



tel: +421 2 60294363

fax: +421 2 65429592

e-mail:

harich@smu.gov.sk

CERTIFIKÁT O KALIBRÁCII

Calibration certificate, No.:

č.: 105/240/23/05

Predmet kalibrácie:

Object of calibration:

Odporový Thomsonov-Wheatstoneov mostík

Typ:

Type:

AUROTAN 43

Identifikačné číslo:

Serial number:

xxx/80

Výrobca:

Manufacturer:

VEB Messtechnik

Žiadateľ:

Customer:

yyyyyyyyyy

Číslo požiadavky:

Order No.:

Zmluva, Kód 402 xxx

Miesto a dátum kalibrácie:

Place and date of calibration:

Bratislava, SMÚ, 16. septembra 2006

Počet strán:

Number of pages:

5

Tento certifikát o kalibrácii dokumentuje nadväznosť na národné etalóny realizujúce jednotky v súlade s Medzinárodným systémom jednotiek (SI).

Tento certifikát je v súlade so schopnosťami, ktoré sú uvedené v Prílohe C dohovoru MRA vypracovaného Medzinárodným výborom pre váhy a miery (CIPM). Podľa MRA všetky zúčastnené ústavy uznávajú platnosť certifikátov o kalibrácii a meraní každého iného zúčastneného ústavu pre veličiny, rozsahy a neistoty merania špecifikované v Prílohe C (podrobnosti pozri na www.bipm.org).

Za rekalibráciu meradla v primeranom rekalibračnom intervale zodpovedá užívateľ meradla.

This calibration certificate confirms the traceability to national standards, which realize the units of measurement in conformity with the International System of Units (SI)

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see www.bipm.org).

The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Miesto a dátum vydania

Place and date

Pečiatka

Official stamp

Riaditeľ centra elektriny

Head of Electricity centre

Bratislava, 20. 9. 2005

Ing. Vrabček, PhD.

Tento certifikát o kalibrácii môže byť rozmnožovaný len celý a nezmenený. Rozmnožovať jeho časti možno len s písomným súhlasom spracovateľa. Bez podpisu a pečiatky je certifikát o kalibrácii neplatný.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and stamp are not valid.

Doplňujúce informácie o predmete kalibrácie:*Additional comments concerning the object of calibration:*

Wheatstoneov-Thomsonov odporový mostík je určený na meranie odporu v oblasti malých a stredných hodnôt do $1\text{ M}\Omega$, je to dvojité mostík, ktorý je zostavený z dvoch meracích dekád, z ktorých jedna je určená pre Wheatstonove a Thomsonove zapojenie, kým druhá je určená len pre Thomsonove zapojenie. Meracie dekády sú zostavené z poddekád $10 \times 0,1\ \Omega$ až $10 \times 1\text{ k}\Omega$. Pomerové odpory obsahujú menovité hodnoty odporu $10\ \Omega$, $100\ \Omega$, $100\ \Omega$, $1\text{ k}\Omega$ a $10\text{ k}\Omega$.

Podmienky kalibrácie (merania):*Conditions of calibration*

Kalibrácia odporového mostíka bola požadovaná pre základnú teplotu $23,0\ ^\circ\text{C}$, ktorá bola pri kalibrácii dodržaná s toleranciou $\pm 1,0\ ^\circ\text{C}$.

Referenčné etalóny počas kalibrácie boli udržiavané v olejovom termostate pri teplote $20,00\ ^\circ\text{C}$ s toleranciou $\pm 0,01\ ^\circ\text{C}$.

Podmienky okolia:*Environmental conditions*

teplota referenčných etalónov: $19,99\ ^\circ\text{C}$ až $20,01\ ^\circ\text{C}$,

teplota okolia: $22,1\ ^\circ\text{C}$ až $23,7\ ^\circ\text{C}$,

relatívna vlhkosť okolia: $52\ \%$ až $55\ \%$

Kalibrácia uvedenej dekády bola realizovaná pri základnej teplote $23\ ^\circ\text{C}$. Táto teplota bola pri kalibrácii dodržaná s toleranciou $\pm 0,5\ ^\circ\text{C}$, pričom zistené výsledné hodnoty kalibrovaných rezistorov jednotlivých dekád boli prepočítané na teplotu $23,0\ ^\circ\text{C}$ so zohľadnením, že lineárne teplotné súčinitele jednotlivých rezistorov dekád neprekračujú $5 \times 10^{-5}\ \text{1/K}$. Referenčné etalóny počas kalibrácie boli udržiavané v olejovom termostate pri teplote $20,00\ ^\circ\text{C}$ s toleranciou $\pm 0,01\ ^\circ\text{C}$.

