

7086

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

ZESPÓŁ AUTOMATYKI ELEKTRONICZNEJ

Pracownia Elektronicznych Testerów

440

BE10

Kowalski

Główny wykonawca mgr inż. Jarosław Kowalski

Wykonawcy mgr inż. J. Kowalski,
mgr inż. Tadeusz Goszczyński

Konsultant

Nr zlecenia S1438

Opracowanie mikroprocesorowego kalibratora dla elektronicznej symulacji czujników temperatury.
Etap 2. Próby doświadczalne zestawu modelowego.

"Sprawozdanie z badań".

Zleceniodawca

Praca statutowa PIAP

Pracę rozpoczęto dnia

01.01.94

zakończono dnia

31.05.94

Kierownik Pracowni

Z-ca Dyrektora

Kierownik Zespołu

ds. Badawczo-Rozwojowych

dr inż. J. Kąkolowski

mgr inż. T. Goszczyński

doc. dr inż. J. Korytkowski

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 13

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 ZAE-1

fotografii

Egz. 3 ZAE-3

tabel

Egz. 4

tablic

Egz. 5

załączników 1

Egz. 6

Nr rejestr. 7086-

Analiza deskrypcyjowa

MODEL TECHNICZNY, SYMULATOR CZUJNIKÓW TEMPERATURY, BADANIA.

Analiza dokumentacyjna

Przedmiotem sprawozdania są wyniki badań doświadczalnych.

Tytuły poprzednich sprawozdań

2

Spis treści

	strona
1. Pomiary dokładności zadawania rezystancji	2
2. Pomiary dokładności zadawania prądu	5
3. Sprawdzenie pomiaru i zadawania napięcia	7
4. Sprawdzenie wpływu temperatury otoczenia	9
5. Wnioski	11
6. Rysunki - układy pomiarowe	12

1. Pomiary dokładności zadawania rezystancji

Pomiary wykonano w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 1

W modelu kalibratora ustawiono:

- Rodzaj symulacji - rezystancja
- Zakres symulacji - 40 ... 4000 om
- bez pomiaru

**Wyniki pomiarów dokładności zadawania rezystancji
Zakres 40 ... 400 om**

Pol.	Rn [om]	Rpom[om]	błąd [om]	błąd [%]
+	40	40,013	0,013	0,004
-	40	39,968	-0,032	-0,009
+	50	50,015	0,015	0,004
-	50	49,965	-0,035	-0,010
+	62,5	62,510	0,010	0,003
-	62,5	62,466	-0,034	-0,009
+	75	75,013	0,013	0,004
-	75	74,970	-0,030	-0,008
+	100	100,004	0,004	0,001
-	100	99,971	-0,029	-0,008
+	200	199,999	-0,001	0,000
-	200	199,972	-0,028	-0,008
+	300	299,990	-0,010	-0,003
-	300	299,986	-0,014	-0,004
+	350	349,985	-0,015	-0,004
-	350	349,983	-0,017	-0,005
+	400	399,983	-0,017	-0,005
-	400	399,992	-0,008	-0,002

błąd maksymalny [%]

0,004

-0,010

Wyniki pomiarów dokładności zadawania rezystancji
Zakres 401 ... 4000 om

Pol.	Rn [om]	Rpom[om]	błąd [om]	błąd [%]
+	500	499,917	-0,083	-0,002
-	500	499,897	-0,103	-0,003
+	750	749,878	-0,122	-0,003
-	750	749,828	-0,172	-0,005
+	1000	999,831	-0,169	-0,005
-	1000	999,772	-0,228	-0,006
+	2000	1999,754	-0,246	-0,007
-	2000	1999,725	-0,275	-0,008
+	3000	3001,380	1,380	0,038
-	3000	3001,250	1,250	0,035
+	3500	3501,760	1,760	0,049
-	3500	3501,750	1,750	0,049
+	4000	4002,110	2,110	0,059
-	4000	4002,070	2,070	0,058

błąd maksymalny [%]

0,059

-0,008

2. Pomiar dokładności zadawania prądu

Pomiary wykonano w układzie pomiarowym przedstawionym na rys.2

W modelu kalibratora ustawiono:

- Rodzaj symulacji - mA
- Zakres symulacji - 0 ... 20mA
- Rodzaj pomiaru - 0 ... 20mA

