jiskřišť do série, to sebou přináší problém rozdělení napětí před vznikem oblouku na jednotlivých jiskřištích, to je způsobeno kapacitou jiskřišť. Tento problém je ošetřen přidáním kapacit či odporů tak aby došlo k rovnoměrnému rozložení napětí na jednotlivá jiskřiště. Tyto odpory (kapacity) musejí být voleny tak, aby na nich při nejvyšším povoleném provozním napětí nedocházelo k překročení přípustného oteplení.

Napěťově závislý odpor je takový odpor jež mění svojí hodnotu v závislosti na velikosti napětí. Vyrábějí se jako válcové bloky s dvěma kontaktními povrchy a izolovaným pláštěm. Tyto bloky se skládají do série a vzniká tak výsledný nelineární odpor. Tyto bloky mají rozměry určené normami a výsledné složené válce o konkrétních materiálech a průměrech odpovídají nejvyššímu povolenému provoznímu napětí. Materiály použité pro výrobu napěťově závislých odporů jsou především oxid zinečnatý (ZnO) a karbid křemičitý (SiC) jako aktivní složka a jako pojivo se používá sádra, jíl, vodní sklo a podobné materiály. Výsledná směs se lisuje do požadovaných rozměrů a vypéká. Kontaktní povrchy jsou šopovány mědí případně hliníkem a zbytek povrchu je natřen izolačním lakem.

2.4.4 Základní pojmy:

Jmenovité napětí je efektivní hodnota nejvyššího přípustného napětí průmyslového kmitočtu mezi sít'ovou a zemní svorkou bleskojistky, při němž bleskojistka ještě spolehlivě zháší následný proud [1].

Následný proud je proud protékající bleskojistkou ze sítě po průchodu výbojového proudu [1].

Ochranná hladina je nejvyšší okamžitá hodnota napětí, která se ještě může vyskytnout na svorkách bleskojistky za stanovených podmínek [1].

Rázový činitel je poměr stoprocentního rázového zapalovacího napětí k amplitudě střídavého zapalovacího napětí [1].

Zbytkové napětí je napětí mezi síťovou a zemní svorkou bleskojistky při průchodu výbojového proudu, tj. rázového proudu tekoucího bleskojistkou po zapálení [1].

Jmenovité zbytkové napětí je vrcholová hodnota zbytkového napětí při průchodu jmenovitého výbojového proudu [1].

Jmenovitý výbojový proud (jmenovitá propustnost) je výbojový proud (charakterizovaný vrcholovou hodnotou a tvarem proudové vlny), jehož se používá pro klasifikaci bleskojistek se zřetelem na trvanlivost a jistící charakteristiky [1].

2.5 Úloha 5 Měření na kontaktech

2.5.1 Popis a cíle úlohy

Tato úloha má demonstrovat studentům vlastnosti kontaktů a jevy vznikající na kontaktech v praxi. Studenti by se při měření této úlohy měli seznámit s problematikou kontaktů v obvodech. Porovnáním výsledných hodnot získaných měřením a výpočty studenti poznávají chování kontaktů různých materiálů v závislosti na změně proudu při konstantní síle a při změně přítláčné síly při konstantním proudu.

Z vykonání této úlohy by si měli studenti odnést vědomosti o závislosti odporu kontaktu na přítláčné síle, velikosti procházejícího proudu, na materiálu kontaktu i na znečištění kontaktních ploch.

2.5.2 Požadavky na kontakty

Velmi dobrá elektrická a tepelná vodivost

Vysoká teplota tání a měknutí

Velká tvrdost a odolnost proti opotřebení

Plastičnost (přizpůsobení stykových ploch)

Odolnost proti oxidaci, tvoření kyselin a jiných nečistot

Tvorba práškového oxidu na dotykové ploše

2.5.3 Problémy elektrických kontaktů

Kontakty, jejich vlastnosti a jevy na nich vznikající jsou velmi důležitým aspektem návrhu a konstrukce obvodu či zařízení. Kontakty jsou nezbytnou součástí jakéhokoliv elektrického obvodu a zařízení. Umožňují oddělení zdroje od zbytku soustavy, odpojení konkrétního prvku v soustavě nebo rekonfiguraci soustavy. Na kontaktech vznikají nežádoucí jevy jako například oteplení, přenos materiálu. Také na nich vzniká mnoho poruch, to může být například svaření kontaktů nebo vznik tak silné vrstvy nečistot na plochách kontaktu, že nelze uzavřít proudovou dráhu. Z tohoto důvodu je snaha omezit množství kontaktů na nezbytné minimum potřebné pro správnou funkci soustavy.



Obr. 2.5.1 Vzorky kontaktních ploch [11]

Elektrický odpor kontaktů je tvořen dvěma složkami a to úžinovým odporem a odporem vrstev nečistot na kontaktních plochách. Úžinový odpor vzniká v důsledku nedokonalého opracování kontaktních ploch a tím i jejich nedokonalému styku. Na kontaktních plochách jsou mikroskopické nerovnosti a ty zabraňují dokonalému styku ploch. Toto má za důsledek, že proud procházející kontaktem neprochází celou plochou kontaktu rovnoměrně, ale koncentruje se jen do několika míst na celé kontaktní ploše, jejichž celková plocha je jen zlomkem celkové styčné plochy kontaktu. Úžinový odpor je možné zmenšit zvětšením přitlačné síly kontaktu, čímž se zvětší skutečná styčná plocha, tento odpor se také zmenší v případě, že kontaktem prochází takový proud, který svými tepelnými účinky způsobí změknutí a s působením přitlačné síly dojde k plastické deformaci kontaktních ploch a tím jejich zvětšení. Druhou složkou je odpor vrstev nečistot kontaktních ploch. Tento odpor závisí na velkém množství faktorů a nelze tak předem určit

ani odhadnout jeho hodnotu. Vrstvy nečistot jsou závislé například na použitém materiálu kontaktu, různé materiály reagují v různých prostředích rozdílně a mohou tak na povrchu vznikat vrstvy oxidů, siřičitanů, chloridů, solí, sloučenin kovu kontaktu apod., tyto vrstvy mají všechny rozdílné elektrické, tepelné i mechanické vlastnosti a mají tak různý vliv na vodivost kontaktu i na obtížnost jejich proražení. Tyto zmíněné vrstvy nečistot jsou chemického původu, vznikají též vrstvy mechanického původu, jako je například vniknutí prachu či hmyzu, vniku nevodivých kapalin a podobně. Proto je rozeznávána zdánlivá plocha kontaktu S (plocha celého kontaktu), nosná plocha S_n (nese mechanické zatížení, ale nevede proud), plocha dotyku S_o (z důvodu nečistot nevede proud) a plocha přechodu S_p , která vede proud. Plocha přechodu je oproti zdánlivé ploše vždy zásadně menší, dochází v nich ke koncentraci proudových čar, proto se nazývají úžiny.

