

Návrh a realizace kalibrace výtlačného plastometru M201

Bc. Vít Rafaj

Diplomová práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Vít Rafaj
Osobní číslo:	T18326
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Řízení jakosti
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Návrh a realizace kalibrace výtlačného plastometru M201

Zásady pro vypracování

Vypracování řešerše na zadané téma.

Renovace plastometru M201

Návrh kalibračního postupu pro kalibraci plastometru M201 a jeho realizace

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

Seznam doporučené literatury:

MILITKÝ, Jiří a Dana KŘEMENÁKOVÁ. *Metrologie a řízení jakosti*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-242-6.

ZATLOUKAL, Martin. *Applied rheology for polymers: from characterization to modeling and flow instabilities: Aplikovaná reologie pro polymery: od charakterizace k modelování a tokovým nestabilitám : theses of dissertation for obtaining the „doctor of sciences“ degree in the category of the sciences chemistry*. [Praha]: Academy of Sciences of the Czech Republic, [2014]. ISBN 978-80-260-9412-8.

MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Kompendium statistického zpracování dat*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2196-8.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Vladimír Pata**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **5. ledna 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem v diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta: Bc. Vít Rafaj

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá renovací a kalibrací výtlačného plastometru M201. Ten slouží pro měření MFI (Melt Flow Index), neboli indexu toku taveniny (ITT).

V teoretické části jsou stručně popsány metody měření indexu toku taveniny dle norem ČSN 640861, ISO 1133 a ASTM D 1238. V praktické části se věnuji renovaci plastometru M201, jeho kalibraci a realizaci zkušebních měření v porovnání s jiným přístrojem na měření ITT.

Klíčová slova: renovace, kalibrace, porovnání, M201, MFI, ITT

ABSTRACT

The diploma thesis deals with renovation and calibration of extrusion plastometer M201. It is used to measure MFI (Melt Flow Index), that is ITT in Czech.

In theoretical section briefly describes methods for measuring melt flow index according to ČSN 640861, ISO 1133 and ASTM D 1238. Practical part of the thesis describes renovation of extrusion plastometer M201, its calibration and implementation of test measurements in comparison with another MFI measuring device.

Keywords: renovation, calibration, comparison, M201, MFI, ITT

Děkuji tímto vedoucímu této diplomové práce prof. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za poskytnutí cenných rad, za odborné vedení a čas strávený nad konzultacemi k této diplomové práci a v neposlední řadě za trpělivost s procesem renovace přístroje.

Rovněž velký dík patří mé přítelkyni a mým blízkým kamarádům za podporu při studiu i tvorbě této práce.

„Smutné je, že hlupáci jsou tak sebejistí, zatímco moudří lidé jsou vždy plní pochybností.“

- Bertrand Russell -

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.2 MĚŘENÍ INDEXU TOKU TAVENINY – ČSN EN ISO 1133	11
1.2.1 Zkušební vzorek	16
1.2.2 ČSN EN ISO 1133 metoda A.....	16
1.2.3 ČSN EN ISO 1133 metoda B.....	19
1.2.4 Protokol o zkoušce	21
1.3 TOKOVÉ VLASTNOSTI ZÁKLADNÍCH DRUHŮ POLYMERŮ	22
1.3.1 Amorfní plasty	22
1.3.2 Semi-krytalické plasty	23
1.3.3 Elastomery.....	23
1.3.4 Reaktoplasty.....	23
1.3.5 Termoplasty.....	23
2 PÁJENÍ	24
2.1 PÁJKY.....	24
2.2 TAVIDLA	26
2.2.1 Kalafuna	26
2.2.2 Pájecí kapaliny	27
2.3 PÁJEČKY.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
3 VÝTLAČNÝ PLASTOMETR M201	32
3.1 POPIS RENOVANÉHO ZAŘÍZENÍ	32
3.1.1 Stav před renovací.....	33
3.1.2 Schéma přístroje – klíčové mechanické části.....	34
3.1.3 Blokové schéma přístroje – elektrické	36
3.1.4 Kontrola funkčnosti po blocích.....	37
3.2 RENOVACE	37
3.2.1 Renovace mechanických částí.....	38
3.2.2 Renovace elektrických částí.....	40
3.3 ÚDRŽBA PŘÍSTROJE M201	51
3.3.1 Údržba mechanických částí přístroje	51
3.3.2 Údržba elektrických částí přístroje.....	52
3.3.3 Návod k použití přístroje.....	52
3.3.4 Stručný a zkrácený návod	55
3.3.5 Řešení běžných provozních závad	56
3.3.6 Možnosti modernizace a digitalizace	57
3.4 REALIZACE MĚŘENÍ ITT/MFI.....	58
3.4.1 Výsledky měření Bralenu.....	58

4 PŘÍNOSY RENOVACE	59
ZÁVĚR	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
SEZNAM OBRÁZKŮ	65
SEZNAM TABULEK	67
SEZNAM PŘÍLOH	68

ÚVOD

Základem mnoha moderních laboratoří, jak na výzkumných pracovištích tak na kontrolních pracovištích výroby, by měl být plastometr. Proto byla i mou motivací při renovaci již letitého plastometru M201 vidina toho, že laboratoř prof. Ing. Paty je vybavena funkčním přístrojem pro alespoň orientační materiálové zkoušky. Zkoušení vlastností materiálů používaných ve výrobě je jedním ze základů pro udržování rozumné kvality výroby. Hodnocení kvality plastových výrobků a udržování maximální kvality výroby a minimální zmetkovitosti není pouze o materiálových zkouškách před použitím ve výrobě, ale též následná kontrola polotovarů i hotových výrobků.

Pro potřeby této práce se však omezíme na to, co je možno zkoumat na plastometru a jak toto zařízení ve svém principu funguje.

Plastometr, obecně též známý jako reometr nebo vytlačovací plastometr, je zařízení, které slouží ke zkoumání indexu toku taveniny, ITT, který též můžeme nalézt pod označením MFI, melt flow index.

Index toku taveniny nám udává množství taveniny, které je vytlačeno tryskou vytlačovacího plastometru za 10 minut, při předepsaných zkušebních podmínkách. Množství se pak měří v cm³ pro stanovení MVR (melt volume flow rate), objemový průtok, nebo pak v gramech pro stanovení MFR (melt mass flow rate). [1]

Podmínky materiálových zkoušek byly v průběhu doby definovány několika normami ČSN, ISO, ASTM D a všechny tyto výchozí normy pro materiálové zkoušky si v této práci probereme. Přístroj, jenž byl předmětem renovace - plastometr M201, byl totiž již v době svého vzniku v druhé polovině osmdesátých let navržen pro splnění podmínek měření právě těchto norem.

Předmětem této práce byla též renovace a oprava, principem renovace bylo hlavně obnovení původní funkčnosti přístroje v parametrech zamýšlených výrobcem, nikoliv jeho inovace na současné technologické podmínky (připojení na PC). Přesto se budu možnostmi digitalizace tohoto přístroje teoreticky zabývat a jeho napojení na výpočetní techniku drátovým i dálkovým způsobem, by bylo jedním z možná přínosných vylepšení. Vzhledem k době, kdy byl přístroj konstrukčně navržen, se však nemůžeme divit, že možností digitálního exportu dat nedisponuje.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Z chemického pohledu se jedná především o organické látky, jejichž původ může být přírodního charakteru (např. přírodní kaučuk) nebo syntetického původu (mohou být i anorganické látky – např. silikony). Polymery odlišuje to, že mají velké molekuly, tzv. makromolekuly, v nichž se mnohokrát opakuje základní konstituční jednotka mer (z řečtiny díl). Předpona poly pak znamená mnoho. Délku makromolekul můžeme vyjádřit molární (relativní molekulovou) hmotností. Za makromolekulární látku považujeme takovou sloučeninu, jež má molární hmotnost větší než 1000 g/mol. V případě polymerů to může být klidně o řád více. Pro srovnání nejběžnější nízkomolekulární látka, voda, má molární hmotnost cca 18 g/mol. Polymery představují tedy jakousi chemickou stavebnici, která umožňuje neobyčejnou proměnlivost struktur i vlastností tak, aby splňovala náročné požadavky na ni kladené. [12]

1.1 INDEX toku taveniny – ITT/MFI

Polymery se za posledních několik desetiletí dostaly prakticky do všech technických oborů. Polymerů existuje velké množství a dnes již vyhovují i náročným požadavkům leteckého, nebo kosmického průmyslu. Dnes se prakticky žádný výrobek bez plastu neobejde, nebo jen za cenu větších či menších nákladů a obvykle s navýšením hmotnosti. Takový mobilní telefon, nebo notebook si lze jen stěží představit, jak by mohl existovat, nebýt plastů. Dnes již běžně z plastových strun tiskneme prototypy, kusovou výrobu specifických dílů, zakázkovou výrobu atd.

Měření indexu toku taveniny nám dává tušit, jaké jsou za specifických teplot tokové vlastnosti materiálů a výroba je schopna díky tomuto připravit mnohem precizněji například formu pro vstřikování. Teplotní chování polymerů nám nejen dává pochopit aspekty použití takového materiálu ve výrobě, ale i vliv konkrétního materiálu na výsledný výrobek.

V dnešní době se navíc nemusí jednat pouze o jednotlivé polymery, ale může se jednat i o polymerní směsi.

1.2 Měření indexu toku taveniny – ČSN EN ISO 1133

Hmotnostní index toku taveniny (MFR) i objemový index toku taveniny (MVR) stanovujeme měřením, při němž vytlačujeme roztavený materiál z nitra válce (vnitřní komora topné komory). Vytlačování probíhá skrz trysku o předem definovaném průměru

a délce, při udržování konstantní zvolené teploty a při konstantním tlaku na píst. Tlak je způsoben závažím o předem dané hmotnosti.

Metoda měření MFR, tedy metoda A znamená, že odřezáváme strunu vytlačovanou skrz trysku v časových intervalech a vypočítáváme rychlost vytlačování v g/10 min.

Metoda měření MVR, tedy metoda B znamená, že se píst pohybuje po předem stanovené dráze (píst je cejchován u přístroje M201) a my sledujeme, za jak dlouho danou trasu urazí a z toho pak dopočítáváme rychlost vytlačování v $\text{cm}^3/10 \text{ min}$.

Výsledky obou metod lze mezi sebou převádět za předpokladu znalosti hustoty materiálu při dané zkušební teplotě a tlaku. Norma však stanoví, že tlak může být i atmosférický, běžný a není potřeba dělat měření ve speciální místnosti. [1]

Zkušebním zařízením je pro tuto metodu výtlačný plastometr. Ten pracuje za konstantní, uživatelsky definovatelné teploty. Obecné schéma komory je vidět na obrázku číslo 1. Renovovaný plastometr má však teplotní čidla 2, jedno v horní a jedno v dolní části komory a pochopitelně také dutinu pro kontrolní teploměr. Na témže obrázku je vidět i obecné závaží, jehož hodnota je definována pro každé měření.

Norma dále definuje i délku válce a to 115 mm až 180 mm s vnitřním průměrem komory válce $9,550 \pm 0,007 \text{ mm}$. Komora musí být zároveň v kolmé poloze oproti podložce. Podložka pak musí být v rovině, což nám zajistí stavěcí šrouby v rozích přístrojové základny. U materiálu pro výrobu komory je norma nespecifická. Materiál musí mít pouze povrchovou tvrdost podle Vickerse větší než 500, za dodržení drsnosti maximálně $0,25 \mu\text{m}$.

Plochu exponovaného povrchu základny komory musíme udržet pod 4 cm^2 . Toho se u plastometru M201 docílilo instalací teplo-izolačních desek na dolní stranu komory. Do ní byla pouze vyvrtána díra, pro odtok struny od trysky. Pokud je to možné, měl by se použít vodič pístu, aby se eliminovalo tření vyvolané vyosením pístu vůči komoře. [1]

Z opotřebení komory renovovaného přístroje je mi však jasné, že problém nesouososti u tohoto přístroje nebyl nijak sledovatelný. Povrch komory by měl být proto v pravidelných intervalech sledován, zda nevykazuje nadměrné opotřebení a tím zvýšenou drsnost Ra.

Rovněž samotný píst musí splňovat náležité parametry. Ve výbavě bychom měli píst dutý a plný. Dutý píst se používá, když chceme docílit velmi nízkého zatížení. Píst musí také splňovat několik rozměrových parametrů zapsaných do tabulky níže.

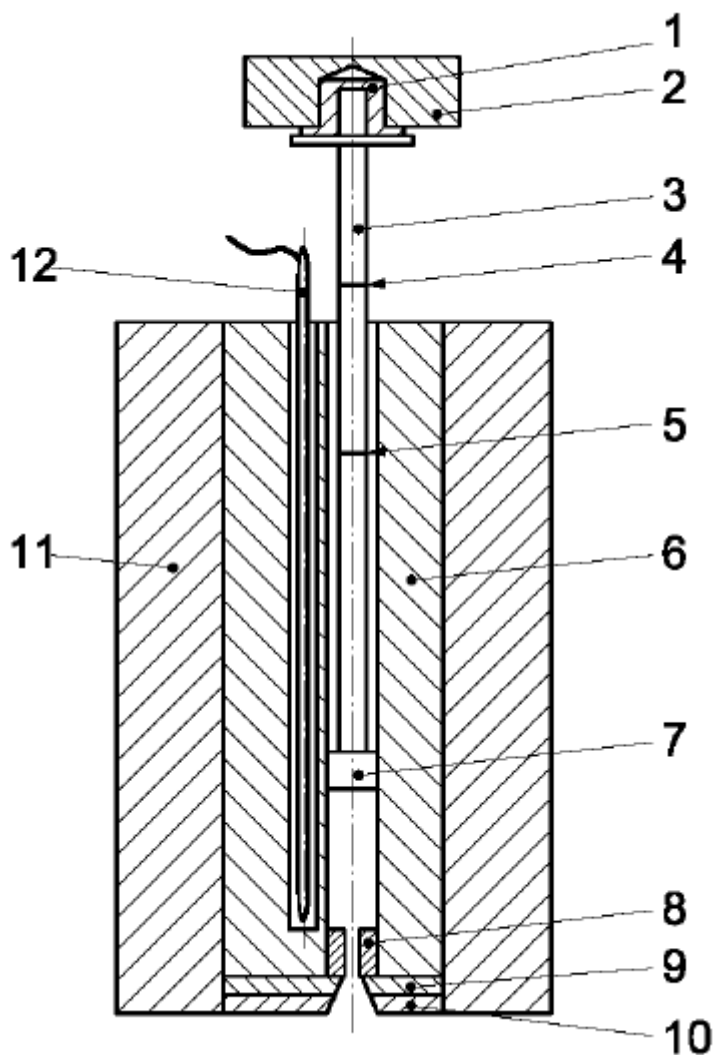
Tabulka 1 Vlastnosti pístu [1]

Délka hlavy	$6,35 \pm 0,1$ mm
Průměr hlavy	$9,474 \pm 0,007$ mm
Průměr dřívku	≤ 9 mm
Poloměr dolní hrany	0,4 s tolerancí -0,1 mm

Průměrem dřívku se rozumí zúžená část pístu nad hlavou. Pochopitelně píst musí být vyroben z materiálu odolného proti korozi a teplotě až 450 °C, tedy maximální možné teplotě komory. Přístroj M201 má pak teplotní rozsah nižší. Ten byl experimentálně stanoven na 350 °C, neboť nad touto teplotou přístroj již netopil. Pokud byla teplota nastavena nad 350 °C před jeho zapnutím, výhřev komor se ani nespustil. Bližší podrobnosti jsou popsány v tabulce v kapitole 3.1. Čistě z praktického hlediska předpokládám, že materiál pístu nemá takovou tvrdost jako materiál, z něž je vyrobena komora.

Píst je rovněž cejchován, jak je vidět na obrázku číslo 1 - body 4 a 5, a rozestup těchto retenčních značek je $30 \pm 0,2$ mm. Značky na pístu se pak využívají u měření MVR, kde potřebujeme sledovat, za jakou dobu píst urazí jakou dráhu.

Jednou z dalších podmínek je existence izolace (obrázek 1 bod 1) mezi kovovým materiálem pístu a kruhy závaží, aby nedocházelo k ochlazení pístu.



Obrázek 1 obecný náčrt komory definovaný normou ČSN EN ISO 1133-1

Tabulka 2 Legenda pro obrázek 1 [1]

Číslo prvku ve schématu	Název prvku
1	Izolace
2	Snímatelné závaží
3	Píst
4	Horní referenční značka
5	Dolní referenční značka
6	Válec
7	Hlava pístu
8	Tryska
9	Deska podepírající trysku

10	Izolační deska
11	Izolace
12	Teplotní čidlo

Systém regulace vytápění komory musí rovněž zajistit stálost teplot napříč komorou v rozmezích definovaných právě touto normou, viz následující tabulka. Plastometr M201 by měl těmto podmínkám vyhovovat plně, testováním však byl prakticky naměřen pouze rozdíl teplot v nastavené teplotě do 250 °C.

Tabulka 3 Maximální povolená odchylka od požadované zkušební teploty v závislosti na vzdálenosti a čase po dobu trvání zkoušky [1]

Zkušební teplota T [°C]	při (10 ± 1) mm nad horním povrchem standardní trysky [°C]	od (10 ± 1) mm do (70 ± 1) mm nad horním povrchem standardní trysky [°C]
125 ≤ T < 250	± 1	± 2
250 ≤ T < 300	± 1	± 2,5
300 < T	± 1	± 3

Norma doporučuje sledování teploty komory například platinovými teploměry, což renovovaný plastometr splňuje. Obsahuje totiž dva teploměry Pt100, platinové. Skrz dutinu pro kontrolní teploměr je možné provést ještě dodatečné měření, aby se ověřila skutečná teplota taveniny, zda odpovídá nastavené hodnotě. Na čelním panelu plastometru M201 je korekční potenciometr, nastavující pozitivní nebo negativní činitel korekce teploty.

Normou doporučený postup kalibrace je následující. Přístroj nastavíme na požadovanou teplotu vytápění komory, necháme přístroj ustálit a kontrolujeme kontrolním teploměrem. Následně provádíme měření teploty nad horní plochou standardní trysky od 0 mm po 70 mm vždy po 10 mm a s tolerancí ± 1 mm. Teploty zaznamenáváme, celková doba odečtů nesmí v součtu přesáhnout 10 minut. Válec musí být materiálem naplněn alespoň 100 mm nad horní hranu trysky.

Tryska samotná musí být vyrobena z tvrzené oceli nebo karbidu wolframu.

Ve specifických případech může být tryska vyrobena také ze slitiny kobaltu, chromu a wolframu, eventuálně syntetického safíru. Speciální materiály se používají pro trysky určené pro zkoušky korozivních materiálů.

Rozměrově je tryska definovaná s délkou $8 \pm 0,025$ mm, její horní a spodní hrana musí být kolmá na její stěny a neměla by nést znatelné stopy po obrábění. Tryska musí obsahovat kruhový, rovný otvor stálého průměru po celé délce. Průměr trysky je definován jako $2,095 \pm 0,005$ mm. Průměr otvoru trysky musí být pravidelně kontrolován kalibrem, aby byla zachována přesnost měření. Pokud je možné kalibr neprůchozí stranou vložit z libovolné strany do otvoru trysky, musí být tato tryska nahrazena. Pokud je povrch kolem vstupu trysky popraskaný, nebo naštípnutý, zkrátka jinak deformovaný, je rovněž nutno trysku vyřadit a nahradit novou.

Stejně jako komora, tak i tryska musí být povrchově vytvrzena na hodnotu tvrdosti podle Vickerse větší než 500, s totožným limitem pro drsnost povrchu $R_a = 0,25$ μm .

Rozměrově musí tryska padnout do válce tak, aby nedovolovala materiálu její obtečení, ale zároveň aby se mohla válcem volně pohybovat a být usazena na místo. Otvor trysky musí být koaxiální s topnou komorou, respektive s dutinou, do které se umísťuje.

Ačkoliv je možné použít trysku s poloviční velikostí, tryska s výškou 8 mm se považuje za standard a nemusí být nijak zaznamenávána. Při použití trysky s poloviční, 4 mm výškou, je toto třeba u měření uvést. Tryska s výškou 4 mm má toleranci $\pm 0,025$ mm a otvor má o průměru $1,050 \pm 0,005$ mm. Pod tuto trysku se nesmí použít žádná rozpěrka, která by zvětšila zdánlivou výšku na 8 mm.

1.2.1 Zkušební vzorek

Zkušební vzorek může mít různé formy. Do otvoru válce půjde vložit granulát, tablety, prášek, proužky folie atp. Při použití prášku norma ve své příloze C definuje nutnost prášek dopředu nalisovat do podoby pelet nebo předlisků, aby vytlačovaná struna neobsahovala bubliny a nedegradovala tak celé měření. [1]

Forma zkušební vzorku může být důležitým faktorem pro reprodukovatelnost výsledků. Forma zkušební vzorku by proto měla být kontrolována, to zaručí srovnatelnost výsledků napříč různými pracovišti.

Volba hmotnosti vzorku pro jednotlivé metody bude v kapitole příslušné metody.

1.2.2 ČSN EN ISO 1133 metoda A

Před započítáním série zkoušek je nutno zajistit, aby byly válec a píst ponechány alespoň 15 minut při zvolené teplotě. Teplotu a zatížení volíme podle normy pro daný materiál. [1]

Tabulka 4 Normy definující zkušební podmínky pro konkrétní materiály [1,14]

Materiál	Definující norma
ABS	ISO 2580
ASA, ACS, AEDPS	ISO 6402
E/VAC	ISO 4613
MABS	ISO 10366
PB	ISO 8986 ISO 15494 ISO 15876
PC	ISO 7391
PE	ISO 1872 ISO 4427 ISO 4437 ISO 15494 ISO 22391
PMMA	ISO 8257
POM	ISO 9988
PP	ISO 1873 ISO 15494 ISO 15874
PS	ISO 1622
PS-I	ISO 2897
SAN	ISO 4894

Norma rovněž definuje zkušební teploty v případě, že pro materiál nejsou přímo určeny vlastní normou (100; 125; 150; 190; 200; 220; 230; 240; 250; 260; 265; 275; 280 a 300 °C). Rovněž tak jsou přesně definovány celkové hmotnosti závaží při zkoušce (0,325; 1,2; 2,16; 3,8; 5; 10; 21,6 kg).

