

# MĚŘENÍ MALÝCH ODPORŮ

Měření malých odporů se provádí při zkouškách odporu spojů: svářených, vyrovnávacích kolejí, kontaktů, spojů kabelů nebo cívek s nízkým odporem. Měřicí přístroje k měření malých odporů mohou být také využity ke zkouškám cívek elektrických zařízení, takových jako jsou transformátory nebo motory. Tyto zkoušky zahrnují také kontrolu kvality letovaných spojů, kontinuity zemnicích vodičů.

Měření malých odporů lze provést několika metodami. Nejrozšířenější je technická metoda či měření Thomsonovým můstkem (šestiramenným můstkem). Pro malé hodnoty odporu, v řádu mikroohmů, hrají podstatnou roli odpory vodičů a odpory kontaktů v místech spojení, proto konstrukce můstku zajistí samostatné proudové a napěťové svorky u rezistorů  $R_x$  a  $R_p$ . Je doporučováno, aby všechny další rezistory měly odpor 1000krát větší, než jsou odpory přívodů.

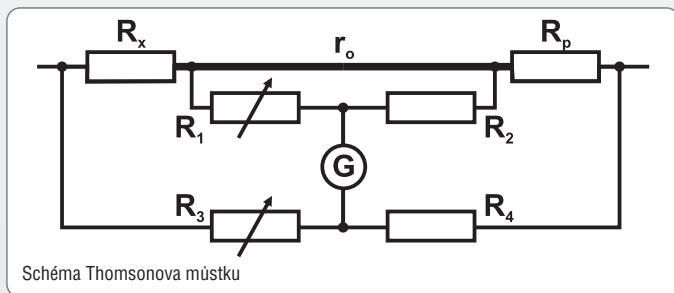


Schéma Thomsonova můstku

Při rovnováze můstku se proud protékající větví galvanometru rovná nule. Vzorec pro měřený odpor je následující:

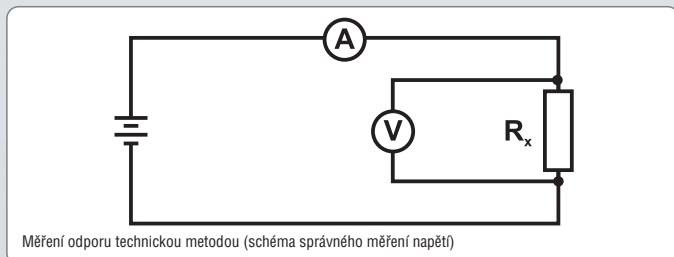
$$R_x = \frac{R_p R_1}{R_2}$$

Na přesnost měření Thomsonovým můstkem má vliv odchylka způsobená necitlivostí, která je pro malé odpory v řádu  $R_x = 10^{-6} \dots 10^{-5} \Omega$  zvláště viditelná. Přesnost závisí také na chybě rekonstrukce vzorce spojeného s kvalitou provedení jednotlivých prvků můstku. V průběhu měření mohou vzniknout dodatečné chyby vyplývající z přetížení proudových rezistorů, zkoušeného a srovnávacího, ze změny teploty a výskytu dodatečných elektromotorických sil v systému.

Vzhledem k závadám a omezením tradičních technických můstků, dochází v současné době k tendenci konstruovat elektronické měřicí přístroje k měření malých odporů v rozsahu od jednotlivých mikroohmů do několika set ohmů. Přístroje umožňují měřit velmi malé odpory s rozlišením až  $0,1 \mu\Omega$ . Důležitou vlastností moderních mikroohmmetrů je jednoduchost ovládání, použití různých měřicích režimů a možnost spolupráce s počítačem. Tyto přístroje měří odpor technickou metodou. Libovolný prvek vodičů lze popsat vzorcem Ohmova zákona:

$$R_x = \frac{U_x}{I}$$

$U_x$  - pokles napětí u daného prvku  
 $I$  - intenzita protékajícího proudu,  
 $R_x$  - měřený odpor.



Měření odporu technickou metodou (schéma správného měření napětí)

Systém správného měření napětí se používá při malých odporech, kdy proud proudící měřeným prvkem je mnohonásobně větší než proud voltmetru, který měří pokles napětí na tomto objektu. Odpor získaný jako výsledek měření se vypočítá na základě poměru:

$$R_x = \frac{U_x}{I - I_v}$$

$I_v$  - proud proudící voltmetrem.

Při velmi velkém odporu voltmetru je proud proudící jeho obvodem zanedbatelně malý, proto odpor měřicích vodičů nemá vliv na výsledek měření. Jde o tak zvanou čtyřvodičovou metodu. Takový způsob měření eliminující vliv odporu vodičů je použitý u měřicích přístrojů malého odporu řady MMR.