Wyniki pomiarów przy sprawdzaniu zadawania prądu
 R_n [om] = 99,985

In.kal [mA]	Ip.kal [mA]	Uwolt [V]	Irzecz [mA]	błąd [mA]	błąd [%]
0	0	0,000053	0,000	0,000	0,000
2	2	0,199599	1,996	-0,004	-0,019
4	4	0,398617	3,987	-0,013	-0,066
6	6	0,598213	5,983	-0,017	-0,085
8	8,01	0,797394	7,975	-0,025	-0,124
10	10,01	0,997171	9,973	-0,027	-0,134
12	12,02	1,196940	11,971	-0,029	-0,144
14	14,02	1,396260	13,965	-0,035	-0,177
16	16,02	1,595642	15,959	-0,041	-0,206
18	18,03	1,795525	17,958	-0,042	-0,210
19	19,03	1,895527	18,958	-0,042	-0,209
20		1,994941	19,952	-0,048	-0,238

Błąd maksymalny [%]
 -0,238

3. Sprawdzaniu pomiaru i zadawania napięcia

Pomiary wykonano w układzie pomiarowym przedstawionym na rys.3

W modelu kalibratora ustawiono:

- Rodzaj symulacji - mV
- Zakres symulacji - -100...100mV
- Rodzaj pomiaru - +/- 100mV

**Wyniki pomiarów przy sprawdzaniu pomiaru i zadawania napięcia
Zakres 0...100mV**

Un [mV]	Upom [mV]	Urzech. [mV]	Błąd nast.[mV]	Błąd nast.[%]	Błąd pom.[mV]	Błąd pom.[%]
0	0,01	0,0000	0,000	0,000	0,010	0,010
10,01	10,01	10,0171	0,007	0,007	-0,007	-0,007
20	20	19,9917	-0,008	-0,008	0,008	0,008
30,01	30,01	29,9958	-0,014	-0,014	0,014	0,014
40	40	39,9780	-0,022	-0,022	0,022	0,022
50,01	50,01	49,9918	-0,018	-0,018	0,018	0,018
60	59,99	59,9790	-0,021	-0,021	0,011	0,011
70,01	70,01	69,9939	-0,016	-0,016	0,016	0,016
80	80,02	79,9874	-0,013	-0,013	0,033	0,033
90,01	90,03	90,0055	-0,005	-0,005	0,025	0,025
99,75	99,79	99,7595	0,010	0,010	0,031	0,031

Błąd maksymalny [%]

-0,022

0,033

**Wyniki pomiarów przy sprawdzaniu pomiaru i zadawania napięcia
Zakres -100 ... 0mV**

Un [mV]	Upom [mV]	Urzech. [mV]	Błąd nast.[mV]	Błąd nast.[%]	Błąd pom.[mV]	Błąd pom.[%]
-100	-100	-100,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
-90,01	-90,02	-89,9970	0,013	0,013	-0,023	-0,023
-80	-80,01	-79,9770	0,023	0,023	-0,033	-0,033
-70,01	-70,02	-69,9846	0,025	0,025	-0,035	-0,035
-60	-60,01	-59,9687	0,031	0,031	-0,041	-0,041
-50,01	-50,03	-49,9820	0,028	0,028	-0,048	-0,048
-40	-40,04	-39,9677	0,032	0,032	-0,072	-0,072
-30,01	-30,05	-29,9853	0,025	0,025	-0,065	-0,065
-20	-20,04	-19,9795	0,020	0,020	-0,060	-0,060
-10,01	-10,05	-10,0038	0,006	0,006	-0,046	-0,046

Błąd maksymalny [%]

0,032

-0,072

4. Sprawdzenie wpływu temperatury otoczenia

Pomiary wykonano w odpowiednich układach pomiarowych jak w pp.1, 3.

Pierwszy pomiar wykonano w temperaturze otoczenia $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$
Następnie umieszczono model kalibratora w cieplarni w temp. $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$
na okres 1h.

Wykonano kolejne pomiary w temperaturze $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ czekając na
ustabilizowanie się temperatury w cieplarni po kolejnych nastawach i
odczytach.

