

Oteplovací zkoušky tlumivek

Pracoviště: RICE
Číslo dokumentu: 22190 – 005 – 2023
Typ zprávy: Zkušební protokol
Řešitelé: Lukáš Sobotka, Martin Skalický, Bohumil Skala, Martin
Zavřel, Miroslav Tyrpekl
Vedoucí projektu: Bohumil Skala
Počet stran: 23
Datum vydání: 13.4. 2023
Oborové zařazení: 2.2 Electrical engineering, Electronic engineering,
Information engineering - Electrical and electronic
engineering

Zadavatel / zákazník:
Elzat, s. r.o.
Bezděkovská 760
262 42, Rožmitál pod Třemšínem
Česká republika

Zpracovatel / dodavatel:
Západočeská univerzita v Plzni
Research and Innovation Centre
for Electrical Engineering
Univerzitní 8
306 14 Plzeň
Kontaktní osoba:
Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.
tel. 377 634 473
skalab@fel.zcu.cz

Tato zpráva vznikla s podporou projektu MPO EG20_321/0024444.

Anotace

Tato výzkumná zpráva se zabývá měřením oteplovacích zkoušek několika tlumivek. Tlumivky jsou měřeny pro jmenovitý stav a následně pro přetížení.

Klíčová slova

Tlumivka, oteplovací zkouška, odpor vinutí.

Název zprávy v anglickém jazyce / Report title

Thermal test of chokes

Anotace v anglickém jazyce / Abstract

This research report deals with measuring of thermal test of chokes. The chokes are measured for nominal voltage and increased voltage.

Klíčová slova v anglickém jazyce / Keywords

Choke, Thermal test, Winding resistance.

Obsah

1	ÚVOD	4
2	OTEPLOVACÍ ZKOUŠKY TLUMIVEK.....	5
2.1	TLUMIVKA 1	5
2.1.1	<i>Se zvětšenou mezerou v jádře +0,15mm</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Originální vzduchová mezera</i>	<i>7</i>
2.2	TLUMIVKA 2	8
2.3	TLUMIVKA 3 - PLASTOVÁ	9
2.4	TLUMIVKA 4 - UNICORE	11
2.5	TLUMIVKA A4	13
2.5.1	400V	13
2.5.2	440V	14
2.6	TLUMIVKA A5	15
2.6.1	400V	15
2.6.2	440V	16
2.7	TLUMIVKA S MĚŘÁKEM	17
2.7.1	400V	17
2.7.2	440V	19

1 Úvod

Tato výzkumná zpráva se zabývá měřením oteplovacích zkoušek šesti tlumivek. Ve zprávě jsou přiloženy grafy oteplovacích zkoušek. V celé výzkumné zprávě jsou uváděny teploty ve °C.

Zkoušené tlumivky byly napájeny ze zdroje střídavého napětí T108.

Jmenovité hodnoty zdroje: 3x40-600 V, 0-30 A.

Tlumivky byly připojeny přes analyzátor sítě LOVATO DMG800. Pro snížení času oteplovacích zkoušek byly tlumivky na začátku oteplovací zkoušky napěťově přetěžovány na 470 V.

Pro tlumivky je vždy uveden odpor vinutí za studeného stavu, po ohřátí a následně podle rovnice 1 dopočtena teplota na konci oteplovací zkoušky.

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} * (235 + T_1) - (235 + T_a) + T_a \quad (1)$$

Kde T_2 je teplota na konci měření, R_2 odpor na konci měření, R_1 odpor při teplotě T_1 , T_1 teplota okolí při měření odporu R_1 , T_a teplota okolí při měření oteplovací zkoušky.

Dále jsou pro každé měření uvedeny elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky.

Na každé tlumivce byly vytipovány měřicí body, na kterých se po ustálení změřila teplota dotykovou sondou. Umístění jednotlivých měřících bodů je na obrázcích u každé oteplovací zkoušky. Některé tlumivky měly stejné měřicí body a z důvodu nadbytečnosti byl obrázek umístěn pouze jednou.

2 Oteplovací zkoušky tlumivek

2.1 Tlumivka 1

2.1.1 Se zvětšenou mezerou v jádře +0,15mm

Teplota okolí na začátku měření 23,9°C. Místa dotyku jsou pro tlumivku 1 a 2 totožné.

Na Obr. 4 je průběh oteplovací zkoušky. Začátek oteplovací zkoušky byl zahájen na autotransfornátoru s jmenovitým napětím 380 V. Druhým zdrojem byla napájena tlumivka 2.

Po změření tlumivky 2 byl zdroj přepojen na tlumivku 1 a oteplovací zkouška dále probíhala na napětí 440 V. Oteplovací zkouška byla předčasně ukončena z důvodu dosažení limitní teploty, která představovala mezní bod mezi možnou destrukcí tlumivky.

Tab. 1. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

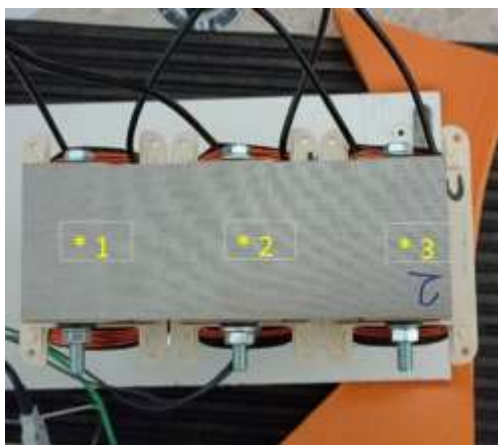
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
441	292	9,174	8,692	9,232

Tab. 2. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5126	0,5121	0,5106
Za tepla	0,7711	0,7752	0,7682
Tend(°C)	150,55	152,97	150,60