Pro vznik průtoku proudu skrze kontakt je nutné překonat všechny vrstvy nečistot. Pokud jsou vrstvy nečistot jen velmi slabé v řádech jednotek nanometrů pak dochází k tunelovému jevu. „Tunelovým jevem rozumíme průnik elektronových vln, tj. elektronů potenciální překradou jejíž tloušťka je stejného řádu jako délka vlny elektronu.“ V tomto případě je možno odpor vrstev nečistot vlastně zanedbat. Pokud je vrstva nečistot je již tak silná, že nedochází k tunelovému jevu projeví se odpor vrstev nečistot. Pak je nutné tuto vrstvu prorazit a toho je dosaženo kontaktním tlakem a napětím na kontaktu. Působením mechanických či elektrických sil dochází k rozrušení vrstev nečistot a dochází ke kovovému styku v místech průrazu vrstev nečistot. Mechanického porušení vrstev nečistot je dosaženo přítlačnou silou vyvinutou na styčný povrch, v některých bodech povrchu dochází k překročení pevnosti materiálu a tím jeho deformaci. To má za následek popraskání vrstev nečistot v daném místě a umožňuje tak vznik vodivé cesty. K elektrickému rozrušení vrstev nečistot dochází v případě, že odolaly kontaktnímu tlaku a mechanickému rozrušení vrstev a za předpokladu, že napětí na kontaktu je dost velké aby došlo k elektrickému průrazu (dochází k elektrickému výboji.) K elektrickému porušení vrstev nečistot dochází obvykle jen u slaboproudých kontaktů, kde nejsou přítlačné síly příliš velké, v silnoproudu jsou přítlačné síly kontaktu velké a v převážné většině případů tak dochází k mechanickému rozrušení vrstev.

2.5.4 Materiály kontaktů

Z požadavků na kontakty je zřejmé, že neexistuje materiál, který by vyhovoval všem požadavkům a tak se musí volit kompromisy mezi jednotlivými vlastnostmi. Kovy s výbornou elektrickou a tepelnou vodivostí mají horší mechanické vlastnosti a nízkou teplotu tání a naopak. Volba materiálu bude tedy vždy kompromisem a je nutné brát na zřetel, kde a za jakých podmínek bude kontakt používán a vybere se materiál nejlépe vyhovující. Pro časté spínání, kde vzniká elektrický oblouk opalující kontakty, jsou vhodnější tvrdé materiály, i když mají horší elektrickou vodivost, protože lépe odolávají opalování elektrickým obloukem. V obvodu s vyšším proudem, kde nedochází k častému spínání, jsou vhodnější materiály s vyšší elektrickou a tepelnou vodivostí. U kontaktů vyšších napětí se problém výběru materiálu kontaktů zmenšuje, protože stykové napětí na kontaktech je oproti spínanému napětí naprosto zanedbatelné a volí se tedy tvrdší materiály s vysokou teplotou tání a odolností proti oxidaci.

Kontakty se téměř výhradně vyrábějí z ryzých kovů a jejich slitin. Výjimečně mohou materiály spékané, které pak obsahují uhlík, kyslík, apod. V případě slitin charakteristické vlastnosti vycházejí z vlastností výchozích složek. Pokud by byly kovy posuzovány z hlediska tvorby vrstev nečistot vlivem okolního prostředí by mohly být děleny na kovy ušlechtilé. Do této skupiny patří platina (Pt) – netvoří oxidy ani vrstvy cizích nečistot, vysoký bod tavení, dobře elektricky i tepelně vodivá, velmi měkká a dobře tvárná. Velmi vysoká pořizovací cena omezuje širší použití. Používána ve slaboproudé technice s požadavkem na velmi vysokou bezpečnost kontaktu. Zlato (Au) – nejušlechtlejší kov netvoří oxidy ani vrstvy cizích nečistot. Dobrá elektrická vodivost ale velmi měkký a tvárný materiál s tendencí k lepení a svaření kontaktů. Používá se výhradně ve slitinách a jako galvanické pokovení. Olovo (Pb) – podobné vlastnosti platině s menší odolností k opálení a menší náchylností ke svaření. Často nahrazuje platinu z důvodu své podstatně nižší ceny.



Obr. 2.5.2 Kontakty s různými styčnými plochami [11]

Další skupina jsou kovy poloušlechtilé kam patří stříbro (Ag) – tento materiál má nejlepší elektrickou a tepelnou vodivost při své ceně. Zachovává si malý přechodový odpor i při malých přitlačných silách. Téměř neoxiduje a vytváří tenkou a zanedbatelnou vrstvu Ag_2O , ale reakcí se sirovodíkem ve vzduchu vytváří Ag_2S , což je nežádoucí. Tento kov je lehce tvárný, tažný což se přenáší do nízké tvrdosti a odolnosti proti svaření. Dobrá tvárnost umožňuje galvanické nanášení i plátování na kontakty. Tyto vlastnosti umožňují široké využití stříbra na kontaktech přenášejících mA až po výkonové kontakty. Nikl (Ni) – je značně odolný proti oxidaci, ale vzniklé oxidy niklu jsou velmi špatné vodiče a jsou značně mechanicky odolné. Síly nutné k proražení silnější vrstvy oxidů už mohou způsobit deformaci kontaktů. Ve vlhkém prostředí s přítomností oxidu siřičitého vzniká na povrchu vrstva soli a není možné uskutečnit vodivé spojení.

Poslední skupinou jsou kovy neušlechtilé, prvním je měď (Cu) – má dobrou elektrickou a tepelnou vodivost. Má nízkou odolnost proti oxidaci a vytváří mnoho různých oxidů a siřičků, nejčastěji oxid měďnatý. Málokdy způsobují přerušování vodivého styku i při malých tlacích. Ve městech a průmyslových oblastech dochází ke vzniku zásaditých solí na povrchu Cu kontaktu, ty neumožňují vodivé spojení. Pokud jsou požadovány malé nároky na kvalitu kontaktu, v kontaktech vysokého napětí a olejových vypínačích je možné použít tyto kontakty při velkých kontaktních tlacích. Hliník (Al) je dalším neušlechtilým kovem. Al je chemicky poměrně odolné, to je způsobeno velmi rychle se tvořící vrstvou oxidu hlinitého Al_2O_3 . Tento oxid je velmi odolný chemicky i mechanicky avšak velmi špatně vodí. Z tohoto důvodu a z důvodu vzniku korose mezi Al a mnoha jinými kovy, je použití hliníku značně omezeno. Dalším kovem je wolfram (W),

tento kov má nejvyšší bod tavení ze všech a oxiduje jen při vyšších teplotách. Jeho oxidy mají velmi špatné elektrické vlastnosti a je tedy nutné jejich odstranění třením nebo tlakem. Wolfram je velmi tvrdý a tedy poměrně špatně tvárný ale velmi odolný proti opalu. Výborně využitelný pro často spínané kontakty s velkými proudy a opalováním. Často se používá v práškových spěkaných materiálech.

Často se také používají slitiny kovů jako je bronz (Cu+Sn). Má dobrou elektrickou vodivost a vytváří málo oxidů a nečistot na povrchu. Také se používají slitiny stříbra s Cu, Cd, Pd či Si, tyto slitiny mají za následek zvýšení tvrdosti stříbra a snížení náchylnosti ke svařování, ale zvyšuje se tím odolnost proti oxidaci. Spékáním či slinutím prášků kovů, které netvoří slitiny, vznikají pseudoslitiny. Zachovávají se tím vlastnosti obou kovů a koexistují vedle sebe. Je možno takto spojit i kovy a nekovy, či slitiny kovů s velmi rozdílnými teplotami tání.