Vzorek odvážíme podle tabulky č. 5 v rozmezí 3 až 8 g. Vkládaný vzorek pēchujeme ručně za pomoci pēchovací tyčinky, jenž je součástí sady k plastometru. Plnění samotné by nemělo trvat déle než minutu. Pēdehřev je stanoven na 5 minut. Na přístroji M201 nastavovací kotouč úplně vlevo.

Píst je nutno po ukončení vsázky spustit do válce. Můžeme a nemusíme zatížit. Pokud je předpokládané MFR respektive MVR > 10 g/10 min respektive 10 cm³/10 min, je možná velká ztráta vzorku během pēdehřevu komory. U takových materiálů používáme zásadně nezatížený píst nebo jen malá závaží.

Tabulka 5 Pokyny pro stanovení zkušebních parametrů vzorku a ořezu struny [1,14]

MFR [g/10min] MVR [cm ³ /10min]	Hmotnost zkušebního vzorku vsazovaného do válce [g]	Interval pro odřezávání struny [s]
$> 0,1 \wedge \leq 0,15$	3 až 5	240
$> 0,15 \wedge \leq 0,4$	3 až 5	120
$> 0,4 \wedge \leq 1$	4 až 6	40
$> 1 \wedge \leq 2$	4 až 6	20
$> 2 \wedge \leq 5$	4 až 8	10
> 5	4 až 8	5

Měření probíhá tak, že se píst se zaváží po přehřevu (5 minut po ukončení vsázky zkušebního vzorku) necháváme samovolně klesat, dokud není vytlačovaná struna zcela bez bublin. Důrazně se doporučuje, aby se před zahájením zkoušky neprovádělo nucené vytlačování vzorku, ať už ruční nebo s použitím dalších závaží. Pokud se použije nucené vytlačování, musí se tato skutečnost zaznamenat v protokolu o zkoušce. Strunu takto vytlačenou odřízneme pomocí řezného nástroje a vyhodíme. Zatížený píst necháváme dál samovolně klesat.

Jakmile dolní referenční značka (obrázek 1 bod 5) dosáhne hrany válce, spustíme stopky a odřízneme strunu, která byla do té doby vytlačena, a strunu vyhodíme. Až následující odřezky se budou započítávat do samotného měření. Podle předpokládané hodnoty MFR volíme časový interval délky odřezku tak, aby byla alespoň 10 mm (optimálně 10 až 20 mm). S určením doby nám pomůže také tabulka č. 5.

Metoda A má své omezení u materiálů s velmi nízkými hodnotami MFR respektive MVR, nebo u materiálů s velkým stupněm narůstání za tryskou. V těchto případech nemusí být možné získat dostatečně dlouhé odřezky ani za maximální povolenou dobu odřezávání 240 s. Metodu A použijeme pouze tehdy, je-li hmotnost každého odřezku získaného za 240 s větší, než 40 μ g. V opačném případě musíme použít metodu B.

Odřezávání ukončíme ve chvíli, kdy horní referenční značka na pístu dosáhne horní hrany válce. Je nutno vyřadit odřezky obsahující viditelné vzduchové bubliny. Po zchlazení se zbylé odřezky, jednotlivě zváží (přesnost na 1 mg) a vypočítá se jejich průměrná hmotnost. V případě rozdílu mezi maximem a minimem o více než 15 %, výsledky nebereme v potaz jako celek a zkouška se opakuje na novém vzorku.

Maximální doba trvání měření, počítána od naplnění válce do konce posledního měření, nesmí přesáhnout 25 minut. Existují materiály, u kterých je nutné tuto dobu zkrátit, aby se zabránilo degradaci nebo sítování materiálu v průběhu zkoušky. V takových případech by se mělo zvážit použití ISO 1133-2. [15]

$$MFR = \frac{600 \times m}{t}$$

Kde:

MFR - je měřeno za konkrétních podmínek teploty a jmenovitého zatížení

m průměrná hmotnost odřezku [g]

t interval odřezávání struny [s]

rovněž platí, že:

$$MFR = MVR \times \rho$$

Kde:

ρ hustota taveniny při zkušební teplotě [g/cm^3]

Výsledek bychom měli vyjadřovat na tři platné číslice, maximálně na dvě desetinná místa a zapisujeme rovněž zkušební teplotu a použité zatížení, např.: MFR = 8,4 g/10 min (150 °C/2,16 kg), MFR = 0,11 g/10 min (150 °C/2,16 kg).

1.2.3 ČSN EN ISO 1133 metoda B

Před započítáním série zkoušek je nutno zajistit, aby byly válec a píst ponechány alespoň 15 minut při zvolené teplotě. Teplotu a zatížení volíme podle normy pro daný materiál. [1]

V tabulce číslo 6 jsou uvedeny minimální délky posuvu pístu v závislosti na předpokládaném MVR respektive MFR.

Tabulka 6 Tabulka stanovující zkušební parametry [1,14]

MFR [g/10min] MVR [cm ³ /10min]	Minimální posuv pístu [mm]
> 0,1 \wedge \leq 0,15	0,5
> 0,15 \wedge \leq 0,4	1
> 0,4 \wedge \leq 1	2
> 1 \wedge \leq 20	5
> 20	10

Volba hmotnosti vsázky se řídí stejnou tabulkou jako v případě metody A, tedy tabulkou číslo 5.

Měření samotné se řídí stejnou přípravou jako při využití metody A. Měření nezačíná dříve, než se dolní referenční značka pístu dostane na úroveň horní hrany komory.

Měření se provádí dvojitým způsobem:

- a) Měří se vzdálenost, o kterou píst sestoupí za stanovený čas
- b) Měří se doba, za kterou píst urazí definovanou vzdálenost

Měření končí ve chvíli, kdy se horní referenční značka pístu dostane na úroveň horní hrany komory.

Maximální doba trvání měření, počítána od naplnění válce do konce posledního měření, nesmí přesáhnout 25 minut. Existují materiály, u kterých je nutné tuto dobu zkrátit, aby se zabránilo degradaci nebo sítování materiálu v průběhu zkoušky. V takových případech by se mělo zvážit použití ISO 1133-2. [15]

$$MVR = \frac{A \times 600 \times l}{t}$$

Kde:

MVR - je měřeno za konkrétních podmínek teploty a jmenovitého zatížení

A průměr ploch jmenovitého průřezu válce a hlavy pístu [cm²]

l stanovená vzdálenost, kterou urazí píst nebo průměrná hodnota jednotlivých měření vzdálenosti [cm]

t stanovená doba měření nebo průměrná hodnota jednotlivých měření času [s]

rovněž platí, že:

$$MFR = \frac{A \times 600 \times l}{t} \times \rho$$

Kde:

ρ hustota taveniny při zkušební teplotě [g/cm³]

a také platí:

$$\rho = \frac{m}{A \times l}$$

Kde:

m hustota taveniny při zkušební teplotě [g/cm³]

Výsledek bychom měli vyjadřovat na tři platné číslice, maximálně na dvě desetinná místa a zapisujeme rovněž zkušební teplotu a použité zatížení, např.: MFR = 8,4 g/10 min (150 °C/2,16 kg), MFR = 0,11 g/10 min (150 °C/2,16 kg).

Ještě je možnost uvádět do protokolu hodnotu FRR, poměr indexů toku taveniny

$$FRR = \frac{\text{MFR (150°C, 10 kg)}}{\text{MFR (150°C, 2,16 kg)}}$$

Jde tedy o pouhý jednoduchý poměr mezi dvěma hodnotami MFR nebo MVR za shodné teploty a rozdílného zatížení.

1.2.4 Protokol o zkoušce

Protokol o zkoušce má normou předepsány tyto údaje:

- a) odkaz na normu, v tomto případě ISO 1133 (ISO 1133-1:2011)
- b) všechny informace nezbytné k plnému popisu zkušební vzorku, zahrnuje též fyzikální formy zkušební materiálu - vsázky
- c) úplný popis podmínek úpravy vsázky; včetně podmínek sušení, popřípadě tvarování, zatížení před stlačením a dobu nuceného vytlačování před zkouškou
- d) údaje o stabilizaci
- e) použitou zkušební teplotu a hmotnost zatížení
- f) dobu předehřevu (pokud nebyla 5 min);
- g) pro metodu A: naměřené hmotnosti odřezků a interval odřezávání
nebo
pro metodu B: stanovenou dobu měření nebo dráhu pohybu pístu a odpovídající naměřené hodnoty dráhy nebo doby měření
- h) hmotnostní index toku taveniny (MFR) [g/10 min]
nebo

objemový index toku taveniny (MVR), [cm³/10 min], na tři platné číslice, maximálně na dvě desetinná místa

- i) jestliže byla hodnota MFR nebo MVR vypočítaná pomocí hustoty (kapitoly 1.2.2 a 1.2.3), musí se zde uvést, že hodnoty bylo dosaženo výpočtem za použití konkrétní hustoty taveniny při nastavené teplotě a zda tato hustota byla naměřena, nebo převzata z materiálového listu
- j) jestliže se uvádí hodnota MFR a/nebo MVR získaná s poloviční tryskou, musí se použít dolní index „h“ a musí se uvést, že byla použita tryska s poloviční výškou
- k) poměr indexů toku taveniny (FRR)
- l) záznam neobvyklého chování zkoušeného vzorku (změna barvy, deformace atp.)
- m) vytlačené struny (povrchový lom) nebo nečekaný rozptyl indexu toku taveniny;
- n) datum zkoušky

1.3 Tokové vlastnosti základních druhů polymerů

Tokové vlastnosti prakticky všech materiálů jsou ovlivněny jejich teplotou a u polymerů tomu není jinak. U polymerů známe několik kritických teplot, při kterých nastávají specifické děje, nebo se překotně mění vlastnosti materiálů. Tyto teploty jsou obecně definovány jako: [13, 16]

T_g teplota skelného přechodu (nebo ještě starší výraz zesklennění)

T_f teplota viskózního toku (pro amorfni)

T_m teplota tání (pro semi-krystalické)

T_z tepelná degradace polymeru

1.3.1 Amorfni plasty

Amorfni plasty jsou charakterizovány přechodovými teplotami skelného přechodu (T_g), (zesklennění) a teplotou viskózního toku (T_f). Při teplotě nižší, než je teplota skelného přechodu, se termoplast nachází ve sklovitém stavu, překročí-li ji, dostane se do stavu kaučukovitého. Při teplotě nižší, než je teplota skelného přechodu, je polymer tvrdý, křehký a má vysoký modul pružnosti. V přechodové oblasti, tedy v okolí teploty skelného přechodu se vlastnosti amorfniho termoplastu mění skokově, náhle a polymer postupně získává

kaučukovitou pružnost, modul pružnosti poklesne velmi dramaticky, i o několik řádů. Toto chování je zapříčiněno zvýšenou pohyblivostí částí makromolekul. Pokud narůstá teplota dále, dostáváme se postupně až do oblasti viskózního toku (T_f), kde amorfni plast postupně ztrácí své elastické vlastnosti. Modul pružnosti skokově klesá až k nule, dochází ke změně na taveninu. Při teplotách $> T_f$ zpracováváme amorfni termoplasty technologickými postupy vstřikování, vytlačování atd. [17]

1.3.2 Semi-krystalické plasty

U semi-krystalických polymerů dochází k náhlým změnám vlastností v oblasti teploty tání T_m . Při teplotě tání tají krystaly, což znamená změnu skupenství, které se mění z tuhého na kapalné. Tání se děje v určitém teplotním pásmu, teplota tání je střední hodnotou tohoto pásma. Teplota tání je odvislá od velikosti mezimolekulárních vazeb a od velikosti makromolekul. Zvětšení v obou případech vede ke zvýšení teploty tání. [16]

1.3.3 Elastomery

Elastomery se snadno deformují, ale také se snadno navracejí do původní podoby. Jsou to například kaučuky a pryže. Jejich makromolekuly jsou řídce zesíťované.

1.3.4 Reaktoplasty

Reaktoplasty mají zesíťované makromolekuly, ty jsou nerozpustitelné, netavitelné. Při tepelném zpracování nastává chemická reakce. Nelze je tepelně tvarovat ani svařovat. Prostorově zesíťované makromolekuly jsou nerozpustné a netavitelné. Existuje jen malá závislost mechanických vlastností na teplotě. [18]

1.3.5 Termoplasty

U termoplastů existuje velká závislost mechanických vlastností na teplotě. Při zahřívání měknou, deformace jsou vratné.

2 PÁJENÍ

Pájení je jedním ze způsobů spojování materiálů, při němž nedochází k tavení spojovaných materiálů, nýbrž se taví pouze přidaný materiál. Pájením, pro potřeby této práce, budeme nazývat proces, při němž se v elektrotechnice vytváří elektricky vodivý spoj dvou ploch. Můžeme se setkat s pojmy jako pájecí slitina, obecně se vžil jednodušší označení: pájka. Mezi laickou veřejností je obvykle zaměňována páječka za pájku. Přičemž pájka je tavený materiál, který se přidává do vznikajícího spoje, kdežto páječka je samotné zařízení, díky kterému se pájí (proces) a které dodává teplo. Z principu pak musí platit, že pájka má nižší bod tání, než spojované materiály (obvykle hliník, měď, zlato). K bližšímu složení pájky se dostaneme v následující kapitole. Rozdělujeme proces pájení podle použité pájky a to na pájení s měkkou pájkou a pájení s tvrdou pájkou. Měkká pájka taje nejvýše při teplotě 450°C, tvrdé pájky tají až nad touto teplotou. Pro použití v elektrotechnické praxi se však používají nejvíce pájky měkké. Pájky tvrdé se pak používají spíše pro mechanicky velmi zatížené spoje a při pájení žáruvzdorných materiálů.

Obecně se dá říct, že na kvalitu pájení má vliv několik základních aspektů. Jsou to např.: čistota plošného spoje, použitá pájka (její složení), to zda mísíme novou pájku se starou pájkou, která v místě spojování již byla, velikost mezer, které v plošném spoji jsou předvrtány a zda jsou tyto spoje od výroby prokoveny, či nikoliv a v neposlední řadě též atmosféra (okolní prostředí) a tavidlo. Starší pájky obvykle obsahují olovo. Používání olovnatých pájek bylo zásadně omezeno nařízením vlády č. 481/2012 Sb. (Nařízení vlády o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních). Obecně se též vžil označení RoHS, (Restriction of the use of Hazardous Substances), volně přeloženo jako zákaz použití nebezpečných látek. [4,5]

2.1 Pájky

Obecně tedy materiál, jímž za tepla spojujeme dva materiály, v elektrotechnice, obvykle za účelem elektrické spoje. Velmi výjimečně se můžeme setkat s tím, že je pájka použita i pro mechanické spoje. Toto je mnohem častější u zařízení staršího data výroby (polovina devadesátých let dvacátého století a starší) a je to i případ renovovaného plastometru M201, jenž je konstrukčně z poloviny osmdesátých let. [6]

Dříve se obvykle používaly pájky ze slitiny cínu a olova v různých poměrech, nejčastěji pak okolo poměru 2:1. Díky aplikaci evropských směrnic, RoHS, se postupně upustilo od olovnatých pájek. Teplota tání takovýchto pájek byla těsně pod 200°C. [6,19]

V elektrotechnice se obvykle setkáváme s pájkou ve formě stočeného drátu o různém průměru (dle potřeby podle velikosti pájeného spoje). Součástí pájky běžně bývá i malý obsah tavidla, obvykle kalafuny.

Dnes používané bezolovnaté pájky musí vyhovět několika kritériím, protože většinu materiálu pájeného spoje tvoří právě pájka. Prvním parametrem je forma, v našem případě drát o průměru 1 mm, který je vhodný zejména pro ruční pájení. Následují materiálové charakteristiky, jako teplota tání (nad 185 °C z důvodu mísitelnosti se staršími pájkami) a minimální rozsah plastického stavu (optimálně v rozmezí 5-15 °C). [6,19]

Mísitelnost se staršími pájkami je klíčová při opravě starších elektrotechnických zařízení, neboť opravovaný spoj sice může obsahovat dostatečné množství materiálu, ale ten ani za použití tavidla nechce snadno přilnout na nově vkládaný vodič opravované součásti. Minimální rozsah plastického stavu pak zajistí, že pájka při oddálení páječky rychle tuhne a spoj se tak stává mechanicky pevným. To v mnohém usnadňuje veškerou manipulaci s pájenými součástkami a snižuje dobu nutnou pro samotnou opravu. Významnou roli rovněž hraje dostupnost a cena. V domácích podmínkách není dostupnost prakticky žádný problém a pro běžné, ručně pájené spoje se pájky dají snadno zaměnit. Pro potřeby strojové výroby si ale mnohdy nemůžeme dovolit měnit složení materiálu pájky vzhledem k nastavení výrobního procesu. Obecně žádanými parametry pak jsou co možná nejvyšší elektrická i tepelná vodivost slitiny a zároveň co nejnižší teplotní délková roztažnost. Dalším obecně poptávaným parametrem je smáčivost, tedy schopnost pájky přilnout k pájeným plochám. Tyto parametry jsou obecně žádány proto, že napomáhají dlouhodobé funkčnosti pájených spojů. [8,20]

Bezolovnaté pájecí slitiny většinou obsahují minimálně 60% cínu, zbytek může být tvořen různými více, či méně hodnotnými kovy a ve velmi malé míře obvykle slitiny obsahují též stříbro nebo zlato. Vzhledem k výše popsanému obecnému složení je pak jasné, že cena bezolovnatých pájek je vyšší než těch olovnatých, dříve používaných.

Největší prakticky rozdíl pak najdeme v teplotě tání, kdy olovnaté pájky dosahují tekuté fáze při teplotě okolo 185 °C, u bezolovnatých pájek se setkáme nejčastěji s teplotou v rozmezí 190-227 °C. Protože slitina obsahuje větší množství cínu, který sám o sobě má teplotu tání cca 232 °C. [20]

Jako náhrada olova v bezolovnatých pájkách se pak používají nejčastěji kovy z níže uvedené tabulky, proto, že specifickým způsobem upravují vlastnosti pájky. Pájka se obvykle skládá

ze 2 nebo 3 kovů. Běžně používané cínové pájky, pro ruční pájení mají více než 90% cínu. Setkat se proto můžeme s označením jako Sn96Ag3Cu0,5 nebo Sn99Cu0,7Ag0,3. Někdy se nelze prostým součtem procentuálních hodnot zastoupení dopočítat 100 %, rozdíl je pak tvořen tavidlem, jenž je součástí mnoha pájek. [22]

Tabulka 7 Náhrady olova v pájkách a důvod jejich užití [20, 25]

Přídavek slitiny	Klíčové pozitivní i negativní vlastnosti při přidání do slitiny
Cu - měď	Proti šíření únavové trhliny, zvýšený obsah snižuje roztékavost
Ag – stříbro	Snižuje bod tání, zlepšuje pevnost spoje a smáčivost, snižuje schopnost rozpouštět jiné kovy
Zn - zinek	Snižuje bod tání, zhoršuje smáčenlivost, snadno oxiduje
Ni - nikl	Zabraňuje odsmáčení (dewetting)
Bi - bismut	Snižuje bod tání, drahý
In - indium	Snižuje bod tání, zlepšuje smáčivost, dražší než stříbro, drahé
Sb - antimon	Snižuje povrchové napětí, zvyšuje mechanickou pevnost
Ge - germanium	Zabraňuje oxidaci

2.2 Tavidla

Tavidlo má několik základních, obecných, funkcí. Tavidlo urychluje smáčení, což vede v praktickém slova smyslu k lepšímu a rychlejšímu přilnutí pájky k pájeným plochám. Zlepšuje roztékání a zatékání pájky do děr, což napomáhá k rychlejšímu a pohodlnějšímu pájení. Zabraňuje další oxidaci pájených ploch. [23]

Některá tavidla s sebou přinášejí i nežádoucí účinky, které je třeba následně minimalizovat, nebo zcela eliminovat.

2.2.1 Kalafuna

Ačkoliv tavidel obecně existuje mnoho různých, pro potřeby této práce si popíšeme k renovaci používané tavidlo a také obecně nejrozšířenější. Kalafuna může být umělá, nebo

přírodní. Základem přírodní kalafuny je pryskyřice rozpuštěná v organickém rozpouštědle. Za pokojové teploty je pevná a křehká, medové barvy.



Obrázek 2 Kalafuna, 30g, zdroj: gme.cz

Vyrábí se z pryskyřice borovic a své jméno údajně získala po řeckém městě Kolofón, které se v dávné historii proslavilo vývozem pryskyřice. Při pájení se používá zejména z toho důvodu, že při zahřátí je schopna narušovat tenké vrstvy oxidů na vodičích a pomáhá tak smáčenlivosti pájky na pájených plochách. Ulehčuje tedy pájení. Výhodou kalafuny oproti např. pájecím kapalinám je to, že kalafuna nemusí být nutně z pájeného spoje omyta ani očištěna (v tomto případě lihem). [24]

2.2.2 Pájecí kapaliny

Jsou vodou rozpustná tavidla, ke snížení použití různých chemikálií na čištění pájených spojů, zejména pak chlorované a fluorované uhlíky (HFC). Lze je snadno oplachovat a to buď lihem, nebo i vodou, což je ekologicky přípustnější a také ekonomicky přijatelnější.

Vodou rozpustná tavidla jsou tekutá i po pájení. Zbytky mohou zůstat i po očištění v nedostupných místech a vyvolat korozi. [3]

Běžně dostupné pájecí kapaliny mohou být i na bázi kalafuny rozpuštěné v etylalkoholu a to v poměrech od 70/30 po 90/10 ve prospěch etylalkoholu. Takovéto pájecí kapaliny se obvykle používají na pájení SMD součástek. Výhodou totiž je, že po pájení nezůstávají žádná nežádoucí residua a není potřeba čištění.

Existují i běžně používané kapaliny, které jsou speciálně pro použití s olověnými pájkami, jsou dražší a jejich obecné složení je podobné jako výše zmíněné, ovšem obsahují navíc např.: Trietanolamin, Dietanolamin, kyselinu citronovou, kyselinu salicylovou atp.