Sprawdzenie wpływu temperatury otoczenia

Przy pomiarze i zadawaniu napięcia

Zakres 0...100mV

Un[mV]	Uk22 [mV]	Uk35[mV]	Urz22[mV]	Urz35[mV]	Bł.p[%/10K]	Bł.z[%/10K]
80	80,04	80,16	79,9811	79,9948	0,082	0,011
60	60,04	60,09	59,9760	59,9817	0,034	0,004
20	20,02	20,05	19,9819	19,9850	0,021	0,002

Przy zadawaniu rezystancji

Zakres 40...400 om

Rn [om]	Rp22[om]	Rp35[om]	Bł. [%/10K]
40	40,0132	40,020	0,001
100	100,0040	100,016	0,003
300	299,9900	299,994	0,001

Przy zadawaniu rezystancji

Zakres 401...4000 om

Rn [om]	Rp22[om]	Rp35[om]	Bł. [%/10K]
500,01	499,9170	499,885	-0,001
1000	999,8310	999,767	-0,001
3000	3001,3800	2999,580	-0,038
4000	4002,1100	4001,860	-0,005

5. Wnioski

Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że:

- Symulacja rezystancji przez model kalibratora
z dokładnością na zakresie 40 ...400 om $\pm 0,01\%$
z dokładnością na zakresie 401 ...4000 om $\pm 0,06\%$
umożliwia zastosowanie go do symulacji czujników rezystancyjnych temperatury
typu Pt100 klasy 1, 2, 3 zgodnie z PN 83/M-53852. oraz do symulacji czujników typu
Pt500, Pt1000 klasy 1, 2, 3.

- Symulacja napięcia z dokładnością
przy zakresie 0..20mV $\pm 0,01mV$
przy zakresie 0...100 mV $\pm 0,03\%$

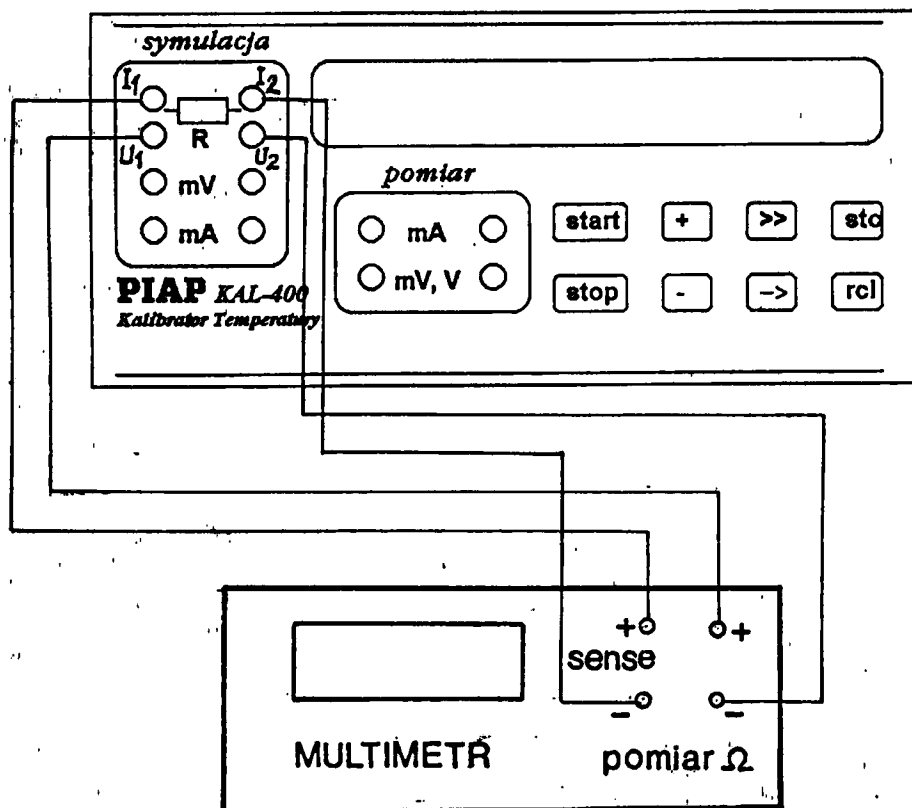
umożliwia zastosowanie kalibratora do symulacji czujników termoelektrycznych
typu S klasa 1, 2 zgodnie z PN 81/M-53854.02
typu K klasa 1, 2 zgodnie z PN 81/M-53854.06
typu J klasa 1, 2 zgodnie z PN 81/M-53854.04
typu T zgodnie z PN 81/M-53854.05
typu B zgodnie z PN 81/M-53854.03

w celu podwyższenia rozdzielczości symulacji termoelementów typu S, T i B należy
wprowadzić nowy zakres dla małych napięć (20mV na rezystorze 1om)