Tab. 3. Teploty podle místa dotyku

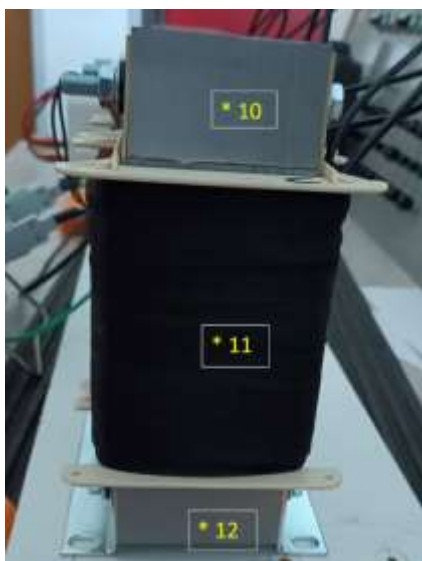
Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	111,5	113,5	111,5	106,4	106,6	126
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	132,5	130,7	103,7	112	118,3	117,8



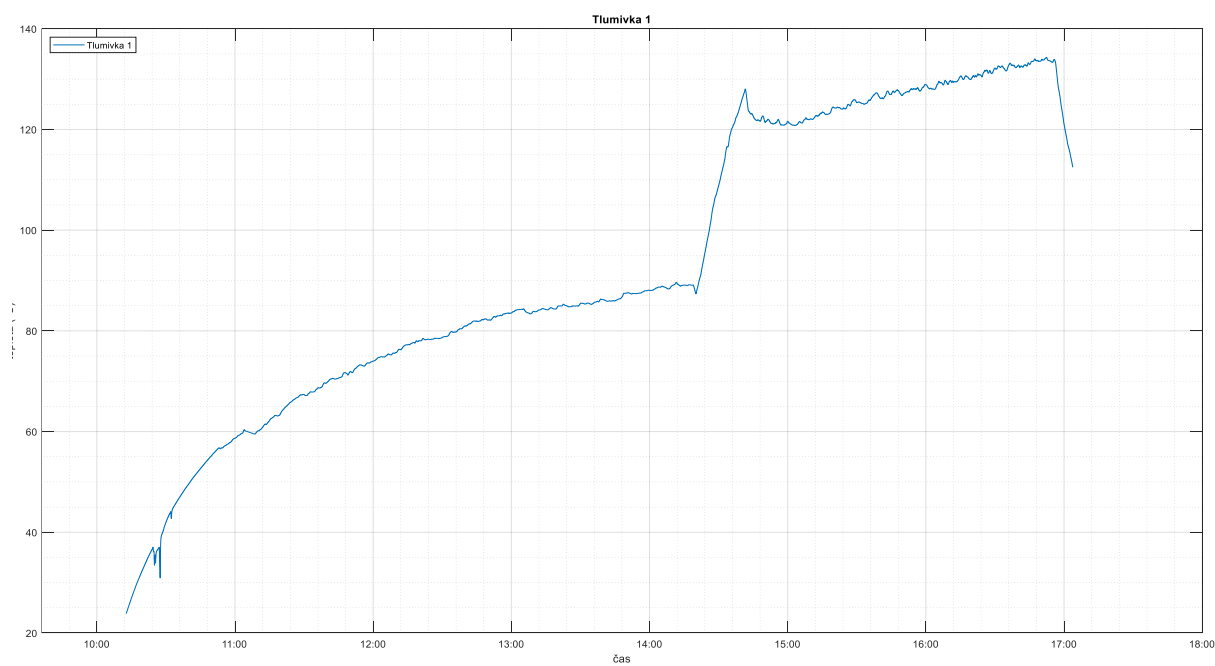
Obr. 1. Místa dotyku



Obr. 2. Místa dotyku



Obr. 3. Místa dotyku



Obr. 4. Průběh oteplovací zkoušky

2.1.2 Originální vzduchová mezera

Teplota okolí na začátku měření 23,13°C. Místa dotyku jsou pro tlumivku 1 a 2 totožné.

Tab. 4. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

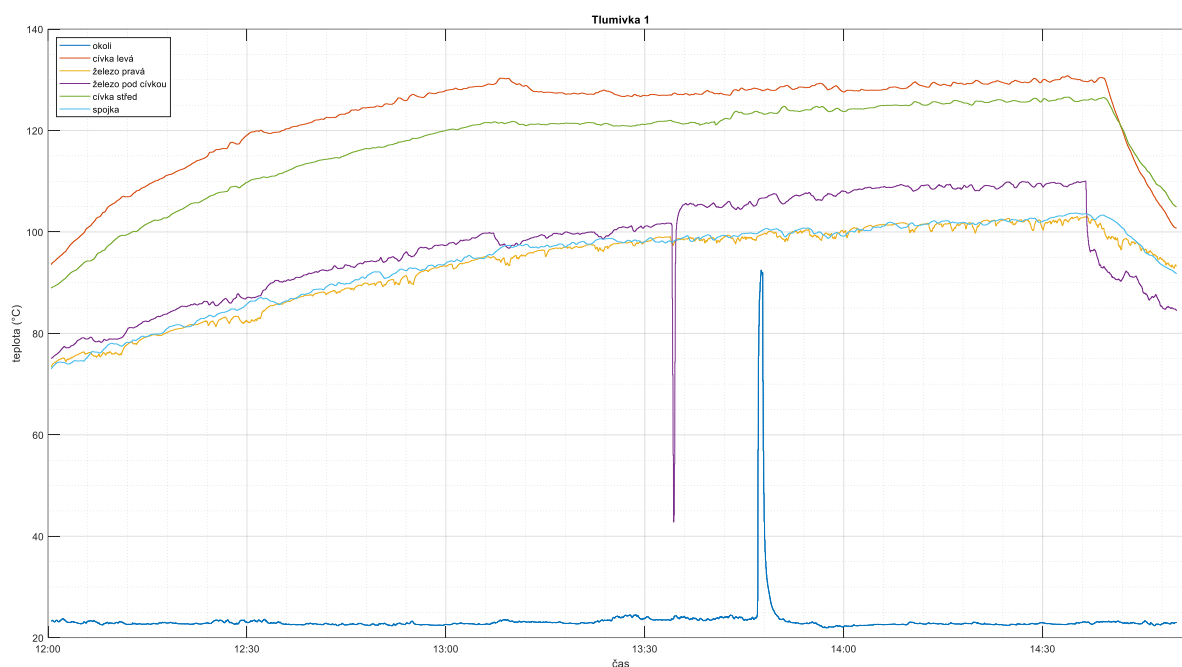
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
440	264	8,76	8,208	8,656