Nadväznosť:*Traceability*

Hodnoty odporu referenčných etalónov boli zistené na základe nadviazania na ohm realizovaný pre konštantu von Klitzinga rovnú $25\ 812,807\ \Omega$ v rámci nadviazania na Slovenský národný etalón elektrického odporu. Základná schéma nadväznosti aplikovaná pri kalibrácii vychádza z predpisu TPM 2300-94 „Schéma nadväznosti meradiel elektrického odporu“. Relatívne kombinované štandardné neistoty hodnôt etalónov použitých pri kalibrácii neprekračovali $0,7 \cdot 10^{-6}$ (pre $0,1\ \Omega$ a $10\text{ k}\Omega$) až $4 \cdot 10^{-7}$ (pre $1\ \Omega$).

Postup kalibrácie:*Procedure of calibration*

Kalibrácia odporového mostíka bola realizovaná podľa Pracovného postupu č. 15/240/01 „Pracovný postup na kalibráciu mier elektrického odporu pri jednosmernom elektrickom prúde v oblasti malých a stredných hodnôt“. Kalibrované rezistory mostíka boli pomocou priameho merania pri jednosmernom elektrickom prúde, hodnôt zodpovedajúcich zaťaženiu neprekračujúce 10 mW , porovnané s referenčnými etalónami menovitých hodnôt $0,1\ \Omega$, $1\ \Omega$, $10\ \Omega$, 1 a $10\text{ k}\Omega$ v štvorvodičovom zapojení pomocou prúdového komparátora Guildline 9920, ktorého relatívna kombinovaná štandardná neistota merania odporu v rozsahu porovnávaných hodnôt neprekračovala 1×10^{-6} až 5×10^{-7} . Počet nezávislých meraní hodnôt jednotlivých rezistorov poddekád, ako aj pomerových odporov bol minimálne 8.

Výsledok kalibrácie (výsledky merania):

Additional Measurement result:

Výsledné hodnoty elektrického odporu jednotlivých stupňov meracích dekád tak pre Wheatstoneovo, ako aj Thomsonovo zapojenie, ako aj hodnoty pomerových rezistorov mostíka pre strednú hodnotu teploty $t = 23,0 \text{ }^\circ\text{C}$ aj s aj s neistotami ich zistenia sú v tab. 1a, 1b, 2a, 2b a 3.

Tab.1a Hodnoty odporov stupňov meracích dekád používaných pre Wheatstoneve aj Thomsonove zapojenie ($10 \times 10 \text{ } \Omega$ až $10 \times 1000 \text{ } \Omega$).

Stupeň dekády	Dekáda $10 \times 1\,000 \text{ W}$		Dekáda $10 \times 100 \text{ W}$		Dekáda $10 \times 10 \text{ W}$	
	$R_x \text{ (W)}$	$U_{kal} \text{ (}\Omega\text{)}$	$R_x \text{ (W)}$	$U_{kal} \text{ (}\Omega\text{)}$	$R_x \text{ (W)}$	$U_{kal} \text{ (}\Omega\text{)}$
1	1000,065	0,037	99,99410	0,0030	9,99917	0,00089
2	2000,179	0,063	199,9916	0,0049	19,9981	0,0010
3	3000,274	0,093	299,9875	0,0073	29,9976	0,0012
4	4000,36	0,12	399,9808	0,0096	39,9970	0,0013
5	5000,43	0,15	499,979	0,013	49,9964	0,0101
6	6000,44	0,18	599,975	0,015	59,9956	0,0016
7	7000,64	0,21	699,968	0,018	69,9944	0,0018
8	8000,60	0,24	799,964	0,021	79,9933	0,0019
9	9000,62	0,27	899,963	0,024	89,9927	0,0021
10	10000,65	0,30	999,962	0,030	99,9921	0,0023

Tab.1b Hodnoty odporov stupňov meracích dekád používaných pre Wheatstoneve aj Thomsonove zapojenie ($10 \times 0,1 \text{ } \Omega$ a $10 \times 1 \text{ } \Omega$).

Stupeň dekády	Dekáda $10 \times 1 \text{ W}$		Dekáda $10 \times 0,1 \text{ W}$	
	$R_x \text{ (W)}$	$U_{kal} \text{ (}\Omega\text{)}$	$R_x \text{ (W)}$	$U_{kal} \text{ (}\Omega\text{)}$
0	-		0,01045	0,00030
1	0,99938	0,00069	0,11037	0,00053
2	1,99910	0,00071	0,21085	0,00055
3	2,99888	0,00073	0,31018	0,00057
4	3,998777	0,00075	0,41002	0,00059
5	4,998312	0,00077	0,50981	0,00061
6	5,99812	0,00076	0,60975	0,00063
7	6,99801	0,00080	0,70962	0,00065
8	7,99787	0,00082	0,80957	0,00067
9	8,99742	0,00082	0,90960	0,00067
10	10,00724	0,00085	1,00935	0,00071

Legenda k tab. 1a, 1b, 2a a 2b:

R_x je kalibráciou zistená hodnota odporu jednotlivých stupňov dekády,
 U_{kal} rozšírená neistota zistenej hodnoty odporu príslušného stupňa dekády (pre koeficient rozšírenia $k=2$).

