Porovnání oteplovacích zkoušek referenční tlumivky a nových designů tlumivek Elzat

Pracoviště:	RICE
Číslo dokumentu:	22190 – 007 – 2023
Typ zprávy:	Zkušební protokol
Řešitelé:	Lukáš Sobotka, Martin Skalický, Bohumi Skala, Martin Zavřel, Miroslav Tyrpekl, Lukáš Veg
Vedoucí projektu:	Bohumil Skala
Počet stran:	21
Datum vydání:	22.5. 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 CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024444.

Anotace

Tato výzkumná zpráva se zabývá porovnáním nově navržených tlumivek s konkurenční tlumivkou z pohledu oteplení.

Klíčová slova

Tlumivka, oteplovací zkouška, odpor vinutí.

Název zprávy v anglickém jazyce / Report title

Comparison of Thermal tests of the reference choke and the new Elzat chokes designs

Anotace v anglickém jazyce / Abstract

This research report compares the new designs of the choke and the choke of the competition in terms of temperature.

Klíčová slova v anglickém jazyce / Keywords

Choke, Thermal test, Winding resistance.

Obsah

1 ÚVOD 4

2 POROVNÁNÍ OTEPLOVACÍCH ZKOUŠEK TLUMIVEK A5 A NOVĚ NAVRŽENÝCH TLUMIVEK 5

2.1 TLUMIVKA A5 – REFERENČNÍ TLUMIVKA – OPAKOVANÁ OTEPLOVACÍ ZKOUŠKA 5

2.1.1 U_n 5

2.1.2 $1{,}1U_n$ 7

2.2 TLUMIVKA M330-35A 54X55 246 – 242 - 246Z – 112023 FE STAHOVACÍ KONSTRUKCE 8

2.2.1 U_n 8

2.2.2 $1{,}1U_n$ 11

2.3 TLUMIVKA M330-35A WASSNER PLECHY 5 MEZER 12

2.3.1 U_n 12

2.3.2 1,1Un 14

2.4 TLUMIVKA M330-50A TRANSELIT PLECHY 15

2.4.1 U_n 15

2.4.2 1,1Un 17

3 ZÁVĚR 18

1 Úvod

Tato výzkumná zpráva se zabývá porovnáním nově navržené tlumivky s plechy 0,25mm a tlumivky vyrobené konkurenční společností. Tlumivky jsou porovnávány z hlediska oteplení při jmenovitém napětí a napětí zvýšeném o 10%.

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.

Teplota okolí byla v obou případech 22°C.

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

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

Na každé tlumivce byly vytipovány měřící body, na kterých se po ustálení změřila teplota dotykovou sondou. Umístění jednotlivých měřících bodů je na obrázcích u každé oteplovací zkoušky.

2 Porovnání oteplovacích zkoušek tlumivek A5 a nově navržených tlumivek

2.1 Tlumivka A5 – referenční tlumivka – opakovaná oteplovací zkouška

2.1.1 U_n

Teplota okolí na začátku měření 22°C.

Tab. 1. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

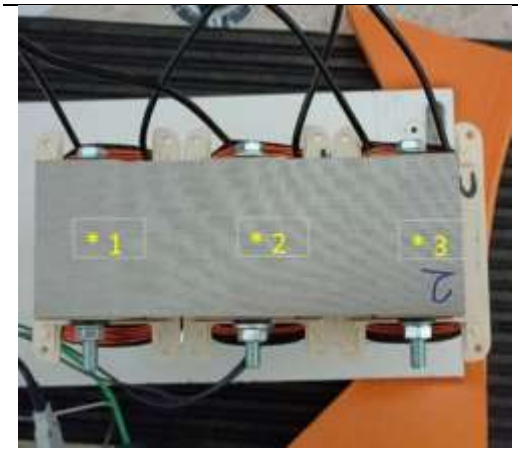
U(V)	**P(W)**	**I_1(A)**	**I_2(A)**	**I_3(A)**
400	186	7,368	7,182	7,318
P_j(W)	**P_{Fe}(W)**			
108,41	77,59			

Tab. 2. Vyhodnocení teplot z odporu

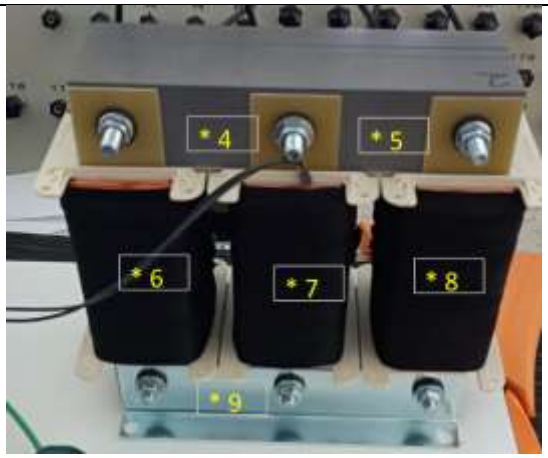
	R_u(Ω)	**R_v(Ω)**	**R_w(Ω)**
Za studena	0,5161	0,5129	0,5135
Za tepla	0,67984	0,6838	0,67662
T_{end}(°C)	103,8	107,9	103,9

Tab. 3. Teploty podle místa dotyku

Místo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T(°C)	82,2	82,4	83,5	80,1	82	88,6
Místo	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
T(°C)	89,2	95,8	83,5	83,5	86,7	86,2