Tab. 5. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5126	0,5121	0,5106
Za tepla	0,7542	0,7556	0,7477
T_{end}(°C)	142,10	143,19	140,31

Tab. 6. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	110,3	112	110,9	105,7	106	123
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	126,6	120,4	101,8	109,6	125,9	118



Obr. 5. Průběh oteplovací zkoušky

2.2 Tlumivka 2

Teplota okolí na začátku měření 23,9°C. Místa dotyku jsou pro tlumivku 1 a 2 totožné.

Tab. 7. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

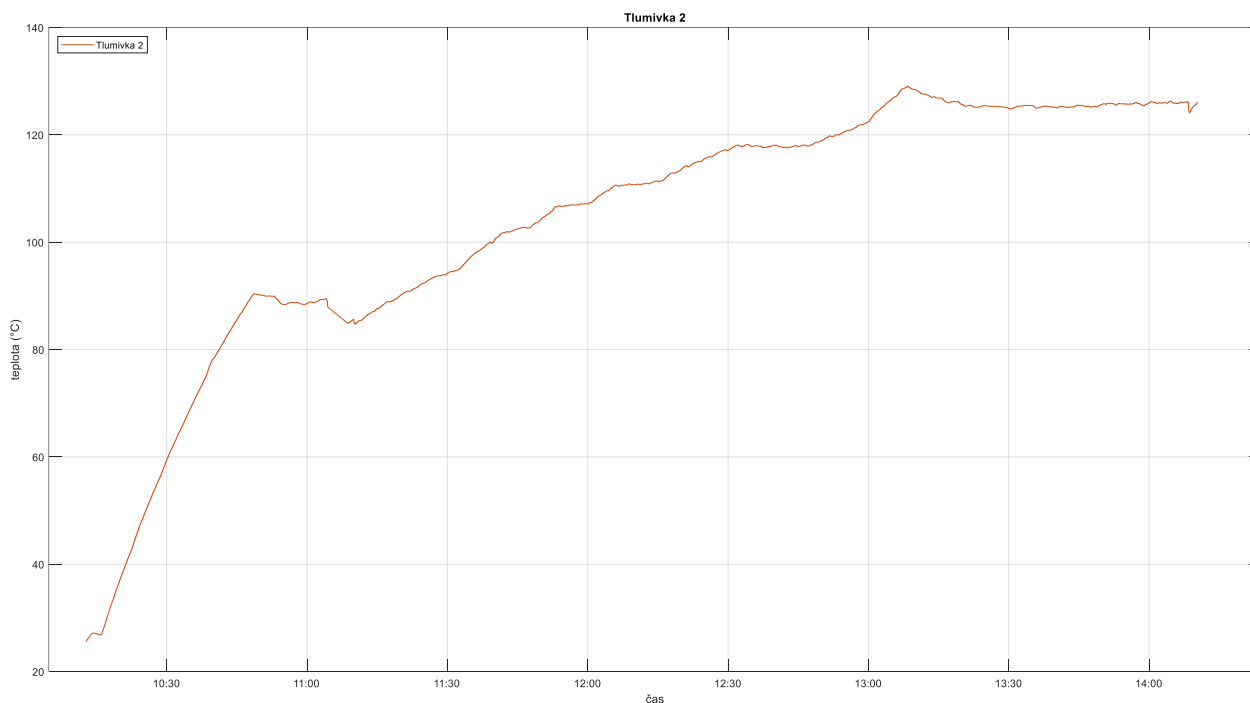
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
439	268	8,668	8,236	8,868

Tab. 8. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5114	0,5109	0,5108
Za tepla	0,7698	0,7621	0,7689
T_{end}(°C)	150,8	147,4	150,8

Tab. 9. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	109,5	111,5	110,3	103,3	104,5	122,9
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	125,8	125,8	102,5	110,2	122,8	118,3



Obr. 6. Průběh oteplovací zkoušky

2.3 Tlumivka 3 - plastová

Teplota okolí na začátku měření 23,13°C. Oteplovací zkouška byla z důvodu možnosti křehnutí materiálu přerušena při 80 °C na plastových součástech. Výsledná data byla proložena.

