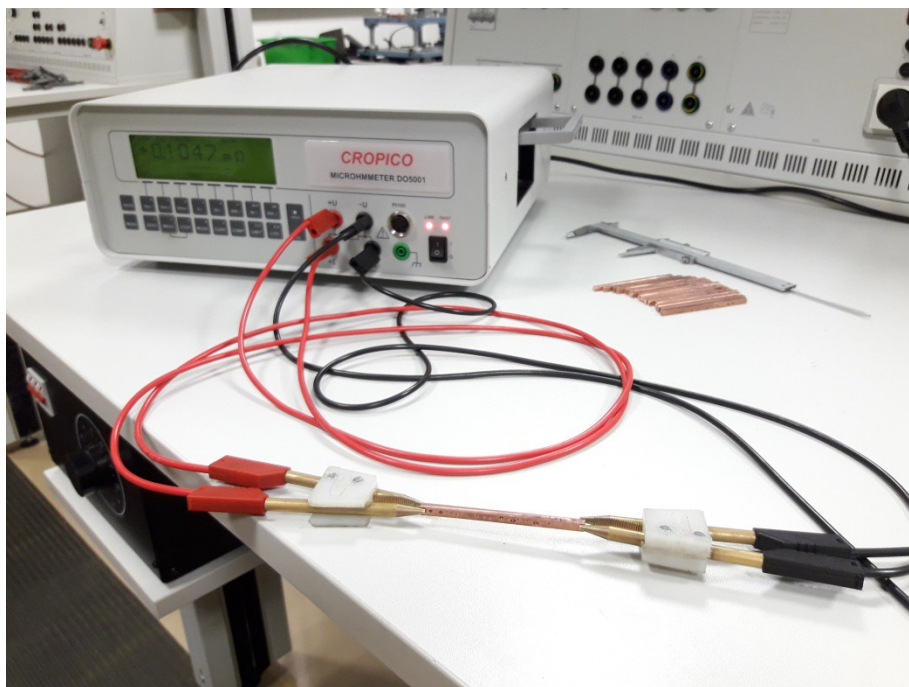
 FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNologií		24. 04. 2018
Ústav:	Ústav výkonové elektroniky a elektrotechniky	
Název úlohy:	Měření odporu měděných vzorků	
Autor:	Ing. Josef Samek	
Spolupracovali:	doc. Ing. Antonín Záděra, Ph.D.; doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.	

ZAPOJENÍ:



SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ:

Označení	Typ	Rozsah	Třída přesnosti	Výrobní číslo	Výrobce
Microohmmetr	DO5001	3 mΩ	±(0.03% Rdg +0.02% FS)		Cropico

Příloha 2 – protokol *Měření odporu měděných vzorků*

TABULKA NAMĚŘENÝCH HODNOT:

Tabulka 1 – Měření rozměrů vzorků (kompletní tabulka v MS Excel)

Vzorek	Výška 1	Výška 2	Výška 3	Výška 4	V avg.	Ua V	Uc V	Šířka 1	Šířka 2	Šířka 3	Šířka 4
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5N - T	3,9	3,95	4	4	3,96	0,04	0,06	4,1	4,1	4,05	4,05
5N - B	3,9	3,95	4	4,15	4,00	0,09	0,11	4,1	4,1	4,1	4,1
1C - T	3,95	3,95	3,95	4	3,96	0,02	0,05	4	4	3,95	3,95
1C - B	4,15	4,15	4,15	4,1	4,14	0,02	0,05	4,2	4,2	4,2	4,2
2C - T	4,05	3,9	3,95	3,9	3,95	0,06	0,08	3,8	3,85	3,8	3,8
2C - B	4	4	4	3,95	3,99	0,02	0,05	3,9	3,9	3,9	3,9
3C - T	3,8	3,85	3,85	3,7	3,80	0,06	0,08	3,7	3,75	3,8	3,8
3C - B	4,05	4,15	4,2	4,25	4,16	0,07	0,09	3,85	3,85	3,9	3,9
1CV - B	4,25	4,25	4,2	4,2	4,23	0,02	0,06	3,95	4,2	4,15	4,15
1CV - T	3,8	3,8	3,8	3,8	3,80	0,00	0,05	4,3	4,25	4,3	4,3
2CV - T	4,1	4,1	4,1	4,1	4,10	0,00	0,05	4,2	4,2	4,15	4,15
2CV - B	4,25	4,3	4,3	4,2	4,26	0,04	0,06	3,9	3,9	3,8	3,8
3CV - T	4,15	4,1	4,1	4,05	4,10	0,04	0,06	4	3,95	3,95	3,95
3CV - B	4,2	4,15	4,15	4,1	4,15	0,04	0,06	4,1	4,05	4,05	4,05
4CV - T	4,05	4,05	4,1	4,1	4,08	0,02	0,06	4,15	4,15	4,1	4,1
4CV - B	4,15	4,15	4,1	4,1	4,13	0,03	0,06	4,15	4,15	4,15	4,15
5CV - T	3,9	3,9	3,9	3,85	3,89	0,02	0,05	2,5	4,05	4,05	4,05
5CV - B	4,15	4,1	4,05	4,05	4,09	0,04	0,06	4,1	4,1	4,1	4,1
Ub = 1/20 mm											