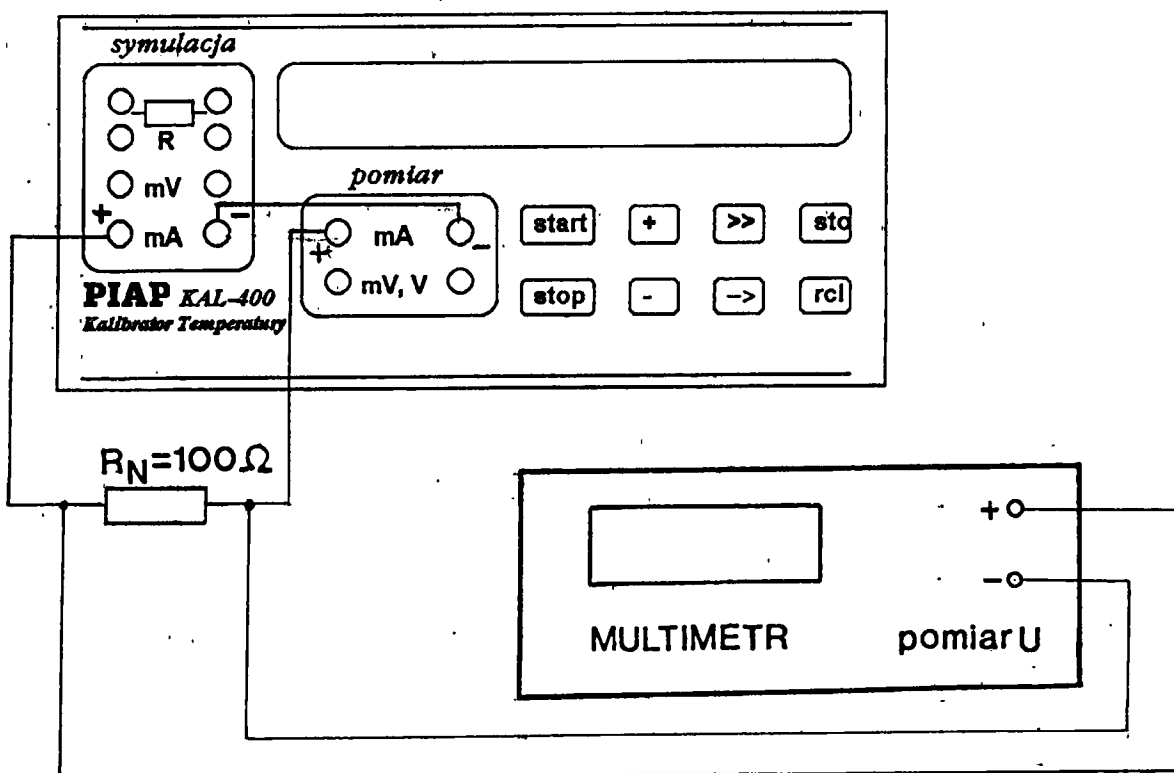
- Pomiar napięcia z dokładnością $\pm \%0,08$
umożliwia zastosowanie kalibratora do sprawdzania przetworników temperatury (pomiar
sygnału wyjściowego przetwornika)
- Błędy od zmiany temperatury otoczenia od +22 °C do + 35 °C
są pomijalnie małe i wskazują na odporność urządzenia na podwyższenie temperatury
pracy w tym zakresie