Tab. 10. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
440	289	8,3	8	8

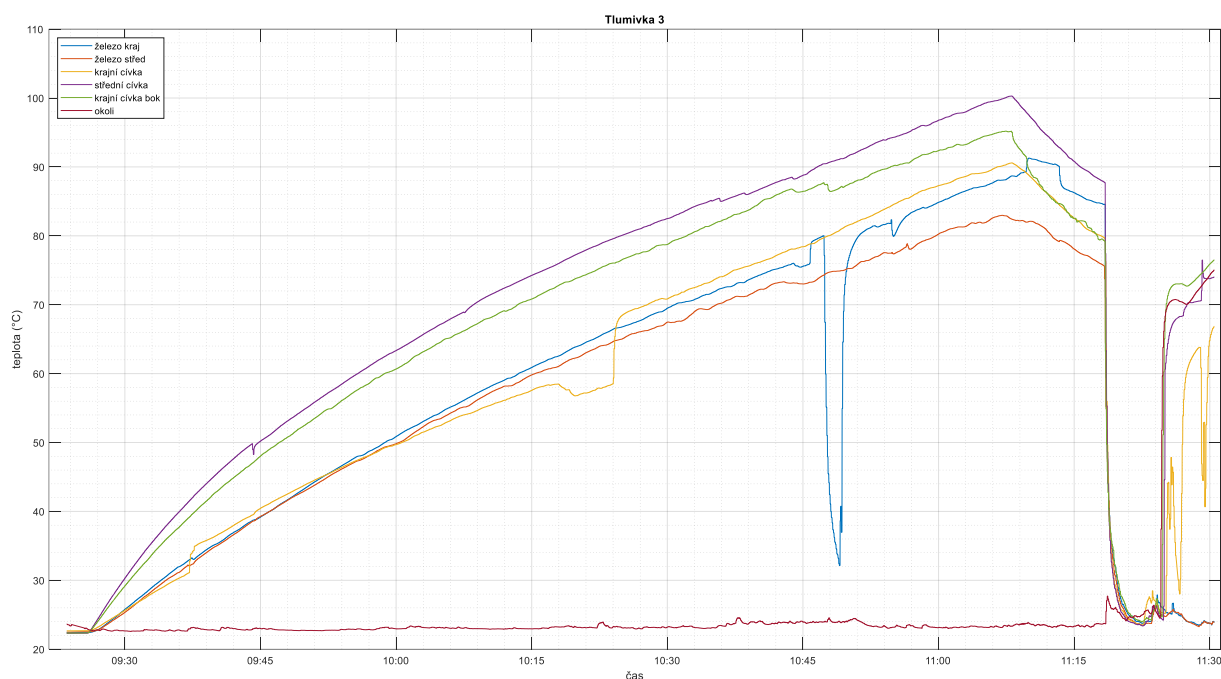
Tab. 11. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,4863	0,4883	0,4872
Za tepla	0,6747	0,6880	0,6738
T_{end}(°C)	122,97	128,56	121,81

Tab. 12. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	118,5	125,1	1118,7	54,8	118,8	78

Po proložení křivek došlo k ustálení na teplotě železa 110 °C, průměrná teplota vinutí byla při odpojení od zdroje o cca 20 °C vyšší než teplota železa. Výsledná teplota vinutí se bude tedy pohybovat v rozmezí 130-150 °C.



Obr. 7. Průběh oteplovací zkoušky



2.4 Tlumivka 4 - Unicore

Teplota okolí na začátku měření 23,13°C. Na tlumivce na sloupku W chyběl navinutý 1 závit. Z tohoto důvodu vyšly odpory o cca 6% nižší. Oteplovací zkouška byla ukončena předčasně z důvodu dosažení limitních teplot.

Tab. 13. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
440	450	8,144	7,792	8,344

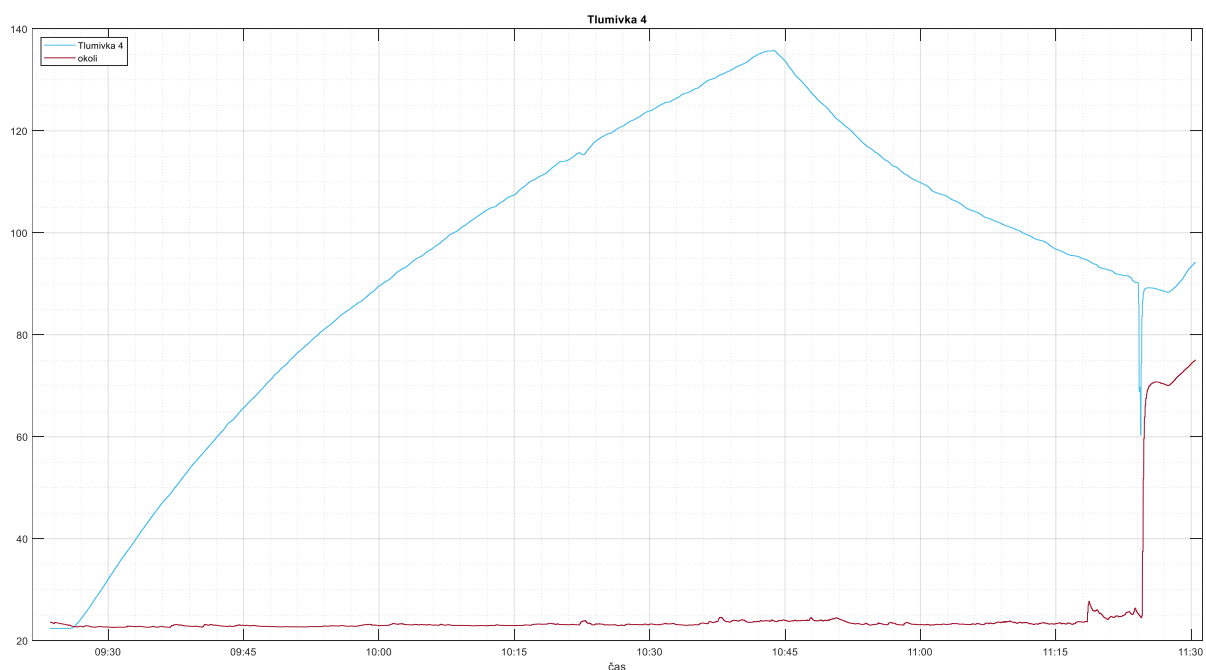
Tab. 14. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5475	0,5458	0,5127
Za tepla	0,7967	0,8174	0,7563
T_{end}(°C)	140,44	151,38	145,6

Tab. 15. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	117,3	122,7	116,8	138,3	139,4	138,3
Místo	7	8	9	10	11	
T(°C)	142,6	135,5	115	133	100	

Po proložení oteplovací charakteristiky vyšla výsledná teplota vinutí přibližně 176,5°C. Tuto hodnotu je však nutné brát s rezervou z důvodu krátkého měření.