2.5.5 Dělení kontaktů

Dle konstrukce: kartáčové, lamelové, nožové, palcové, atd.

Dle uspořádání: čelní, klouzavé odvalovací, valivé a smykové

Dle místa styku:

- Bodové – jejich výhodou je, že vznikají přesně v určeném bodě a mají jednoznačnou proudovou cestu. Jejich nevýhodou je relativně rychlé omačkání. Navrhují se jako styk dvou překřížených válců či jako styk kulové plochy na rovinu.
- Přímkové – jsou mechanicky odolnější než bodové. Jsou proto používány u spínačů a dosahuje se jich stykem válce a roviny či válcovým otvorem a kuželem.
- Plošné – nejlepší vlastnosti mechanické, tepelné i elektrické, avšak konstrukčně nejsložitější. I když se nazývá plošný styk, nedochází k plošnému styku nýbrž k většímu množství přímkových a bodových styků.

2.6 Úloha 6 Přímé jištění elektrických zařízení

2.6.1 Popis a cíle úlohy

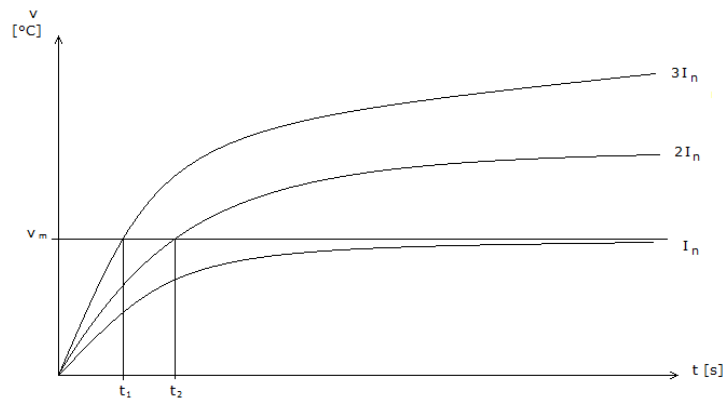
Měření této úlohy má seznámit studenty s prvky přímého jištění v obvodech nízkého napětí. V případě tohoto měření jsou těmito prvky pozistory a Spenserova membrána. Pro měření je použit vzorek oteplovaného vodiče v podobě duralového plechu, na něž jsou připojeny výše zmíněné prvky. Při oteplování vzorku vodiče je měřena závislost odporu pozistoru na teplotě a ve třech vybraných teplotách jsou změřeny volt-ampérové charakteristiky (první je při pokojové teplotě). Dále jsou zaznamenány teploty vybavení ochrany se Spenserovou membránou a tepelné ochrany R 064 B připojené na sériové zapojení pozistorů. Při ochlazování jsou sledovány teploty opětovného sepnutí těchto ochran.

Ze získaných hodnot studenti zjišťují, že odpor pozistoru roste až k dosažení spínací teploty pozistoru jen zanedbatelně. Následně roste exponenciálně až k maximální teplotě, kdy začne prudce klesat a hrozí zničení pozistoru. Ze získaných teplot vypínání a zapínání Spenserovy membrány a vestavné ochrany R 064 B je vidět, že jejich zapnutí vypnutí dochází v rozdílných teplotách.

2.6.2 Přímé jištění

Při průchodu proudu dochází k ohřívání vodičů Jouleovým teplem. Jouleovo teplo je přímým následkem Jouleovo ztrátového výkonu, tento výkon roste s druhou mocninou procházejícího proudu. Z toho vyplývá, že pokud dojde k překročení I_n pro danou proudovou drahou, dojde v čase závislém na poměrném překročení I_n k překročení maximální dovolené teploty. Překročení této teploty má za následek zkracování životnosti zařízení či vodiče, jejich poškození či úplné zničení.

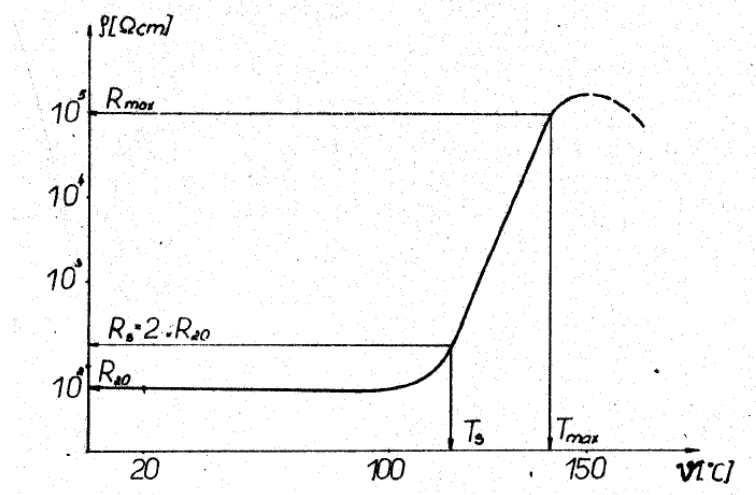
Jištění je nazýváno jako přímé, pokud je jištění soustavy přímo závislé na teplotě. Pokud je jištění závislé na nepřímých hodnotách odvozených z procházejícího proudu, pak je jištění nepřímé. Pro přímé jištění v soustavách nízkého napětí se používají termistory, bimetalové články či dnes již výjimečně pájkové prvky. Konkrétně to jsou pozistory, což jsou termistory s kladným koeficientem teplotní závislosti a Spenserovy membrány jež jsou typem bimetalového článku.



Obr. 2.6.1 Oteplovací charakteristika

2.6.3 Pozistor

Termistor (thermal resistor) je odpor závislý na teplotě. Tyto odpory jsou založeny na principu změny hustoty a pohyblivosti nosičů náboje v polovodivé struktuře v závislosti na teplotě. Teplotně závislé odpory se rozdělují na dvě skupiny a to na teplotně závislé odpory s kladným teplotním součinitelem rezistivity, kdy se zvyšující se teplotou roste jejich odpor, nazývaných PTC termistor (také pozistor) a na odpory se záporným teplotním součinitelem, jejich odpor se s rostoucí teplotou zmenšuje, jsou nazývány NTC termistory (Positive – Negative Thermal Coefficient).



Obr. 2.6.2 Teplotní charakteristika pozistoru [1]

Pozistory jsou nejčastěji vyráběny z titaničitanu barnatého (BaTiO_3). Tyto součástky jsou konstruovány tak, aby v určeném oboru pracovních teplot došlo k úplné ionizaci příměsí a odpor pozistoru tak byl závislý výhradně na změně pohyblivosti nosičů náboje. Tato pohyblivost je přímo závislá na teplotě materiálu.

U těchto součástek je velmi důležitou hodnotou spínací teplota (T_{spin}), tato hodnota je velmi důležitá při výběru pozistoru vhodného pro jištění konkrétní soustavy. Spínací teplota pozistoru nesmí být větší nežli maximální dovolená teplota soustavy (zařízení) a zároveň by se jí měla co nejvíce přibližovat. Spínací teplota pozistoru je určena jako teplota, při které je dosaženo dvojnásobku odporu při pokojové teplotě. (Pokojovou teplotou se rozumí 20°C .)