2.3 Páječky

Obecně jde o zařízení používané pro pájení. Pro potřeby této práce si zmíníme druhy páječek, s kterými je možno se běžně setkat při pájení elektroniky v domácích i poloprofesionálních podmínkách. Je nutné si připomenout, že pájení je proces spojování materiálů i například v instalatérské nebo stavební praxi (střechy, okapy), kde se lze setkat nejčastěji s pájením mědi na měď.

Prvním a historicky velmi rozšířeným typem páječky je tzv. ruční transformátorová pájka, zkráceně trafopájka. Je to zařízení, jenž průchodem proudu zahřívá, na stisk tlačítka hrot, umístěný na ústí. Spínání probíhá tlačítkem na rukojeti. Hrot může být například z mědi. Přichycen je dvěma malými šrouby s podložkami.



Obrázek 3 Transformátorová pájka, zdroj: gme.cz

Dalším hojně používaným typem, zejména pro svou nízkou cenu a přijatelný výkon jsou pájky odporové. Naleznout je můžeme v provedení pera a v provedení pistole. Liší se pouze stylem úchopu, ostatní vlastnosti jsou zpravidla velmi podobné. Stejně jako u transformátorové pájky mohou mít některé odporové pájky tlačítko na svém těle. To slouží pouze ke krátkodobému zesílenému ohřevu hrotu. Jinak je hrot udržován v pracovní teplotě neustále. To je výhoda při delší práci, oproti transformátorové pájce, kde se musí hrot vždy znovu nahřívat při každém pájení.



Obrázek 4 Odporová pájka, pero, zdroj: gme.cz



Obrázek 5 Odporová pájka, pistole, zdroj: gme.cz

Dalším, pro potřeby této práce posledním, typem je pájecí stanice. Sám jsem realizoval opravu pomocí pájecí stanice, ačkoliv mám k dispozici jak transformátorovou pájku, tak odporovou pájku typu pero.

Existují ještě další druhy páječek, jako například plynové, speciální horkovzdušné pro pájení SMD součástek, robotické průmyslové páječky a pájecí linky.

Pájecí stanice má oproti výše zmíněným typům několik zásadních výhod. Základním benefitem je v tomto případě teplotní regulace, kdy je možno potenciometrem

na cejchovaném ciferníku vybrat požadovanou teplotu hrotu. Někdy bývá nastavená teplota zobrazena pomocí displeje a u pokročilých pájecích stanic je víceřádkový displej s doplňkovými informacemi. Mnou používaná pájecí stanice CT-936C ESD má pero o výkonu 60 W a teplotní rozsah 150 °C – 450 °C. Je tedy jasné, že jde o použití pro měkké pájení.



Obrázek 6 Pájecí stanice CT-936C ESD, zdroj: hisupplier.com

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VÝTLAČNÝ PLASTOMETR M201

3.1 Popis renovovaného zařízení

Výtlačný plastometr je zařízení, které slouží k měření indexu toku taveniny termoplastů (ITT nebo MFI). Plastometr je konstrukčně z poloviny osmdesátých let a tento konkrétní kus je z roku 1989. Tomu odpovídá i to, že byl konstruován pro plnění norem ČSN 640861 (Stanovení indexu toku taveniny termoplastů), ST SEV 896-78, ASTM D 1238-79 (Normalizovaná zkušební metoda pro měření průtoku termoplastických hmot výtlačným plastometrem) a ISO 1133 (Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu toku taveniny termoplastů), což jsou všechno soudobé normy. Tyto normy již v takovém znění nejsou platné, starou normu ISO 1133 dnes nahrazujeme normou ČS EN ISO 1133-2. Přístroj se skládá z několika základních částí, které si více rozebereme. Základními součástmi přístroje tedy jsou topná komora, píst, čtecí zařízení pro průchod měřicího kotouče a elektronický řídicí a měřicí okruh.

Praktickou zkouškou bylo zjištěno několik parametrů přístroje, které uvádím v tabulce níže.

Tabulka 8 Vlastnosti zjištěné při praktických zkouškách přístroje M201

Zkoumaný parametr	Naměřená hodnota
Nastavení teploty	Pomocí tří otočných přepínačů, po 1 °C
Rozsah nastavitelné teploty	50 °C až 350 °C nastavitelné po 1 °C
Příkon přístroje	Špičkový příkon 350 W
Účinnost	0,97-0,98
Rozsah stopek	999,9 s
Přesnost stopek	0,1 s
Čas předehřevu komory	Nastavitelný v rozsahu 1 až 9 minut
Ochrana IP	IP20
Čas předehřevu – zobrazení	Levý sedmissegmentový displej – 1 číslice
Čas stopek	Všechny 4 číslice přístrojového displeje
Hmotnost zařízení	35 kg

Z tabulky výše, respektive z naměřeného příkonu zařízení usuzuji, že topné pásy jsou o výkonu 100 W každé. Tuto hodnotu nešlo přímo zjistit, nýbrž byla odhadnuta z provozních

vlastností přístroje – spotřeby. Spotřeba byla měřena a s časovým průběhem zaznamenávána na zařízení Voltcraft Energy Logger 4000F, který umožňuje záznam hodnot na vloženou paměťovou kartu typu SD. Špičkový odběr (příkon) přístroje je 280 W, pokud se nepoužívá elektromotor pro manipulaci se závažím, ten přidává dalších cca 70 W a proto je celkový špičkový příkon přístroje 350 W. V praxi ovšem tato spotřeba nastává sporadicky a jen na krátkou dobu, kdy je aktivován elektromotor pro posun závaží, který zvládne dráhu mezi krajními polohami za cca 70 s. Technicky bychom tak mohli tvrdit, že špičková spotřeba přístroje je 280 W, neboť se jedná o krátkodobý výkyv.

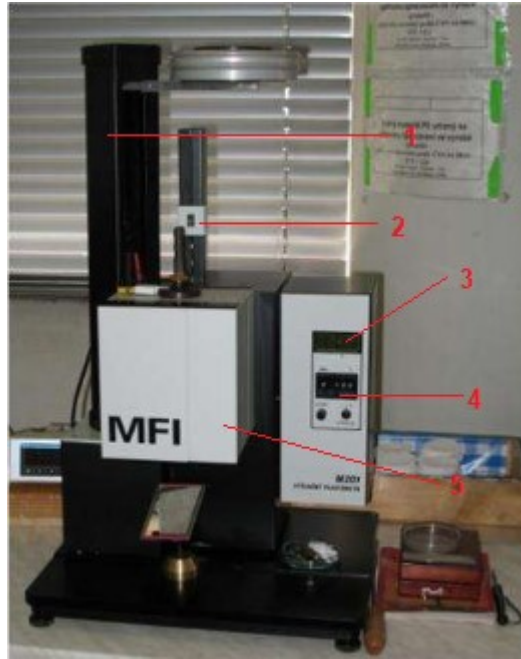
Přístroj, vzhledem ke své konstrukci bude nejspíše odpovídat ochraně typu IP20 (dle ČSN EN 60529 (330330)). Tedy ochrana proti vniknutí předmětů s průměrem 12,5 mm nebo větších a před dotykem prstem, tedy IP 2X (kde X nahrazuje číslo stupně ochrany proti vniknutí vody). Stupeň ochrany proti vniknutí vody hodnotím subjektivně jako IP X0 (kde X nahrazuje číslo stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích pevných těles). Výsledek je tedy kombinací právě těchto hodnot. Hodnocení jsem provedl na základě toho, že jsem měl zařízení rozebráno a předměty s velikostí i 6-7 mm by se mohly do útrobu přístroje dostat, a krytí proti vniknutí vody je naprosto nulové, neboť kolem tlačítek nejsou žádná těsnění, jednotlivé části přístroje chráněné krytem rovněž ničím takovým nejsou vybavena.

Toto však shledávám naprosto dostačující, neboť je přístroj určen pro použití v laboratorních podmínkách, kde nebude vystaven neodborné manipulaci, čištění, nebo podmínkám nadstandardní vlhkosti vzduchu, či kapající, nebo stříkající vodě. Ačkoliv byl přístroj konstruován pro vstupní napětí 220 V, současných 230 V nezpůsobuje žádné komplikace.

Ostatní mechanické a elektrické části si blíže popíšeme v následujících kapitolách.

3.1.1 Stav před renovací

Výtlačný plastometr M201 jsem přebral od Fakulty technologické v nálezovém stavu. Jako takový byl přístroj v polo rozebraném stavu a nebyl provozuschopný, rovněž některé jeho části byly poškozeny. K plastometru je dodávána i sada závaží, tu jsem neobdržel, neboť pro samotnou opravu nebyly potřeba, simulaci chodu lze provést i bez nich. Po rozebrání jsem zjistil rozličné závady, které budou dále popisovány a jejichž odstranění bylo nezbytné. Zároveň chci podotknout, že přístroj působil, jako by se jej již dříve snažil někdo opravit, předpokládám dle stavu, že neúspěšně. Navíc na desce plošného spoje chybělo několik součástek, které byly odpájeny pryč.

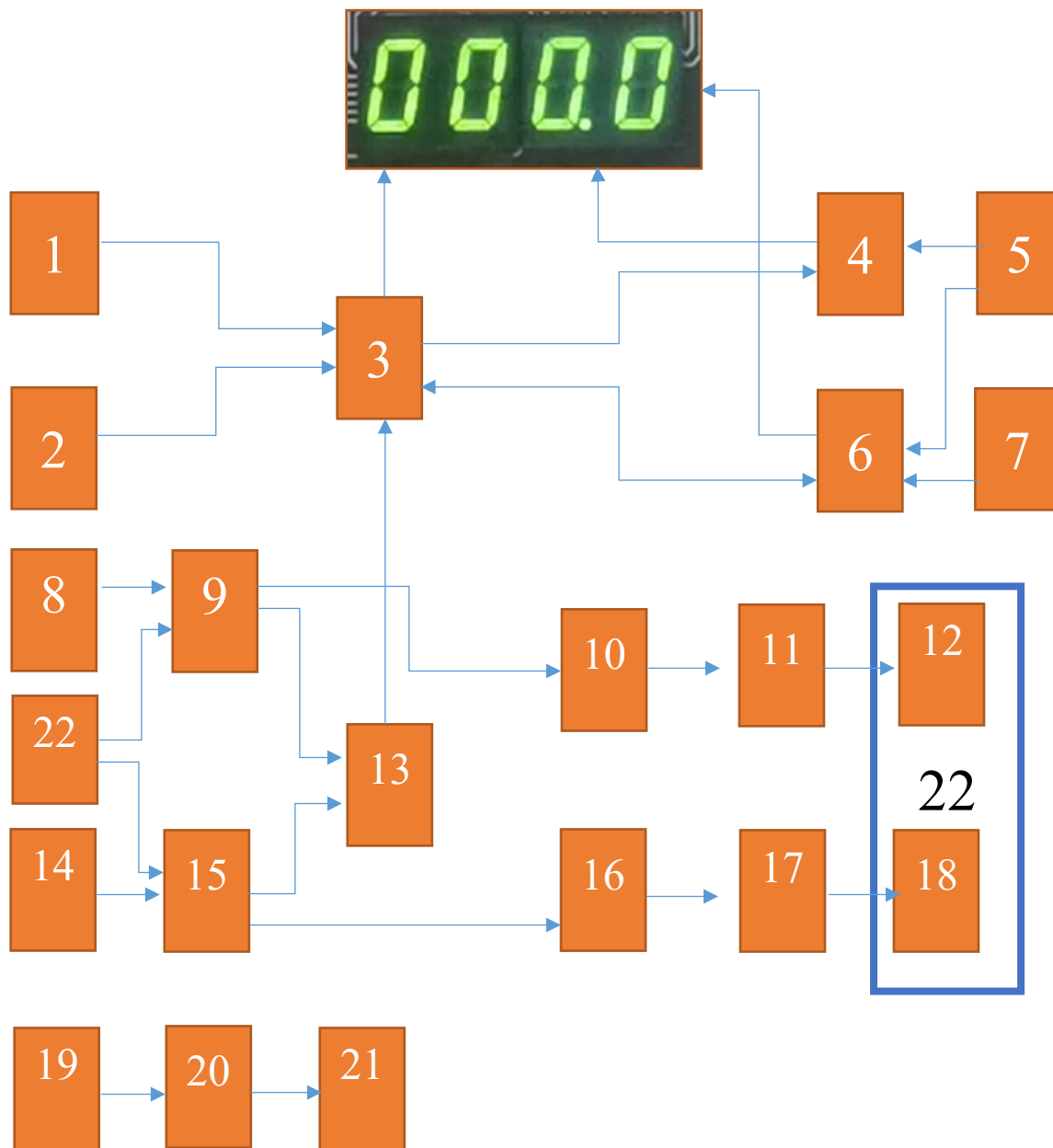


Obrázek 8 Plastometr M201 i v jiném než oranžovém zbarvení, zdroj: fatra.cz

Na obrázku výše vidíme tyto části:

- 1 – Mechanismus unašeče závaží s elektrickým posuvem a ovládáním tlačítka na horním krytu pravé části. Lze zapnout pohyb nahoru, dolů a zastavit pohyb
- 2 – mechanismus spínače stopek
- 3 – displej teploty a času
- 4 – nastavovací kotouče, nastavení času předehřevu v minutách a teploty ve °C
- 5 – topná komora

3.1.3 Blokové schéma přístroje – elektrické



Obrázek 9 Blokové schéma fungování plastometru, legenda v tabulce níže, zdroj: vlastní

Tabulka 9 Legenda blokového schéma fungování plastometru

1 – tlačítko start	8 – teploměr horní části komory
2 – spínač stopky sestupu pístu	9 – zesilovač – pro horní teploměr
3 - řadič	10 – galvanické oddělení – horní topení
4 – stopky sestupu pístu	11 – výkonový obvod – horní topení
5 - oscilátor	12 – horní topení
6 – stopky přípravné doby	13 - komparátor
7 – nastavení přehřevu komory	14 – teploměr spodní části komory

15 – zesilovač – pro dolní teploměr	19 – nastavená teplota interního topení
16 – galvanické oddělení – dolní topení	20 – regulátor interního topení
17 – výkonový obvod – dolní topení	21 – interní topení
18 – dolní topení	22 – topná komora (obsahuje i 8 a 14)

Uvnitř přístroje je, jak je ze schématu vidět, umístěno třetí topení, které nikde dále v textu není podrobněji zmíněno. Pod samostatným plechovým krytem s vnitřní izolací jsou schovány operační zesilovače, na které jsou napojeny platinové teploměry z komory a kolem jsou rovněž předřadné odpory nastavující teplotu, na kterou se vyhřívá a čas přehřevu. Tato komora má samostatně řízené topení nastavené na neznámou hodnotu, dle teploty krytu usuzuji na teplotu cca 60 °C uvnitř, možná i více. Toto je nejspíše z důvodu zajištění co možná nejstálějšího prostředí pro obvody snímající teplotu a nastavující teplotu a čas skrz potenciometry a rezistory. Ovládací kotouče totiž nejsou nic jiného, než mechanické propojování rezistorů na vstupech operačních zesilovačů.

3.1.4 Kontrola funkčnosti po blocích

Vzhledem k neexistenci elektrického zapojení přístroje probíhala kontrola funkčnosti zařízení po blocích, jak je vidět na obrázku v kapitole 3.1.3. Jako reference mi sloužil funkční obvod regulace topení ve spodní části komory. Kontrola logiky stopek, komparátorů, operačních zesilovačů atp. probíhala skrz vyhledávání v dobových katalogových listech, které jsou nafocené k nalezení na mnoha stránkách kutilů a nadšenců do elektroniky. Diagnostika samotná pak probíhala za pomoci voltmetru Metex M-3650B, což je zařízení podobného stáří jako zkoumaný přístroj, avšak stále plně funkční. Velkou pomocí při diagnostice a opravě tohoto zařízení mi bylo i mé středoškolské elektrotechnické vzdělání. Hradlová logika mne zajímala již tehdy, a proto pro mne pochopení logiky přístroje bylo o malinko snadnější než pro jiného technika. Více se o samotných podrobnostech rozepisují v následující kapitole.

3.2 Renovace

Vzhledem k možnosti použít starší pájku, pro potřeby opravy staršího zařízení, jsem použil pájku se složením 60% cín, 39% olovo a 1% měď (pod technickým označením Sn60Pb39Cu1). Výhoda použití olovnaté pájky při opravě spojů, jenž jsou také tvořeny olovnatou pájkou, je ve snadné mísitelnosti starého a nově přidávaného materiálu pájky

a také velmi podobná teplota tání a tuhnutí. Toto dovede snížit časovou náročnost takovéto opravy na minimum.

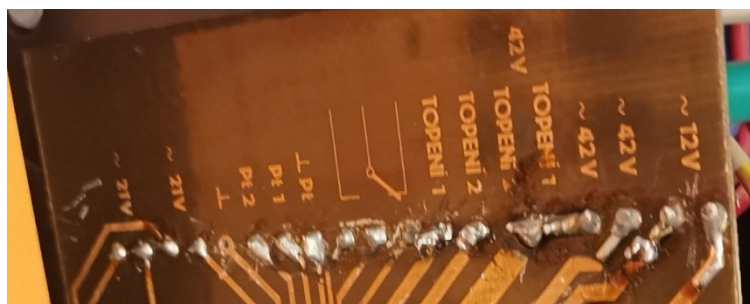
3.2.1 Renovace mechanických částí

Renovace mechanických částí přístroje naštěstí nebyla nijak náročná a hlavní problémy se skrývaly v jeho elektrické části. Z mechanických oprav bylo nutno udělat mírné doplnění mazacího tuku na šroubovici. Ten byl doplněn mazacím tukem Liqui Moly LM47, což je univerzální mazací tuk s příměsí molybdensulfidu. Tato údržba a kontrola, jak je uvedeno podrobněji v kapitole o údržbě, je nutná (při běžném použití) 1x za rok.

Vzhledem ke špatné funkčnosti spínače spouštějícího stopky pro měření sestupu pístu komorou, bylo nutné celý tento mechanismus rozebrat, jak je znázorněno na obrázku níže. Problém spínače byl mechanický, byl mírně poškozen zobáček spínače a byla vyskočená pružina sloužící k jeho nastavení. Rovněž pak je třeba zmínit, že bylo potřeba znovu přepájet spoje mezi vypínačem a deskou, neboť spoje nezajišťovaly spolehlivou vodivost drah a funkčnost spínače z pohledu měřicí elektroniky.



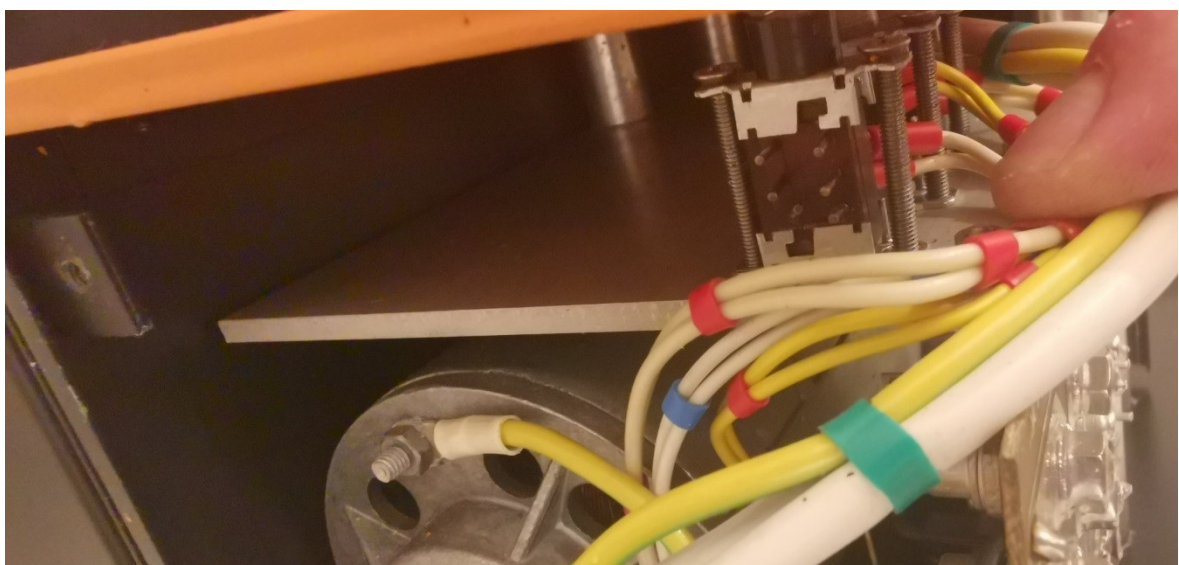
Obrázek 10 Polo rozebraný mechanismus snímače pohybu měřícího kotouče, zdroj: vlastní



Obrázek 11 Opětovně prokovené spoje na desce plošných spojů, zdroj: vlastní

Kontrola a dotažení spínačů pro pohyb závaží byla rovněž nutná, tyto spínače jsou umístěny u horní a dolní mezní polohy unašeče závaží a slouží k automatickému vypnutí posuvu vzhůru nebo dolů. Kontrola funkčnosti dopadla dobře, spínače fungují a nebyla potřeba jejich oprava ani výměna. Horní vypínač funguje dle předpokladu. Umístění spodního vypínače je pro mne ovšem diskutabilní. Nad samotnou komorou byla přimontována cca 1,5 cm vysoká příruba, jejíž účel mi v době renovace nebyl znám. Pokud je tento díl osazen, pak vypínač kontrolující spodní mezní polohu nezareaguje na pohyb unašeče závaží dostatečně brzo, a dojde k vyskočení šroubovice ze spojení s motorem, a může pak být nezbytné rozebrání části přístroje řešící pohon a opětovné sestavení. Proto je třeba při manipulaci dbát toho, aby se toto nestalo. Délka opravy je pak cca 1 hod. a opravu je možno provést namísto bez potřeby volat libovolného technika. Pro tuto opravu je potřeba odkrytovat mechanismus motoru a jeho ovládání a povolit jej od základny přístroje. Následně odšroubovat distanční sloupky a znovu spojit šroubovici a elektromotor skrz křížový nadstavec.