Obr. 10. Průběh oteplovací zkoušky



Obr. 11. Místa dotyku



Obr. 12. Místa dotyku



Obr. 13. Místa dotyku

2.5 Tlumivka A4

Dotykový teploměr byl přikládán na stejná místa jako je tomu u tlumivky 1 a 2.

2.5.1 400V

Teplota okolí na začátku měření 23°C.

Tab. 16. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

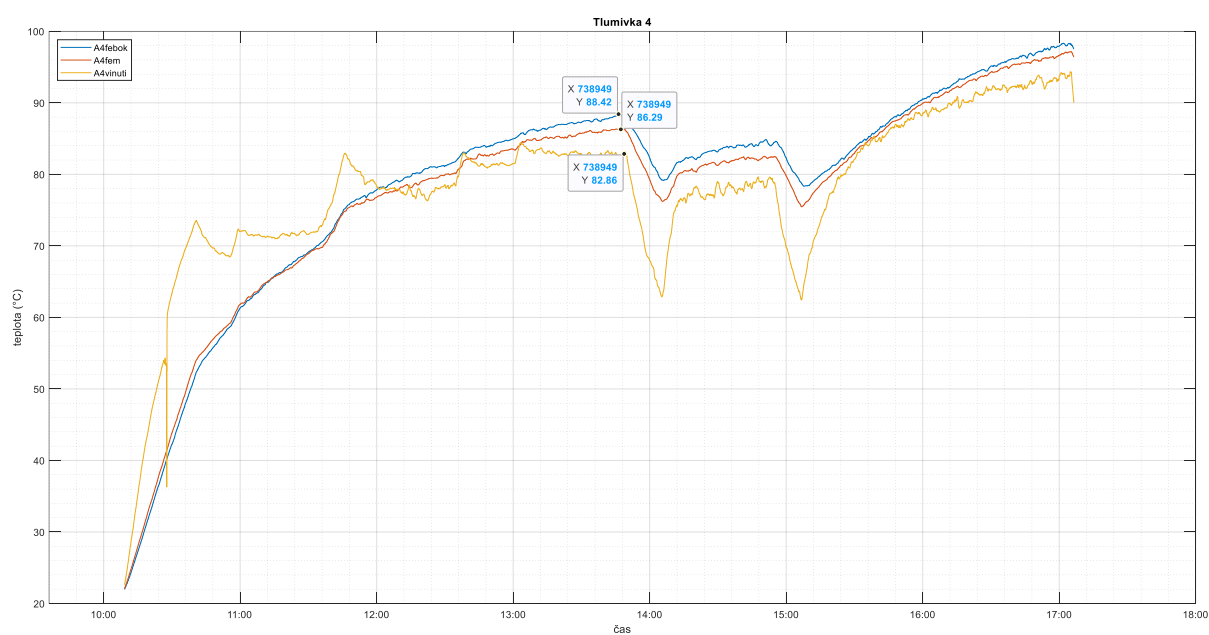
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
400	192,8	7,38	7,296	7,494

Tab. 17. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5143	0,5106	0,5233
Za tepla	0,64774	0,65518	0,67155
T_{end}(°C)	89,9	96	96

Tab. 18. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	80	81,3	81,3	79,5	79	92
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	84	89	83	81	91,5	86,3



Obr. 14. Průběh oteplovací zkoušky

2.5.2 440V

Teplota okolí na začátku měření 23°C.

Tab. 19. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

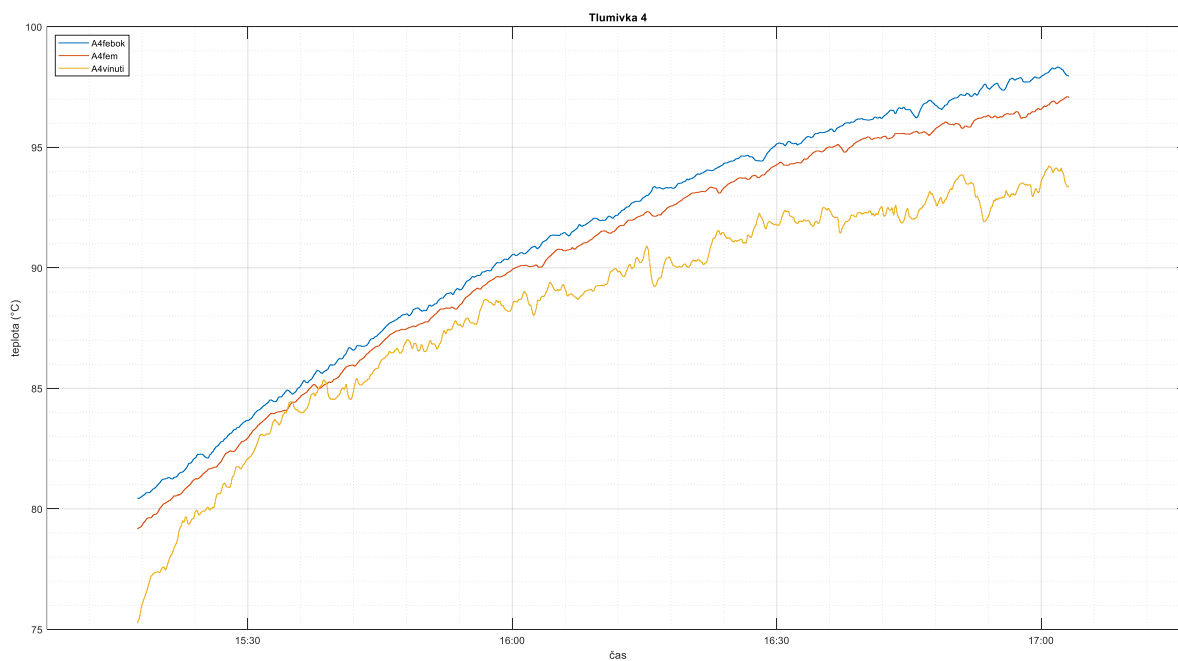
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
440	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno

Tab. 20. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5143	0,5106	0,5233
Za tepla	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno
T_{end}(°C)	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno

Tab. 21. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	89,6	90	89,7	88,1	88	106,8
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	102,4	104,2	91,6	90,7	106	94,5



Obr. 15. Průběh oteplovací zkoušky

Tab. 22. Extrapolovaná data

A4_fe_bok	A4_fe_m	A4_vinutí
101,3	104,6	94,34

2.6 Tlumivka A5

Dotykový teploměr byl přikládán na stejná místa jako je tomu u tlumivky 1 a 2.

2.6.1 400V

Teplota okolí na začátku měření 23°C.

Tab. 23. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

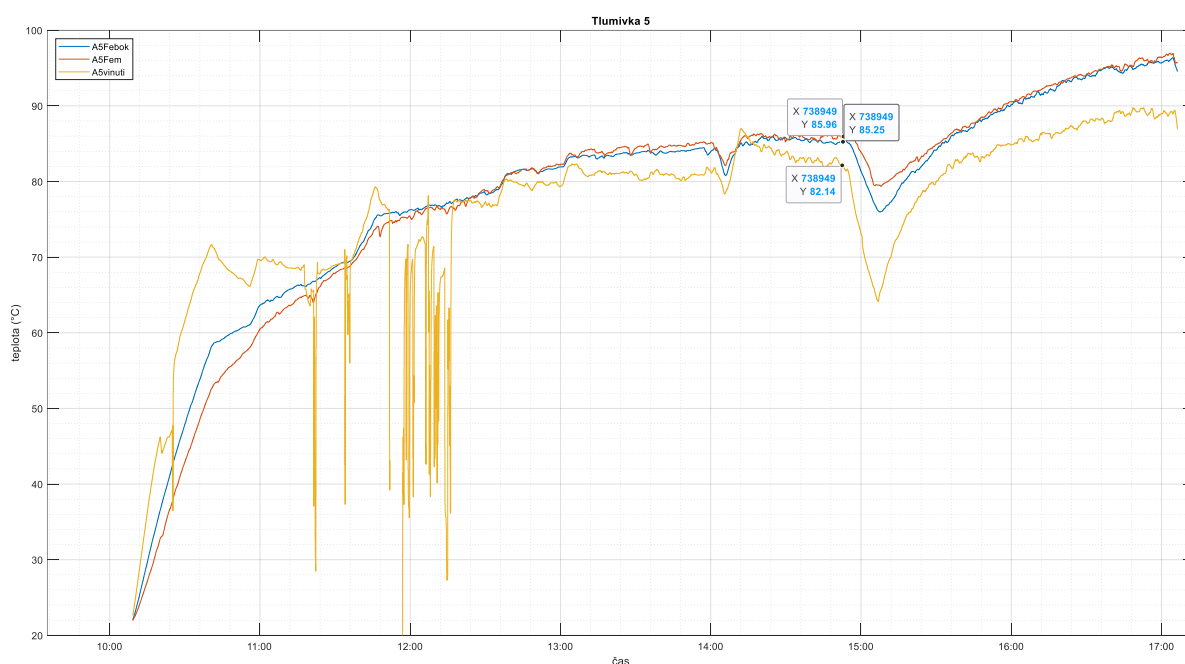
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
400	188,6	7,282	7,146	7,304

Tab. 24. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5127	0,5111	0,5125
Za tepla	0,6753	0,6794	0,6726
T_{end}(°C)	103,53	106,64	102,28

Tab. 25. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	83,7	81,7	84,5	81,2	80,6	84,7
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	86,3	88,6	84,2	81,9	91,7	87



Obr. 16. Průběh oteplovací zkoušky

2.6.2 440V

Teplota okolí na začátku měření 23°C.

Tab. 26. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

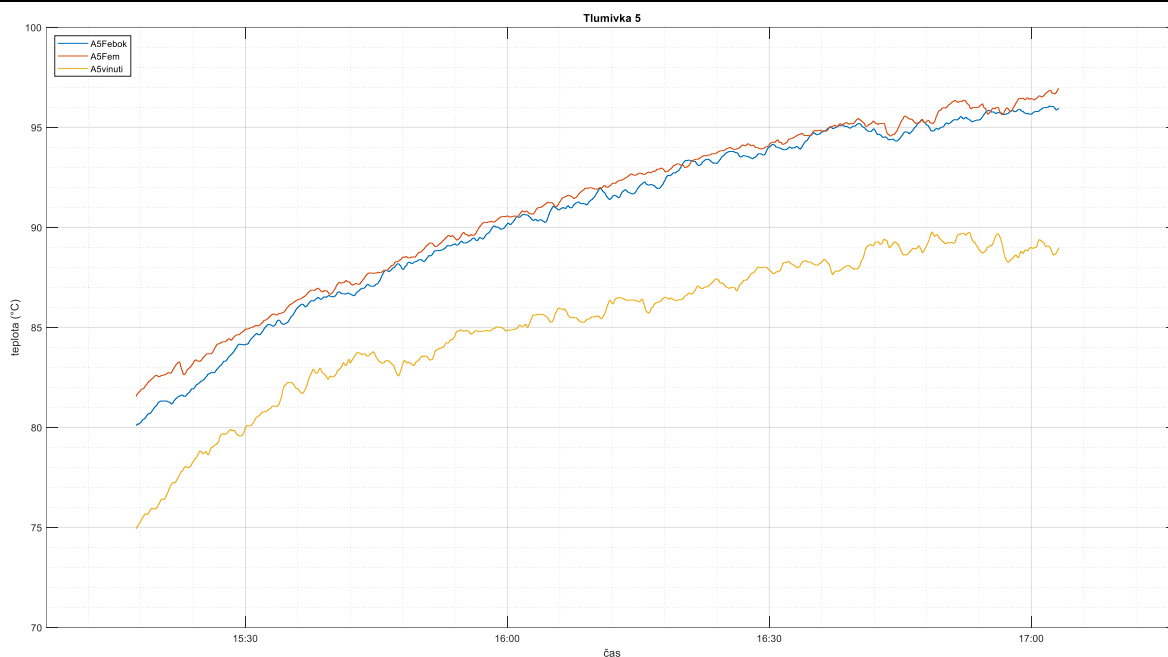
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
440	249	8,352	8,158	8,4