2.6.4 Spencerova membrána

Spencerova membrána je verzí bimetalického prvku. Tento prvek je složen z kovového pouzdra, izolačního víčka, dvojkolového kotouče, pevného kontaktu umístěnému na izolačním víčku a pohyblivého kontaktu na bimetalovém kotouči. Průměry pouzder těchto součástek se pohybují kolem 1 cm a jejich použití tedy není omezeno rozměry. Bimetalový kotouč je navržen tak, aby docházelo ke skokové změně jeho prohnutí. Při dosažení teploty, při které se bimetalový kotouč prohne a dochází změnou jeho prohnutí ke spojení či rozpojení kontaktů. Vyrábějí se spínací i rozpínací Spencerovy membrány.

3 Identifikace dílčích úprav a inovací

3.1 Úloha 1

V této laboratorní úloze byly určeny dva nedostatky ohrožující bezpečnost a funkčnost úlohy. Při prohlídce stavu vybavení byly odhaleny značně vymačkané závitové svorek přístrojového transformátoru proudu a dvou ampérmetrů přiřazených ke stanovišti této úlohy. Z důvodu tohoto poškození je problematické dosáhnout kvalitního kontaktu mezi přístroji a vodiči, i při zavádění o vodič může dojít ke změnám měřených veličin. To má mnohdy za následek značné zkreslení výsledků úlohy a studenti mnohdy tráví značný čas kontrolou správného zapojení.

Tento problém lze řešit dvěma způsoby a to buďto odesláním zmíněných přístrojů na odborný servis do specializovaného pracoviště. Ve světě i v České republice existuje mnoho společností, jež se zabývají opravou elektrických přístrojů. Jednou z takových společností je HES s.r.o. se sídlem v Brně – Ostopovice. Druhým řešením je nahrazení poškozených přístrojů. Vhodnou náhradou za stávající přístrojový transformátor proudu je přístrojový transformátor WSK 30 vyráběný společností GHV Trading, spol. s.r.o. se sídlem v Brně. Cena tohoto transformátoru se u různých prodejců pohybuje v oblasti okolo 1 000 Kč. Stávající dva ampérmetry by byly nahrazeny multimetrem Model 2100 vyráběným společností METRA Blansko s.r.o. umístěným do obvodu primárního vinutí přístrojového transformátoru proudu. Tento typ multimetru splňuje požadavek na maximální rozsah alespoň 80A (má rozsah 200A) s přesností 1,2% (± 10 dgt). Cena jednoho ampérmetru u výrobce je 4 820 Kč bez DPH. Druhý ampérmetr v obvodu sekundárního vinutí PTP navrhuji nahradit multimetrem VC-280 Green Line s maximálním rozsahem proudu 40A a přesností 0,8%. Cena tohoto přístroje se u různých prodejců pohybuje v oblasti kolem 2 500 Kč bez DPH.

Druhým nedostatkem úlohy je nedostatečný počet vodičů pro velké proudové zatížení. Při měření hodnot pro sestavení nadproudové charakteristiky je dosahována hodnota proudu až 80 A. Při těchto hodnotách dochází k přetěžování některých vodičů. Z toho důvodu je nutné provádět měření této části úlohy rychle, aby nedocházelo k nepřijatelnému přehřátí vodičů a poškození jejich izolace.

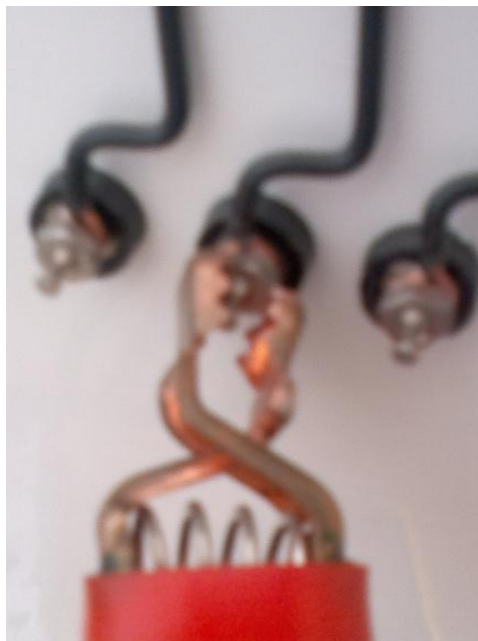
Pro napravení tohoto nedostatku je nutné dovybavit úlohu alespoň dvěma silovými vodiči o minimálním průřezu 16 mm². Jednožilové kabely o takovémto průřezu je možné pořídit při ceně 50 ÷ 70 Kč na metr. Pro zajištění dobré manipulace je vhodná délka jednotlivých kabelů cca 1 metr. Kabely budou doplněny vhodnými koncovkami ve formě vidlic případně háčků. Ceny těchto prvků se pohybují u různých dodavatelů v rámci jednotek Kč.

3.2 Úloha 2

Z hlediska bezpečnosti je tato úloha v naprostém pořádku. Jediným nedostatkem této měřicí úlohy je komptabilita kontaktů přípravku s vestavěnými jističi a svorkami na kabelech měřicího přístroje a zdroje proudu MEGGER. Mezi svorkami přístroje MEGGER

kontakty přípravku vzniká pouze bodový kontakt, to způsobuje úžinové proudy protékající malou plochou. Z toho důvodu se kontakt zahřívá a dále se zvyšuje jeho odpor.

Tento problém je řešitelný nahrazením stávajících kontaktů na přípravku a svorek na připojovacím kabelu. Za jiné kompatibilní kontakty. Jedním řešením je nahrazení kontaktů na přípravku zdířkami. Svorky na připojovacím kabelu přístroje MEGGER by byly nahrazeny banánky s odpovídajícími rozměry.



Obr. 3.2.1 Nekompatibilní kontakt úlohy 2

3.3 Úloha 3

Hlavní vadou této úlohy bylo shledáno poškození ampérmetru, jímž je tato úloha vybavena. Poškození ampérmetru vzniklo vypálením měřicího rozsahu 0 – 1A. Při měření této úlohy jsou využity především rozsahy 300mA a 1A. Z důvodu vypálení zmíněného rozsahu je využíván rozsah 3A, to má za následek snížení přesnosti měření po překročení hodnoty proudu 300mA.

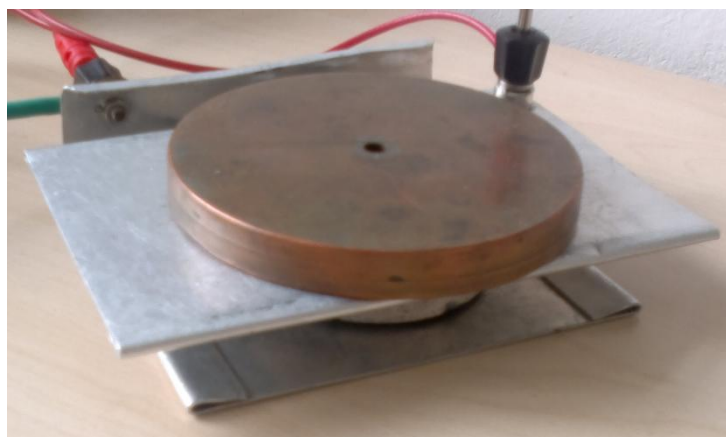
Pro odstranění této vady vybavení této úlohy navrhuji nákup nového ampérmetru. Na trhu existuje mnoho druhů ampérmetrů od různých výrobců. Jejich ceny se pohybují v rozmezí od jednotek tisíc až pod desítky tisíc Kč. Pro tuto konkrétní úlohu jsem vybral

Studentský ampérmetr FREDERIKSEN. Tento přístroj je dostupný za 3 886 Kč bez DPH. Ampérmetr disponuje přijatelnou třídou přesnosti a požadovaným minimálním rozsahem. Jeho výhodou je též rozsah 0 – 0,5 A, protože při měření této úlohy není hodnota proudu 0,5 A překročena.