## MĚŘENÍ PŘÍSTROJEM MMR-620 a MMR-630

Vzhledem k velmi malým hodnotám měřených odporů je používána čtyřvodičová metoda, která umožňuje provádění přesných měření bez ohledu na vliv odporu měřicích vodičů. Není tedy potřebná ruční kalibrace měřicího přístroje a měřicích vodičů, avšak existuje taková možnost (v případě použití např. měřicích koncovek jiného druhu), přičemž se vždy lze vrátit k nastavením tovární kalibrace zařízení.



Před zahájením měření je nutné vybrat otočným přepínačem maximální měřicí proud z rozsahu od 0,1 mA do 10 A. Měřicí rozsah a tedy i proud je vybírán ručně nebo automaticky. V některých případech (např. překročení přípustného výkonu emitovaného na objektu) může být žádoucí omezení maximálního proudu protékajícího zkoumaným objektem. MMR-620 má blokaci, která umožňuje nastavení horní přípustné hodnoty měřicího proudu.

Přístroj měří odpor, který vyvolává průtok proudu měřeným objektem (proudovýmí vodiči), zároveň kontroluje pokles napětí na svorkách napěťových vodičů. Přerušení

## Způsob provozu:

Uživatel si vybírá provedení měření v jednom z několika dostupných režimů:

- v ručním režimu musí obsluhující osoba každé měření zahájit pomocí tlačítka „Start“,
- u automatického režimu je měření zahájeno okamžikem připojení poslední měřicí svorky,
- v rámci nepřetržitého režimu jsou měření prováděna pravidelně každé tři sekundy (odporový režim) nebo nepřetržitě (indukční režim).

Měření lze provádět proudem proudícím pouze jedním směrem nebo ve dvou opačných směrech. Zkoušky jednosměrným proudem urychlují měření, avšak zkouška obousměrným proudem eliminuje chyby vyplývající z přítomnosti vnitřních napětí a elektrotermických sil v měřeném objektu. Při měření obousměrným proudem je jako hlavní výsledek zobrazována průměrná hodnota odporu ze dvou měření, za proudů proudících v opačných směrech. Kromě tohoto jsou zobrazovány doplňkové výsledky, čili odpor RF, za proudu proudícího ve smluvním směru „dopředu“ a odpor RR za proudu protékajícího ve smluvním směru „dozadu“.

Nominální doba trvání měření činí 3 sekundy. Pro změřený objekt s indukčním charakterem lze zvolit prodlouženou dobu měření. Pro objekty s velkou indukčností se doba měření prodlužuje na několik minut a po skončení měření dochází k vybití měřeného objektu.

Existuje možnost použití zrychleného režimu měření zařízení s indukčním charakterem (režim FAST), který s nepatrně zhoršenou přesností urychluje měřicí proces.

Dalším provozním režimem je okénkový režim, který umožňuje nastavení horní a dolní hranice, mezi kterými se má nacházet výsledek měření. Výsledky mimo tento rozsah jsou signalizovány dvěma dlouhými zvukovými signály.

Hranice přípustného rozsahu kolísání výsledků jsou stanovovány uživatelem. V případě užívání automatického a nepřetržitého režimu způsobí překročení nastavených rozsahů přerušení série měření a přístroj vyčká na reakci osoby provádějící měření. he defined range causes interrupting the measurement series and awaiting user action.

# Měřicí přístroje malých odporů

## MMR-620, MMR-630

Index: WMGBMMR620 (MMR-620)  
WMGBMMR630 (MMR-630)

### Standardní vybavení měřicích přístrojů:

dvoužilové kabely 3 m ("U1/I1")	WAPR2003DZBBU111
dvoužilové kabely 3 m ("U2/I2")	WAPR2003DZBBU212
krokosvorka černá (4 ks)	WAKROBL30K03
Kelvinova svorka (2 ks)	WAKROKELK06
Kelvinovy upínací kleště s dvojitým vodičem (pouze MMR-620 2 ks)	WAZACKEL1
brašna L1 na měřicí přístroj a jeho příslušenství	WAFUTL1
napájecí kabel k nabíjení	WAPRZLAD230
akumulátor Ni-MH 4,8 V 3 Ah	WAAKU03
kabel k sériovému přenosu dat	WAPRZRS232
Kelvinův zkušební dvojhrot se zdířkami na banánek (2 ks)	WASONKEL20GB
popruhy k měřicímu přístroji	WAPOSZSE1
osvědčení o kalibraci	
program Sonel Reader	



CAT III  
300V

IP 54

### Měření objektů rezistenčního charakteru:

- svářených a letovaných spojů, spojení vyrovnávacích kolejí, zemnicích vodičů,
- kontaktů, svarů kolejnic, vodičů a kabelů,
- měření čtyřvodičovou metodou.