Tab. 27. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,5127	0,5111	0,5125
Za tepla	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno
T_{end}(°C)	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno

Tab. 28. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	92,5	91,5	92,5	89	89,3	101,2
Místo	7	8	9	10	11	12
T(°C)	95	105,2	93	92	107,8	96,6



Obr. 17. Průběh oteplovací zkoušky

Tab. 29. Extrapolovaná data

A4_fe_bok	A4_fe_m	A4_vinutí
98,82	100,6	90,27

2.7 Tlumivka s měřícím přístrojem

2.7.1 400V

Teplota okolí na začátku měření 22°C.

Tab. 30. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

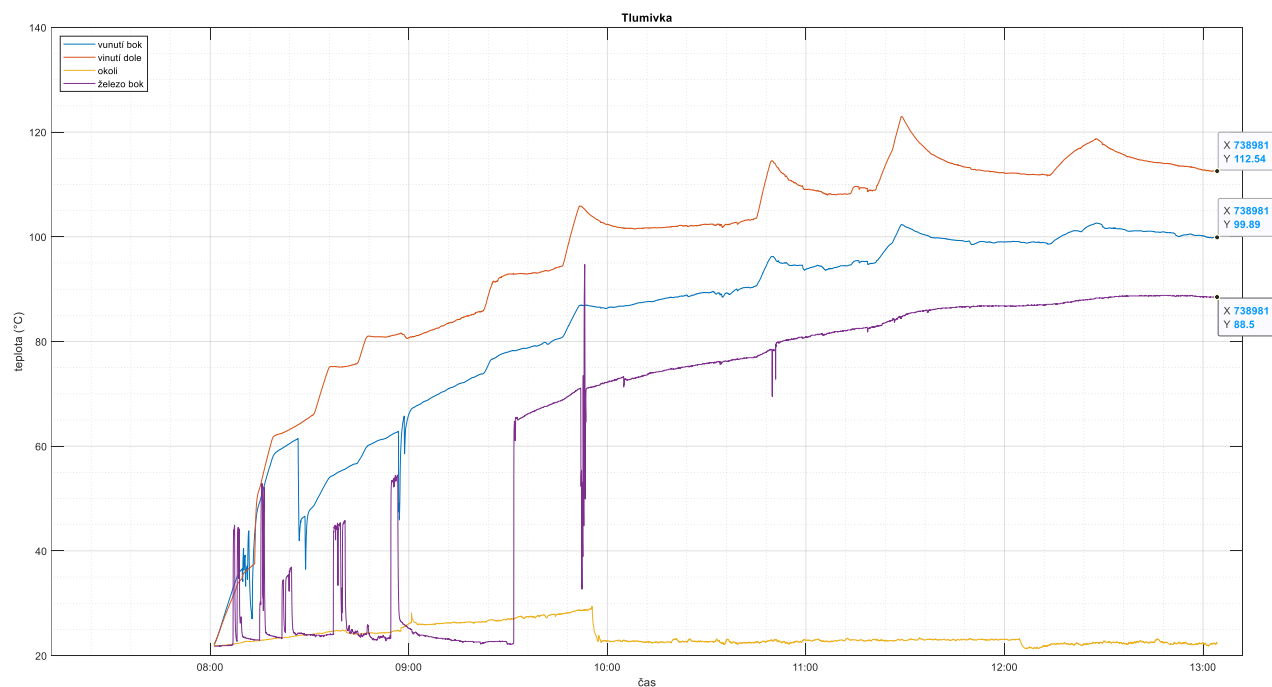
U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
400	211,4	7,248	7,018	7,192

Tab. 31. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,4855	0,4997	0,4840
Za tepla	0,6628	0,6957	0,6609
T_{end}(°C)	117,22	124,20	117,30

Tab. 32. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	87.5	83.2	89.3	102.5	103	105
Místo	7	8	9	10	11	
T(°C)	86.2	91.3	90.5	103	90	



Obr. 18. Průběh oteplovací zkoušky



Obr. 19. Místo dotyku



Obr. 20. Místo dotyku



Obr. 21. Místo dotyku

2.7.2 440V

Teplota okolí na začátku měření 22°C. Oteplovací zkouška nebyla ustálena

Tab. 33. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

U(V)	P(W)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
440	441	8,252	7,944	8,214