Pro zlepšení průkaznosti měření vypínací charakteristiky tepelného relé by bylo vhodné nahradit stávající tepelné relé novým. Vhodným typem tepelného relé je například 3RU1116-1CB0 vyráběné společností SIEMENS. Toto tepelné relé má rozsah nastavení teple spouště v rozmezí 1,8÷2,5A. Větší rozdíl v těchto hodnotách způsobí větší rozdíl v průběhu vypínacích charakteristik pro studenty.

3.4 Úloha 4

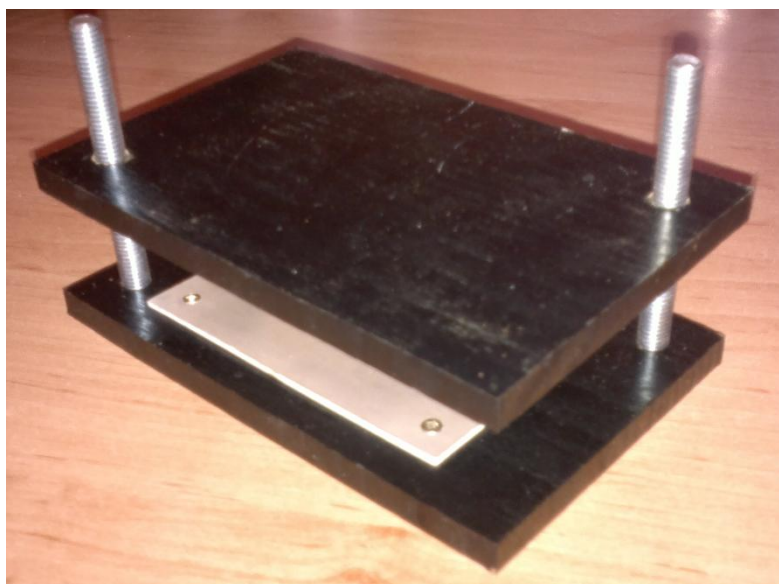
Tato měřicí úloha obsahuje zásadní bezpečnostní hrozbu. Tou je stávající přípravek pro vkládání měřených varistorů. Tento přípravek se skládá ze dvou elektrod (hliníkových), mezi něž je vložen měřený varistor. Následně je celý přípravek zatížen závažím o váze 700g. Protože elektrody přípravku nejsou zajištěny proti pohybu, v případě nepřesného sestavení přípravku může dojít ke sklouznutí vrchní elektrody se závažím a tím i přerušení měření, v případě kontaktu se spodní elektrodou dochází ke zkratu. Nadále protože elektrody přípravku nejsou nijak kryty, hrozí dotyk neopatrných studentů a zranění.



Obr. 3.4.1 Původní přípravek pro měření varistorů

Pro odstranění tohoto bezpečnostního nedostatku byl v rámci této práce vyroben nový přípravek pro vkládání varistorů. Elektrody nového přípravku jsou přišroubovány na pertinaxové desky o tloušťce 8 mm sloužící jako výztuha a zároveň i jako ochrana proti

dotyku. Dále pro zamezení sesunutí vrchní elektrody z měřeného varistoru, a aby se varistor vždy dotýkal elektrod celou svojí kontaktní plochou, jsou pertinaxové desky drženy ve správné poloze dvěma vodícími trny. K elektrodám jsou připájeny kabely s připojenými zdírkami (kompatibilní s aktuálně používanými banánky) pro připojení přípravku do měřicího obvodu. Celkové rozměry přípravku jsou 150x95x80 mm. Další podklady k přípravku jsou k nalezení v příloze 7.2.



Obr. 3.4.2 Nový přípravek pro měření varistorů

3.5 Úloha 5

Tato úloha neobsahuje nedostatky ohrožující bezpečnost studentů. Avšak vybavení této úlohy je značně zastaralé. Úloha disponuje zdrojem proudu, jenž je velmi zastaralý. Tento zdroj proudu je velmi objemný a jeho regulace značně nepřesná. Dalším velmi nežádoucím efektem tohoto zdroje proudu je časté vybavování ochrany laboratoře při zapínání, to má mnohdy za následek přerušování měření úloh dalších skupin studentů.

Tento nedostatek bych odstranil nahrazením stávajícího zdroje proudu novým. Na trhu se vykytuje mnoho druhů laboratorních zdrojů proudu od mnoha výrobců. Ceny zdrojů s požadovaným maximálním proudem alespoň 80A se pohybují v rozmezí mezi 10 000 Kč a 50 000 Kč v závislosti na jejich dalších vlastnostech a funkcích. Jako vhodný zdroj s požadovanými parametry jsem vybral laboratorní zdroj proudu KXN-15100D 0-15V/100A výrobce ZHAOXIN. Různí prodejci tento zdroj nabízejí za cenu v oblasti kolem 12 000 Kč bez DPH. Další laboratorní zdroje s požadovanými parametry jsou nabízeny

výrobce Statron v oblasti cen kolem 50 000 Kč bez DPH. Tyto nové zdroje proudu umožní podstatně preciznější regulaci proudu dodávaného do měřicího obvodu a jsou oproti stávajícímu zdroji kompaktní.



Obr. 3.5.1 Původní zdroj proudu pro měření kontaktů

Jako další úpravu této úlohy navrhuji nahrazení nynějšího pákového přípravku. S miskou na závaží pro simulaci přitlačné síly kontaktů pákovým ústrojím přípravku, přitlačnou sílu působící na vzorek je nutno dopočítávat. Novým přípravkem, jenž by mohl nahradit ten stávající, laboratoř již disponuje. Přitlačná síla tohoto přípravku je nastavována klikou s převody. Pro odečítání působící síly musí k tomuto ústrojí být připojen tenzometr s minimálním rozsahem od 4N do 80N. Cena tenzometrů s takto požadovaným rozsahem se pohybuje v oblasti mezi 7 000 Kč až 10 000 Kč. Jako nejvhodnější přístroj s nejvýhodnější cenou byl vybrán Siloměr Sauter FK 100, 100N/0,05N od výrobce Sauter jehož cena se u různých prodejců pohybuje kolem 7 000 Kč bez DPH.



