

1  
3  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
14  
16

## 1. Základné pojmy, stratégia merania.

**Meranie je proces zberu, prenosu a spracovania informácie o meranej veličine s cieľom získať kvantitatívny výsledok jej porovnaním so zvolenou stupnicou, alebo jednotkou veličiny v tvare vhodnom pre ďalšie použitie človekom, alebo strojom.**

1. **Prostriedky merania** - sú to meracie prístroje s príslušenstvom a pomocné zariadenia.

2. **Metódy merania** - sú to spôsoby, súhrny pracovných postupov pri meraní.

3. **Merané veli**

**iny a ich jednotky** - sú pojmy popisujúce javy, stavy telesa a látky.

4. **Podmienky merania** - sú hodnoty iných (tzv. rušivých) veli

ín zú

astnených na meraní.

5. **Človek (alebo zariadenie)** - je realizátorom merania a užívateľom jeho výsledkov.

Metódy merania tvoria principiálnu časť merania.

1. **Priame meracie metódy**, pri nich sa hodnota veli

iny získava priamo.

2. **Nepriame meracie metódy**, pri nich sa hodnota meranej veli

iny získava meraním iných

veli

ín, ktoré sú funk

ne viazané s meranou veli

inou.

Merania podľa ú

elu môžeme rozdeliť na:

**Výskumné meranie** - overujú sa ním teoretické závery a vedecké hypotézy.

**Vývojové meranie** - overujú sa ním novo vyvinuté prístroje a zariadenia.

**Prevádzkové meranie** - zisťuje sa ním funk

nosť zariadenia v prevádzke.

**Výukové meranie** - u

í sa ním princípom merania a stratégií merania.

**Overovacie meranie** - je meranie, ktorým sa overujú meracie prístroje.

Stratégia merania je spôsob uskuto

nenia merania s cieľom

o najlepšie využiť materiálové,

finan

né a pracovné podmienky. Môžeme ju rozdeliť na štyri

asti:

1. **Voľba optimálnej metódy merania a jeho príprava.**

2. **Realizácia meracieho zapojenia.**

3. **Vlastné meranie.**

4. **Vyhodnotenie nameraných hodnôt.**

1) **Voľba optimálnej metódy merania :**

a) Druh meranej veli

iny a jeho veľkosť.

b) Časový priebeh meranej veli

iny.

c) Požiadavky na presnosť.

- d) Zaťažiteľnosť meraného objektu.
- e) Opakovateľnosť merania.
- f) Úroveň rušivých vplyvov.
- g) Dostupnosť a cena meracích prístrojov a príslušenstva.

## **2) Realizácia meracieho zapojenia**

- a) Zaobstaranie meracích prístrojov, pomocných zariadení a spojovacích vodičov.
- b) Preskúšanie funknej schopnosti meracích prístrojov a príslušenstva resp. ich overenie .
- c) Usporiadanie meracích prístrojov a pomocných zariadení na pracovnom stole prihliadajúc na;
  - dostupnosť pri odítaní meraných hodnôt
  - ich rušenie vonkajšími vplyvmi
  - ich vzájomné rušenie
  - dostupnosť regulačných prvkov
  - celkovú prehľadnosť a zásadnú podobnosť so schémou zapojenia
- d) Zapojenie všetkých meracích prístrojov a zariadení podľa schémy zapojenia.
- e) Kontrola nastavených rozsahov meracích prístrojov (max.), regulačných prvkov (min.) a správnosti zapojenia meracej zostavy.

## **3) Vlastné meranie**

- a) Zapojenie meracej aparatury na zdroje elektrickej energie.
- b) Odítanie (pozorovanie) resp. záznam nemeraných hodnôt. (Ak sa nejedná o automatickú meráciu aparaturu, je dôležitá časová synchronizácia pri odítaní hodnôt nezávislej a závislých veličín. Dávame dôraz na jednoznačnosť záznamu.
- c) Odpojenie zdrojov elektrickej energie, vyhotovenie zoznamu použitých prístrojov, rozpojenie obvodu a uloženie jednotlivých súastí meracej zostavy.