Průměrná výška vzorku

Průměrná šířka vzorku

Ua – nejistota měření typu A – směrodatná odchylka

Ub – nejistota měření typu B – chyba přístroje

Uc V – kombinovaná nejistota měření

Uc Š – kombinovaná nejistota měření

Příloha 2 – protokol *Měření odporu měděných vzorků*

Tabulka 2 – Měření odporu vzorků (kompletní tabulka v MS Excel)

Vzorek	V avg.	Š avg.	S Cu	Ua				δ	Ub	Uc	Konduktivita
	mm	mm	mm ²	R _{CCu}	R _{VCuX}	R _{VCuY}	R _{VCu}	R	μΩ	μΩ	MS/m
5N - T	3,96	4,08	16,1	73,3	103,7	103,1	103,4	0,3	0,32	0,3	41,93
5N - B	4,00	4,10	16,4	72,1	104,2	104,4	104,3	0,1	0,32	0,3	40,92
1C - T	3,96	3,98	15,8	75,1	89,5	88,5	89,0	0,5	0,37	0,3	49,93
1C - B	4,14	4,19	17,3	68,3	81,6	81,5	81,6	0,0	0,40	0,3	49,54
2C - T	3,95	3,84	15,2	78,0	93,00	93,90	93,5	0,5	0,35	0,3	49,42
2C - B	3,99	3,89	15,5	76,3	94,30	93,60	94,0	0,4	0,35	0,3	48,07
3C - T	3,80	3,76	14,3	82,7	97,5	95,3	96,4	1,1	0,34	0,3	50,79
3C - B	4,16	3,89	16,2	73,1	83,6	85,1	84,4	0,8	0,39	0,3	51,28
1CV - B	4,23	4,10	17,3	68,3	106,7	108,1	107,4	0,7	0,31	0,3	37,63
1CV - T	3,80	4,24	16,1	73,5	117	116,5	116,8	0,3	0,29	0,3	37,23
2CV - T	4,10	4,18	17,1	69,1	83,50	83,20	83,4	0,1	0,39	0,3	49,06
2CV - B	4,26	3,84	16,4	72,3	88,40	88,20	88,3	0,1	0,37	0,3	48,46
3CV - T	4,10	3,93	16,1	73,5	88,20	88,40	88,3	0,1	0,37	0,3	49,26
3CV - B	4,15	4,08	16,9	70,0	81,30	81,90	81,6	0,3	0,40	0,3	50,73
4CV - T	4,08	4,13	16,8	70,4	88,40	87,10	87,8	0,7	0,37	0,3	47,46
4CV - B	4,13	4,15	17,1	69,1	83,80	84,30	84,1	0,3	0,39	0,3	48,65
5CV - T	3,89	3,68	14,3	82,8	105,4	106,3	105,9	0,4	0,31	0,3	46,29
5CV - B	4,09	4,10	16,8	70,6	92,80	93,20	93,0	0,2	0,35	0,3	44,91
efektivní délka (lef)		70	mm								elektrovodná měď: 56,2

Průřez

Teoretický odpor měděného profilu

Průměrná vodivost vzorku

Ua – nejistota měření typu A – směrodatná odchylka

Relativní chyba

Ub R - nejistota měření typu B – chyba přístroje

Konduktivita

Uc – kombinovaná nejistota měření

Příloha 2 – protokol *Měření odporu měděných vzorků*

Tyto výpočty jsou pouze orientační!!!