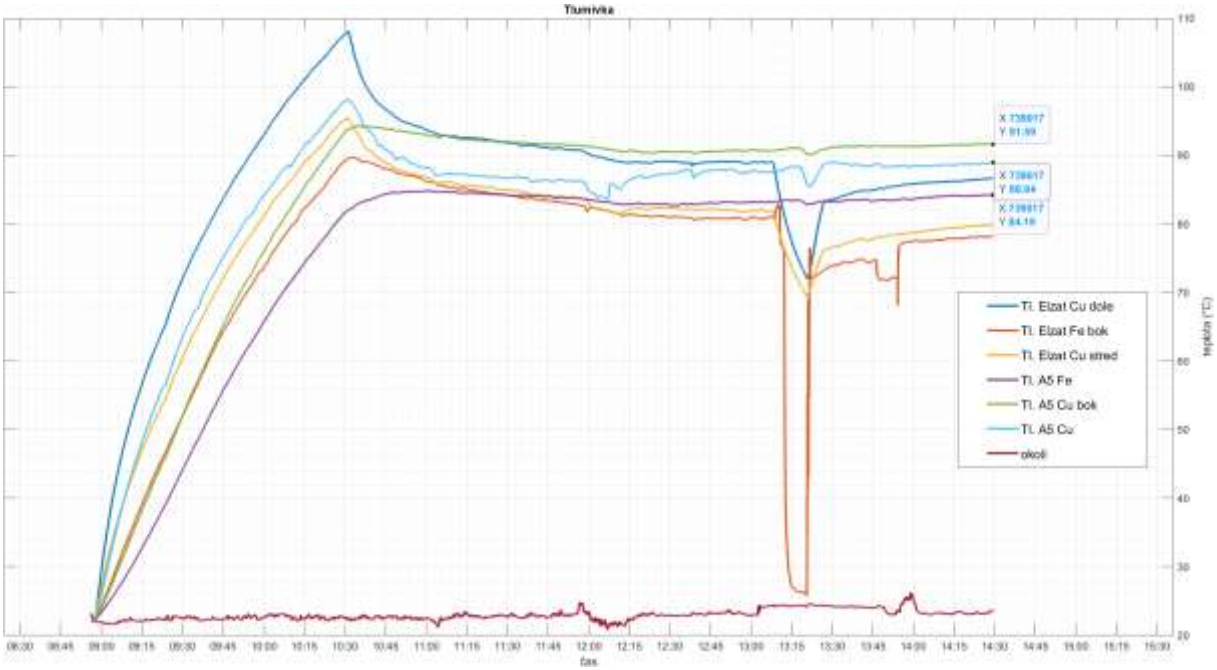


Obr. 1. Místa dotyku – měřeno na tlumivce Elektrokov



Obr. 2. Místa dotyku – měřeno na tlumivce Elektrokov

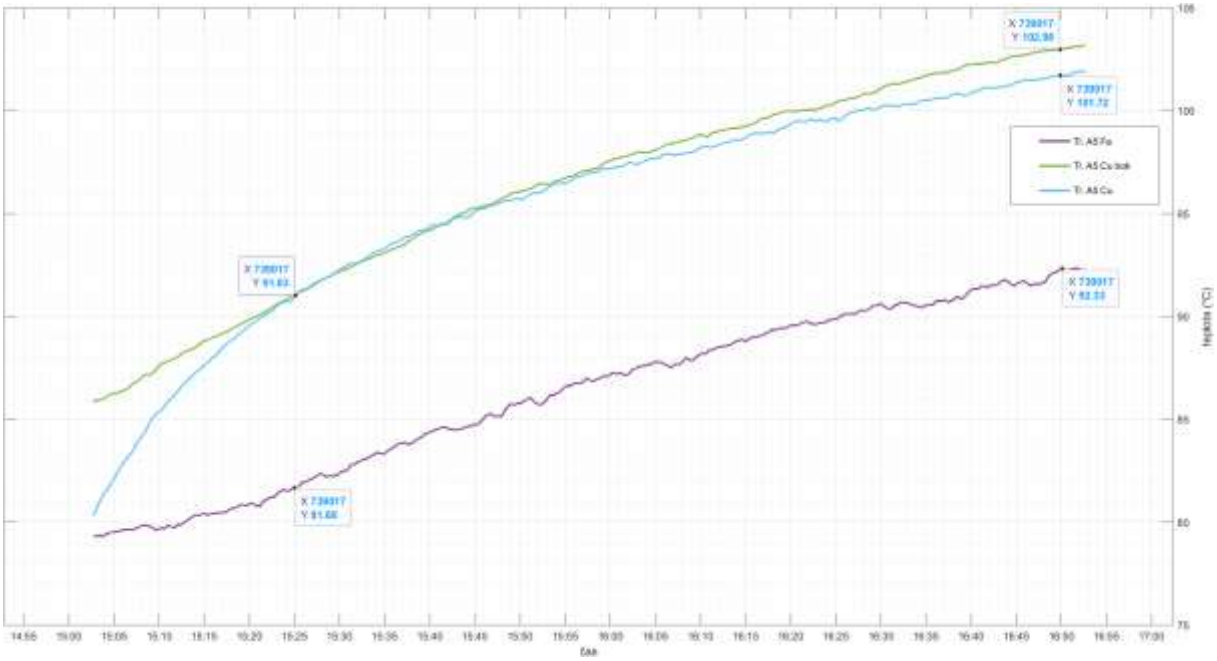
Obr. 3. Místa dotyku – měřeno na tlumivce Elektrokov