## **4) Vyhodnotenie nameraných hodnôt.**

- a) Výpočet hodnôt meraných veličín z odítaných výchylek meracích prístrojov.
- b) Stanovenie presnosti merania resp. najpravdepodobnejšej nameranej hodnoty.
- c) Výpočet ďalších štatistických charakteristík.
- d) Výpočet požadovanej veličiny

iny z viacerých nameraných veli

ín.(nepriame meranie )

e) Znázornenie nameraných funk  
ných závislostí graficky.

Vyhodnotenie nameraných hodnôt uskuto  
níme na ru

nej kalkula

ke resp. grafické

znázornenie na milimetrovom papieri alebo samo  
inným po

íta

om prípadne s tla

iarňou

i

zapisova

om.

### 3. Sústava veličín a ich jednotiek SI .

Sústava SI bola u nás zavedená v roku 1962 normou ČSN 01 1300 s názvom "Zákonné měřící jednotky". Teraz platná norma je vyhláška Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky

íslo 206 z roku 2002.

ÚNMS SR Zákonné meracie jednotky, STN ISO 31-0-01 1301 Veličiny a jednotky, všeobecné zásady STN ISO 31-5-01 1301 Veličiny a jednotky, Elektrina a magnetizmus

V rámci sústavy jednotiek SI z hľadiska vzájomnej súvislosti respektíve nadväznosti bolo dohodnuté delenie veli

ín do troch skupín:

#### 1. Základné veli

iny.

#### 2. Doplnkové veli

iny.

#### 3. Odvoденé veli

iny.

#### 1. Základné veli

iny sú tie, ktoré boli uzákonené ako pôvodné pre všetky oblasti fyziky , sú to:

Oblasť použitia	Názov veličiny	Označenie	Názov jed.	Označ. Jed.	Platná def.	Chyba reprodukčnosť
mechanika	dĺžka	$l$	meter	m	1983	$10^{-9}$
	hmotnosť	$m$	kilogram	kg	1889	$10^{-9}$
	čas	$t$	sekunda	s	1967	$10^{-11}$
elektrotechnika	elektrický prúd	$I$	ampér	A	1948	$10^{-6}$
termodynamika	termodynamická teplota	$T$	kelvin	K	1967	$10^{-3}$
optika	svetelná intenzita	$J_s$	candela	cd	1979	$10^{-3}$
chémia	látkové množstvo		mol	mol	1971	

Skratky veli

ín sa píšú **k u r z í v o u** , skratky jednotiek **s t o j a t ý m** písmom..

**1 ampér je intenzita elektrického prúdu, ktorý pri stálom prietoku dvoma rovnobežnými, priamymi vodi**

**mi zanedbateľného kruhového prierezu, uloženými vo vákuu 1 meter od seba vyvolá medzi nimi silu  $2 \cdot 10^{-7}$  N na 1 m ich spoločnej dĺžky.**

#### 2. Doplnkové veli

**iny** – sú dve a sú to uhly. **Rovinný uhol  $\alpha, \beta, \gamma$  ... radián (rad), priestorový uhol,  $\Omega$**  steradián Sr. ( Radián je rovinný uhol, pri ktorom dĺžka oblúku sa rovná jeho polomeru. Steradián je priestorový uhol, pri ktorom plocha guľovej výše e sa rovná kvadrátu jej polomeru).

### 3. Odvodené veli

**iny** – sú všetky ostatné veli

iny. Medzi odvodenými jednotkami je takzvaný

vzťah **koherentnosti**, t. j. prevodový sú

initeľ medzi základnými, doplnkovými a odvodenými

jednotkami je vždy 1.

Z pohľadu absolútnej veľkosti sú jednotky: 1. **Hlavné** 2. **Násobené alebo diel**

**ie.**

Hlavné jednotky sú všetky základné a doplnkové jednotky a od nich odvodené s prevodovým sú

initeľom 1. Názov týchto jednotiek sa tvorí z názvu hlavnej jednotky a príslušnej predpony,

ktorá je uvedená v nasledovnom prehľade. ( Výnimku tvoria jednotky hmotnosti, kde je základ slova gram a predpony platia pre

íslo  $i' = i - 1$ ). Používať dva a viac prípon sú

asne je neprípustné.