6. Rysunki - układy pomiarowe

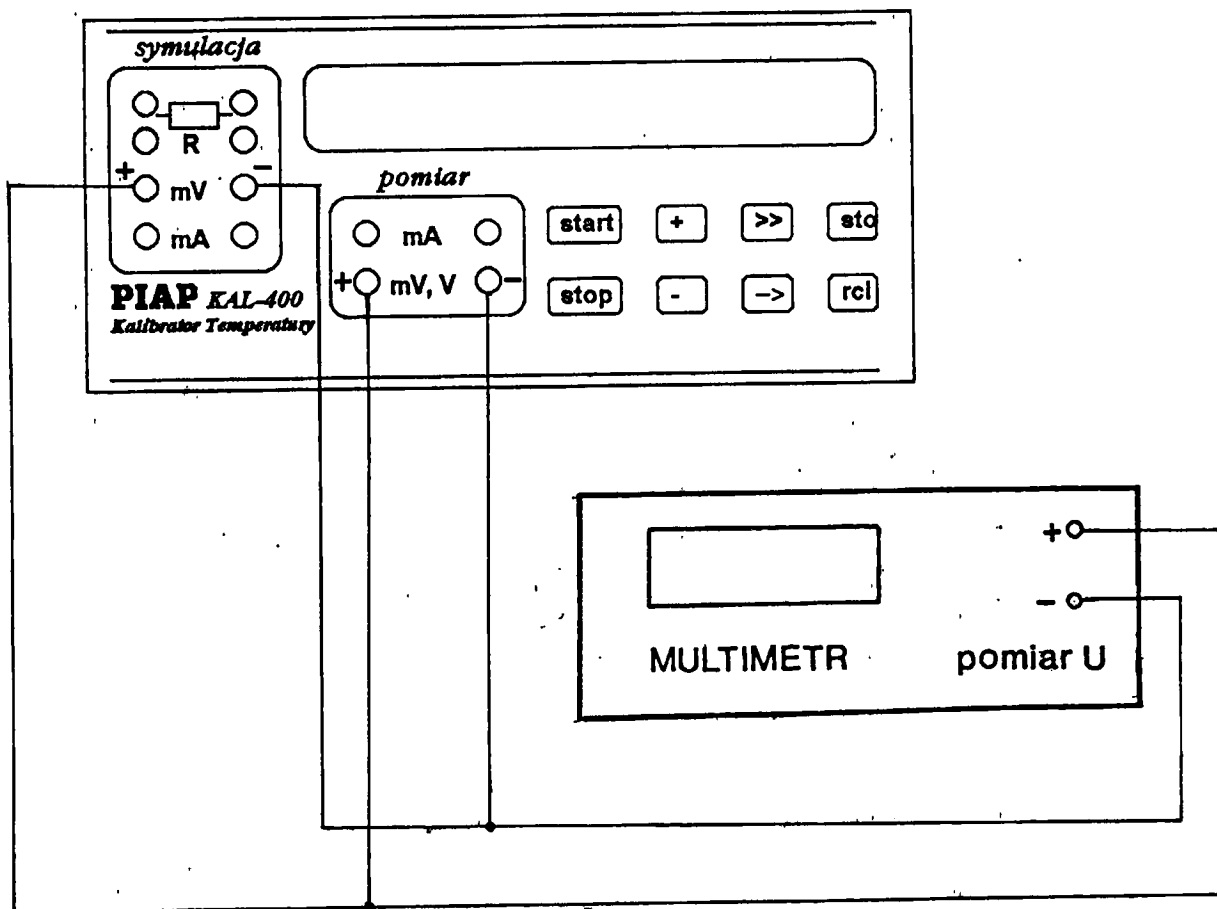
Rys.1 Układ pomiarowy przy sprawdzaniu zadawania rezystancji.



Rys.2 Układ pomiarowy przy sprawdzaniu zadawania prądu.



Rys.3 Układ pomiarowy przy sprawdzaniu pomiaru napięcia.



Przyrządy używane podczas pomiarów:

- multimetr cyfrowy firmy "Keithley" typ 196.
dokładność pomiarów w danych technicznych (Załącznik 1.)
- rezystor wzorcowy RN 1 , "Inco", klasa 0.01

KEITHLEY INSTRUMENTS

Model 196 System DMM Instruction Manual



Contains Operating and Servicing Information

Publication Date: January 1992

Document Number: 196-901-01 Rev. D

SPECIFICATIONS

DC VOLTS ½ Digits)

RANGE	RESOLUTION	INPUT RESISTANCE	ACCURACY ¹ ± (%rdg + counts)			TEMPERATURE COEFFICIENT ± (%rdg + counts)/°C 0°-18° & 28°-50°C
			24 Hr., ² 23° ± 1°C	90 Days, 18°-28°C	1 Year, 18°-28°C	
300 mV	100 nV	>1 GΩ	0.0020 + 20 ³	0.005 + 20 ³	0.008 + 20 ³	0.0006 + 10
3 V	1 μV	>1 GΩ	0.0013 + 10	0.003 + 20	0.0038 + 20	0.0004 + 1
30 V	10 μV	11 MΩ	0.0015 + 10	0.006 + 20	0.008 + 30	0.0013 + 3
300 V	100 μV	10.1 MΩ	0.003 + 10	0.009 + 20	0.009 + 30	0.0013 + 1

¹For 5½-digit accuracy, divide count error by 10. For 4½-digit accuracy, count error is 5 (except 15 on 300mV range). For 3½-digit accuracy, count error is 5.