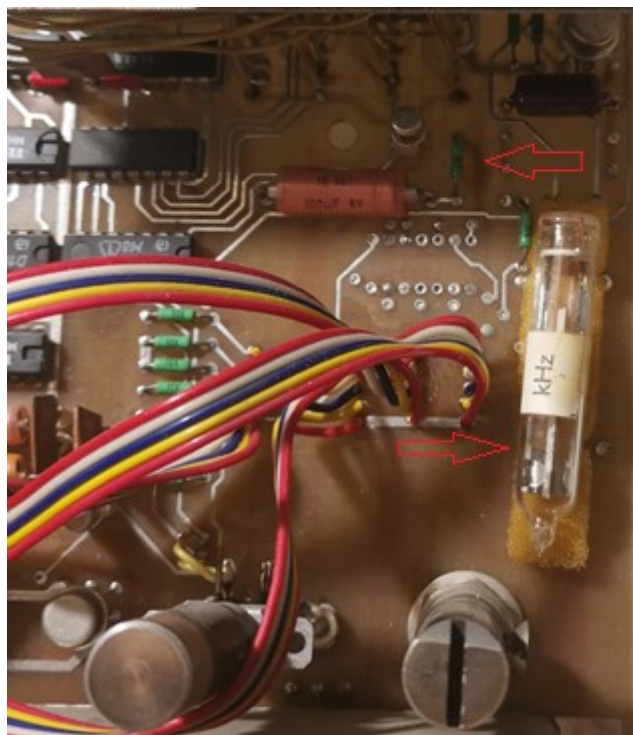
Pojištění tlačítek na ovládání posuvu šrouby bylo nezbytností, uchycení tlačítek bylo do plechových sedel realizováno jen pomocí plastových zobáčků a ty již neplnily svou funkci. Byly proto nahrazeny šrouby M3 a příslušnými maticemi a uchyceny pevně proti podložce z hrubého plechu. Mechanická odolnost je tak zajištěna. Elektrická funkčnost tlačítek byla ověřena před i po opravě. Žádná oprava kontaktů, spínačů ani vedení nebyla nutná.



Obrázek 12 Uchycení spínačů pomocí průchozích šroubů M3 k desce z hrubého plechu, zdroj: vlastní

3.2.2 Renovace elektrických částí

Prvním objeveným problémem byl nesprávně fungující 100kHz krystal, zajišťující hodinový signál pro časomíru stopek a předehřevu. Bez něj přístroj interně neměl pojem o čase, a proto nemohl správně měřit čas. Dalším důsledkem by bylo to, že bez této opravy by nikdy nedošlo k ukončení předehřevu, neboť nastavený čas by pomyslně nikdy neuplynul. Krystal je staré konstrukce, vakuový a jeho porucha mohla být zapříčiněna několika souhrmi okolností. Předně je třeba si říct, že každý krystal v čase degraduje a ztrácí svou přesnost, ale oproti aktuálně používaným krystalům je vakuový krystal více náchylný na degradaci stářím. Degradace se děje bez ohledu na to, zda je přístroj používán, či nikoliv. Jeho samotné používání krystalu nijak zvlášť neubližuje. Další z možných příčin je mechanický ráz, tedy náraz. Vakuový krystal, ačkoliv původně uložen v měkkém a mírně pružném loži, mohl utrpět poškození rovněž nešetrnou manipulací. Nahrazen byl novým krystalem v pouzdře TC26, jenž je rozměrově mnohonásobně menší. Ačkoliv bylo možné krystal nahradit totožným, neučinil jsem tak. Z jednoho prostého důvodu, šlo by o staronové zásoby (new old stock). Tedy o dobovou techniku, která by mohla trpět zanedlouho podobnými neduhy. Účelem renovace nebylo obnovit původní součástkovou základnu (ačkoliv i to by bylo možné), ale uvést přístroj do provozuschopného stavu.

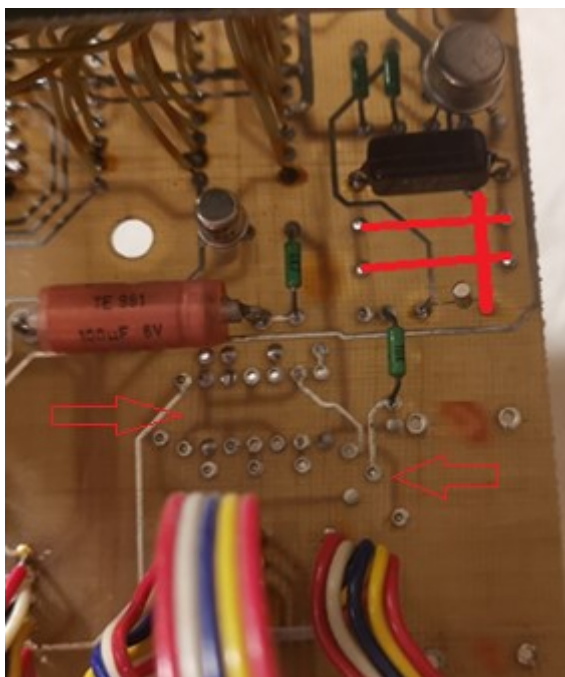


Obrázek 13 Původní 100kHz krystal, a rozměrové srovnání s rezistorem (horní šipka), který je rozměrově novému krystalu velmi blízký, zdroj: vlastní

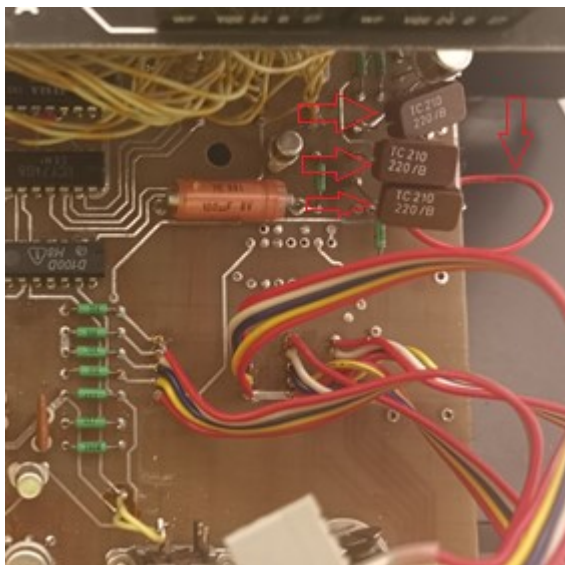


Obrázek 14 Nový 100kHz krystal v pouzdře TC26, zdroj: modelobchod.cz

Bezprostředně po výměně krystalu bylo zjištěno, že i kondenzátor již nedosahuje nominální kapacity a také, že 2 další kondenzátory na téže místě chybí. Těžko říct, zda byly odstraněny při pokusu o opravu, nebo z důvodu nedostatku součástek. 1 kus byl vyměněn a 2 další kusy byly doplněny. Tyto kondenzátory slouží jako doplněk krystalu a spolu tvoří tzv. rezonanční obvod. Šlo o slídivé kondenzátory TC210 o velikosti 220 pF. Při demontáži původního krystalu došlo k oddělení vodivé cesty jednoho z kontaktů krystalu na desce plošného spoje v délce asi 1 cm. Tento spoj jsem byl nucen nahradit drátovým spojem. Na obrázcích níže je dobře znázorněno.



Obrázek 15 Vodorovné čáry označují umístění nahrazovaných kondenzátorů, svislá čára pak nahrazovanou poškozenou vodivou cestu na DPS, prázdné otvory po chybějících součástkách znázorňují šipky, zdroj: vlastní



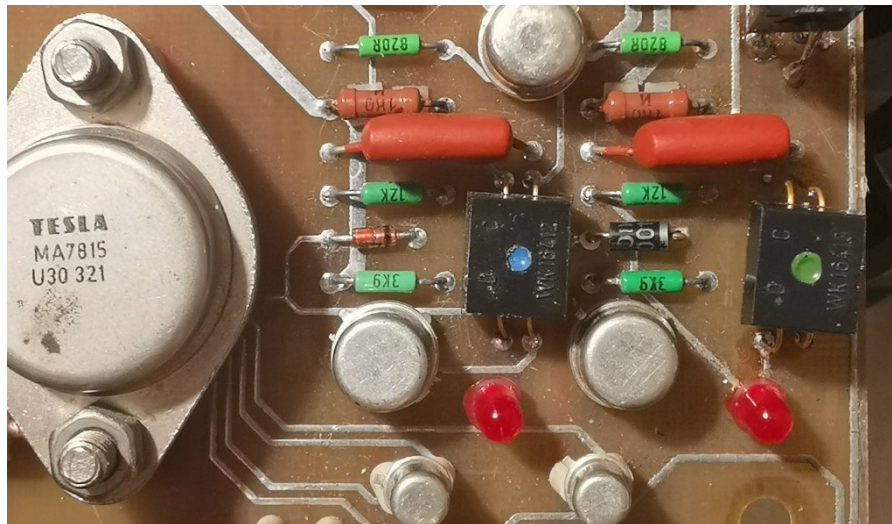
Obrázek 16 Vodorovné šipky ukazují na vyměněné kondenzátory a svislá šipka na kabel, nahrazující chybějící cestu na DPS, zdroj: vlastní

Výměna diferenčního zesilovače MBA145 byla nutná pro jeho naprostou nefunkčnost. V obvodu tento diferenční zesilovač sloužil k tomu, aby zesílil kmity krystalu na úroveň logické hodnoty jedna TTL logiky. TTL logika pracuje s napětím na vstupu $< 0,3$ V jako s logickou nulou a s napětím od 2 V, lépe pak od 2,7 V jako s logickou hodnotou 1. [8,9] Kompletní okruh měřicí a rozhodovací je v případě M201 postaven na hradlech v různých typech zapojení. Například MH7490A je čítač, čítající do 10 a pracující v BCD kódu. Zapojením takovýchto čítačů do série za sebou (výstup jednoho je vstupem druhého) získáme stopky. Pro první čítač je pak vstupem oscilační obvod připojený na čítač skrz operační zesilovač MBA145. Ten se podařilo sehnat jako new old stock, stará součástka, nikdy nepoužitá. U operačních zesilovačů, na rozdíl od krystalů, nenastává prakticky žádná degradace s postupem času.



Obrázek 17 Vyměněný diferenční zesilovač MBA145, zdroj: vlastní

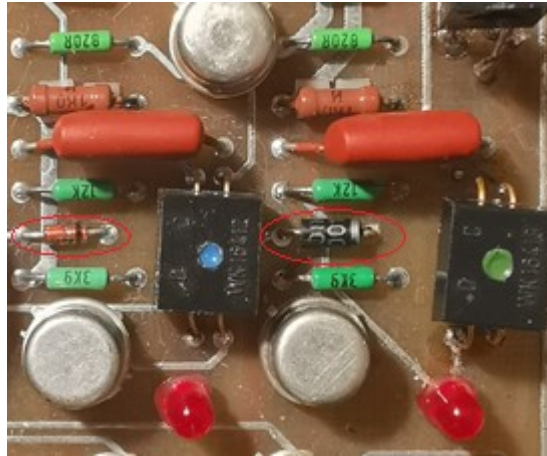
Výměna optočlenu WK16412 byla realizována pomocí optočlenu WK16413, který má stejné kritické vlastnosti. Optočlen WK16413 má navíc jeden vývod, který byl odstraněn, neboť jeho funkčnost nebyla vyžadována. Tato změna byla provedena čistě z důvodu dostupnosti optočlenu WK16412. Proto můžeme z katalogových listů vyčíst, že je jiný počet vývodů a jiné pouzdro (050 u WK16413). Izolační napětí nového optočlenu je 2500 V namísto 4000 V u původního optočlenu, ale to v naší aplikaci vzhledem k síťovému napětí 230 V nebo 380 V není problémem. Technicky by bylo možné namítnout, že WK16413 je téměř o řád pomalejší, než WK16412, jenže je třeba vzít v potaz, že řídíme topení s velkou tepelnou setrvačností, proto prakticky záměna neznamená zhoršení jakéhokoliv provozního parametru přístroje.



Obrázek 18 Vyměněný optočlen WK16413 (zelená tečka) vpravo a původní WK16412 (modrá tečka) vlevo, zdroj: vlastní

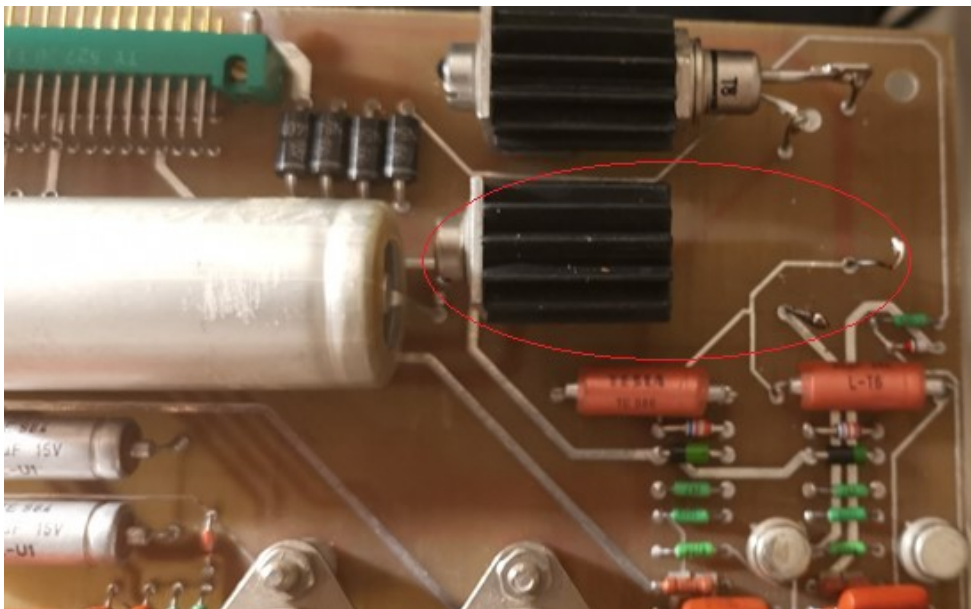
Optočlen v tomto obvodu odděluje od sebe elektricky řídicí logiku od výkonových prvků, neboť ovládací logika je pracuje s nižším pracovním napětím 5V a zanedbatelnými proudy. Optočleny jsou zde jako galvanické oddělení, tedy jako pojistka, že elektrický problém výkonové části se nepřenese do části s řídicí logikou. Výkonové části se totiž nahrazují při případné poruše mnohem snáze a těž se součástky shánějí snadněji. To je situace dnešní doby, v době navrhování tohoto přístroje panovala mnohem horší dostupnost logických obvodů pro řídicí elektroniku.

Výměna diody KZ260/15, ve stejném okruhu řízení horního topného pásu komory plastometru byla provedena za model 1N4007. Nahrazovaný typ má lepší parametry, co se týče parazitních proudů v zavřeném stavu. Původní typ je křehké konstrukce ve skleněném pouzdře, nový typ je v plastovém pouzdře. Tato dioda v obvodu fungovala jako stabilizátor napětí v obvodu ovládacím triak. Dioda je ten typ součástky, která propouští proud pouze v jednom směru, proto se například hojně využívají v zapojení po 4 jako usměrňovač střídavého napětí na stejnosměrné (AC/DC), což je i případ tohoto plastometru, jen diody sloužící k usměrnění napětí jsou KY132/80 nebo KY130/80. Odtud je pak napětí přivedeno na stabilizátory napětí, jejichž výstupní napětí jsou -15 V, +15 V a +5 V. Napěťová větev 5 V slouží pro napájení zejména TTL hradel, +15 V i -15 V je pak pro napájení operačních zesilovačů. Na obrázku níže je pak vidět původní dioda (a původní optočlen) vlevo a vyměněná dioda a vyměněný optočlen vpravo.

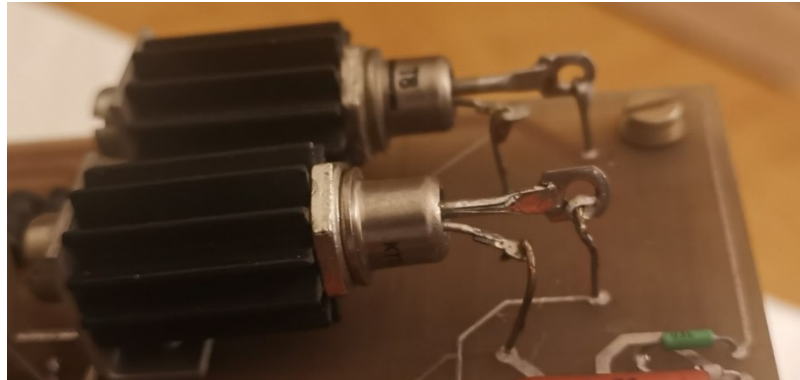


Obrázek 19 Vyměněná dioda vpravo a původní dioda vlevo, zdroj: vlastní

Výměna triaku KT729/900 za nový KT729/700. Původní triak se od nového triaku liší pouze v maximálním možném napětí, na kterém zvládá ovládat průtok proudu (hodnota za lomítkem). V tomto případě triak spíná obvod pro napájení topného pásu, tedy reguluje výhřev komory (konkrétně její horní polovinu). Triak původní i nový jsou v pouzdře K707, na jehož jedné straně jsou dva vývody a třetí vývod je vyveden na samotné pouzdro. Na druhém konci pouzdra je pak závit M6, kterým se triak upevňuje do chladiče. Pomocí šroubu M6 je na druhé straně chladiče triaku spojen s podporou a uzemněn (0V).



Obrázek 20 Namontovaný chladič, vymontovaný triak



Obrázek 21 Namontovaný chladič, namontovaný triak

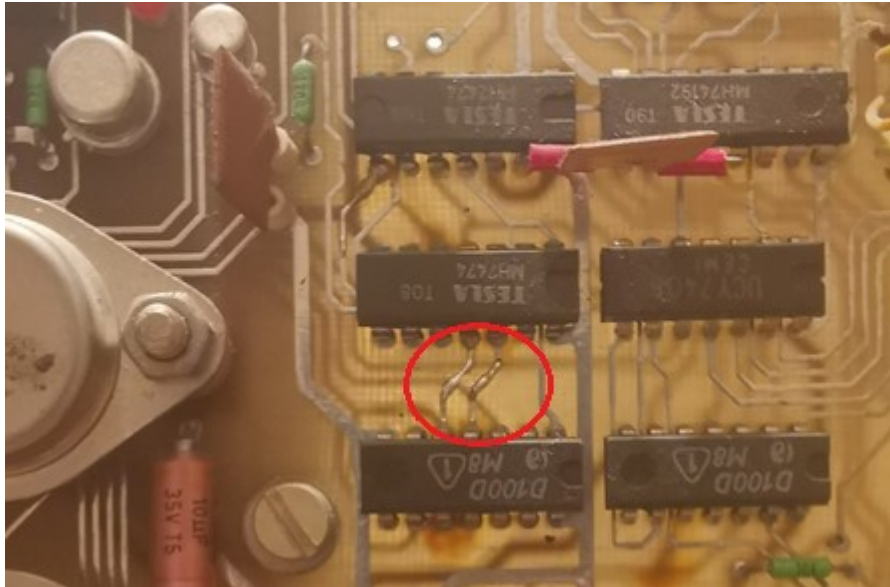
Triak je, principiálně vzato, antiparalelní zapojení 2 tyristorů. Tyristor je součástka umožňující malým napětím spínat výkonovou část obvodu. Antiparalelní zapojení tyristorů znamená, že jsou zapojeny paralelně (logicky vedle sebe), ale opačně. To technicky zajistí to, že obě půlvlny střídavého proudu je možno výkonově využít. Lze tedy říci, že triak je spínaný usměrňovač, nebo též pro laické pochopení elektro ventil.



Obrázek 22 Triak bez chladiče, pouzdro K707, závit M6, zdroj: ferity.cz

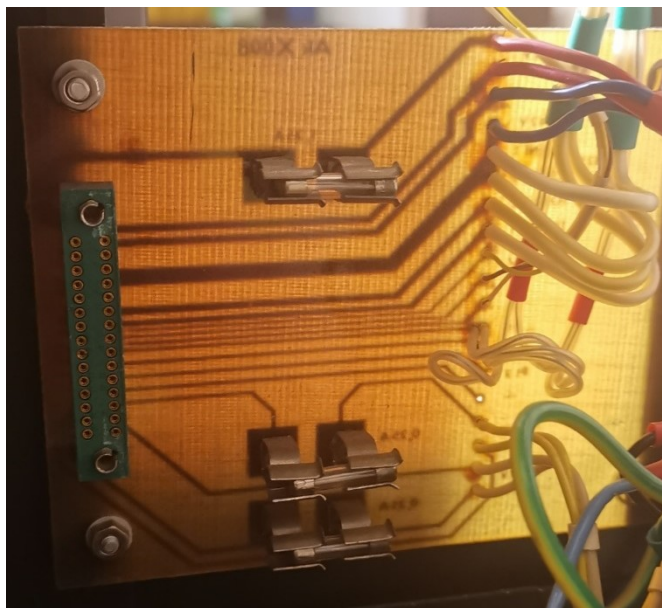
Triak se běžně v obvodech využívá na regulaci výkonu. Obecně říkáme bezztrátová regulace výkonu. Protože ale nic není ideální, v reálném obvodu jde o regulaci výkonu s velmi malou ztrátou (přeměněnou pochopitelně na teplo). [10]

Oprava mechanicky poškozených vodivých cest na DPS byla provedena na několika místech. Později jsem při zkouškách zjistil, že některé cesty byly přerušeny záměrně a správně (ve smyslu fungování obvodu) a proto jsem je opět přerušil. Vypadá to, jako kdyby návrh plošného spoje původně počítal s jinými prvky (hradla v pouzdrech DIL14 a DIL16), než jaké byly původně osazeny. Některé spoje byly poškozeny při opravě, kdy se vodivé cesty oddělily od podkladu, nebo se poškodilo prokovení děr. Na obrázku níže můžete vidět dvě opravené cesty z přední strany spoje, tyto konkrétní spoje však byly z důvodu funkčnosti přístroje odstraněny, jak původně byly před započítáním opravy.



Obrázek 23 Oprava původních, mechanicky poškozených cest, zdroj: vlastní

Renovaci spojů na desce AkX008 bylo nutné provést zejména kvůli zajištění funkčnosti spínače stopek, prokovení ostatních kontaktů bylo provedeno spíše preventivně a to zahřátím původního cínu s přidáním trochy nového, aby cín opět plně vyplnil objem otvoru, v němž byl umístěn vodič. Deska je umístěna v centrální části přístroje, za topnou komorou a zajišťuje propojení výstupů transformátorů, topných těles, tepelných čidel a též spínače stopek s deskou řídicí elektroniky pomocí 30 pin konektoru. Nachází se zde rovněž pojistky pro napájení jednotlivých částí řídicí elektroniky.