Násobné a diel

ie sú tie jednotky, pre ktorých rozmer (dimension)  $d'$  platí:

$$\{d'\} = \{d_h\}.10^{3i}$$

Kde  $d_h$  je rozmer hlavnej jednotky a  $i$  je celé

íslo. Pre násobné jednotky  $i > 0$  pre diel

ie  $i < 0$ .

i			i		
-8	y	yokto	8	Y	yotta
-7	z	zepto	7	Z	zetta
-6	a	atto	6	E	exa
-5	f	femto	5	P	peta
-4	p	piko	4	T	tera
-3	n	nano	3	G	giga
-2	$\mu$	mikro	2	M	mega
-1	m	mili	1	k	kilo

Tie násobné a diel

ie jednotky, ktoré nespĺňajú uvedený vzťah (0.7) o ich rozmere, nepatria síce do sústavy SI, ale môžu patriť k uzákoneným jednotkám, ktoré môžu byť:

Kombináciu viacerých predpôn respktíve ich skratiek nie je povolené používať. Napr. nemôže byť milimikroampér ale je to nanoampér .

a, **vedľajšie** jednotky(násobne jednotky

asu: min., hod., deň, týždeň, mesiac, rok)

b, **špeciálne** jednotky(oblasť medzinárodných stykov: astronómia, námorníctvo)

c, **do**

**asné** jednotky (g, ha, cm – miestne zaužívanie)



## 6.Číslicové voltmetre.

Číslicové voltmetre (ČV) spolu s analógovo-  
íslicovými prevodníkmi (AČP) tvoria základnú skupinu ČMP merajúcich amplitúdu resp. úroveň  
elektrických veli

ín. ČV a AČP (ďalej len ČV) triedime do viacerých skupín podľa dvoch hľadísk:

### 1. Podľa druhu meraného napätia.

1. Jednosmerného.
2. Striedavého.
3. Impulzného.

### 2. Podľa spôsobu prevodu meraného napätia na

íslicový ekvivalent.

#### 1. Číslicový voltmeter s medziľahlým prevodom napätia na asový interval

Signál "spúšťanie" uvedie do

innosti riadiace zariadenie RZ, ktoré vynuluje s

ítacie zariadenie

SČ a zároveň spustí generátor GLN napätia  $U_L$  lineárne stúpajúceho s

asom. Napätie  $U_L$  sa privádza na porovnávacie zariadenie PZ1 a PZ2. V

ase, keď napätie  $U_L$  má nulovú referen

nú hladinu, porovnávacie zariadenie PZ1 vyšle impulz, ktorým otvorí kľú

K. Signály z generátora etalónovej frekvencie GEF od toho okamihu prechádzajú kľú

om (hradlom) na s

ítacie zariadenie.

V

ase, keď napätie  $U_L$  dosiahne hodnoty meraného napätia  $U_x$  porovnávacie zariadenie PZ2 vyšle