²Relative to calibration standards.

³When properly zeroed.

SETTLING TIME: <1ms (<2ms on 300mV range), to 0.01% of range.

MRR: >120dB at dc, 50Hz or 60Hz (±0.05%) with 1kΩ in either lead.

MRR: >60dB at 50Hz or 60Hz (±0.05%).

LINEARITY: Linearity is defined as the maximum deviation from a straight line between the readings at zero and full range: 10ppm of range for 3V-300V ranges; 15ppm of range for 300mV range; at 23°C ±1°C.

MAXIMUM ALLOWABLE INPUT: 300V rms, 425V peak, whichever is less.

RMS AC VOLTS ½ Digits)

RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ¹ ± (%rdg + counts)				
		20Hz-50Hz ²	50Hz-200Hz ²	200Hz-10kHz ²	10kHz-20kHz ²	20kHz-100kHz ²
300 mV	1 μV	2 + 100	0.3 + 100	0.15 + 100	0.4 + 200	2.0 + 300
3 V	10 μV	2 + 100	0.3 + 100	0.15 + 100	0.3 + 200	1.5 + 300
30 V	100 μV	2 + 100	0.3 + 100	0.15 + 100	0.4 + 200	1.5 + 300
300 V	1 mV	2 + 100	0.3 + 100	0.15 + 100	0.4 + 200	1.5 + 300

¹For 4½-digit accuracy, divide count error by 10. For 3½-digit accuracy, count error is 5. In 3½- and 4½-digit modes, specifications apply for inputs >200Hz.

²For sinewave inputs >2,000 counts.

³For sinewave inputs >20,000 counts.

RESPONSE: True root mean square, ac coupled.

PEAK FACTOR (ratio of peak to rms): Up to 3:1 allowable.

SINUSOIDAL INPUTS: For fundamental frequencies <1kHz, crest factor <3, add 0.25% of reading to specified accuracy for 300mV and 3V ranges; add 0.6% of reading to specified accuracy for 30V and 300V ranges.

INPUT IMPEDANCE: 1MΩ shunted by <120pF.

BANDWIDTH: 300kHz typical.

MAXIMUM ALLOWABLE INPUT: 300V rms, 425V peak, 10⁷ V·Hz, whichever is less.

SETTLING TIME: 1 second to within 0.1% of change in reading.

TEMPERATURE COEFFICIENT (0°-18°C & 28°-50°C):

< ±(0.1 × applicable accuracy specification)/°C below 20kHz, ±(0.2x) for 20kHz to 100kHz.

CMRR: >60dB at 50Hz or 60Hz (±0.05%) with 1kΩ in either lead
dB (Ref. = 1V):

INPUT	ACCURACY ± dB 1 Year, 18°-28°C		RESOLUTION
	20Hz-20kHz	20kHz-100kHz	
-34 to +49 dB (20mV to 300V)	0.2	0.4	0.01 dB
-54 to -34 dB (2mV to 20mV)	1.1	3 ¹	0.01 dB

¹Typical

HMS ½ Digits)

RANGE	RESOLUTION	NOMINAL I-SHORT	ACCURACY ¹ ± (%rdg + counts)			TEMPERATURE COEFFICIENT ± (%rdg + counts)/°C 0°-18° & 28°-50°C
			24 Hr., ⁵ 23° ± 1°C	90 Days, 18°-28°C	1 Year, 18°-28°C	
300 Ω ²	100 μΩ	1.7 mA	0.0025 + 20 ³	0.008 + 20 ³	0.010 + 20 ³	0.001 + 7
3 kΩ ²	1 mΩ	1.7 mA	0.0025 + 20	0.005 + 20	0.007 + 20	0.001 + 1
30 kΩ ²	10 mΩ	160 μA	0.0025 + 20	0.005 + 20	0.007 + 20	0.001 + 1
300 kΩ	100 mΩ	50 μA	0.006 + 20	0.020 + 20	0.021 + 20	0.004 + 1
3 MΩ	1 Ω	5 μA	0.007 + 20	0.020 + 20	0.021 + 20	0.004 + 1
30 MΩ	10 Ω	0.5 μA	0.06 + 50	0.1 + 50	0.1 + 50	0.030 + 1
300 MΩ ⁴	1 kΩ	0.5 μA	2.0 + 5	2.0 + 5	2.0 + 5	0.30 + 1

¹For 5½-digit accuracy, divide count error by 10. For 4½-digit accuracy, count error is 5 (except 15 on 300Ω range). For 3½-digit accuracy, count error is 5.