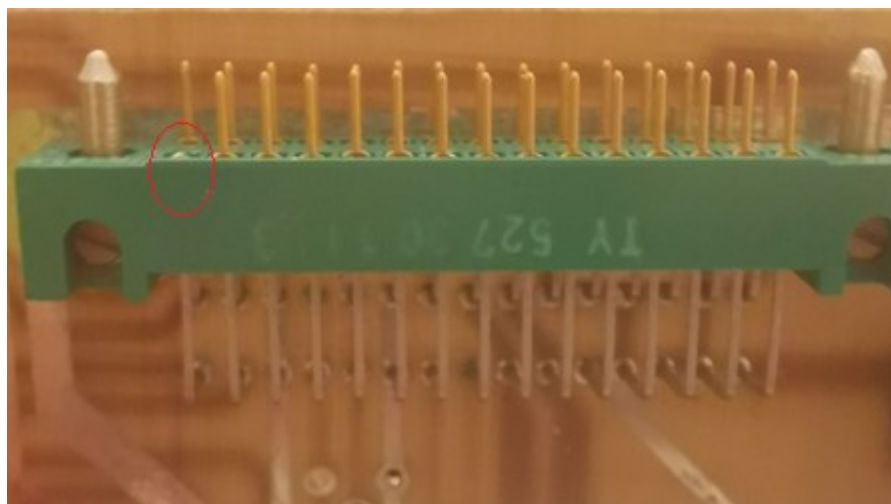


Obrázek 24 Deska AkX008, vpravo drátové propoje, vlevo 30 pin konektor, zdroj: vlastní



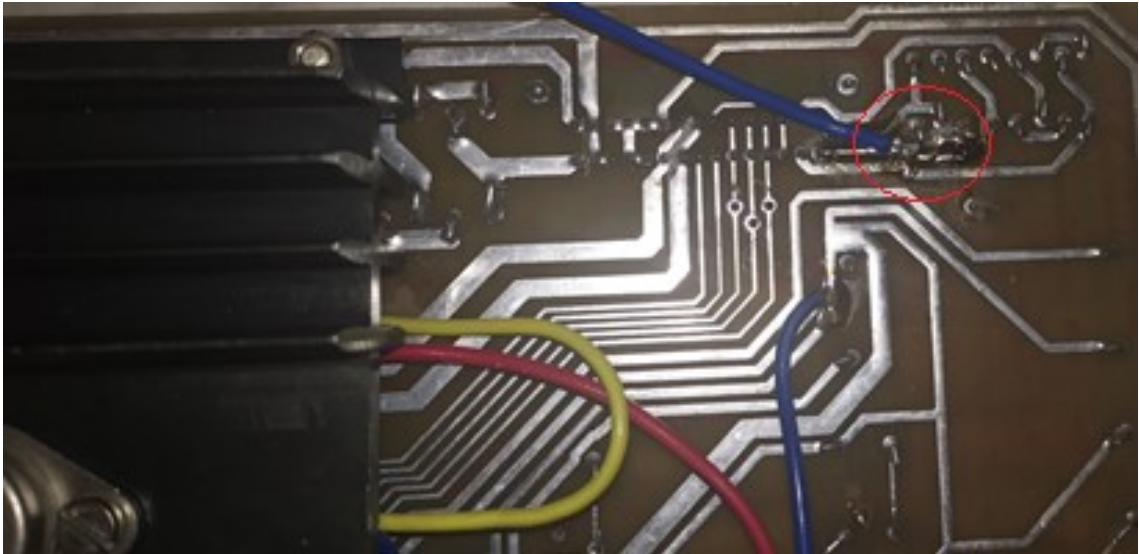
Obrázek 25 Deska AkX008 ze zadní části, vlevo drátové propoje, vpravo 30 pin konektor, zdroj: vlastní

Oprava ulomeného pinu z 30 pin konektoru proběhla nahrazením drátovým spojem přímo na řídicí desku. Byla zjištěna funkce všech vodičů a proto bylo možné drátový propoj udělat, vzhledem k tomu, že se zde z principu nejedná o zatížení s vysokými proudy, nebyl toto problém.

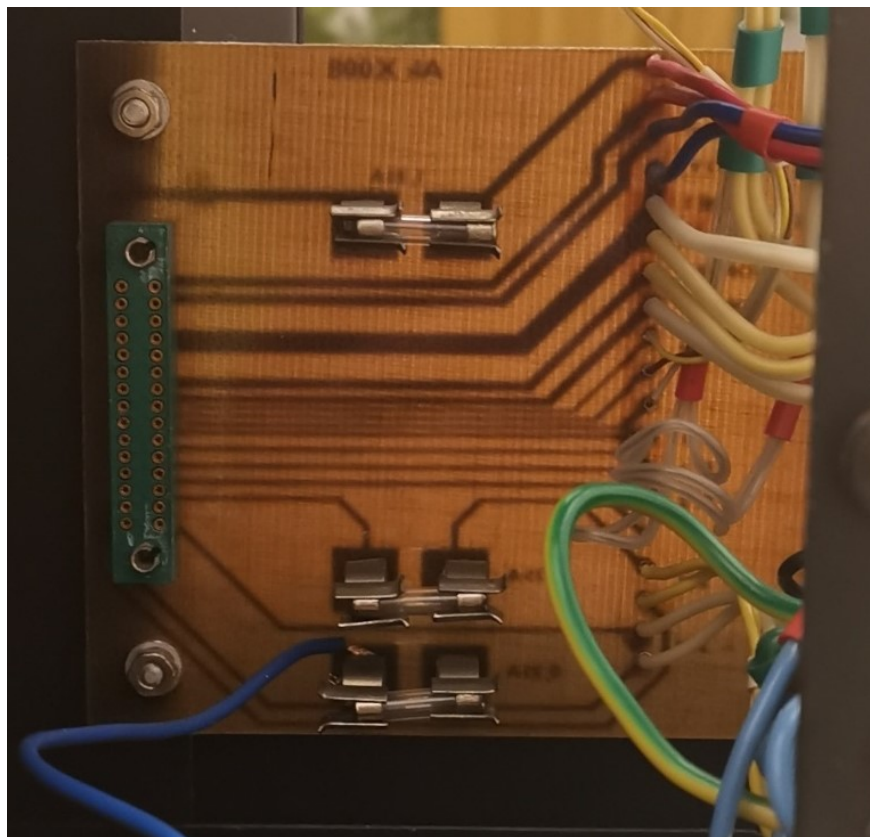


Obrázek 26 Poškozený 30 pin konektor, zdroj: vlastní

Na obrázcích níže je vidět, kam náhradní, modrý vodič směřuje, kde je na DPS připájen a také je vidět, že je vyveden z pod objímky pojistky na straně k desce. Toto je provedeno z toho důvodu aby se přerušil elektrický obvod v případě, že by pojistka shořela.



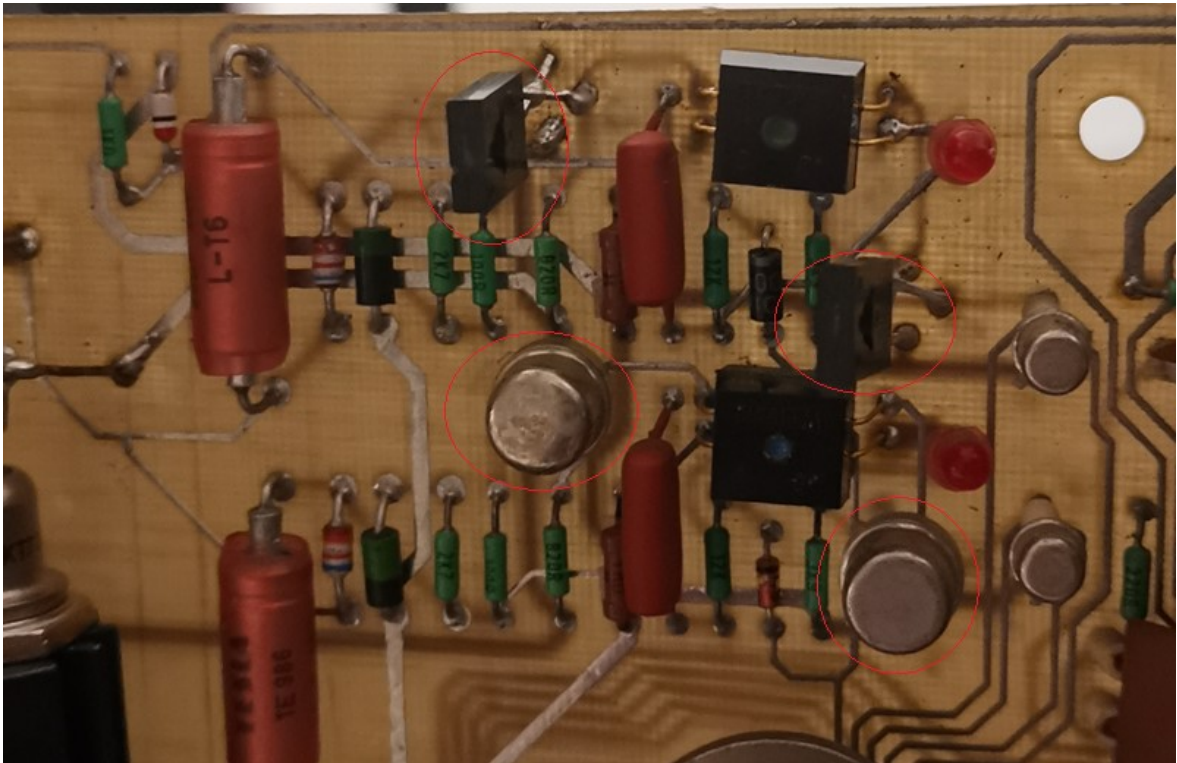
Obrázek 27 Drátový spoj, zadní strana řídicí desky, zdroj: vlastní



Obrázek 28 Drátový spoj, propojovací deska AkX006, zdroj: vlastní

Oprava dvou tranzistorů v obvodu ovládacím horní topný pás znamenala výměnu dosloužilých tranzistorů KF508 za nové BD139. KF508 je vysokofrekvenční NPN tranzistor (v tomto případě 70 MHz). BD139 má frekvenci dokonce 100 MHz, v této aplikaci však není frekvence limitujícím faktorem. Důležitější jsou charakteristiky zvládnutelného rozdílu naměti mezi kolektorem a emitorem a mezi kolektorem a bází.

V obou případech je tedy náhrada BD139 více než adekvátní. Tranzistor KF508 je v kovovém pouzdře tvaru kloboučku, TO39, kdežto BD139 je v pouzdře TO126 a umožňuje skrz díru montáž chladiče. BD139 totiž zvládá až trojnásobné proudy kolektorem a ztrátové teplo by pouzdro samo nevyžářilo do prostoru za udržení provozních teplot. V tomto případě ovšem chladič osazen není, neboť kolektorový proud a v důsledku ztrátový výkon není dostatečný, aby montáž byla smysluplná. Dává to smysl až ve chvíli, kdy chceme cíleně zajistit pomalejší ohřívání a tím i delší životnost součástky v horších okolních podmínkách. V případě plastometru M201 to není potřeba, měření bezkontaktním teploměrem i při opakovaném namáhání nevedly k teplotám vyšším než 76 °C, přičemž operační teplota je vysoko nad 100 °C.



Obrázek 29 Tranzistory KF508 a BD139, dole původní, nahoře nové, zdroj: vlastní
Posledním měněným dílem byl operační zesilovač MAA741 z okruhu řídicího topení horní části komory, vyměněn byl za new old stock MAA741. Tento Operační zesilovač je na svém vstupu na pinu 2 připojen přes rezistor na výstup operačního zesilovače MAA725.

3.3 Údržba přístroje M201

3.3.1 Údržba mechanických částí přístroje

Přístroj samotný příliš údržby nepotřebuje, samotné rozebrání přístroje by za normálních podmínek nemělo být potřeba, pokud by ale potřeba bylo, je třeba si uvědomit, že deska plošných spojů se nepřipojuje jen mechanicky, konektorem s třiceti piny, ale že jeden pin byl nahrazen drátovým přemostěním a deska proto jde vyjmout pouze několik cm z přístroje ven. Eventuální opravě to nijak nebrání. Mechanické přepínače teplot se pak budou jen velmi těžko nahrazovat a při libovolné údržbě za současné potřeby jejich vyjmutí je třeba dodržet jejich pořadí. První kotouč pro nastavování délky předehřevu v minutách je jiný, než zbylé tři. Pro potřeby rozebrání a složení jsou konektory i samotné kotouče číslovány římsky (ruční bílý popisek) a značí jejich pořadí zleva při pohledu na sestavený přístroj.

Pracovní komoru je pak třeba řádně čistit, stejně jako přestavný mechanismus při jejím ústí. Válec se může čistit kousky textilií, stejně jako píst. Čištění je lépe provádět za tepla, dokud zkoušený materiál nezatuhne.

Pro přístup k přestavnému mechanismu je třeba sejmout teplo izolační desku, která drží na 4 šroubech. Samotný přestavný mechanismus pak drží na dalších 4 šroubech, jimiž je pevně spojen s komorou. Dbejte čistoty dosedacích ploch mechanismu a komory při následném sestavování. Sestavení pak proveďte v opačném pořadí než rozmontování. V případě potřeby výměny šroubů je třeba dbát na to, aby šlo o šrouby bez povrchové úpravy. Teplo izolační deska je přichycena pomocí šroubů M3, přestavný mechanismus pomocí šroubů M4.

Trysku pro ideální výsledky měření čistíme po každém měření, její čistota je pro přesnost měření kritická, stejně jako čistota komory. K čištění trysky se používá speciálně upravený vrták, který dodal výrobce. Čištění je nejnáze proveditelné ještě za tepla. Možné je též pyrolytické čištění trysky v atmosféře dusíku při teplotě nad 500 °C.

Mechanismus posuvu výraznější péči nevyžaduje, sledujte pouze, zda je šroubovice stále mastná a zda neobsahuje větší množství např. prachových nečistot. V případě zanesení je potřeba celý mechanismus zespod povolit od základny (4 šrouby M13) a následně postupně odkrytovat sundáním 4 šroubů po obvodu a 5 šroubů v horní části. Samotná šroubovice je poháněna elektromotorem, s nímž je spojena křížovým nadstavcem, umožňuje tedy rozebrání.

Pro údržbu šroubovice je možno použít například Liqui Moly mazací tuk LM 47, který obsahuje příměs molybdensulfidu, který pomáhá udržovat plochu stále kluznou. Stejnou péči je třeba věnovat minimálně jednou za rok i hornímu ložisku, k němuž se lze dostat seshora po sejmutí krycí desky. Před prvním použitím zkontrolujte a pomocí stavěcích šroubů zajistěte, že je komora v naprosto kolmé poloze vůči podložce.

U komory pravidelně, alespoň 1x za 6 měsíců, zkontrolujte vizuálně stav stěn komory, zda nedochází k výskytu rýh. Ty by mohly zvyšovat definovanou drsnost povrchu, značit nesouosost pístu a komory a negativně ovlivňovat měření.

3.3.2 Údržba elektrických částí přístroje

Elektrické části přístroje, respektive jejich údržbu či opravu vždy svěřte osobě s náležitým vzděláním. Uživatelský servis těchto částí není nutný a při rozebrání přístroje hrozí poranění elektrickým proudem, neboť uvnitř jsou některé kontakty obnažené a přístroj lze zapnout i bez osazené řídicí desky!

Pravidelná údržba spočívá pouze v udržování čistoty elektrických kontaktů, spínače stopek a přívodního elektrického kabelu. V případě potřeby výměny topných těles, teploměrů, nebo jiného zásahu, je třeba kontaktovat kvalifikovanou osobu.

3.3.3 Návod k použití přístroje

Přístroj se uvádí do chodu posunutím kovové páčky, na zadní straně přístroje u přívodního kabelu, do horní polohy. Na všech segmentech displeje přístroje problikávají všechny 4 desetinné tečky a probíhá přehřev komory, jak je vidět na následujícím obrázku. Vidět je nastavená délka přehřevu, 3 minuty, levá číslice. Pravé tři číslice pak reprezentují nastavenou teplotu komory, na kterou přístroj vytápí.



Obrázek 30 Start přístroje, zdroj: vlastní

Oproti poslednímu obrázku by měla být „KOREKCE“ nastavena otočením do takové pozice, aby zkosení bylo nahoře a středová čára vedla kolmo dolů, tedy ukazovala pomyslně na 12 hodin ciferníku. Korekci je možno otočením vlevo a vpravo nastavovat, a umožnit tak korekci teploty spodní komory v závislosti na tom, co nám ukazuje kontrolní teploměr vložený do dutiny komory.

Jakmile přístroj vytopí komoru na požadovanou teplotu, se započítáním nastavené odchylky (KOREKCE), objeví se na displeji 0, nula se zobrazuje na levé straně displeje a značí, že je přístroj připraven k normovanému přehřevu komory na požadovaný počet minut.



Obrázek 31 Ukončení vytápění na zvolenou teplotu, zdroj: vlastní



Obrázek 32 Stiskem tl. START začíná předehřev na zvolený počet minut, zdroj: vlastní

Stiskem tlačítka START se objeví v levém segmentu číslice, označující počet minut do konce předehřevu komory. Počet minut předehřevu se postupně zmenšuje až k nule. Nula se objeví 40 s po jedničce. Tím přístroj dává najevo, že je třeba připravit si závaží do správné pozice a až se zobrazením 000.0, viz následující obrázek, je předehřev hotov a přístroj čeká na spuštění měření.



Obrázek 33 Ukončení předehřevu a příprava na samotné měření, zdroj: vlastní

V tuto chvíli přístroj čeká, až kotouč protne spínač stopky, který je umístěna na samostatném výstupku nahoře ze komorou. První stisk zobáčku stopky spouští a další stisk zobáčku je zastavuje. O obojí se stará měřicí kotouč. Jak je vidět na následujícím obrázku, stiskem tlačítka jsem stopky spustil. Po druhém stisku zobáčku se stopky zastaví a čas zůstane zobrazen na displeji do dalšího stisku tlačítka START, který odstartuje nový předehřev pro další měření.



Obrázek 34 Simulace průchodu kotouče kolem zobáčku, spuštění stopek, zdroj: vlastní

Níže je zkráceně zapsán postup přípravy přístroje a jeho cyklické použití. Přístroj je dostatečně robustně konstrukčně navržen, aby vydržel cyklické měření po celou pracovní dobu.

3.3.4 Stručný a zkrácený návod

Bod 1: Zapnutí přístroje vypínačem na zadní straně v blízkosti přívodního kabelu

Bod 2: Nastavení požadovaného času předehřevu a teploty komory

Bod 3: Vyčkejte do zobrazení číslice 0, ta značí předehřátou komoru

Bod 4: Stiskem tlačítka START spusťte předehřev komory v požadované délce

Bod 5: Při zobrazení číslice 0 si nachystejte závaží do správné pozice

Bod 6: Začněte měření, stopky Vám měří čas

Bod 7: Zapište si výsledek zobrazovaný na displeji

Bod 8: Stiskem tlačítka START se vracíte do bodu 4 tohoto zkráceného návodu a pokračujete dál

Bod 9: Vypneme přístroj, pokud jsme již skončili měření

3.3.5 Řešení běžných provozních závad

Přístroj nehřeje, ale na displeji blikají tečky

V tomto případě obvykle přístroj bude vytápět pouze jednu polovinu komory, je dost nepravděpodobné, že by v jednu chvíli odešly oba řídicí okruhy nebo topné pásy. Problém bude pravděpodobně v pojistkách umístěných na spojovací desce uvnitř střední části přístroje. Kontrolu a výměnu svěřte elektrotechnicky vzdělanému člověku.

Přístroj po zapnutí ani nehřeje, ani se nerozsvítí displej

V tomto případě je s největší pravděpodobností vadná hlavní pojistka. Ta je uživatelsky přístupná zvenku, po odšroubování krytu. Umístěna je na zadní stěně centrální části přístroje. Zkontrolujte rovněž přívodní šňůru na straně zásuvky i přístroje.

Přístroj hřeje, ale nesvítí displej

V případě, že nesvítí displej, ale přístroj hřeje, je nejspíše vadná některá z pojistek uvnitř střední části přístroje. Lze se k ní dostat až po sejmutí krytu, proto nechte výměnu na způsobilé osobě.

Měřicí kruh nespíná stopky

Pokud měřicí kruh nespíná stopky, zkuste jemně ručně na vypínač zatlačit v místě, kde by se dotýkal kotouč. Pokud stopky fungují, bude třeba šroubem ze zadní části spínače přitáhnout nebo povolit pružinu uvnitř spínače.

3.3.6 Možnosti modernizace a digitalizace

Mým cílem pro potřeby této práce bylo, přivést přístroj do provozuschopného stavu, nikoliv na něm provádět jakoukoliv modernizaci. Ačkoliv v případě výměny tranzistoru by se o modernizaci dalo mluvit. Protože jde o součástku konstrukčně mnohem novější, než byla původní a i parametricky tu původní překonává. Nicméně možnosti modernizace přístroje spočívají ponejvíce v jeho digitalizaci a napojení na výpočetní zařízení. Cest, jak modernizovat tento přístroj, se mi jeví hned několik.

Modernizace za použití jednodeskového počítače, například Raspberry Pi by přinesla kompletní digitalizaci řídicí i rozhodovací logiky přístroje. Dalo by se operativněji a ve větším rozsahu měnit, na jaké frekvenci funguje pulzně šířková modulace kontrolující topné pásy, kotouče pro zadávání teplot by se mohly nahradit „klávesnicí“ a displej by se mohl stát grafickým, více řádkovým. Zadávání teplot by rovněž mohlo probíhat dálkově skrz ethernet, WiFi, nebo Bluetooth, stejně jako vyčítání hodnot zpět do PC, nebo odesílání na přednastavené síťové uložení. [22]

Pro mne nezodpověditelnou otázkou však je, zda by tyto změny měly i praktický dopad na používání přístroje obsluhou, zda by se skutečně jednalo o zjednodušení práce, nebo spíše technický výstřelek ukazující, že technika plastometru, není nijak zvlášť principiálně složitá.