impulz, ktorým sa kľú

uzavrie. Po

et impulzov, ktoré prešli kľú

om na s

ítacie zariadenie je

úmerný

asu vymedzenému obidvoma porovnávacími zariadeniami a ten je úmerný meranému

napätiu  $U_x$ . Medzi po

tom impulzov, ktoré indikuje

íslicová stupnica zariadenia a meraným

napätím bude teda lineárna funk

ná závislosť. Voľbou vhodnej frekvencie generátora potom je

možné dosiahnuť, že po

et indikovaných impulzov na stupnici sa

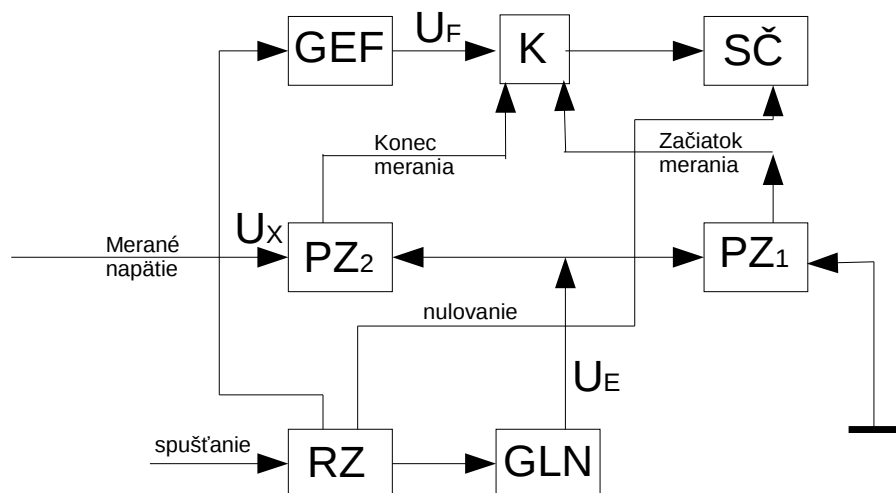
íselne rovná meranému napätiu,

vyjadrenému v jeho jednotkách. Tento funk

ný princíp je relatívne ľahko realizovateľný, a preto

asto používaný. Rýchlosť prevodov (meraní) za sekundu dosahuje hodnoty niekoľko tisíc,  
presnosť merania asi 0,1%.





RZ – riadiace zariadenie (mikroprocesor)

SČ – sčítacie zariadenie (číslicová pamäť)

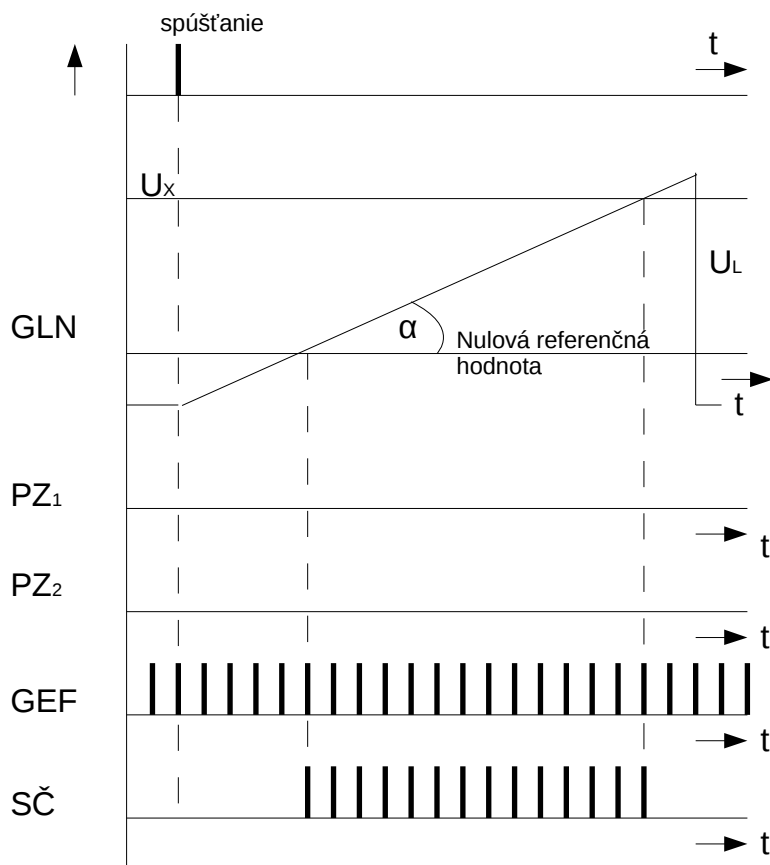
GLN – generátor lineárneho napätia

PZ<sub>1</sub> a PZ<sub>2</sub> – porovnávacie zariadenie (elektrický komparátor)

K – kľúč (základný kombinačný obvod AND, OR)

GEF – generátor etalónovej frekvencie

Spúšťací impulz – môže byť generovaný manuálne (jednotlivo) alebo vstavaným nastaviteľným generátorom opakovacích impulzov.