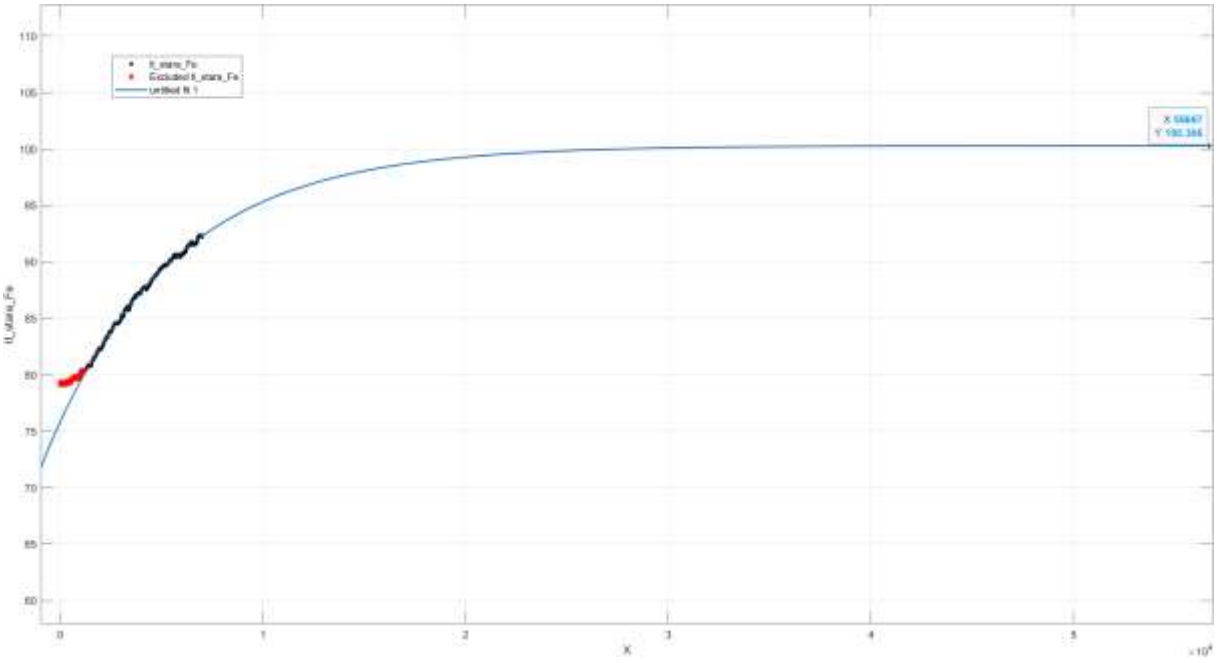
Obr. 4. Průběh oteplovací zkoušky – A5 ustálená

2.1.2 1,1U_n

Oteplovací zkouška pro zvýšené napětí nebyla naměřená celá a její průběh byl extrapolován.



Obr. 5. Průběh oteplovací zkoušky – data pro extrapolaci – A5



Obr. 6. Průběh oteplovací zkoušky – extrapolovaná teplota železa – A5

Na základě proložení teploty železa byla dopočtena teplota vinutí na boku 110°C. Z porovnání průměrné teploty z předchozího měření a změřené teploty na boku cívky lze usoudit, že průměrná teplota cívky se bude pohybovat kolem 120°C.

2.2 Tlumivka M330-35A 54x55 246 – 242 - 246Z – 112023 FE stahovací konstrukce

2.2.1 U_n

Teplota okolí na začátku měření 22°C. Ztráty jsou dopočteny pro teplé odpory.