- **Začiatkový odpor meracích dekád používaných pre Wheatstoneve aj Thomsonove zapojenie**, ktorý je: $R_{Zl} = 10,45 \text{ m}\Omega \pm 0,30 \text{ m}\Omega$, je zahrnutý v hodnotách dekády $10 \times 0,1 \text{ } \Omega$. Hodnoty odporu ostatných dekád sú uvádzané bez hodnoty začiatkového odporu.

Tab.2a Hodnoty odporov stupňov meracích dekád používaných len pre Thomsonove zapojenie (10 x 10 Ω až 10 x 1000Ω).

Stupeň dekády	Dekáda 10 x 1 000 W		Dekáda 10 x 100 W		Dekáda 10 x 10 W	
	R_X (W)	U_{kal} (Ω)	R_X (W)	U_{kal} (Ω)	R_X (W)	U_{kal} (Ω)
1	999,988	0,036	99,99306	0,0030	9,99825	0,00089
2	2000,139	0,063	199,9865	0,0049	19,9972	0,0010
3	3000,199	0,092	299,9834	0,0074	29,9962	0,0012
4	4000,26	0,12	399,9788	0,0096	39,9953	0,0013
5	5000,33	0,15	499,975	0,013	49,9943	0,0101
6	6000,42	0,18	599,971	0,016	59,9933	0,0016
7	7000,54	0,22	699,967	0,018	69,9926	0,0018
8	8000,63	0,24	799,962	0,021	79,9920	0,0019
9	9000,73	0,27	899,955	0,024	89,9909	0,0021
10	10000,77	0,31	999,950	0,030	99,9897	0,0023

Tab.2b Hodnoty odporov stupňov meracích dekád používaných len pre Thomsonove zapojenie (10 x 0,1 Ω a 10 x 1Ω).

Stupeň dekády	Dekáda 10 x 1 W		Dekáda 10 x 0,1 W	
	R_X (W)	U_{kal} (Ω)	R_X (W)	U_{kal} (Ω)
0	-		0,00977	0,00030
1	0,99945	0,00069	0,10988	0,00053
2	1,99912	0,00071	0,20977	0,00055
3	2,99912	0,00073	0,30961	0,00057
4	3,99870	0,00075	0,40944	0,00059
5	4,99849	0,00077	0,50941	0,00061
6	5,99836	0,00075	0,60938	0,00063
7	6,99756	0,00080	0,70939	0,00065
8	7,99709	0,00082	0,80928	0,00067
9	8,99683	0,00082	0,90916	0,00067
10	9,99630	0,00085	1,00884	0,00071

- **Začiatkový odpor meracích dekád používaných len pre Thomsonove zapojenie,** ktorý je: $R_{Z2} = 6,66 \text{ mW} \pm 0,30 \text{ mW}$, je zahrnutý v hodnotách dekády 10 x 0,1 Ω. Hodnoty odporu ostatných dekád sú uvádzané bez hodnoty začiatkového odporu.

Tab.3 Hodnoty pomerových rezistorov.

Pomerové rezistory ramena a			Pomerové rezistory ramena a'		
R_N (Ω)	R_X (Ω)	U_{kal} (Ω)	R_N (Ω)	R_X (Ω)	U_{kal} (Ω)
10	9,99952	0,00027	1	9,99943	0,00027
100	99,9989	0,0032	10	99,9998	0,0032
1 k	999,972	0,030	100	999,966	0,030
10 k	10000,19	0,32	1 k	9999,73	0,31

Legenda k tab. 3: R_N je menovitá hodnota rezistorov jednotlivých ramien mostíka,
 R_X je kalibráciou zistená hodnota odporov rezistorov ramien mostíka,
 U_{kal} rozšírená neistota zistenej hodnoty odporu príslušného rezistora
 koeficient rozšírenia $k=2$).

(pre

Tab.4 Hodnoty zabudovaných referenčných rezistorov.

Zabudované referenčné rezistory		
R_N (Ω)	R_X (Ω)	U_{kal} (Ω)
10	9,99896	0,00033
0,1	0,099992	0,000032
0,001	0,00099996	0,00000020

Neistota merania:*Uncertainty of measurement:*

Uvedená rozšírená neistota merania je stanovená vynásobením kombinovanej štandardnej neistoty merania koeficientom rozšírenia $k = 2$, ktorý pre normálne rozdelenie zodpovedá pravdepodobnosti pokrytia približne 95%. Štandardná neistota merania bola určená v zhode s publikáciou GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in measurement. JCGM 100:2008)...

The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with Publication GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in measurement. JCGM 100:2008)....

Kalibračná značka:*Calibration mark*

Pre kalibrovaný prístroj bola spolu s certifikátom o kalibrácii vydaná i kalibračná značka:

ZZZ/CCC YY (text uviesť iba v prípade jej vydania)

Kalibroval:*Person in charge:*

Ak je to relevantné uvedú sa osoby zodpovedné za výsledky kalibrácie, ndváznosť meraní a pod. v rátane ich podpisu