Dnes si osobně umím i představit navržení podobného zařízení od nuly. Technicky totiž plastometr není nijak komplikované zařízení. A to jak z pohledu obsluhy, tak z pohledu technického návrhu.

Dovedu si představit, že pro potřeby vysokých škol v Česku i na Slovensku, popřípadě v malých výrobcích by se taková zařízení dala uplatnit. Materiálově by dnes podobné zařízení nebylo ani drahé, troufám si tvrdit, že obdobné zařízení by se dalo postavit v malé sérii o deseti kusech v nákladu do čtvrt miliónu, již s plně soudobou technikou. Dnešní přesnost strojírenství, materiálové inženýrství a výpočetní technika nám dává možnosti mnohem širší, než měli při návrhu soudruzi z ČSSR v osmdesátých letech.

3.4 Realizace měření ITT/MFI

Pro měření byl zvolen tento materiál:

nízko-hustotní polyethylen

Typ: Bralen FB 03 – 53

Hustota: 0.919 g/cm³

MFR: 0,35 g/ 10 min při 190 °C/2,16 kg

T_m: 114 °C

Byly dodrženy laboratorní podmínky, tlak atmosférický a teplota 22 °C.

Postup dle normy ČSN EN ISO 1133-1, odváženo bylo vždy 5 g vzorku na měření.

Měřilo se při teplotě 190 °C, provedeno 5 měření, aby se zvýšila jistota měření. V každém měření bylo odebráno 5 strun a v tabulce je zapsán jejich váhový průměr.

Měření probíhalo na dvou přístrojích, kontrolním LMI 5000 a renovovaném M201.

3.4.1 Výsledky měření Bralenu

Výsledky pro LMI 5000:

Tabulka 10 Výsledky odřezu strun po 240 s

Číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.
Průměrná hmotnost odřezku [mg]	68,11	68,40	69,02	68,28	68,21

Výsledky pro M201:

Tabulka 11 Výsledky odřezu strun po 240 s

Číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.
Průměrná hmotnost odřezku [mg]	66,11	66,21	66,34	65,81	66,65

Starší a renovovaný přístroj M201 má průměrnou odchylku napříč naměřenými hodnotami 3,19%, přičemž největší odchylka byla 3,88 % a nejmenší 2,28 %. Renovaci lze tedy považovat za úspěšnou.

4 PŘÍNOSY RENOVACE

Nyní je použitelný pro orientační měření materiálů v laboratoři prof. Dr. Ing. Paty a nahrazuje fungování např. přístroje LMI 5000, který se prodává v ceně téměř čtvrt miliónu korun a který univerzita zakoupila v říjnu roku 2019 (zdrojem informací o datu nákupu a ceně je veřejný Registr smluv).

Subjektivní přínos vidím také v tom, že přístroj, který mnoho kolegů přede mnou považovalo za nefunkční, se podařilo zprovoznit a je v technické praxi použitelný. Pokud bychom se chtěli bavit o ekonomické náročnosti takovéto opravy versus pořízení novějšího přístroje, je oprava jasně rentabilní. Cena spotřebovaného materiálu nepřekročila 1000 Kč, ačkoliv náročnost v MD byla značná. Přesto si trůfám tvrdit, že přístroj je natolik robustní konstrukce, že s díly, které byly nakoupeny preventivně a zůstávají k dispozici pro případné další opravy, je možnost jej provozovat mnoho let. Žádná mechanická součást nevykazovala kritické, ani nadměrné opotřebení a veškerá elektro část je snadno opravitelná a nahraditelná.

Přínosem rovněž je to, že se podařilo popsat jak mechanické, tak elektrické části, které dopomohly nejen mně k pochopení fungování tohoto přístroje. Přeci jen, porozumění elektrické i mechanické části povede k tomu, že servis tohoto zařízení nebude pro budoucí kolegy problém, stejně jako pro budoucí techniky případný servis.

Možné návrhy digitalizace, které jsou v dřívější kapitole zmíněny, je možné dále rozpracovat a více specifikovat a jak jsem již naznačil, s takto niternou znalostí principů fungování tohoto a jemu podobných přístrojů nebude problém jak s digitalizací tohoto přístroje, tak vývoj a sestavení přístroje soudobého.

ZÁVĚR

Úkolem předkládané diplomové práce byla zejména renovace plastometru M201 z nálezového stavu do stavu funkčního. Tento cíl se podařilo naprosto splnit a v praktické části je postup i volba komponent náležitě diskutována.

V praktické části je rovněž zmíněn postup pro údržbu a obsluhu přístroje, včetně řešení několika běžných závad, které je uživatel, nebo poučený uživatel schopen provést. Těžší úkony, zásahy a diagnostika již pak musí být svěřena odborníkům.

Teoretická část popisuje obecně chování některých druhů polymerů ve vztahu k teplotě. Rovněž jsou diskutovány metody normy ČSN EN ISO 1133 pro měření indexu hmotnostního i objemového indexu toku taveniny.

Na konci praktické části bylo praktickým měřením prokázáno, jak přesné zařízení je a nakolik se hodí do technické praxe laboratoře FT UTB.

Za zásadní přínos této práce subjektivně považuji renovaci přístroje, neboť teoretická část dává spíše rámcový vhled do problematiky reometrie plastů a technologie pájení, jakožto metody renovace daného plastometru.

Práce rovněž rozvíjí možné přístupy k modernizaci tohoto zařízení, ačkoliv si neklade za cíl jejich realizaci. Digitalizace a modernizace určitě možná je a nevyžaduje ani zásadní objem prostředků. Rovněž je zmíněna možnost návrhu a realizace plastometru naprosto nového, digitálního a vyvinutého přímo na UTB.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN ISO 1133-1: *Plasty – Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu taveniny termoplastů*, 2013. Část 1: Standardní metoda
- [2] BĚHÁLEK. *Polymery* [online], TUL Liberec. 2014, ISBN 978-80-88058-68-7, dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Uvod.html>
- [3] MACH, Pavel, URBÁNEK, Jan, SKOČIL, Vlastimil. *Montáž v elektronice: pouzdření aktivních součástek, plošné spoje*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02392-3Dsf
- [4] Nařízení vlády č. 481/2012 Sb. *Nařízení vlády o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních* <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=25162>
- [5] PAŠKO, Martin. *Analýza změn v pájených spojkách vzniklých vlivem stárnutí*. Brno: VUT, 2011, dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41196
- [6] STARÝ, ŠANDERA, KAHLE. *Plošné spoje a povrchová montáž*. Brno: VUT, 1999. ISBN 80-214-1499-5
- [7] SUGUNUMA, K. *Lead-free soldering in electronics*. 2004. ISBN 0-8247-4102-1
- [8] SZENDIUCH. *Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů*. Brno: VUTium Brno, 2006. ISBN 80-214-3292-6
- [9] MALÝ, Martin. *Hradla, volty, jednočipy*. 2018
- [10] TKOTZ, Klaus. *Příručka pro elektrotechnika*. 2. dopl. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-867-0613-3
- [11] PROCHÁZKA, Martin. *Optimalizace procesu strojního pájení vlnou*. Brno: VUT, 2009. dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18283
- [12] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, Praha: VŠCHT Praha, 2006. ISBN 80-7080-617-6
- [13] ZATLOUKAL, Martin. *Aplikovaná reologie pro polymery: od charakterizace k modelování a tokovým nestabilitám*. Praha, 2014. ISBN 978-80-260-9412-8

- [14] RIDES, ALLEN, OMLOO, NAKAYAMA, CANCELLI . *Interlaboratory comparison of melt flow rate testing of moisture sensitive plastics*. *Polym. Test.* 2009, 28, pp. 572-591
- [15] ČSN EN ISO 1133-2: *Plasty – Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu taveniny termoplastů*. 2013. Část 2: Standardní metoda
- [16] LUTONSKÝ, Zbyněk. *Vliv teploty na mechanické chování polymerů a kompozitů*. Zlín: UTB, 2007
- [17] SRIVASTAVA, Vikas. A large-deformation thermo-mechanically coupled elastic-viscoplastic theory for amorphous polymers : modeling of micro-scale forming and the shape memory phenomenon. Massachusetts: Institute of technology, 2010. dostupné z: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/57787>
- [18] PASCAULT, SAUTEREAU, VERDU, WILLIAMS. *Thermosetting polymers, volume 64*. CRC Press, 2002. ISBN 0-203-90840-6
- [19] MANKO, *Solder and Soldering*. 2nd edition. New York: McGraw - Hill: 2001
- [20] ABTEW, SELVADURAY. *Lead-Free Solders in Microelectronics, Materials Science and Engineering*. 2000. 95-141
- [21] ULRICH. *Advanced Electronic Packaging* 2nd edition, John Wiley & Sons, 2006
- [22] YU. *Solder/Substrate Interfacial Reactions in the Sn-Cu-Ni Interconnection System*. *Journal of Electronic Materials*: 2007, Vol. 36, No. 2
- [23] CHOQUETTE, Stephanie. *Liquid-phase diffusion bonding and the development of a Cu-Ni/Sn composite solder paste for high temperature lead-free electrical connections*. Iowa State University, 2018, dostupné z: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=7569&context=etd>
- PRANAV, Jain. *Root Cause Analysis of Solder Flux Residue Incidence in the*
- [24] *Manufacture of Electronic Power Modules*. India: Visvesvaraya Technological University, 2010, dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUK EwiE887bmMjwAhXl0eAKHb8NBWAQFjAMegQIEBAD&url=http%3A%2F%2Fdspace.mit.edu%2Fbitstream%2Fhandle%2F1721.1%2F69489%2F775602008-MIT.pdf%3Fsequence%3D2&usg=AOvVaw1mmFwUbl0Zw0mRLlmxJca_ff

[25] Low Melting Temperature Sn-Bi Solder: Effect of Alloying and Nanoparticle Addition on the Microstructural, Thermal, Interfacial Bonding, and Mechanical Characteristics

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- MFI Melt Flow Index, je anglické označení pro index toku taveniny
- ITT Index toku taveniny
- MFR Melt flow rate – hmotový index toku taveniny
- MVR Melt volume flow rate – objemový index toku taveniny
- SD Secure Digital, označení specifického formátu paměťových karet používaných v různé elektronice, např.: fotoaparáty, mobilní telefony, různá záznamová a měřicí zařízení, mikropočítače, televize, multimediální přehrávače, fotorámečky atp.
- MD Man day, zaužívaný, převzatý pojem označující doslova pracovní den, tedy 8 hodin
- RoHS Zkratka, vycházející ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/65/EU z června roku 2011, týkající se omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních
- DPS Deska plošných spojů
- TTL Tranzistor – tranzistor logic, tranzistorově-tranzistorová logika
- BCD Binary Coded Decimal – specifické kódování dekadické soustavy do binární, užívané v hradlových logický obvodech a jiné mikroelektronice
- DIL Dual in line package, pouzdro obdélníkového tvaru se dvěma řadami vývodů, někdy též označované DIP
- HFC Fluorované uhlovodíky, organické látky obsahující fluor, uhlík a vodík
- SMD Surface mount device – malé elektronické součástky, které se DPS připojují plochami, obvykle jsou menší než součástky v jiných typech pouzder, nejčastěji se využívají při strojovém osazování DPS
- FRR poměr indexů toku taveniny

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 obecný nákres komory definovaný normou ČSN EN ISO 1133-1	14
Obrázek 2 Kalafuna, 30g, zdroj: gme.cz	27
Obrázek 3 Transformátorová pájka, zdroj: gme.cz.....	28
Obrázek 4 Odporová pájka, pero, zdroj: gme.cz	29
Obrázek 5 Odporová pájka, pistole, zdroj: gme.cz.....	29
Obrázek 6 Pájecí stanice CT-936C ESD, zdroj: hisupplier.com	30
Obrázek 7 Schéma komory plastometru [2]	34
Obrázek 8 Plastometr M201 i v jiném než oranžovém zbarvení, zdroj: fatra.cz.....	35
Obrázek 9 Blokové schéma fungování plastometru, legenda v tabulce níže, zdroj: vlastní	36
Obrázek 10 Polo rozebraný mechanismus snímače pohybu měřícího kotouče, zdroj: vlastní	38
Obrázek 11 Opětovně prokovené spoje na desce plošných spojů, zdroj: vlastní	38
Obrázek 12 Uchycení spínačů pomocí průchozích šroubů M3 k desce z hrubého plechu, zdroj: vlastní	39
Obrázek 13 Původní 100kHz krystal, a rozměrové srovnání s rezistorem (horní šipka), který je rozměrově novému krystalu velmi blízký, zdroj: vlastní.....	40
Obrázek 14 Nový 100kHz krystal v pouzdře TC26, zdroj: modelobchod.cz.....	41
Obrázek 15 Vodorovné čáry označují umístění nahrazovaných kondenzátorů, svislá čára pak nahrazovanou poškozenou vodivou cestu na DPS, prázdné otvory po chybějících součástkách znázorňují šipky, zdroj: vlastní.....	41
Obrázek 16 Vodorovné šipky ukazují na vyměněné kondenzátory a svislá šipka na kabel, nahrazující chybějící cestu na DPS, zdroj: vlastní.....	42
Obrázek 17 Vyměněný diferenční zesilovač MBA145, zdroj: vlastní	43
Obrázek 18 Vyměněný optočlen WK16413 (zelená tečka) vpravo a původní WK16412 (modrá tečka) vlevo, zdroj: vlastní	44
Obrázek 19 Vyměněná dioda vpravo a původní dioda vlevo, zdroj: vlastní	45
Obrázek 20 Namontovaný chladič, vymontovaný triak	45
Obrázek 21 Namontovaný chladič, namontovaný triak.....	46
Obrázek 22 Triak bez chladiče, pouzdro K707, závit M6, zdroj: ferity.cz	46
Obrázek 23 Oprava původních, mechanicky poškozených cest, zdroj: vlastní.....	47
Obrázek 24 Deska AkX008, vpravo drátové propoje, vlevo 30 pin konektor, zdroj: vlastní	47
Obrázek 25 Deska AkX008 ze zadní části, vlevo drátové propoje, vpravo 30 pin konektor, zdroj: vlastní	48
Obrázek 26 Poškozený 30 pin konektor, zdroj: vlastní	48
Obrázek 27 Drátový spoj, zadní strana řídicí desky, zdroj: vlastní	49

Obrázek 28 Drátový spoj, propojovací deska AkX006, zdroj: vlastní	49
Obrázek 29 Tranzistory KF508 a BD139, dole původní, nahoře nové, zdroj: vlastní	50
Obrázek 30 Start přístroje, zdroj: vlastní	53
Obrázek 31 Ukončení vytápění na zvolenou teplotu, zdroj: vlastní	53
Obrázek 32 Stiskem tl. START začíná předehřev na zvolený počet minut, zdroj: vlastní ..	54
Obrázek 33 Ukončení předehřevu a příprava na samotné měření, zdroj: vlastní	54
Obrázek 34 Simulace průchodu kotouče kolem zobáčku, spuštění stopek, zdroj: vlastní ..	55

SEZNAM TABULEK

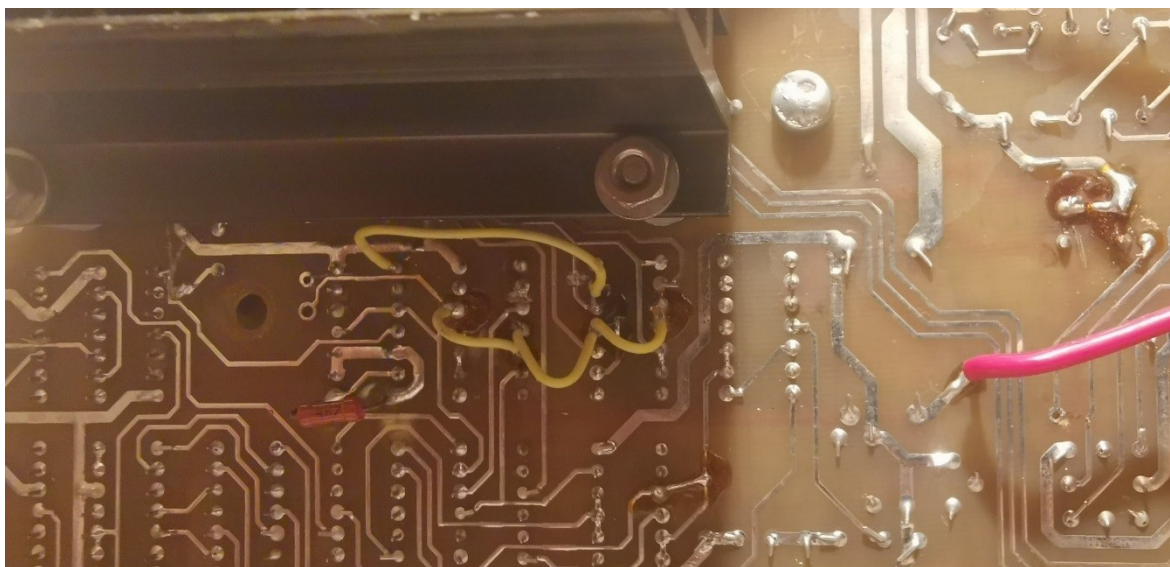
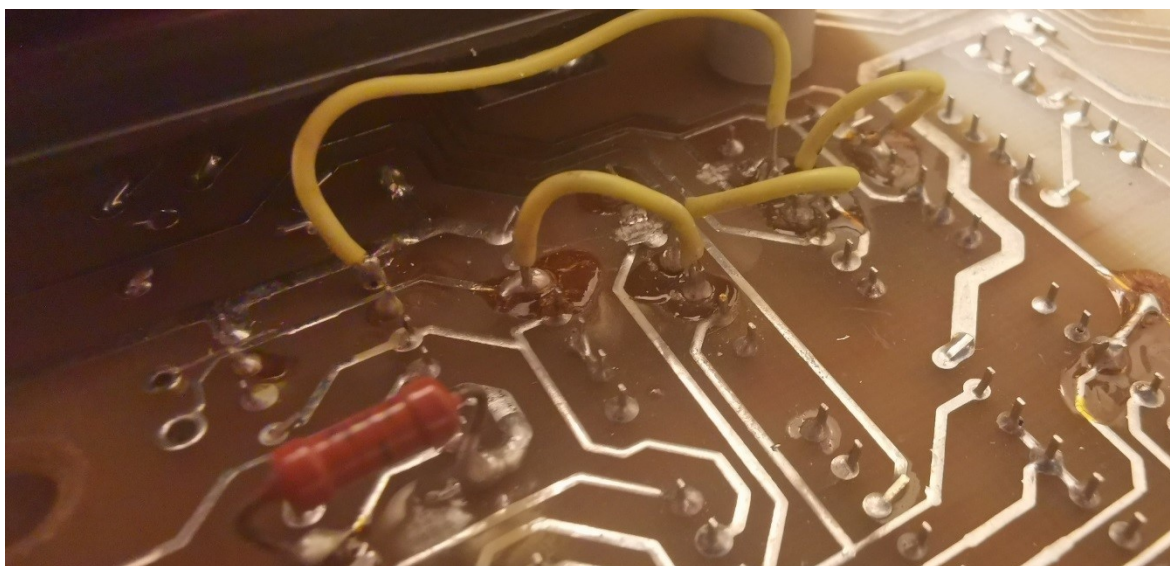
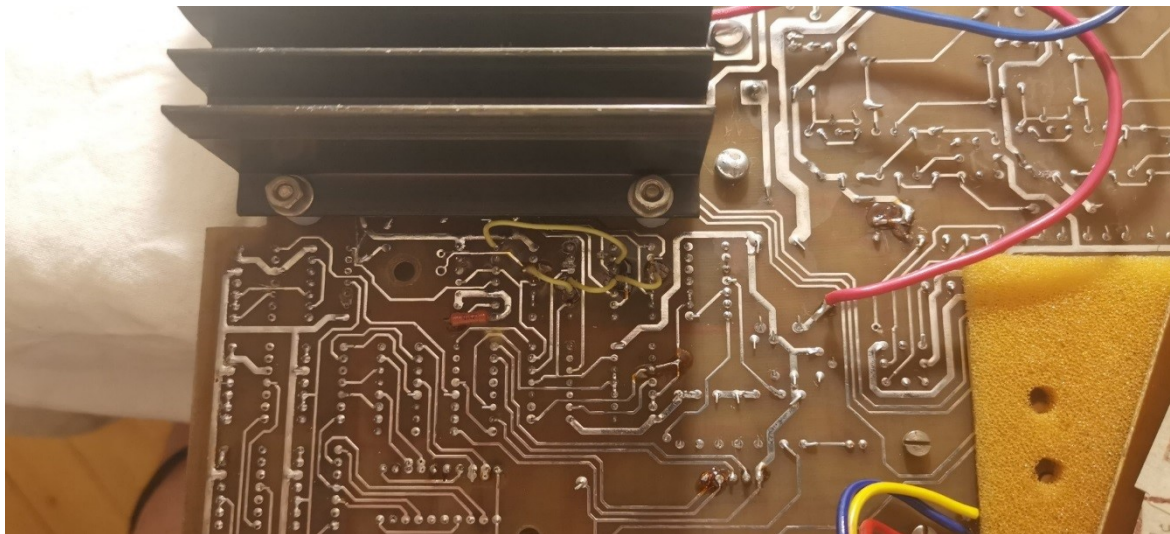
Tabulka 1 Vlastnosti pístu[1].....	13
Tabulka 2 Legenda pro obrázek 1 [1].....	14
Tabulka 3 Maximální povolená odchylka od požadované zkušební teploty v závislosti na vzdálenosti a čase po dobu trvání zkoušky [1]	15
Tabulka 4 Normy definující zkušební podmínky pro konkrétní materiály [1,14].....	17
Tabulka 5 Pokyny pro stanovení zkušebních parametrů vzorku a ořezu struny[1,14].....	18
Tabulka 6 Tabulka stanovující zkušební parametry [1,14].....	19
Tabulka 7 Náhrady olova v pájkách a důvod jejich užití [20, 25].....	26
Tabulka 8 Vlastnosti zjištěné při praktických zkouškách přístroje M201	32
Tabulka 9 Legenda blokového schéma fungování plastometru.....	36
Tabulka 10 Výsledky odřezu strun po 240 s.....	58
Tabulka 11 Výsledky odřezu strun po 240 s.....	58