### Měření objektů indukčního charakteru:

- cívek motorů, transformátorů, cívek s nízkým odporem.

### Doplňkové funkce měřicích přístrojů:

**Automatický nebo ruční výběr měřicího rozsahu**  
(měření objektů s indukčním charakterem).

#### Výběr měřicího režimu přizpůsobený typu měřeného objektu:

- rychlé měření (3 sekundy) k měření objektů s rezistenčním charakterem,
- prodloužené měření ke zkouškám objektů s indukčním charakterem (je možný zkrácený režim s nepatrně omezenou přesností); s automatickým vybitím objektu po měření.

#### Výběr měřicího režimu v závislosti na použití (mj. kontrola série výrobků):

- měření normálním režimem – zahájené po každém stisknutí tlačítka „START“,
- měření automatickým režimem – přístroj vyčkáva na připojení všech čtyř měřicích vodičů k objektu, po čemž automaticky zahájí měření proudem v jednom nebo obou směrech a vypočítá hodnotu průměrného odporu,
- měření v nepřetržitém režimu – měřicí přístroj opakuje další měřicí cykly s přestávkami každé 3 sekundy (pro objekty s odporovým charakterem), nebo provádí měření nepřetržitě (pro objekty s indukčním charakterem).

#### Okénkový režim:

- umožňuje nastavení horní a dolní hranice, mezi kterými se musí nacházet výsledek měření, zvuková signalizace pro vychýlení se z rozsahu.

**Možnost provádění měření i při poruchách s hodnotou pětinašobně vyšší než je měřený signál.**



### Měření odporu

MMR-620		MMR-630		Přesnost
Rozsah	Rozlišení	Rozsah	Rozlišení	
0...999μΩ*	1μΩ	0...999,9μΩ*	0,1μΩ	10A
1,000...1,999mΩ	0,001mΩ	1,0000...1,9999mΩ	0,0001mΩ	
2,00...19,99mΩ	0,01mΩ	2,000...19,999mΩ	0,001mΩ	1A
20,0...199,9mΩ	0,1mΩ	20,00...199,99mΩ	0,01mΩ	
200...999mΩ	1mΩ	200...999,9mΩ	0,1mΩ	0,1A
1,000...1,999Ω	0,001Ω	1,0000...1,9999Ω	0,0001Ω	
2,00...19,99Ω	0,01Ω	2,000...19,999Ω	0,001Ω	10mA
20,0...199,9Ω	0,1Ω	20,00...199,99Ω	0,01Ω	
200...1999Ω	1Ω	200,0...1999,9Ω	0,1Ω	0,1mA

Napětí pro plnou škálu 200 mV (kromě \*) – 20 mV

Přesnost ±(0,25 % m.h. + 2 digity), vstupní impedance voltmetru: ≥ 200 kΩ  
Zkratka „m.h.“ označuje „vzorovou měřenou hodnotu“.

### Další technické údaje:

- druh izolace ..... dvojitá, podle PN-EN 61010-1 a IEC 61557
- napájení měřicího přístroje ..... sada akumulátorů SONEL/Ni-MH 4,8 V
- nabíječka ..... vestavěná
- doba nabíjení akumulátorů ..... cca 2,5 hodiny
- počet měření proudem 10 A ..... 300
- doba do automatického vyp. .... 120 s
- odolnost proti doprovodnému hluku... přesnost ≤ 1 % pro napětí 50 Hz ≤ 100 mV rms
- maximální odpor vodičů pro proud 10 A ..... 0,1 Ω
- maximální indukčnost měřeného objektu ..... 40 H
- přesnost zadávání měřicího proudu ..... ±10%
- doba provádění měření odporu:
  - odporový režim, s obousměrným průtokem proudu ..... 3 sekundy
  - indukční režim ..... do několika minut, v závislosti na odporu a na indukčnosti objektu
- rozměry ..... 295x222x95 mm
- hmotnost měřicího přístroje ..... cca 1,7 kg
- provozní teplota ..... 0...+40 °C

### Doplňkové vybavení měřicích přístrojů:



Kelvinovy svorky **WAZACKEL1**  
(MMR-620)

Externí doplňková nabíječka **WAZASZ6**



Mikroohmmetry série MMR umožňují přesná měření odporu cívek elektromotorů či energetických transformátorů.

### Přístroje splňují požadavky norem:

- PN-EN 61010-1 (obecné bezpečnostní požadavky)
- PN-EN 61010-031 (zvláštní bezpečnostní požadavky)
- PN-EN 61326 (elektromagnetická kompatibilita)
- PN-HD 60364-6 (provádění měření - kontrola)
- PN-HD 60364-4-41 (provádění měření - ochrana proti zásahu elektrickým proudem)