Tab. 4. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

U(V)	**P(W)**	**I_1(A)**	**I_2(A)**	**I_3(A)**
400	163	7,04	7,02	7,06
P_j(W)	**P_{Fe}(W)**			
92,86	70,14			

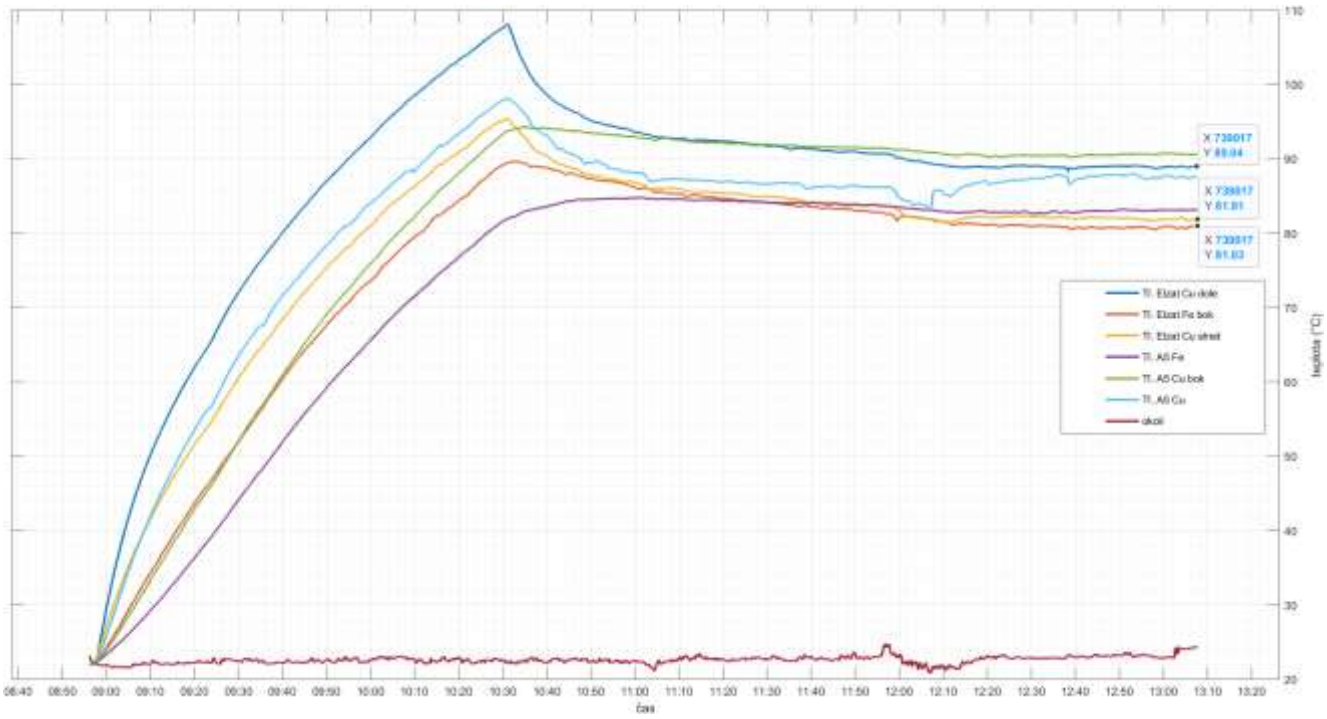
Tab. 5. Vyhodnocení teplot z odporu

	R_u(Ω)	**R_v(Ω)**	**R_w(Ω)**
Za studena	0,4847	0,4735	0,4895
Za tepla	0,617	0,6216	0,635
T_{end}(°C)	92,4	102,6	98,6

Pozn. Rozdíl v hodnotách konečných teplot T_{end} mezi fází U a W je způsoben zejména blízkostí (200mm) druhé oteplované tlumivky. Dále na to má vliv extrapolace teploty do okamžiku odpojení zdroje od prvního změření odporu vinutí. V neposlední řadě mohou mít cívky mezi vodiči rozdílné mezery vlivem jinak nastavené brzdy při navíjení.

Tab. 6. Teploty podle místa dotyku

Místo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T(°C)	74	68,6	71,5	73,7	73,8	85,8
Místo	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
T(°C)	91	86,4	74,5	74	86,6	73