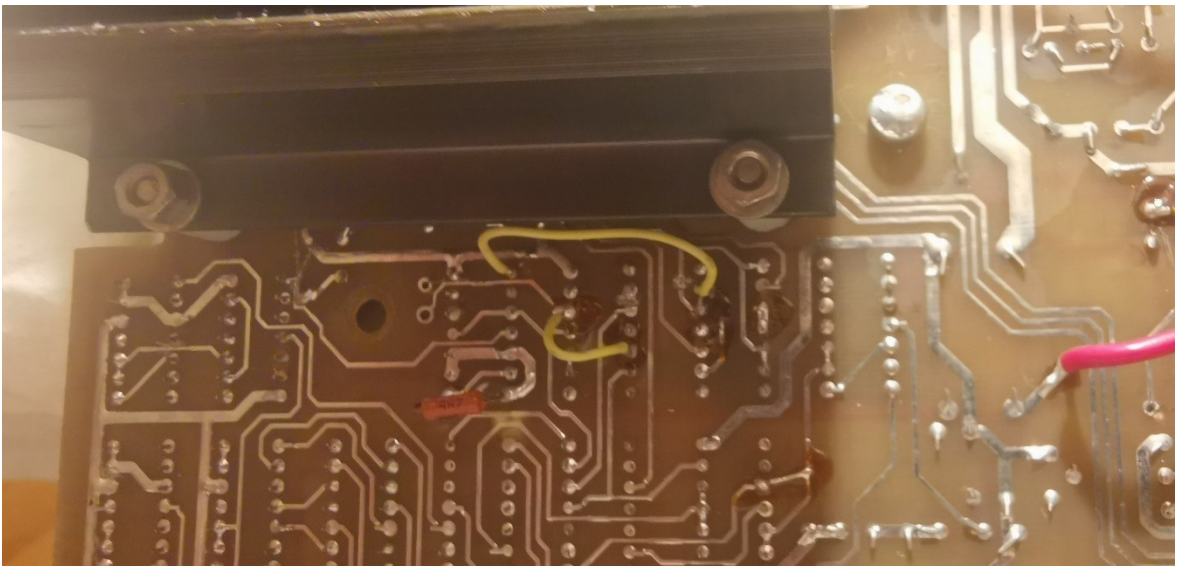
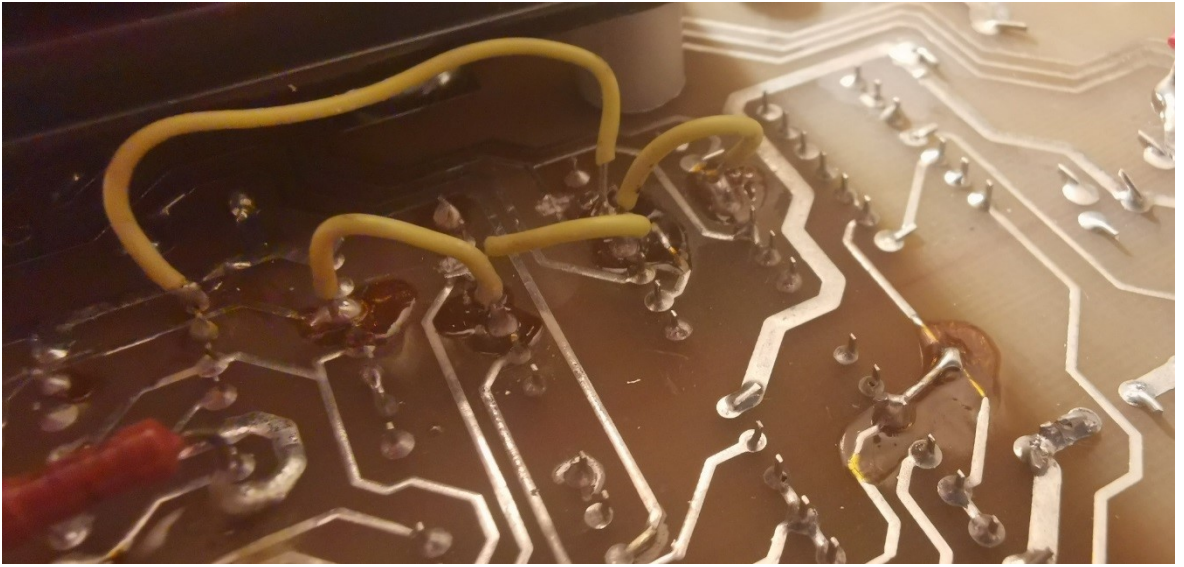
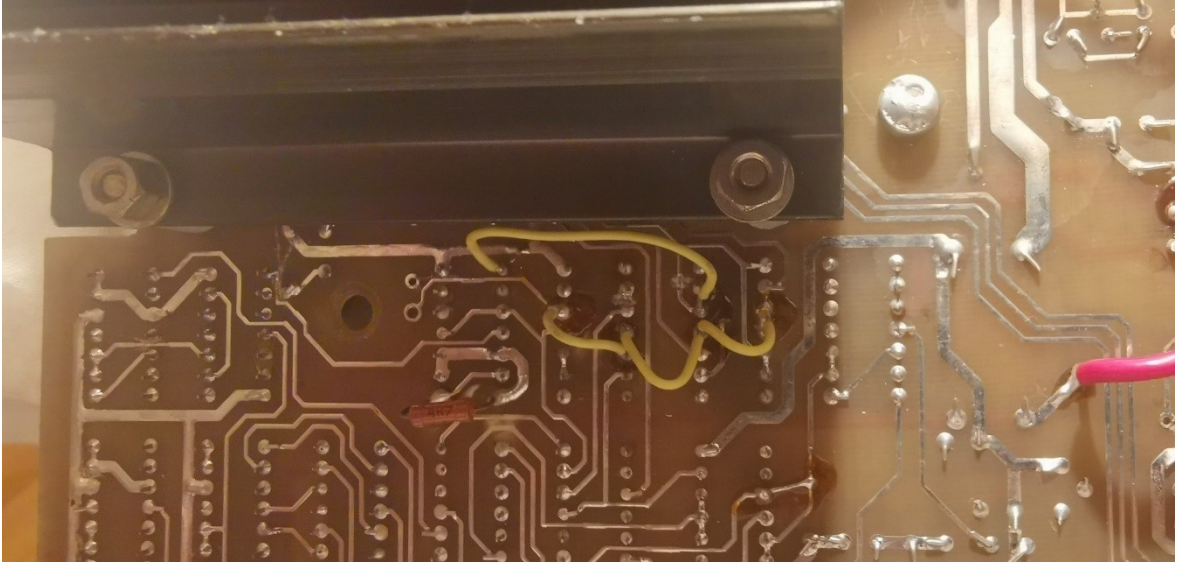
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: OBRAZOVÁ DOKUMENTACE PRO OPRAVU DESKY PLOŠNÝCH
SPOJŮ – DRÁTOVÉ PROPOJE

Příloha P II: KATALOGOVÉ LISTY PŮVODNÍCH SOUČÁSTEK

**PŘÍLOHA P I: OBRAZOVÁ DOKUMENTACE PRO OPRAVU
DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ – DRÁTOVÉ PROPOJE**





PŘÍLOHA P II: KATALOGOVÉ LISTY PŮVODNÍCH SOUČÁSTEK

Zdroj: teslakatalog.cz

MAA 741, MAA 748, MAA 741C, MAA 748C OPERAČNÍ ZESILOVAČE

MAA 741, MAA 748, MAA 741C, MAA 748C ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ • MAA 741, MAA 748, MAA 741C, MAA 748C OPERATIONAL AMPLIFIERS • MAA 741, MAA 748, MAA 741C, MAA 748C OPERATIONSVERSTÄRKER

Mezní hodnoty:	MAA 741 MAA 748		MAA 741C MAA 748C		
	Napájecí napětí	U_{CC}	$\pm 3 \dots \pm 22$	$\pm 3 \dots \pm 18$	
Vstupní napětí rozdílové	U_{ID}	± 30	± 30		V
Vstupní napětí ¹⁾	U_I	± 15	± 15		V
Napětí mezi vývody (jen MAA 741, MAA 741C) č. 1 a 4	$U_{1/4}$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$		V
č. 5 a 4	$U_{1/5}$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$		V
Ztrátový výkon	P_{tot}	500	500		mW
Rozsah pracovních teplot	ϑ_a	$-55 \dots \pm 125$	$0 \dots \pm 70$		°C
Rozsah skladovacích teplot	ϑ_{stg}	$-65 \dots \pm 155$	$-65 \dots \pm 155$		°C

1) Pro napájecí napětí nižší než ± 15 V je hodnota max. vstupního napětí rovna velikosti napájecího napětí.

2) Zkrat výstupu (proti zemi nebo proti napájení) není časově omezen, u MAA 741, MAA 748 pro $\vartheta_c \leq 125$ °C, u MAA 741C, MAA 748C pro $\vartheta_c \leq 70$ °C.

Charakteristické údaje:	$C_C = 0$		MAA 741 MAA 748		MAA 741C MAA 748C		
	$C_C = 30$ pF		$\vartheta_a = +25$ °C		$\vartheta_a = +25$ °C		
Platí při $U_{CC} = \pm 15$ V, není-li uvedeno jinak			$\vartheta_a = +25$ °C		$\vartheta_a = +25$ °C		
Napěťová nesymetrie vstupů $R_S \leq 10$ k Ω	MAA 741 MAA 748	U_{IO}	1,5	<5	2	<6	mV
Proudová nesymetrie vstupů		I_{IO}	10	<200	10	<200	nA
Vstupní klidový proud		I_{IB}	80	<500	80	<500	nA
Vstupní odpor		R_{ISE}	3	>0,3	3	>0,3	M Ω
Napěťové zesílení otevřené smyčky $R_L \geq 2$ k Ω , $U_O = \pm 10$ V	MAA 741	A_u	150 000	>50 000	130 000	>20 000	
$R_L \geq 2$ k Ω , $U_O = \pm 10$ V	MAA 748	A_u	130 000	>50 000	120 000	>20 000	
Napájecí proud		I_{CC}	1,3	<2,8	1,3	<2,8	mA
Příkon		P	40	<85	40	<85	mW
Rozkmit výstupního napětí $U_{CC} = 22$ V, $R_L \geq 2$ k Ω		$U_{OPP\ max}$	± 20	> ± 17	—	—	V
$U_{CC} = 18$ V, $R_L \geq 2$ k Ω		$U_{OPP\ max}$	—	—	± 16	> ± 13	V
Informativní hodnoty:							
Výstupní proud nakrátko		I_{OS}	± 25		± 25		mA
Výstupní odpor $f = 1$ kHz		R_O	60		60		Ω
Vstupní kapacita		C_I	2,8		2,8		pF
Vyrovnání napěťové nesymetrie	MAA 741 MAA 748		± 13		± 13		mV
Doba čela			± 20		± 20		mV
$U_I = 20$ mV, $R_L = 2$ k Ω , $C_L \leq 100$ pF, $A_u = 1$	MAA 741	t_r	0,35		0,35		μ s
$C_C = 3,5$ pF, $A_u = 10$	MAA 748	t_r	0,2		0,2		μ s
Překmit $U_I = 20$ mV, $A_u = 1$, $R_L = 2$ k Ω , $C_L \leq 100$ pF	MAA 748		2		2		%
Rychlost přeběhu $A_u = 1$, $R_L \geq 2$ k Ω	MAA 741	S	0,5		0,5		V/ μ s
$A_u = 1$, $C_C = 30$ pF	MAA 748	S	0,5		0,5		V/ μ s
$A_u = 10$, $C_C = 3,5$ pF	MAA 748	S	6,0		6,0		V/ μ s
Teplotní drift napěťové nesymetrie vstupů ¹⁾	MAA 741	$\alpha_{U_{IO}}$	10		10		μ V/K
	MAA 748	$\alpha_{U_{IO}}$	5		5		μ V/K
Teplotní drift proudové nesymetrie vstupů ¹⁾	MAA 741	$\alpha_{I_{IO}}$	160		160		pA/K
	MAA 748	$\alpha_{I_{IO}}$	80		80		pA/K

1) Platí v rozsahu pracovních teplot.

MAA 725, MAA 725B, MAA 725C, MAA 725H, MAA 725J, MAA 725K PŘÍSTROJOVÝ OPERAČNÍ ZESILOVAČ

MAA 725, MAA 725B, MAA 725C, MAA 725H, MAA 725J, MAA 725K ПРИБОРНЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ • MAA 725, MAA 725B, MAA 725C, MAA 725H, MAA 725J, MAA 725K INSTRUMENT OPERATIONAL AMPLIFIERS • MAA 725, MAA 725B, MAA 725C, MAA 725H, MAA 725J, MAA 725K INSTRUMENTENOPERATIONSVERSTÄRKER

Mezní hodnoty:

Napájecí napětí MAA 725, MAA 725B, MAA 725C MAA 725H, MAA 725J, MAA 725K	U_B	max.	$\pm 3 \dots \pm 22$	V
	U_B	max.	$\pm 3 \dots \pm 15$	V
Rozdílové vstupní napětí ¹⁾	U_{ID}	max.	MAA 725, B, C	± 22
			MAA 725, H, J, K	± 15
Vstupní napětí ²⁾	U_I	max.	MAA 725, B, C	± 20
			MAA 725 H, J, K	± 13
Napětí mezi vývody 1 a 7 nebo 8 a 7	$U_{1/7}$	max.	$\pm 0,5$	V
	$U_{8/7}$	max.	$\pm 0,5$	V
Ztrátový výkon($\vartheta_a < 75^\circ\text{C}$)	P_{tot}	max.	500	mW
Provozní teplota MAA 725, MAA 725H MAA 725B, MAA 725J MAA 725C, MAA 725K	ϑ_a	max.	$-55 \dots +125$	$^\circ\text{C}$
	ϑ_a	max.	$-20 \dots +85$	$^\circ\text{C}$
	ϑ_a	max.	$0 \dots 70$	$^\circ\text{C}$
Teplota při skladování	ϑ_{stg}	max.	$-65 \dots +150$	$^\circ\text{C}$

¹⁾ Platí pro impulsy o délce 5 ms s klíčovací poměrem 10 %. Při stejnosměrném provozu se tato hodnota snižuje na ± 5 V.

²⁾ Pro napájecí napětí menší než ± 22 V je (absolutní) max. hodnota vstupních napětí nižší (pro $U_B = \pm 16$ V platí $U_I = \pm 15$ V, $U_B = \pm 5$ V platí $U_I = \pm 4$ V).

Diferenční zesilovače a komparátory

1.3.3

MBA 125, MBA 145 DIFERENČNÍ ZESILOVAČE

MBA 125, MBA 145 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ • MBA 125, MBA 145 DIFFERENTIAL AMPLIFIERS •
 MBA 125, MBA 145 DIFFERENZVERSTÄRKER

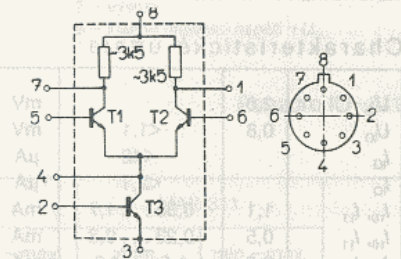
Charakteristické údaje:

Typ		MBA 125	MBA 145		Měřeno při
Rozdílový napěťový zisk	A_{ud}	>50		V	$U_B = \pm 7 V$
Výstupní rozkmit	U_{OM}	3,5		mV	
Vstupní napěťová nesymetrie	U_{IO}	<4		μA	
Vstupní proudová nesymetrie	I_{IO}	<2		k Ω	
Vstupní klidový proud	I_{IB}	<50		k Ω	
Činitel potlačení součtového signálu	CMR	>60		kHz	
Vstupní odpor	R_i	2,5 > 1			
Výstupní odpor	R_o	2,3 < 4			
Šířka pásma	BW	0,001 ... 5000			

Mezní hodnoty:

		MBA 125	MBA 145	
U_B	max.	± 7	± 12	V
U_{IO}	max.	± 4	± 4	V
$U_{1/4}$	max.	7	12	V
$U_{7/4}$	max.	7	12	V
$U_{4/3}$	max.	7	12	V
I_{B3}	max.		20	mA
P_{tot}	max.		300	mW
θ_j	max.		150	$^{\circ}C$
θ_a	max.	-55 ... +125		$^{\circ}C$

Pouzdro IO 3



OPTOELEKTRICKÉ SPOJOVACÍ ČLENY

WK 164 12
WK 164 13
WK 164 14

MEZNÍ HODNOTY:

		WK 164 12	WK 164 13	WK 164 14	
Izolační napětí vstup—výstup	U_{IORM}	4000	2500	2500	V
Ztrátový výkon	P_{tot}	100	100	100	mW
Izolační odpor vstup—výstup	$R_{IO} \text{ min.}$	1000	1000	10 000	M Ω
Kapacita vstup—výstup	$C_{IO} \text{ max.}$	0,5	0,5	~ 2	pF
Teplota okolí	$\vartheta_a \text{ min.-max.}$	-40 ... +85	-10 ... +70	-40 ... +85	°C
Pouzdro		O49	O50	O51	

CHARAKTERISTICKÉ ÚDAJE: $\vartheta_a = +25^\circ\text{C}$

Přenosový poměr

$I_F = 10 \text{ mA}, U_{CE} = 6 \text{ V}$	WK 164 12-1	CTR	0,02 ... 0,15	—	—
	WK 164 12-2	CTR	0,1 ... 0,25	—	—
	WK 164 12-3	CTR	0,2 ... 0,5	—	—
	WK 164 12-4	CTR	$\geq 0,5$	—	—
$I_F = 2 \text{ mA}, U_{CE} = 1 \text{ V}, I_B = 0$	WK 164 13-1	CTR	—	0,5 ... 2	—
	WK 164 13-2	CTR	—	1,5 ... 6	—
	WK 164 13-3	CTR	—	5 ... 12	—
	WK 164 13-4	CTR	—	≥ 10	—
$I_F = 10 \text{ mA}, U_{CE} = 5 \text{ V}$	WK 164 14-1	CTR	—	—	0,1 ... 0,4
	WK 164 14-2	CTR	—	—	0,3 ... 0,8
	WK 164 14-3	CTR	—	—	0,6 ... 1,0
	WK 164 14-4	CTR	—	—	$\geq 1,0$

Doba náběhu

$I_{on} = 1 \text{ mA}, U_{CE} = 6 \text{ V}, R_L = 100 \Omega$	t_r	≤ 15	—	—	μs
$I_{on} = 10 \text{ mA}, U_{CE} = 5 \text{ V}, R_L = 100 \Omega, I_B = 0$	t_r	—	≤ 125	—	μs
$I_{on} = 1 \text{ mA}, U_{CE} = 5 \text{ V}, R_L = 100 \Omega$	t_r	—	—	≤ 10	μs

Doba doběhu

$I_{on} = 1 \text{ mA}, U_{CE} = 6 \text{ V}, R_L = 100 \Omega$	t_d	≤ 15	—	—	μs
$I_{on} = 10 \text{ mA}, U_{CE} = 5 \text{ V}, R_L = 100 \Omega, I_B = 0$	t_d	—	≤ 100	—	μs
$I_{on} = 1 \text{ mA}, U_{CE} = 5 \text{ V}, R_L = 100 \Omega$	t_d	—	—	≤ 10	μs

VYSILAČ:

Proud v propustném směru	I_F	max.	30	30	50	mA
Impulsní proud $t_{imp} = 100 \mu\text{s}$	I_{FRM}	max.	1,5	1,5	1,5	A
Napětí v propustném směru $I_F = 30 \text{ mA}$ $I_F = 50 \text{ mA}$	U_F	$\leq 1,7$	—	$\leq 1,7$	—	V
	U_F	—	—	—	$\leq 1,6$	V
Napětí v závěrném směru $I_R = 100 \mu\text{A}$	U_R	≤ 3	—	≤ 3	≤ 5	V

PRIJÍMAČ:

Napětí kolektoru proti emitoru $I_C = 100 \mu\text{A}; I_F = 0; I_B = 0$	U_{CEO}	≥ 20	≥ 30	≥ 32	V
Ztrátový výkon kolektoru	P_C	≤ 50	≤ 50	≤ 50	mW
Proud kolektoru	I_C	—	—	≤ 20	mA
Proud kolektoru za tmy $U_{CE} = 20 \text{ V}; I_F = 0$ $U_{CE} = 10 \text{ V}; I_F = 0; I_B = 0$ $U_{CE} = 10 \text{ V}; I_F = 0$	I_{CEO}	≤ 100	—	—	nA
	I_{CEO}	—	≤ 100	—	nA
	I_{CEO}	—	—	≤ 100	nA
Saturační napětí kolektor—emitor $I_C = 0,2 \text{ mA}; I_F = 30 \text{ mA}$ $I_C = 2 \text{ mA}; I_F = 5 \text{ mA}; I_B = 0$ $I_C = 1 \text{ mA}; I_F = 10 \text{ mA}$	$U_{CE \text{ sat}}$	$\leq 0,4$	—	—	V
	$U_{CE \text{ sat}}$	—	$\leq 0,8$	—	V
	$U_{CE \text{ sat}}$	—	—	$\leq 0,4$	V

Barevný kód typu (tečka v místě A)	červený	WK 164 12-1	WK 164 13-1	WK 164 14-1
	žlutý	WK 164 12-2	WK 164 13-2	WK 164 14-2
	zelený	WK 164 12-3	WK 164 13-3	WK 164 14-3
	modrý	WK 164 12-4	WK 164 13-4	WK 164 14-4

KZ 260/5V1—KZ 260/18 ZENEROVY DIODY PRO STABILIZACI

ДИОД ЗЕНЕРА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ • ZENER DIODE FOR STABILISATION • Z-DIODE FÜR STABILISIERUNG

Stabilizačné diódy rady KZ 260 so stratovým výkonom 1,3 W sú vyrobené planárne-epitaxnou technológiou a sú určené na stabilizáciu jednosmerných napätí v rozsahu 4,8 až 19,1 V.