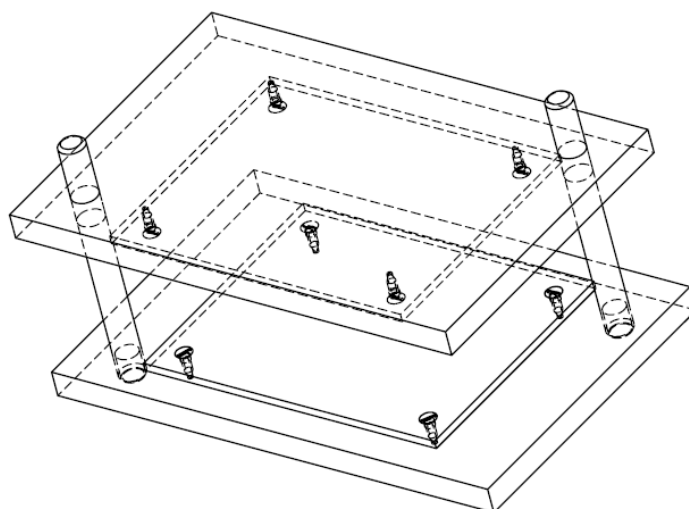
Obr. 3.5.2 Přípravek pro vkládání vzorků kontaktů

3.6 Úloha 6

Tato laboratorní úloha zabývající se přímým jištěním elektrických zařízení je považována za historickou, protože se tato metoda jištění dnes již nepoužívá. Úloha nevyvolává obavy z důvodu bezpečnosti ani nebyly odhaleny technické nedostatky, a tak do této úlohy nebylo nijak zasahováno.

4 Přípravek pro měření varistorů

Jako součást této bakalářské práce byl sestrojen nový přípravek pro úlohu 4 pro měření varistorů. Potřeba pro nový přípravek vznikla z nevyhovujícího stavu stávajícího přípravku a to jak z hlediska funkční tak i bezpečnostního. Nový přípravek tyto nedostatky napravuje.



Obr. 3.6.1 Náhled přípravku

Jako nosné prvky přípravku jsem zvolil dvě pertinaxové desky o délce 150 mm, šířce 95 mm a tloušťce 8 mm. Do dvou rohů příčně proti sobě byly vyvrtány do vrchní desky otvory o průměru 8,4 mm pro průchod vodicích trnů (průměr 8 mm), do spodní desky byly vyříznuty M8 pro zajištění vodicích trnů. Na vnitřní stranu obou pertinaxových desek byly přišroubovány postříbřené jednostranné kuprexitové desky sloužící jako kontaktní elektrody. Otvory v kuprexitu pro upínací vruty byly zahloubeny, aby hlavičky vrutů nezasahovaly nad povrch, následně byly desky očištěny a vloženy do stříbřicí lázně. Po vyvrtání všech potřebných otvorů byly pertinaxové desky polepeny tapetou pro zachování

dobrého estetického dojmu, protože povrch použitého materiálu se snadno naruší a prosvítají světlejší spodní vrstvy.

V následujícím kroku byly vytvořeny závity na vodících trnech a byly usazeny na svá místa na spodní desce přípravku. V závěrečné fázi výroby byl ke každé elektrodě připájen přívodní kabel o délce 20 cm zakončený zdíčkou pro připojení přípravku do měřicí úlohy. Při měření je vrchní deska přípravku zatížena 750 g závažím pro vytvoření požadované přitlačné síly na kontaktní plochy varistoru.

Výkres přípravku a doplňující fotografie jsou přiloženy v příloze 7.2.

5 Závěr

V průběhu vypracování této práce jsem zpracoval jednotlivé měřicí úlohy předmětu Elektrické přístroje 1. V první části této práce jsem zabýval rozбором obsahu, účelu, metodiky a cílů jednotlivých měřicích úloh.

Při výše zmíněném zpracování měřicích úloh jsem si zaznamenával poznatky o průběhu vypracování úloh v laboratoři. Z těchto záznamů jsem následně určoval části vybavení jednotlivých úloh vyžadujících inovaci z hlediska bezpečnosti či účelnosti. Při návrhu inovací úloh jsem se zabýval výhradně částí instrumentálního vybavení, jehož se týkaly mnou navržená vylepšení. Byla navržena řešení jednotlivých navržených inovací.

Při inovaci jsem se zaměřil především na úlohu 4 Měření na bleskojistkách. Součástí této úlohy byl původně přípravek na měření varistorů bez jakýchkoliv ochranných prvků proti dotyku či pohybu elektrod přípravku a styčná síla byla získána přiložením na vrch přípravku. Toto provedení zásadně narušuje bezpečnost měření. Nový přípravek je tvořen dvěma elektrodami na nosných pertinaxových deskách, které zároveň slouží jako konstrukční prvek pro zpevnění elektrod tak i jako zábrana proti dotyku. Tyto pertinaxové desky jsou drženy v pozici proti sobě pomocí dvou vodicích trnů. Styčné síly je dosaženo stejně jako u starého přípravku přiložením závaží na vrch přípravku, ale konstrukce nového přípravku zamezuje nežádoucímu pohybu elektrod a jejich vzájemnému dotyku. Pertinaxové desky také zásadně snižují pravděpodobnost kontaktu nepozorných studentů s elektrodami.

V úloze 1 jsem identifikoval více nedostatků. Prvním nedostatkem je nedostatečné vybavení úlohy výkonovými vodiči. To má za následek přetěžování použitých vodičů. Doplněním alespoň dvou vodičů s požadovanými parametry proudové zatížitelnosti se odstraní potřeba rychlého měření nadproudové charakteristiky. Tím se sníží pravděpodobnost chyby při odečítání a záznamu změřených hodnot, tak se tím odstraní možnost poškození izolace použitých vodičů z důvodu dlouhodobého přetížení.

Problém vzniku úžinových proudů na kontaktech úlohy 2 jsem vyřešil návrhem pro odstranění nynějších kontaktů přípravku s měřenými jističi i svorek na přívodních kabelech

měřicího přístroje. Ty by byly následně nahrazeny zdírkami a banánky. Tím se docílí podstatného snížení odporu a ztrát na kontaktech.

V úloze 3 byl identifikován jen jeden problém a jedna možnost úpravy pro zlepšení pochopení problematiky, na níž se úloha zaměřuje. Nedostatkem této úlohy je vzniklé poškození na ampérmetru přiděleném ke stanovišti této úlohy. Pro nápravu jsem navrhl nákup nového přístroje značky FREDERIKSEN. Tento přístroj splňuje nezbytné požadavky této úlohy a disponuje vhodnými měřicími rozsahy. Pro zlepšení pochopení problematiky studenty jsem navrhl výměny aktuálního tepelného relé za relé s větším rozsahem nastavení teplé spouště. To způsobí zvětšení rozdílů mezi získanými vypínacími charakteristikami.

Úloha 5 je z hlediska bezpečnosti v pořádku, ale disponuje velmi starým zdrojem proudu, jenž je obtížně regulovatelný a při zapínání mnohdy způsobuje vybavení proudových ochran laboratoře a přerušení měření ostatních skupin studentů. Další nepříznivý faktor této úlohy přípravek pro měřené kontakty tvořený pákou, na jejímž konci je miska na vkládání závaží pro získání přitlačné síly. Tento přípravek může být nahrazen novým přípravkem (již je k dispozici v laboratoři) s připojeným tenzometrem pro měření síly. Z těchto důvodů studenti obvykle věnují značnou část výuky vyhrazené pro měření úlohy nastavení proudového zdroje a výpočtu potřebného závaží. Implementací mnou navržených inovací se zásadně zrychlí průběh měření a bylo by tedy možné zvýšit počet měřených vzorků kontaktů.