Tabulka 3 – Stanovení nepřesnosti vodivosti

	Výška		Šířka		Průřez		RVCu		Konduktivita		Konduktivita	Odchylka
Vzorek	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	vypočtená	+/-
	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	μΩ	μΩ	MS/m	MS/m	MS/m	MS/m
5N - T	3,90	4,03	4,02	4,13	15,7	16,6	103,0	103,8	40,5	43,4	41,9	1,4
5N - B	3,89	4,11	4,05	4,15	15,8	17,0	104,0	104,6	39,3	42,7	40,9	1,7
1C - T	3,91	4,02	3,92	4,03	15,3	16,2	88,4	89,6	48,3	51,7	49,9	1,7
1C - B	4,08	4,19	4,13	4,24	16,9	17,8	81,2	81,9	48,1	51,1	49,5	1,5
2C - T	3,87	4,03	3,77	3,90	14,6	15,7	92,9	94,0	47,4	51,6	49,4	2,1
2C - B	3,93	4,04	3,83	3,94	15,1	15,9	93,5	94,4	46,5	49,7	48,1	1,6
3C - T	3,72	3,88	3,70	3,83	13,8	14,8	95,3	97,5	48,3	53,4	50,8	2,5
3C - B	4,07	4,25	3,82	3,95	15,6	16,8	83,5	85,2	48,9	53,8	51,3	2,5
1CV - B	4,17	4,28	3,99	4,21	16,7	18,0	106,6	108,2	35,9	39,4	37,6	1,7
1CV - T	3,75	3,85	4,14	4,33	15,5	16,7	116,3	117,2	35,8	38,7	37,2	1,5
2CV - T	4,05	4,15	4,12	4,23	16,7	17,6	83,0	83,7	47,6	50,6	49,1	1,5
2CV - B	4,20	4,33	3,76	3,92	15,8	17,0	88,0	88,6	46,6	50,5	48,5	2,0
3CV - T	4,04	4,16	3,83	4,02	15,5	16,7	88,0	88,6	47,3	51,4	49,3	2,1
3CV - B	4,09	4,21	4,02	4,13	16,4	17,4	81,2	82,0	49,0	52,5	50,7	1,7
4CV - T	4,02	4,13	4,07	4,18	16,4	17,3	87,0	88,5	45,8	49,2	47,5	1,7
4CV - B	4,07	4,18	4,10	4,20	16,7	17,6	83,6	84,5	47,2	50,2	48,7	1,5
5CV - T	3,83	3,94	2,99	4,36	11,5	17,2	105,3	106,4	38,3	57,9	46,3	9,8
5CV - B	4,02	4,15	4,05	4,15	16,3	17,2	92,6	93,4	43,5	46,4	44,9	1,4

Výška

Šířka

Průřez

R_{Vcu}

Konduktivita

Odchylka

ZHODNOCENÍ MĚŘENÍ:

Při měření byla nastavena efektivní vzdálenost elektrod 70 mm, zbylých ~5 mm délky vzorku bylo použito pro připevnění měřicích krokosvorek. Upevnění krokosvorek však nebylo dokonale pevné a nepatrný posuv mohl ovlivnit efektivní délku měřeného vzorku. Tato chyba není v protokolu zanesena.

Odpor vzorků se měnil při měření z různých stran (R_{VCuX} , R_{VCuY}). Byla tedy vypočtena průměrná hodnota vzorku a dále statisticky zpracována. Tento jev je způsoben strukturou materiálu. Měření odporu vzorků probíhalo čtyřvodičovou metodou.

U vzorku 5CV – T je nejistota vodivosti vzorku vypočtena s vysokou nepřesností. Důvodem je snížený průřez vzorku v jednom místě měření a následné statistické úpravy.