Obr. 7. Průběh oteplovací zkoušky – Elzat ustálený

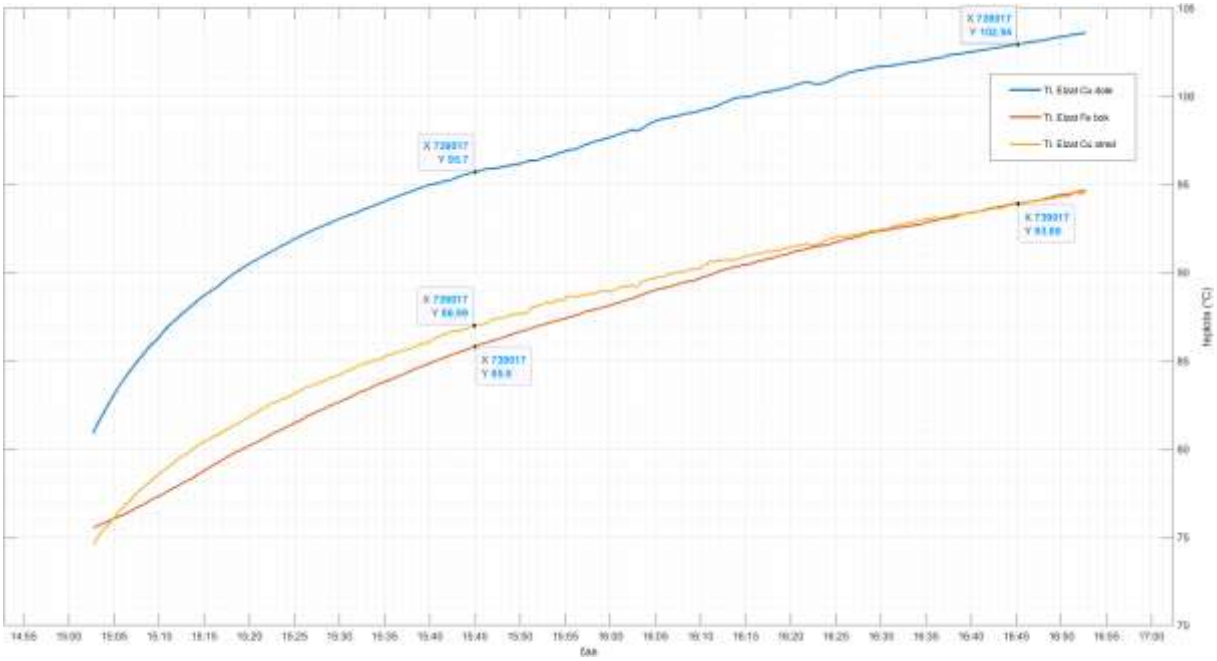
Obr. 8. Místa dotyku Elzat

Obr. 9. Místa dotyku Elzat

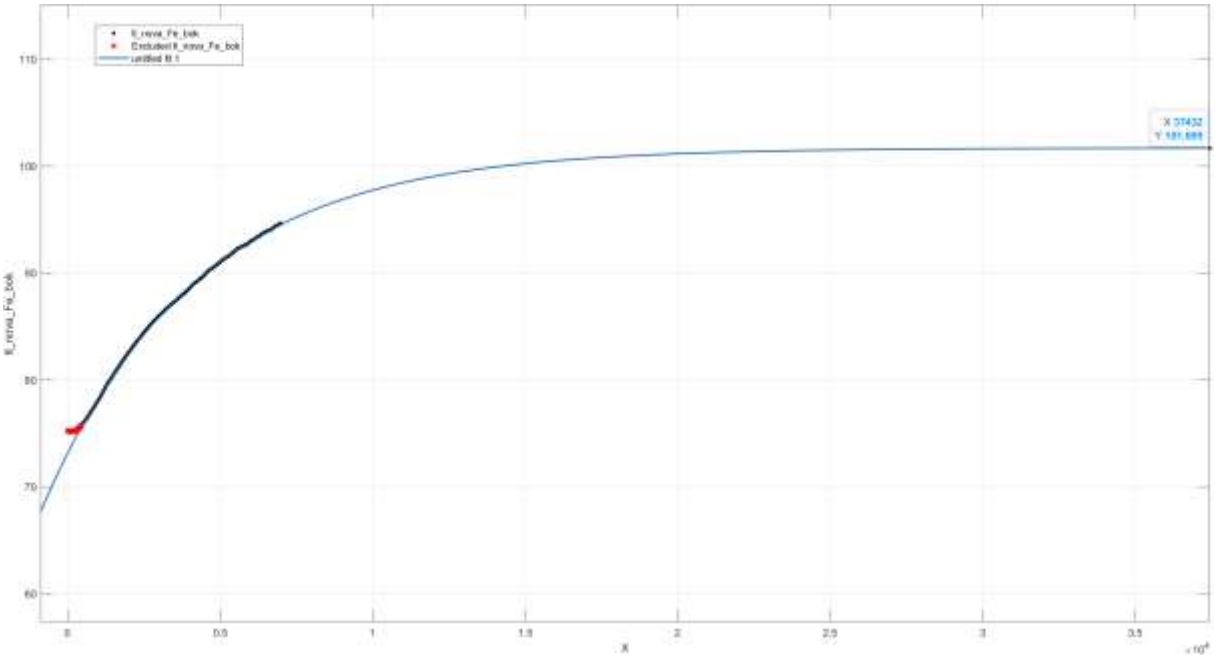
Obr. 10. Místa dotyku Elzat

2.2.2 $1{,}1U_n$

Oteplovací zkouška pro zvýšené napětí nebyla naměřená celá a její průběh byl extrapolován.



Obr. 11. Průběh oteplovací zkoušky – data pro extrapolování Elzat



Obr. 12. Průběh oteplovací zkoušky – extrapolovaná křivka teplot železa Elzat

Na základě proložení teploty železa byla dopočtena teplota vinutí na boku 110°C. Z porovnání průměrné teploty z předchozího měření a změřené teploty na boku cívky lze usoudit, že průměrná teplota cívky se bude pohybovat kolem 120°C.

2.3 Tlumivka M330-35A Wassner plechy 5 mezer

2.3.1 U_n

Teplota okolí na začátku měření 22,5°C. Ztráty jsou dopočteny pro teplé odpory.

Tab. 7. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

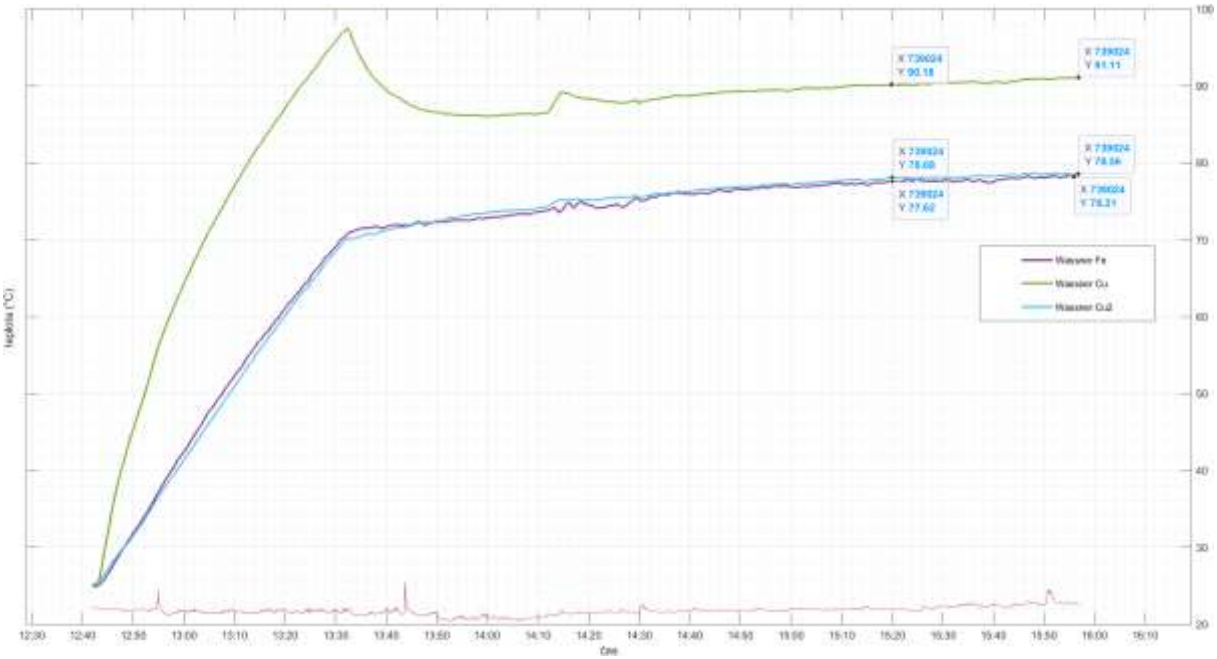
U(V)	**P(W)**	**I_1(A)**	**I_2(A)**	**I_3(A)**
400	163,7	6,946	7,082	7,174
P_j(W)	**P_{Fe}(W)**			
91,9	71,8			