V rámci této práce nebyly navrženy žádné změny či inovace pro úlohu 6 zaměřenou na přímé jištění. K tomuto přístupu jsem se rozhodl z důvodu nepřítomnosti nedostatků v provedení úlohy či zajištění bezpečnosti studentů a z historického významu této úlohy. V budoucnu by tato úloha mohla být úplně zrušena a nahrazena novou zabývající se problematikou, jež je aktuální pro dnešní dobu.

6 Seznam literatury a informačních zdrojů

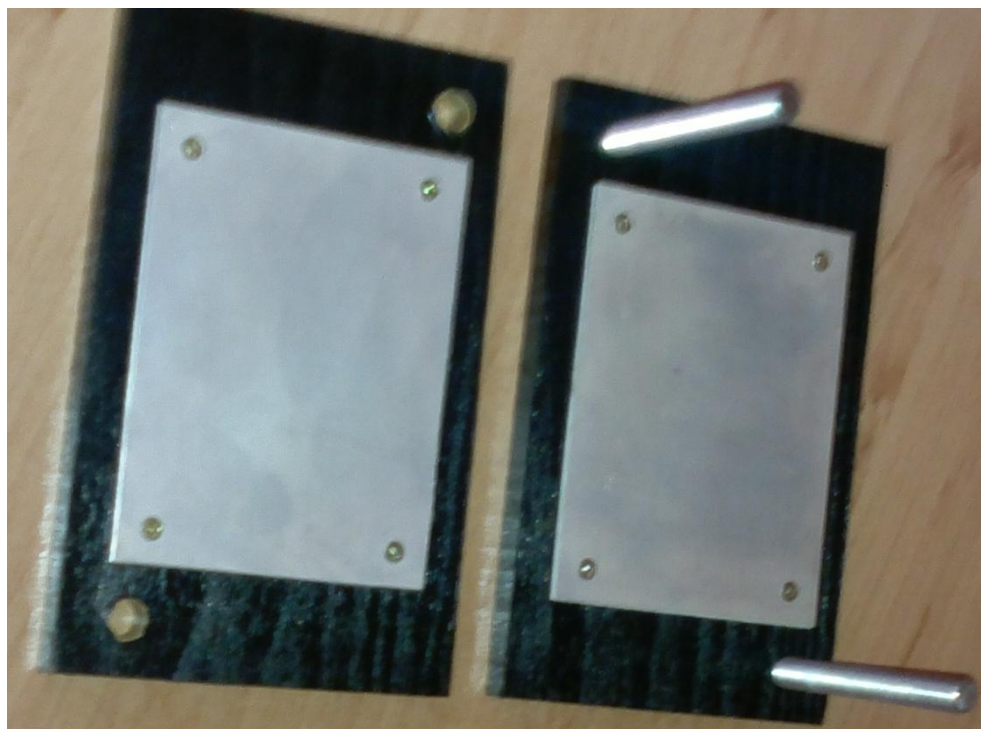
- [1] HODLOVÁ, Miluše, SCHEJBAL, Konstantin. *Cvičení z předmětu elektrické přístroje*. Plzeň: Editační středisko VŠSE, 1983
- [2] RUŠŇÁK, Štěpán, ŘEZÁČEK, Petr. *Elektrické přístroje 1*. Plzeň: vydavatelství ZČU, 1996
- [3] HODLOVÁ, Miluše, KOLOUCH, Pavel, SCHEJBAL, Konstantin. *Elektrické přístroje*. Plzeň: Editační středisko VŠSE, 1980
- [4] HAVELKA, Otto, a kolektiv. *Elektrické přístroje*. Praha: SNTL, 1985
- [5] BEŠTA, M., *Jističe*. [online]. Poslední změna 27.3.2017, <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.4-JISTI%C4%8CE.pdf>
- [6] *Kompaktní jistič BL1000SE320*. [online]. Poslední změna 2.5.2017, <http://www.oez.cz/photo/kompaktni-jistic-bl1000se320>
- [7] *Stykače, spínací prvky*. [online]. Poslední změna 2.5.2017, <http://kutil.elektrika.cz/jaky-material/stykace/>
- [8] *Stykač*. [online]. Poslední změna 2.5.2017, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Styka%C4%8D>
- [9] NANI, Pavel, *Bleskojistka*. [online]. Poslední změna 2.5.2017, <http://physics.muni.cz/~lmf/zobraz.php?clanek=P-2007-08-01-Bleskojistka>
- [10] *Varistor*. [online]. Poslední změna 2.5.2017, http://www.chinoele.com/photo/pl12518543-zinc_oxide_discs_zno_resistors_metal_oxide_varistors_mov_block_zinc_oxide_varistor.jpg
- [11] *Měděné wolframu elektrické kontakty*. [online]. Poslední změna 3.5.2017, <http://tungstencopper.net/czech/Copper-tungsten-electrical-contacts/default.htm>
- [12] KOSTKA, Tomáš, TOPOLÁNEK, Ondřej, *Elektrotechnika II Elektrické přístroje*. [online]. Poslední změna 3.6.2017, http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/esp/el_pristroje_2.pdf