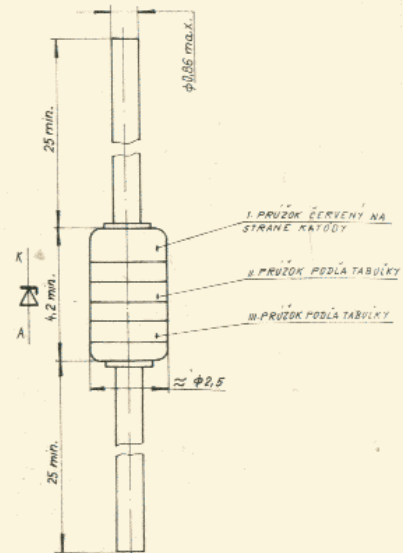
Puzdro sklenené s axiálnymi drôtovými vývodmi (DO 41).

Smernice pre montáž a použitie:

1. Prípustný polomer ohybu vývodov je $r \geq 0,75$ mm. Pri ohýbaní treba vylúčiť mechanické namáhanie vývodov v mieste vyústenia zátavu použitím vhodného nástroja.
2. Minimálna vzdialenosť spájkovania vývodov je 3,5 mm od puzdra.
3. Doba individuálneho spájkovania je max. 4 s pri teplote hrotu spájkovačky max. 350 °C.
4. Pri hromadnom spájkovaní vlnou je prípustná doba spájkovania max. 5 s pri teplote kúpeľa max. 240 °C.

Medzné hodnoty:

Typ	I_z (mA)	P_{tot} (W)	ϑ_{pm} (°C)	ϑ_a (°C)
KZ 260/5V1	215	1,3	+175	-55 ÷ 175
KZ 260/5V6	190			
KZ 260/6V2	180			
KZ 260/6V8	155			
KZ 260/7V5	140			
KZ 260/8V2	127			
KZ 260/9V1	115			
KZ 260/10	105			
KZ 260/11	95			
KZ 260/12	85			
KZ 260/13	78			
KZ 260/15	70			
KZ 260/16	63			
KZ 260/18	57			



Typ	II. průžok	III. průžok
KZ 260/5V1	čierny	čierny
KZ 260/5V6	strieborný	strieborný
KZ 260/6V2	strieborný	modrý
KZ 260/6V8	zelený	zelený
KZ 260/7V5	modrý	modrý
KZ 260/8V2	čierny	strieborný
KZ 260/9V1	zelený	čierny
KZ 260/10	červený	zelený
KZ 260/11	zelený	modrý
KZ 260/12	modrý	zelený
KZ 260/13	strieborný	zelený
KZ 260/15	červený	modrý
KZ 260/16	modrý	čierny
KZ 260/18	čierny	zelený

I_z — maximálne prípustný stabilizačný prúd; táto hodnota platí, ak teplota prívodov vo vzdialenosti 4 mm od puzdra je max. 45 °C.

Elektrické hodnoty menovité:

($\vartheta_a = 25$ °C)

Typ	U_z (V)	$r_{z \max}$ pri I_z		U_n pri I_n	
		(Ω)	(mA)	(V)	(μ A)
KZ 260/5V1	4,8 ÷ 5,4	5	100	0,7	2
KZ 260/5V6	5,2 ÷ 6,0	5	100	1,5	0,5
KZ 260/6V2	5,8 ÷ 6,6	2	100	2,0	0,5
KZ 260/6V8	6,4 ÷ 7,2	2	100	3,0	0,5
KZ 260/7V5	7,0 ÷ 7,9	2	100	4,5	0,5

KY 132/80-KY 132/1250 USMĚRŇOVACÍ DIODY

ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ ДИОД • RECTIFIER DIODE • GLEICHRICHTERDIODE

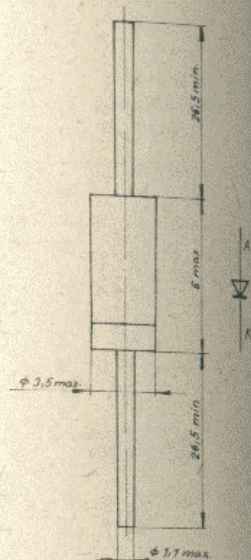
Kremíkové difúzne diódy KY 132/80 až KY 132/1250 sú vhodné na usmerňovanie striedavých prúdov do 1 A a na všeobecné účely.

Puzdro plastové s drôtovými axiálnymi vývodmi

Smernice pre použitie:

1. Prípustný polomer ohybu vývodov je minimálne 0,75 mm. Vývody sa nesmú ohýbať vo vzdialenosti menšej ako 3 mm od puzdra.
2. Minimálna vzdialenosť spájkovania vývodov je 5 mm od puzdra.
3. Doba individuálneho spájkovania je max. 4 s pri teplote hrotu spájkovačky max. 350 °C.
4. Pri hromadnom spájkovaní vinou je prípustná doba spájkovania max. 5 s pri teplote hrotu spájkovačky max. 350 °C.
4. Pri hromadnom spájovaní vinou je prípustná doba spájkovania max. 5 s pri teplote kúpeľa max. 245 °C.

Typ	Prúžok
KY 132/80	zelený
KY 132/150	modrý
KY 132/300	červený
KY 132/600	biely
KY 132/900	žltý
KY 132/1000	šedý
KY 132/1250	strieborný



Medzné hodnoty:

Parameter	Znak	Jed.	Hodnota						
			KY 132 /80	KY 132 /150	KY 132 /300	KY 132 /600	KY 132 /900	KY 132 /1000	KY 132 /1250
Opakovateľné špičkové záverné napätie	U_{RRM}	V	80	150	300	600	900	1000	1250
Neopakovateľné špičkové záverné napätie $t \leq 10$ ms, ojedinelý impulz	U_{RSM}	V	100	180	360	720	1100	1250	1400
Striedavé napätie na vstupe jednocestného usmerňovača (+5 % C – záťaž)	U	V	15	30	80	125	200	250	250
Max. vstupná kapacita filtra +50 %	C_N	μF	1600	1200	800	400	300	200	200
Min. hodnota ochranného odporu -10 %	R_o	Ω	1	1,5	2,5	4	7	8	5
Stredná hodnota usmerneného prúdu C – záťaž R – záťaž	I_{FAV}	A	0,8 1						
Periodicky neopakovateľný špičkový prípustný prúd $t \leq 10$ ms, ojedinelý impulz	I_{FSM}	A	40						
Rozsah pracovných teplôt	θ_a	°C	-55 ÷ 125						
Rozsah pracovnej frekvencie	f	Hz	15 ÷ 1000						

USMERŇOVACIE DIÓDY 0,3 A 1 A V PLASTICKOM PÚZDRE

Typ	Medzné hodnoty						Charakteristické hodnoty				Puzdro	Analog
	I_{FAV}	I_{FSM}	$U_{ab(R)}$	U_{act}	U_{RSM}	R_{omin}	U_F pri	I_F	I_R pri	U_R max.		
	mA	A ¹⁾	V	V	V ¹⁾	Ω	max. V	mA	μ A	V		
KY130/80	300	10	30	15	100	2	1	300	10	80	D1	
KY130/150	300	10	60	30	180	3	1	300	10	150	D1	
KY130/300	300	10	125	60	360	8	1	300	10	300	D1	
KY130/600	300	10	250	125	720	16	1	300	10	600	D1	
KY130/900	300	10	380	190	1 100	27	1	300	10	900	D1	
KY130/1 000	300	10	500	250	1 250	35	1	300	10	1 000	D1	
KY131	700	30			350		1	700	5	300	D2	

USMERŇOVACIE DIÓDY 0,3 A 1 A V PLASTICKOM PÚZDRE

Typ	Medzné hodnoty						Charakteristické hodnoty				Puzdro	Analog
	I_{FAV}	I_{FSM}	$U_{ab(R)}$	U_{act}	U_{RSM}	R_{omin}	U_F pri	I_F	I_R pri	U_R min.		
	mA	A ¹⁾	V	V	V ¹⁾	Ω	max. V	mA	μ A	V		
KY132/80	800 ²⁾	40		15	100	1	1,1	1A	10	80	D3	
KY132/150	800 ²⁾	40		30	180	1,5	1,1	1A	10	150	D3	
KY132/300	800 ²⁾	40		60	360	2,5	1,1	1A	10	300	D3	
KY132/600	800 ²⁾	40		125	720	4	1,1	1A	10	600	D3	
KY132/900	800 ²⁾	40		200	1 100	7	1,1	1A	10	900	D3	
KY132/1 000	800 ²⁾	40		230	1 250	8	1,1	1A	10	1 000	D3	
KY132/1 250	800 ²⁾	40		250	1 400	5	1,1	1A	10	1 250	D3	
KY133	950 ²⁾ 1 200	50			350		1	1A	10	300	D4	

 1) $t \leq 10$ ms

2) Kapacitný vstup filtra

RÝCHLE KREMÍKOVÉ USMERŇOVACIE DIÓDY

Typ	Medzné hodnoty					I_{FAV}	U_F pri max.	I_F	I_R pri	U_R	t_{tr} max.	Puzdro	Analog
	I_{FRM}	I_{FSM}	U_{RRM}	U_{RSM}	T_j								
	A	A	V	V	$^{\circ}$ C								
KY189	16	75	850	900	155	4 ¹⁾ 2 ²⁾	1,3	3	10	850	300	DO-4/1	BY189
KY190	10	75	650	700	155	4 ¹⁾ 2 ²⁾	1,3	3	10	650	300	DO-4/1	BY190
KY193	20	75	200	230	155	6 ¹⁾ 3 ³⁾	1,4	6	10	200	500	DO-4/1	BY193
KY194	20	75	400	450	155	6 ¹⁾ 3 ³⁾	1,4	6	10	400	500	DO-4/1	BY194
KY195	20	75	800	900	155	6 ¹⁾ 3 ³⁾	1,4	6	10	800	500	DO-4/1	BY195
KY196		40	100	120	125	0,8	1,2	1	10	100	500	D4	BYF402
KY197		40	200	240	125	0,8	1,2	1	10	200	500	D4	BYF403
KY198		40	400	450	125	0,8	1,2	1	10	400	500	D4	BYF404
KY199		40	800	900	125	0,8	1,2	1	10	800	500	D4	BYF405

1) Jednocestný usmerňovač, zaťaženie R

 2) $T_c \leq 25$ $^{\circ}$ C

 3) $T_c \leq 100$ $^{\circ}$ C

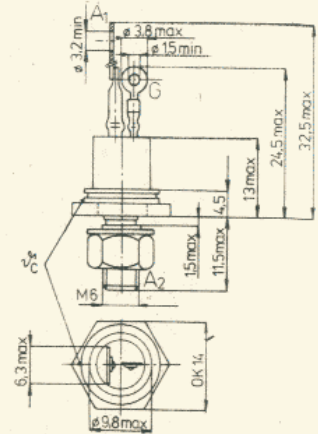
KT 729/700, KT 729/800 TRIAKY PRO BEZKONTAKTNÍ SPÍNÁNÍ KT 729/900 A ŘÍZENÍ

ТРИАКИ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ • TRIACS FOR CONTACTLESS SWITCHING AND CONTROL
• TRIACS FÜR KONTAKTLOSE SCHALTUNG UND REGULACION

Triaky – symetrické vícevrstvé spínací součástky, vhodné pro použití v obvodech pro ovládání otáček elektromotorů, regulaci elektrického osvětlení a topení, jako symetrický bezkontaktní spínač apod.

Pouzdro: K707

Kovové pouzdro se šroubkem M6 v základně a dvěma vývody s pájecími očky ve skleněné průchodce. Anoda A_2 vyvedena na základnu, A_1 na pájecí očko většího průměru, řídicí elektroda G na očko menšího průměru.



Propustný proud efektivní	I_{Tef}	10	A
Propustný proud špičkový	I_{TSM}	60	A
Blokovací napětí impulsní	U_{DRM}	700 ... 900	V
Kritická strmota nárůstu blokovacího napětí	S_{Ucrit}	≥ 10	V/ μ s
Kritická strmota nárůstu komutačního napětí	S_{Ukom}	≥ 6	V/ μ s

Mezní hodnoty:

Blokovací napětí impulsní pulsusový tvar, $t = 10$ ms $I_G = 0$ mA, $\theta_c = -40 \dots +100$ °C KT 729/700 KT 729/800 KT 729/900	U_{DRM}	max.	700	V
	U_{DRM}	max.	800	V
	U_{DRM}	max.	900	V
Propustný proud efektivní sinusový průběh 50 Hz, $\theta = 360^\circ$, zátěž R	I_{Tef}	max.	10	A
Propustný proud špičkový neopakovatelný jedna perioda sinusového proudu 50 Hz ¹⁾	I_{TSM}	max.	60	A
Napětí řídicí elektrody impulsní $t = 20$ μ s	U_{GM}	max.	± 10	V
Proud řídicí elektrody impulsní $t = 20$ μ s	I_{GM}	max.	± 3	A
Ztrátový výkon řídicí elektrody impulsní $t = 20$ μ s	P_{GM}	max.	10	W
Ztrátový výkon řídicí elektrody střední	P_{GAV}	max.	0,5	W
Teplota pouzdra ²⁾	θ_c	min.—max.	$-40 \dots +100$	°C

¹⁾ Je nutno počítat s dočasnou ztrátou řídicí schopnosti.

²⁾ Měří se ve vyznačeném bodě podle rozměrového výkresu teploměrem s malou tepelnou kapacitou.

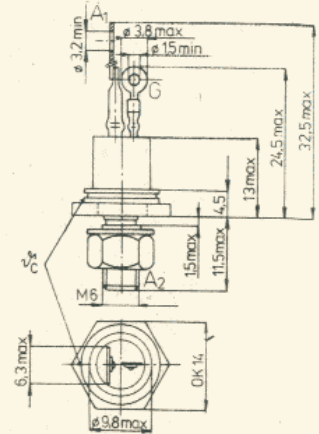
KT 729/700, KT 729/800 TRIAKY PRO BEZKONTAKTNÍ SPÍNÁNÍ KT 729/900 A ŘÍZENÍ

ТРИАКИ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ • TRIACS FOR CONTACTLESS SWITCHING AND CONTROL
• TRIACS FÜR KONTAKTLOSE SCHALTUNG UND REGULACION

Triaky – symetrické vícevrstvé spínací součástky, vhodné pro použití v obvodech pro ovládání otáček elektromotorů, regulaci elektrického osvětlení a topení, jako symetrický bezkontaktní spínač apod.

Pouzdro: K707

Kovové pouzdro se šroubkem M6 v základně a dvěma vývody s pájecími očky ve skleněné průchodce. Anoda A_2 vyvedena na základnu, A_1 na pájecí očko většího průměru, řídicí elektroda G na očko menšího průměru.



Propustný proud efektivní	I_{Tef}	10	A
Propustný proud špičkový	I_{TSM}	60	A
Blokovací napětí impulsní	U_{DRM}	700 ... 900	V
Kritická strmota nárůstu blokovacího napětí	S_{Ucrit}	≥ 10	V/ μ s
Kritická strmota nárůstu komutačního napětí	S_{Ukom}	≥ 6	V/ μ s

Mezní hodnoty:

Blokovací napětí impulsní půlsinusový tvar, $t = 10$ ms $I_G = 0$ mA, $\theta_c = -40 \dots +100$ °C KT 729/700 KT 729/800 KT 729/900	U_{DRM}	max.	700	V
	U_{DRM}	max.	800	V
	U_{DRM}	max.	900	V
Propustný proud efektivní sinusový průběh 50 Hz, $\theta = 360^\circ$, zátěž R	I_{Tef}	max.	10	A
Propustný proud špičkový neopakovatelný jedna perioda sinusového proudu 50 Hz ¹⁾	I_{TSM}	max.	60	A
Napětí řídicí elektrody impulsní $t = 20$ μ s	U_{GM}	max.	± 10	V
Proud řídicí elektrody impulsní $t = 20$ μ s	I_{GM}	max.	± 3	A
Ztrátový výkon řídicí elektrody impulsní $t = 20$ μ s	P_{GM}	max.	10	W
Ztrátový výkon řídicí elektrody střední	P_{GAV}	max.	0,5	W
Teplota pouzdra ²⁾	θ_c	min.—max.	$-40 \dots +100$	°C

¹⁾ Je nutno počítat s dočasnou ztrátou řídicí schopnosti.

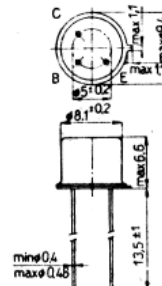
²⁾ Měří se ve vyznačeném bodě podle rozměrového výkresu teploměrem s malou tepelnou kapacitou.

KF 506, KF 507, KF 508 NPN – PRO VŠEOBECNÉ POUŽITÍ

NPN – ТРАНЗИСТОРЫ ДЛЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ • NPN – GENERAL-PURPOSE TRANSISTORS • NPN – TRANSISTOREN FÜR UNIVERSALBENÜTZUNG

Polovodičové součástky KF 506, KF 507, KF 508 jsou křemíkové planární epitaxní vysokofrekvenční tranzistory typu NPN, určené pro všeobecné použití.

Tranzistory jsou zapouzdřeny v kovovém pouzdru K505/P203 se skleněnou průchodkou a třemi vývody. Kolektor je vodivě spojen s pouzdrem.



Tranzistory zapouzdřené v dovážené patici mohou mít rozměr roztečné kružnice vývodů $5 \pm 0,35$ mm.

Mezní hodnoty:

Teplota okolí +25 °C

Napětí kolektor – báze	U_{CB}	max.	75	40	75	V
Napětí kolektor – emitor ($R_{BE} \leq 10 \Omega$) ⁴⁾	U_{CER}	max.	50	32	60	V
Napětí emitor – báze	U_{EB}	max.	7	5	7	V
Proud kolektoru	I_C	max.		500		mA
Proud emitoru	$-I_E$	max.		500		mA
Proud báze	I_B	max.		50		mA
Ztrátový výkon bez chlazení	P_{tot}	max.		0,8		W
s ideálním chlazením	P_{tot}	max.		2,6		W
Teplota přechodu	θ_j	max.		200		°C
Teplota okolí	θ_a	max.		-65 ... +200		°C/W
Teplotný odpor vnitřní	R_{thjc}	max.		60		°C/W
Teplotný odpor celkový	R_{thja}	max.		220		°C/W

Charakteristické údaje:

Teplota okolí +25 °C

Jmenovité hodnoty:		KF 506	KF 507	KF 508	
Zbytkový proud kolektoru ($U_{CB} = 30$ V)	I_{CBO}	–	$2 \leq 500$	–	nA
($U_{CB} = 60$ V)	I_{CBO}	$0,3 \leq 10$	–	$0,3 \leq 10$	nA
($U_{CE} = 30$ V, $R_{BE} = \infty$)	I_{CEO}	<1	<1	<1	μA
Závěrné napětí kolektoru ($I_{CBO} = 100$ μA)	U_{CBO}	>75	>40	>75	V
Závěrné napětí emitoru ($I_{EBO} = 100$ μA)	U_{EBO}	>7	>5	>7	V
Saturační napětí kolektoru ($I_C = 150$ mA, $I_B = 15$ mA)	U_{CES}	<1,5	<1,5	<1,5	V
Proud báze ($U_{CB} = 10$ V, $-I_E = 0,1$ mA) ²⁾	I_{B2}	<5	–	<2,9	μA
($U_{CB} = 10$ V, $-I_E = 10$ mA)	I_{B3}	80–290	<290	33–110	μA
($U_{CB} = 10$ V, $-I_E = 150$ mA) ^{1) 2)}	I_{B4}	<3,75	<3,75	<1,5	mA
Mezní kmitočet ¹⁾ ($U_{CB} = 10$ V, $-I_E = 50$ mA, $f = 30$ MHz)	f_T	100 > 60	100 > 50	120 > 70	MHz
Kolektorová kapacita ²⁾ ($U_{CB} = 10$ V, $-I_E = 0$ mA, $f = 2$ MHz)	C_{22b}	18 < 25	18 < 25	18 < 25	pF

MA 7805, MA 7812, MA 7815, MA 7824 VÝKONOVÉ STABILIZÁTORY NAPĚTÍ 5, 12, 15, 24 V/1 A

MA 7805, MA 7812, MA 7815, MA 7824 МОЩНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ 5, 12, 15, 24 В/1 А • MA 7805, MA 7812, MA 7815, MA 7824 POWER VOLTAGE REGULATORS 5, 12, 15, 24 V/1A • MA 7805, MA 7812, MA 7815, MA 7814 LEISTUNGS-SPANNUNGSSTABILISATOREN 5, 12, 15, 24 V/1A

Mezní hodnoty:

Vstupní napětí MA 7805, MA 7812, MA 7815 MA 7824	U_i	max.	35	V
Ztrátový výkon	U_i	max.	40	V
Teplota přechodu	P_W	max.	vnitřně omezen	W
Teplota při skladování	ϑ_j	max.	0 ... +125	°C
Teplotný odpor přechod – pouzdro	ϑ_{stg}	max.	-55 ... +155	°C
přechod – okolí	R_{thjc}	max.	4	K/W
	R_{thja}	max.	35	K/W

Pouzdro IO 11

Charakteristické údaje:

0 °C < ϑ_j < +125 °C, není-li uvedeno jinak		MA 7805		MA 7812		
Platí při		$U_i = 10 \text{ V}, I_o = 500 \text{ mA}$		$U_i = 19 \text{ V}, I_o = 500 \text{ mA}$		
Výstupní napětí $\vartheta_j = 25 \text{ °C}$	U_o	prům.	min.–max.	prům.	min.–max.	V
Napěťový činitel stabilizace		5,0	4,8 ... 5,2	12,0	11,5 ... 12,5	
$\vartheta_j = 25 \text{ °C}, 7 \text{ V} < U_i < 25 \text{ V}$	ΔU_o	3,0	<100	–	–	mV
$\vartheta_j = 25 \text{ °C}, 8 \text{ V} < U_i < 12 \text{ V}$	ΔU_o	1,0	<50	–	–	mV
$\vartheta_j = 25 \text{ °C}, 14,4 \text{ V} < U_i < 30 \text{ V}$	ΔU_o	–	–	10	<240	mV
$\vartheta_j = 25 \text{ °C}, 16 \text{ V} < U_i < 22 \text{ V}$	ΔU_o	–	–	3,0	<120	mV