²4-wire accuracy, 300Ω-30kΩ ranges.

³When properly zeroed.

⁴Resolution on 300MΩ range is limited to 5½ digits.

⁵Relative to calibration standards.

CONFIGURATION: Automatic 2- or 4-wire. Offset compensation available on 300Ω-30kΩ ranges, requires proper zeroing. Allowable compensation of ±10mV on 300Ω range and ±100mV on 3kΩ and 30kΩ ranges.

MAX. ALLOWABLE INPUT: 300V rms, 425V peak, whichever is less.

OPEN CIRCUIT VOLTAGE: 5.5V maximum.

LINEARITY: Linearity is defined as the maximum deviation from a straight line between the readings at zero and full range: 20ppm of range for 300Ω-30kΩ ranges, at 23°C ±1°C.

17

DC AMPS (5½ Digits)

RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ¹ ± (%rdg + counts) 1 Year, 18°-28°C	MAXIMUM VOLTAGE BURDEN
300 µA	1 nA	0.09 + 20	0.4 V
3 mA	10 nA	0.05 + 10	0.4 V
30 mA	100 nA	0.05 + 10	0.4 V
300 mA	1 µA	0.05 + 10	0.5 V
3 A	10 µA	0.09 + 10	2 V

¹4½-digit count error is 20. 3½-digit count error is 5.

MAXIMUM ALLOWABLE INPUT: 3A, 250V.

OVERLOAD PROTECTION: 3A fuse (250V), accessible from rear panel.

TEMPERATURE COEFFICIENT (0°-18°C & 28°-50°C):

< ±(0.1 × applicable accuracy specification)/°C.

TRMS AC AMPS (5½ Digits)

RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ¹ 1 Year, 18°-28°C		MAXIMUM VOLTAGE BURDEN
		20Hz-45Hz	45Hz-10kHz	
300 µA	1 nA	2 + 100	0.9 + 100	0.4V
3 mA	10 nA	2 + 100	0.6 + 100	0.4V
30 mA	100 nA	2 + 100	0.6 + 100	0.4V
300 mA	1 µA	2 + 100	0.6 + 100	0.5V
3 A	10 µA	2 + 100	0.6 + 100	2 V

sinewave inputs > 2000 counts. For 4½-digit accuracy, divide count error by 10. For 3½-digit accuracy, count error is 5. In 3½- and 4½-digit modes, specifications apply for sinewave inputs > 200Hz.

RESPONSE: True root mean square, ac coupled.

CREST FACTOR (ratio of peak to rms): Up to 3:1 allowable at ¾ full scale.

NONSINUSOIDAL INPUTS: Specified accuracy for fundamental frequencies < 1kHz, crest factor < 3.

SETTLING TIME: 1 second to within 0.1% of change in reading.

MAXIMUM ALLOWABLE INPUT: 3A, 250V.

OVERLOAD PROTECTION: 3A fuse (250V) accessible from rear panel.

TEMPERATURE COEFFICIENT (0°-18°C & 28°-50°C):

< ±(0.1 × applicable accuracy specification)/°C.

dB (Ref. = 1mA):

INPUT	ACCURACY ± dB 1 Year, 18°-28°C 20Hz-10kHz	RESOLUTION
-34 to +69 dB (20µA to 3A)	0.2	0.01 dB
-54 to -34 dB (2µA to 20µA)	0.9	0.01 dB

GENERAL

RANGING: Manual or autoranging.

MAXIMUM READING: 3029999 counts in 6½-digit mode.

ZERO: Control subtracts on-scale value from subsequent readings or allows value to be programmed.

CONNECTORS: Analog: Switch selectable front or rear, safety jacks.

Digital: TRIGGER input and VOLTMETER COMPLETE output on rear panel, BNCs.

WARMUP: 2 hours to rated accuracy.

DISPLAY: 10, 0.5-in. alphanumeric LED digits with decimal point and polarity. Function and IEEE-488 bus status also indicated.