Tab. 8. Vyhodnocení teplot z odporu

	R_u(Ω)	**R_v(Ω)**	**R_w(Ω)**
Za studena	0,4808	0,47	0,4807
Za tepla	0,61066	0,60985	0,61869
T_{end}(°C)	88,87	95,87	93,2

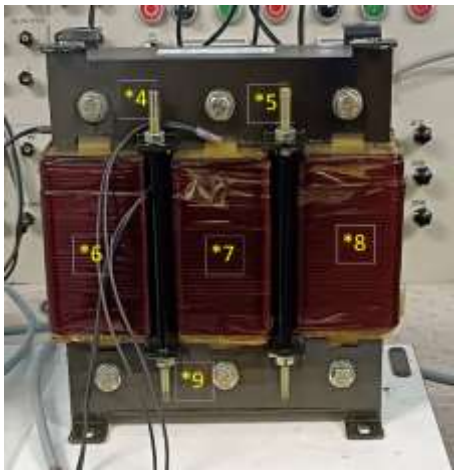
Tab. 9. Teploty podle místa dotyku

Místo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T(°C)	76,1	76,8	76,3	76	77,5	86,5
Místo	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
T(°C)	92,2	90,5	73,3	75,4	90,5	73,5

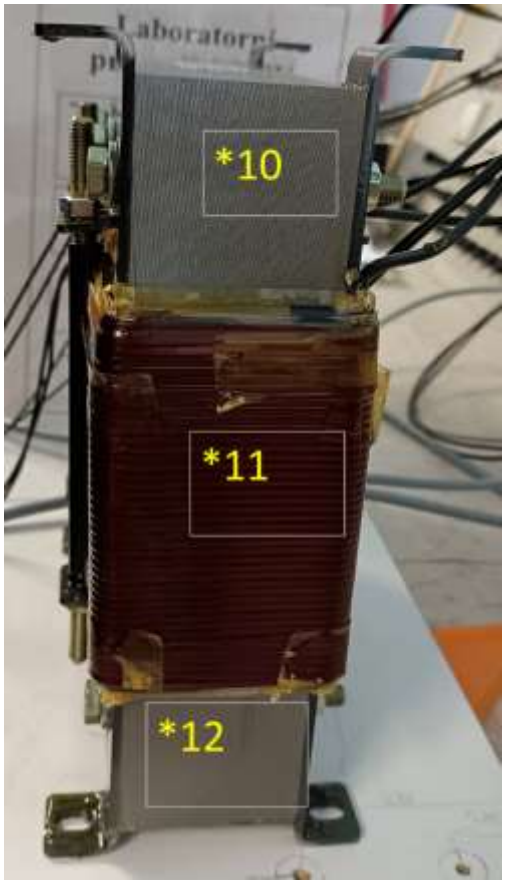


Obr. 13. Průběh oteplovací zkoušky – Wassner Un

Obr. 14. Místa dotyku Wassner



Obr. 15. Místa dotyku Wassner



Obr. 16. Místa dotyku Wassner

2.3.2 1,1Un

Teplota okolí na začátku měření 22,5°C. Ztráty jsou dopočteny pro teplé odpory.

Tab. 10. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

U(V)	**P(W)**	**I_1(A)**	**I_2(A)**	**I_3(A)**
440	220,4	8,05	8,188	8,37
P_j(W)	**P_{Fe}(W)**			
132,16	88,24			

Tab. 11. Vyhodnocení teplot z odporu

	R_u(Ω)	**R_v(Ω)**	**R_w(Ω)**
Za studena	0,4808	0,47	0,4807
Za tepla	0,65026	0,65227	0,66075
T_{end}(°C)	109,87	118,89	115,51

Tab. 12. Teploty podle místa dotyku

Místo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T(°C)	82,8	94	94	92,7	94,5	108,2
Místo	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
T(°C)	116,4	113,7	88,7	93	109,6	87

Obr. 17. Průběh oteplovací zkoušky – Wassner 1,1Un

2.4 Tlumivka M330-50A Transelit plechy

2.4.1 U_n

Teplota okolí na začátku měření 22,5°C. Ztráty jsou dopočteny pro teplé odpory.