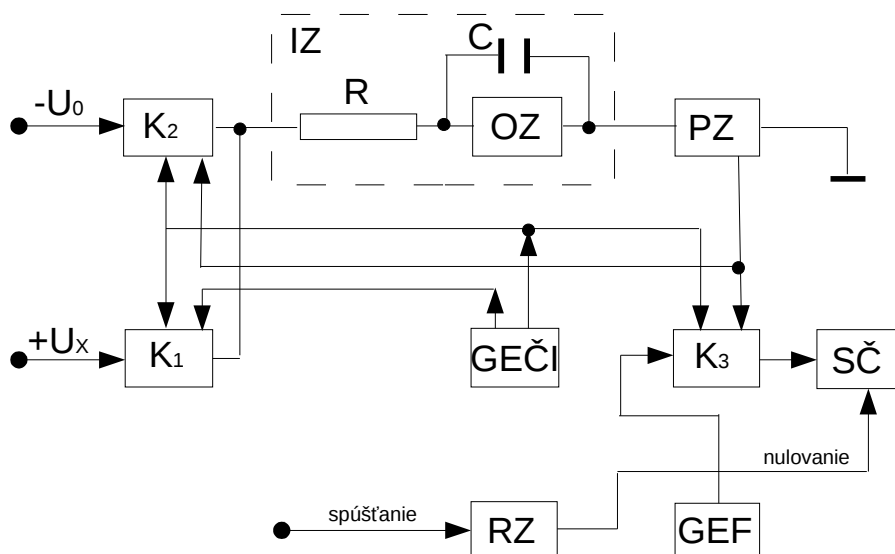


**Číslicový**

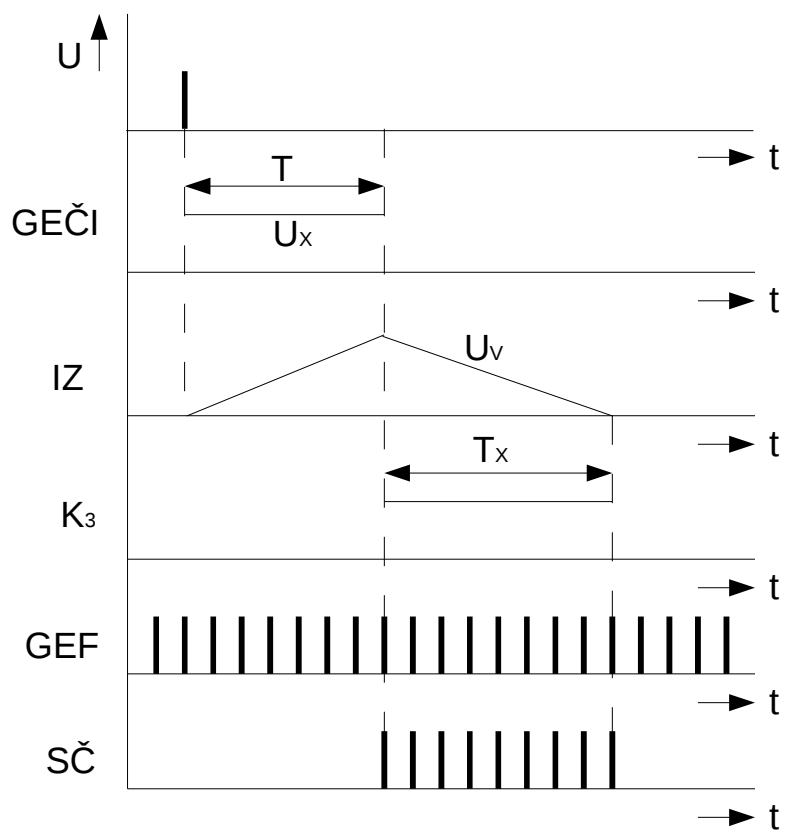
Pôsobením signálu "spušťanie" riadiace zariadenie RZ vynuluje sčítacie zariadenia SČ a