ISOLATION: Input Lo to IEEE Lo or power line ground: 500V peak. 5 × 10⁹ max. V·Hz product. > 10⁹Ω paralleled by 400pF.

DATA MEMORY: 1 to 500 locations, programmable. Measurement intervals selectable from 1ms to 999999ms or triggered.

BENCH READING RATE: 5 readings/second (2/second on 30MΩ and 300MΩ ranges).

FILTER: Weighted average (exponential). Programmable weighting, 1 to 1/99.

OPERATING ENVIRONMENT: 0°-50°C, 0%-80% relative humidity up to 35°C; linearly derate 3% RH/°C, 35°C-50°C (0%-60% RH up to 28°C on 300MΩ range).

MAXIMUM READING RATES¹

DCV, DCA, ACV, ACA READINGS/SECOND

RESOLUTION	Continuous into Internal Buffer		External Trigger into Internal Buffer		Triggered via IEEE-488 Bus	
	MUX:		MUX:		MUX:	
	Off	On	Off	On	Off	On
3½-Digit	1000	1000	237	80	112	58
4½-Digit	333	333	145	63	91	49
5½-Digit	35 (29)	9 (7.5)	40 (33)	9 (7.5)	35 (29)	9 (7.5)
6½-Digit ²		9 (7.5)		0.3 (0.25)		0.3 (0.25)

OHMS READINGS/SECOND

RESOLUTION	Continuous into Internal Buffer		External Trigger into Internal Buffer		Triggered via IEEE-488 Bus	
	MUX:		MUX:		MUX:	
	Off	On	Off	On	Off	On
3½-Digit	53	25	57	25	37	23
4½-Digit	43	20	47	21	30	19
5½-Digit	16 (13)	9.5 (7.5)	18 (15)	9.5 (7.5)	15 (12.5)	9.5 (7.5)
6½-Digit ²		9 (7.5)		0.3 (0.25)		0.3 (0.25)

Offset Compensated Ohms: Rates are 0.5 × normal mux on ohms rates.

¹Reading rates are for on-range on-scale readings with internal filter off, for 3V, 3kΩ, and 3mA ranges. 6½- and 5½-digit rates are for 60Hz operation. Values in parentheses are for 50Hz operation.

²Internal filter on.

IEEE-488 BUS IMPLEMENTATION

MULTILINE COMMANDS: DCL, LLO, SDC, GET, GTL, UNT, UNL, SPE, SPD.

UNILINE COMMANDS: IFC, REN, EOI, SRQ, ATN.

INTERFACE FUNCTIONS: SH1, AH1, T6, TE0, L4, LE0, SR1, RL1, PPO, DC1, DT1, C0, E1.

PROGRAMMABLE PARAMETERS: Range, Function, Zero, Integration Period, Filter, EOI, Trigger, Terminator, Delay, 500-Reading Storage, Calibration, Display, Multiplex, Status, Service Request, Self Test, Output Format, TRANSLATOR.

STORAGE ENVIRONMENT: -25° to +65°C.

POWER: 105-125V or 210-250V, rear panel switch selected, 50Hz or 60Hz, 30VA max. 90-110V and 180-220V versions available upon request.

DIMENSIONS, WEIGHT: 127mm high × 216mm wide × 359mm deep (5 in. × 8½ in. × 14¼ in.). Net weight 3.7kg (8 lbs.).

ACCESSORIES AVAILABLE:

- Model 1019A-1: 5¼-in. Single Fixed Rack Mounting Kit
- Model 1019A-2: 5¼-in. Dual Fixed Rack Mounting Kit
- Model 1019S-1: 5¼-in. Single Slide Rack Mounting Kit
- Model 1019S-2: 5¼-in. Dual Slide Rack Mounting Kit
- Model 1651: 50-Ampere Shunt
- Model 1681: Clip-On Test Lead Set
- Model 1682A: RF Probe
- Model 1685: Clamp-On Current Probe
- Model 1751: General Purpose Test Leads
- Model 1754: Universal Test Lead Kit
- Model 5806: Kelvin Clip Leads
- Model 7007-1: Shielded IEEE-488 Cable, 1m
- Model 7007-2: Shielded IEEE-488 Cable, 2m
- Model 7008-3: IEEE-488 Cable, 3 ft. (0.9m)
- Model 7008-6: IEEE-488 Cable, 6 ft. (1.8m)

Prices and specifications subject to change without notice.

18