Tab. 13. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

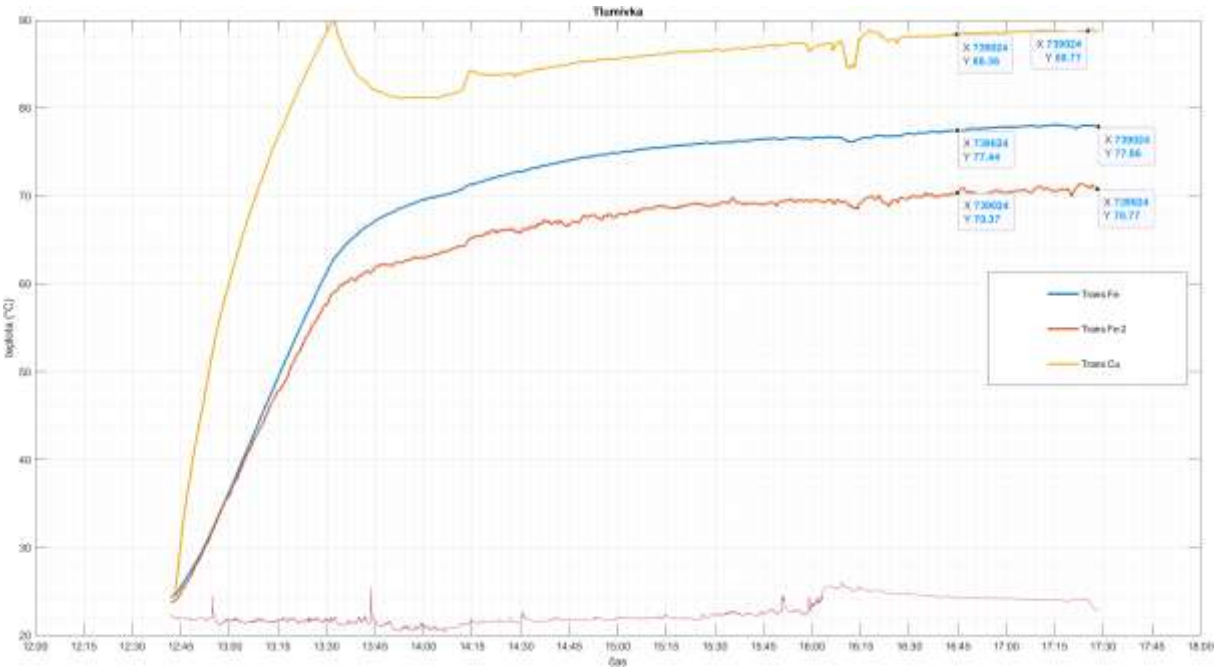
U(V)	**P(W)**	**I_1(A)**	**I_2(A)**	**I_3(A)**
400	177,2	6,934	6,95	6,99
P_j(W)	**P_{Fe}(W)**			
90,07	87,13			

Tab. 14. Vyhodnocení teplot z odporu

	R_u(Ω)	**R_v(Ω)**	**R_w(Ω)**
Za studena	0,4818	0,4714	0,4834
Za tepla	0,61956	0,61722	0,6236
T_{end}(°C)	92,91	98,88	93,95

Tab. 15. Teploty podle místa dotyku

Místo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T(°C)	76	74,8	77,7	78	78,5	90
Místo	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
T(°C)	96	90,8	76	76	91,2	75,3



Obr. 18. Průběh oteplovací zkoušky – Transelit Un

Obr. 19. Místa dotyku Transelit

Obr. 20. Místa dotyku Transelit

Obr. 21. Místa dotyku Transelit

2.4.2 1,1Un

Teplota okolí na začátku měření 22,5°C. Ztráty jsou dopočteny pro teplé odpory.