7 Přílohy

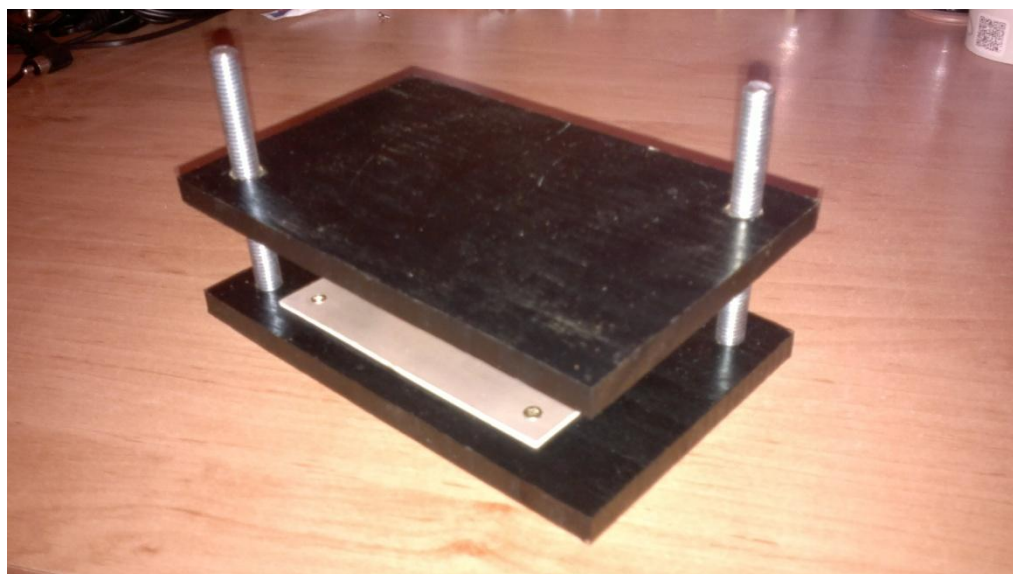
7.1 Tabulka shrnutí inovací

úloha	objekt	název/typ	výrobce/prodejce	cena Kč (bez DPH)	pozn.	odkazy
	nový PTP	WKS 30	EXIMUS CS, s.r.o.	865		http://obchod.eximus.cz/
	2x vodič na 100A	CYA 16	Sagita Trade, s.r.o.	49/1m	2x1m	https://www.shopelektro.cz
	Vídlíčková koncovka kabelu	KVN-DSNB-6	ECOM, s.r.o.	4	4x	https://www.ecom.cz/
	A-metr 1	Model 2100	METRA Blansko s.r.o.	4 820		http://metrablansko.cz
1	A-metr 2	VC-280 Green Line	Conrad Electronic Česká republa, s.r.o.	2 553		https://www.conrad.cz
	nové konektory - samice	ZDIR-123 CERNA	ECOM, s.r.o.	4	36x	https://www.ecom.cz
2	nové konektory - samci	BAN-364P CERNA	ECOM, s.r.o.	27	2x	https://www.ecom.cz
	A-metr	Studentský ampérmetr FREDERIKSEN	Hynek Vaníček - Vybavení škol	3 886		http://www.vybaveni-skol.cz
3	tepelné relé	3RU1116-1CB0	SIEMENS, s.r.o.	964		http://www.tme.eu/cz
4	přípravek pro varistory				vlastní výroba	
	tenzometr	Sauter FK 100	Conrad Electronic Česká republa, s.r.o.	7 512		https://www.conrad.cz
5	zdroj proudu	Zhaoxin KXN-15100D 15V 100A	ShanghaiZhaoxin Semiconductor Co.,Ltd.	12 000		https://www.hotair.cz
6	neřešeno					

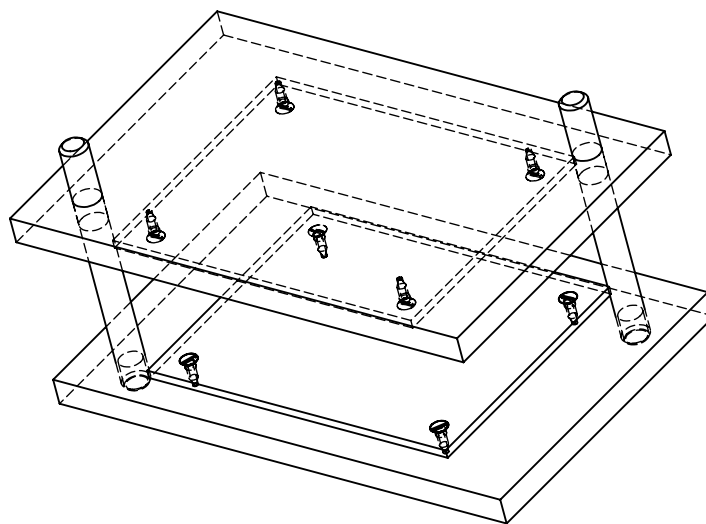
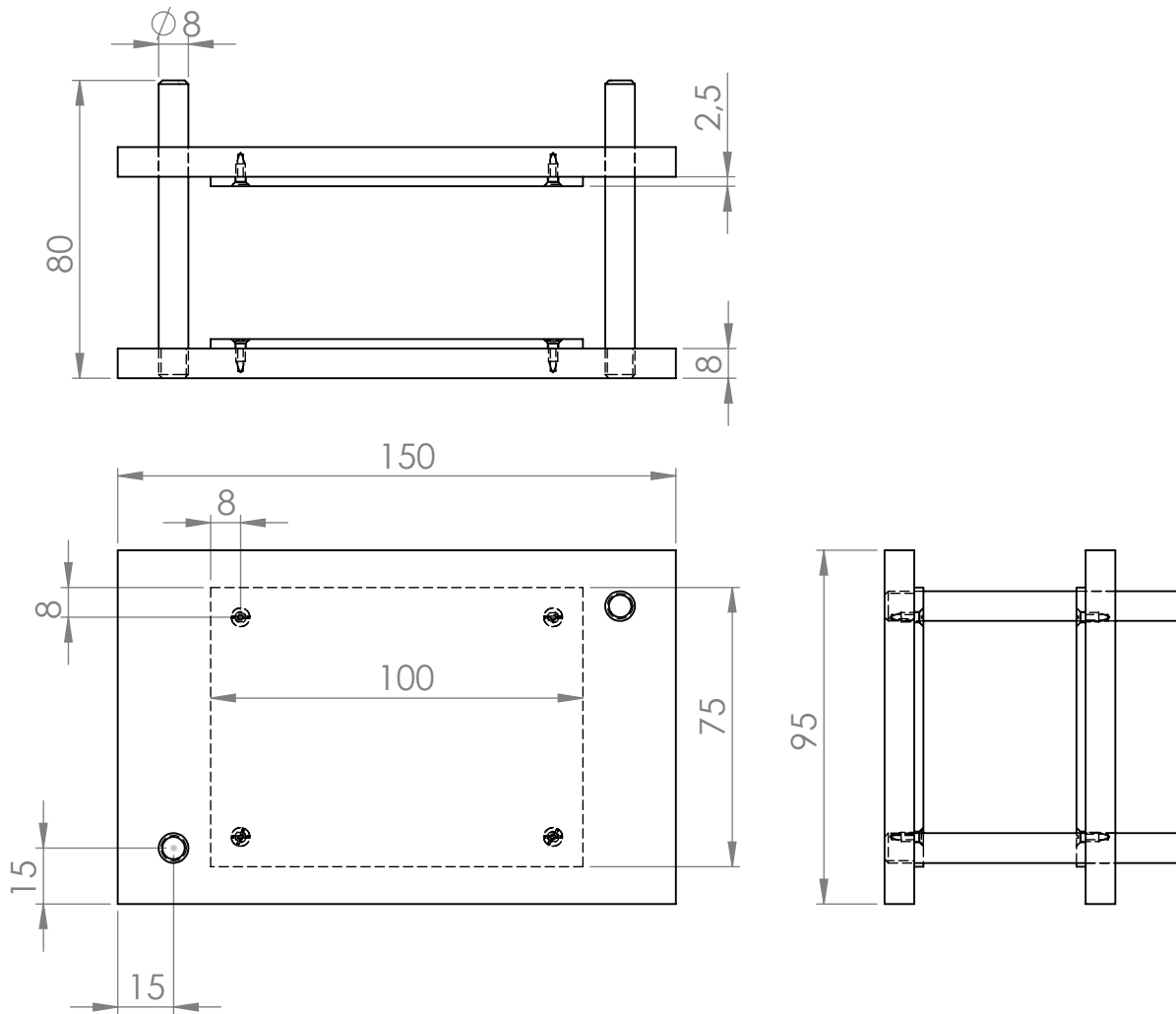
7.2 Podklady k přípravku pro měření varistorů



Obr. 7.2.1 Vrchní a spodní část přípravku před dokončením



Obr. 7.2.2 Dokončený přípravek



POKUD NENÍ UVEDENO JINAK:
JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH
DRSNOST:
TOLERANCE:
LINEÁRNÍ:
ÚHLOVÁ:

OPRACOVÁNÍ:

ODSTRANIT
OSTRÉ HRANY

NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU

ZMĚNA

NÁZEV	PODPIS	DATUM		
NAVRHL				
PŘEZKOUŠEL				
SCHVÁLIL				
VÝROBA				
Z. JAKOSTI			MATERIÁL:	
			HMOTNOST:	

NÁZEV:

Přípravek pro měření varistorů

Č. VÝKRESU

PRIPRAVEK

A4

MĚŘÍTKO:1:2

LIST 1 Z 1 LISTŮ