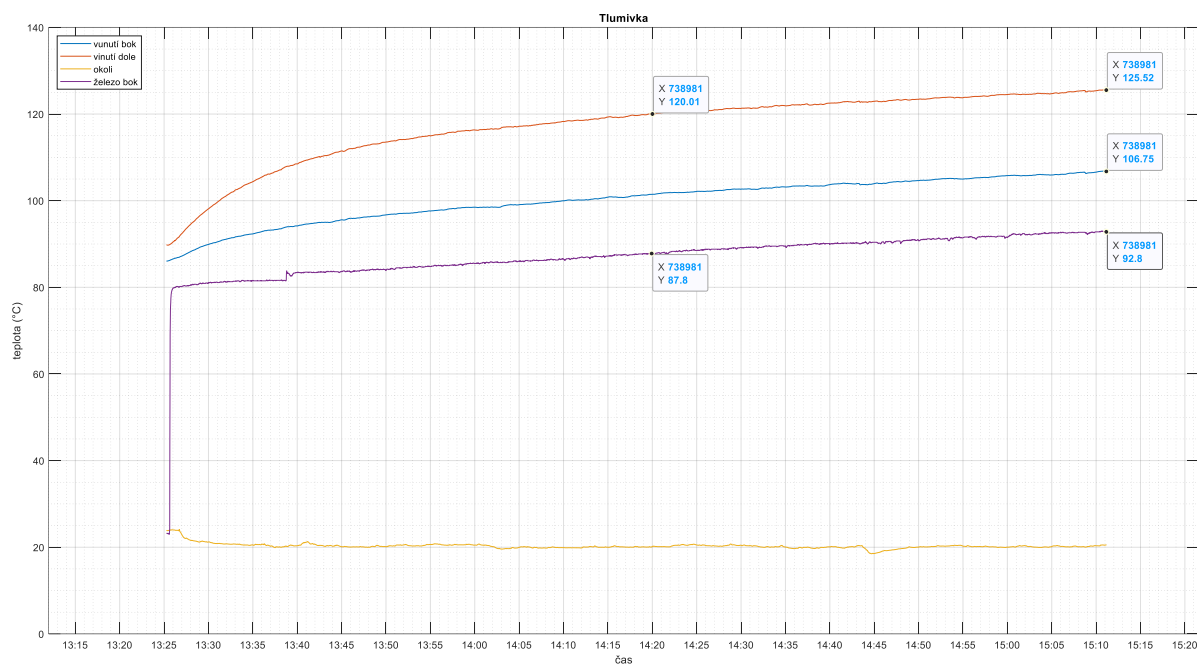
Tab. 34. Vyhodnocení teplot z odporu

	R _u (Ω)	R _v (Ω)	R _w (Ω)
Za studena	0,4855	0,4997	0,4840
Za tepla	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno
T_{end}(°C)	Nemřeno	Nemřeno	Nemřeno

Tab. 35. Teploty podle místa dotyku

Místo	1	2	3	4	5	6
T(°C)	94,3	90,8	95,5	115,1	122	118
Místo	7	8	9	10	11	
T(°C)	91,5	95,9	96,3	118,5	93	

Obr. 22. Průběh oteplovací zkoušky



Literatura

Seznam obrázků

Obr. 1. Místa dotyku.....	6
Obr. 2. Místa dotyku.....	6
Obr. 3. Místa dotyku.....	6
Obr. 4. Průběh oteplovací zkoušky.....	6
Obr. 5. Průběh oteplovací zkoušky.....	7
Obr. 6. Průběh oteplovací zkoušky.....	8
Obr. 7. Průběh oteplovací zkoušky.....	9
Obr. 8. Místa dotyku.....	10
Obr. 9. Místa dotyku.....	10
Obr. 10. Průběh oteplovací zkoušky.....	11
Obr. 11. Místa dotyku.....	12
Obr. 12. Místa dotyku.....	12
Obr. 13. Místa dotyku.....	12
Obr. 14. Průběh oteplovací zkoušky.....	13
Obr. 15. Průběh oteplovací zkoušky.....	14
Obr. 16. Průběh oteplovací zkoušky.....	15
Obr. 17. Průběh oteplovací zkoušky.....	16
Obr. 18. Průběh oteplovací zkoušky.....	17
Obr. 19. Místo dotyku	18
Obr. 20. Místo dotyku	18
Obr. 21. Místo dotyku	18
Obr. 22. Průběh oteplovací zkoušky.....	19

Seznam tabulek

Tab. 1. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	5
Tab. 2. Vyhodnocení teplot z odporu	5
Tab. 3. Teploty podle místa dotyku.....	5
Tab. 4. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	7
Tab. 5. Vyhodnocení teplot z odporu	7
Tab. 6. Teploty podle místa dotyku.....	7
Tab. 7. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	8
Tab. 8. Vyhodnocení teplot z odporu	8
Tab. 9. Teploty podle místa dotyku.....	8
Tab. 10. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	9
Tab. 11. Vyhodnocení teplot z odporu	9
Tab. 12. Teploty podle místa dotyku.....	9
Tab. 13. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	11
Tab. 14. Vyhodnocení teplot z odporu	11
Tab. 15. Teploty podle místa dotyku.....	11
Tab. 16. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	13
Tab. 17. Vyhodnocení teplot z odporu	13
Tab. 18. Teploty podle místa dotyku.....	13
Tab. 19. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	14

Tab. 20. Vyhodnocení teplot z odporu	14
Tab. 21. Teploty podle místa dotyku	14
Tab. 22. Extrapolovaná data	14
Tab. 23. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	15
Tab. 24. Vyhodnocení teplot z odporu	15
Tab. 25. Teploty podle místa dotyku	15
Tab. 26. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	16
Tab. 27. Vyhodnocení teplot z odporu	16
Tab. 28. Teploty podle místa dotyku	16
Tab. 29. Extrapolovaná data	16
Tab. 30. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	17
Tab. 31. Vyhodnocení teplot z odporu	17
Tab. 32. Teploty podle místa dotyku	17
Tab. 33. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky	19
Tab. 34. Vyhodnocení teplot z odporu	19
Tab. 35. Teploty podle místa dotyku	19

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum	Jméno
0	Vše	Publikování VZ	13.4.2023	Sobotka, Skalický