Tab. 16. Elektrické parametry na konci oteplovací zkoušky

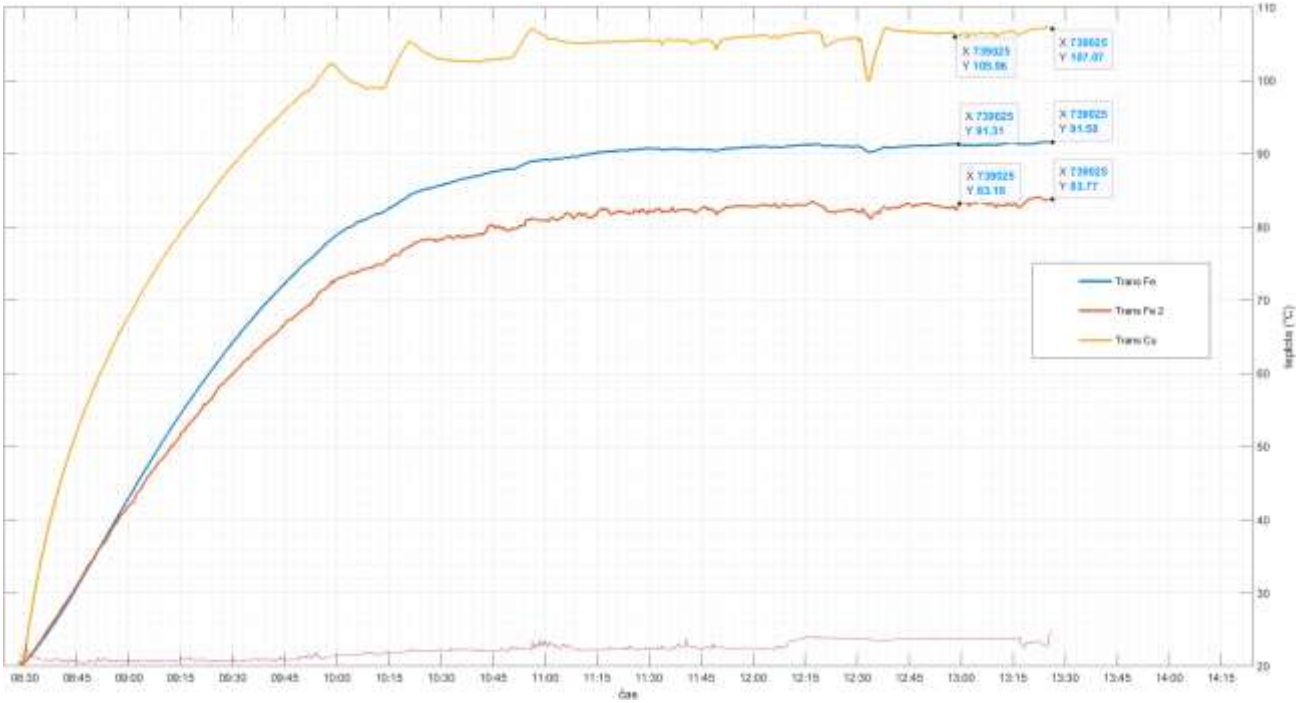
U(V)	**P(W)**	**I_1(A)**	**I_2(A)**	**I_3(A)**
440	234,6	7,92	7,896	7,962
P_j(W)	**P_{Fe}(W)**			
123,42	111,18			

Tab. 17. Vyhodnocení teplot z odporu

	R_u(Ω)	**R_v(Ω)**	**R_w(Ω)**
Za studena	0,4818	0,4714	0,4834
Za tepla	0,65299	0,65287	0,65868
T_{end}(°C)	110,6	118,16	112,46

Tab. 18. Teploty podle místa dotyku

Místo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T(°C)	90,1	87,8	90,8	91,4	92,5	107,5
Místo	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
T(°C)	115,8	109	90,1	89,4	105	86,7



Obr. 22. Průběh oteplovací zkoušky – Transelit Un

3 Závěr

Oteplovací zkouška pro jmenovité napětí vyšla lépe u nově navržené tlumivky. Průměrné teploty vinutí a rozložení ztrát jsou porovnány v následujících tabulkách.

Tab. 19. Srovnání teplot

	T_u(°C)	T_v(°C)	T_w(°C)
Reference	103,8	107,9	103,9
Elzat 112023, černé bandáže, máčeno, 3 mezery	92,4	102,6	98,6
Elzat Wassner 5 mezer, bez bandáže, vakuově	88,87	95,87	93,2
Elzat Transelit 3 mezery, jinak jako 112023	92,91	98,88	93,95

Tab. 20. Srovnání ztrát dle DMG

	P(W)	P_j(W)	P_{Fe}(W)
Reference	186	108,41	77,59
Elzat 112023	163	92,86	70,14
Elzat Wassner 5 mezer	163,7	91,89	71,809
Elzat Transelit	177,2	90,07	87,13

Literatura

Seznam obrázků

Obr. 1. Místa dotyku – měřeno na tlumivce Elektrokov 6
Obr. 2. Místa dotyku – měřeno na tlumivce Elektrokov 6
Obr. 3. Místa dotyku – měřeno na tlumivce Elektrokov 6
Obr. 4. Průběh oteplovací zkoušky – A5 ustálená 6
Obr. 5. Průběh oteplovací zkoušky – data pro extrapolaci – A5 7
Obr. 6. Průběh oteplovací zkoušky – extrapolovaná teplota železa – A5 7
Obr. 7. Průběh oteplovací zkoušky – Elzat ustálený 9
Obr. 8. Místa dotyku Elzat 10
Obr. 9. Místa dotyku Elzat 10
Obr. 10. Místa dotyku Elzat 10
Obr. 11. Průběh oteplovací zkoušky – data pro extrapolování Elzat 11
Obr. 12. Průběh oteplovací zkoušky – extrapolovaná křivka teplot železa Elzat 11
Obr. 13. Průběh oteplovací zkoušky – Wassner Un 12
Obr. 14. Místa dotyku Wassner 13
Obr. 15. Místa dotyku Wassner 13
Obr. 16. Místa dotyku Wassner 13
Obr. 17. Průběh oteplovací zkoušky – Wassner 1,1Un 14
Obr. 18. Průběh oteplovací zkoušky – Transelit Un 15
Obr. 19. Místa dotyku Transelit 16
Obr. 20. Místa dotyku Transelit 16
Obr. 21. Místa dotyku Transelit 16
Obr. 22. Průběh oteplovací zkoušky – Transelit Un 17

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

Tab. 20. Srovnání ztrát dle DMG 18

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum	Jméno
0	Vše	Publikování VZ	22.5.2023	Sobotka, Skalický