**voltmeter integrujúci**

spustí do  
innosti generátor etalónového  
asového intervalu GEČI, ktorý svojim signálom otvorí na  
as  $T$  kľú  
K<sub>1</sub>. Po  
as intervalu  $T$  dostáva sa na kľú  
K<sub>1</sub> merané napätie  $U_x$  a na vstup integrujúceho zosilňova  
a IZ, následkom  
oho výstupné napätie  $U_v$  lineárne narastá.  
Po uplynutí  
asového intervalu  $T$  generátor etalónového  
asového intervalu uzavrie kľú  
K<sub>1</sub> a otvorí kľú  
e K<sub>2</sub> a K<sub>3</sub>. Na vstup integrujúceho zosilňova  
a sa cez kľú  
K<sub>2</sub> dostáva etalónové napätie  $U_0$  s opa  
nou polaritou akú má napätie  $U_x$ . Napätie na výstupe integrujúceho zosilňova  
a za  
ne lineárne s  
asom klesať a sú  
asne cez kľú  
K<sub>3</sub> za  
ínajú prechádzať na s  
ítacie zariadenie impulzy z generátora etalónovej frekvencie GEF. V okamihu, keď  
výstupné napätie z integrujúceho zosilňova  
a dosiahne nulovú hodnotu, signál porovnávacieho zariadenia PZ uzavrie kľú  
K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>. Ako je zrejmé z popísaných funkcií  
jednotlivých blokov a z nazna  
eného  
asového priebehu na obr. je dodržaná lineárna závislosť medzi vstupným napätím  $U_x$  na ČV a medzi  
údajom s  
ítacieho zariadenia, takže tento pri vhodných parametroch funk  
ných blokov môže byť po  
tom jednotiek meraného napätia. Tieto ČV sa  
asto používajú hlavne na meranie malých napätí a dosahujú presnosť merania 0,01%.



RZ – riadiace zariadenie  
 SČ – sčítacie zariadenie  
 GEČI – generátor etalónového časového intervalu  
 K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> – kľúče  
 GEF – generátor etalónovej frekvencie  
 IZ – integrujúci zosilňovač  
 PZ – porovnávacie zariadenie



## 7. Univerzálne číslicové meracie prístroje.

Názvom " **univerzálne**

**íslicové meracie prístroje** " sa ozna

ujú tie ČMP, ktoré

okrem napätia merajú aspoň jednu ďalšiu odvodenú elektrickú veli

inu. Patria sem

**íslicové**

**voltohmmetre** (merajú aj el. odpor),

**íslicové voltampérmetre** (merajú aj el. prúd),

**íslicové multimetre** (merajú el. napätie, prúd a odpor) a

**íslicové wattmetre** (merajú el.

napätie, prúd, prácu a výkon el. prúdu,  $\cos \varphi$ ).

### 1. Voltohmeter s mostíkovým obvodom má principiálne usporiadanie mostíkovej

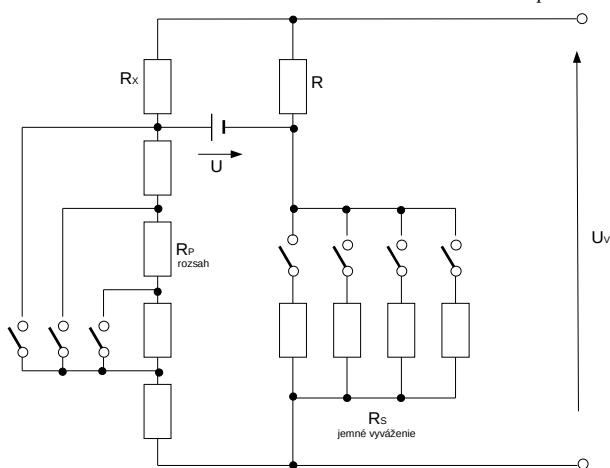
asti. Mostík je napájaný zdrojom o napätí  $U$  a sú v ňom zapojené meraný odpor  $R_x$ , presný odpor  $R$  a regulovateľné odpory  $R_p$  a  $R_s$ . Obidva regulovateľné odpory sú diskkrétne meniteľné, pričom odpor  $R_p$  slúži na prepínanie rozsahov merania  $R_x$ .

Okamih rovnováhy v mostíku ur

uje ČV, ktorý je pripojený na diagonále mostíka. Hodnota

napätia zdroja sa volí s ohľadom na rozsah prístroja. Výsledná hodnota meraného odporu bude

daná známym vzťahom z Wheatstoneovho mostíka  $R_x = R \cdot R_p / R_s$   $R_x \cdot R = R_p \cdot R_s$



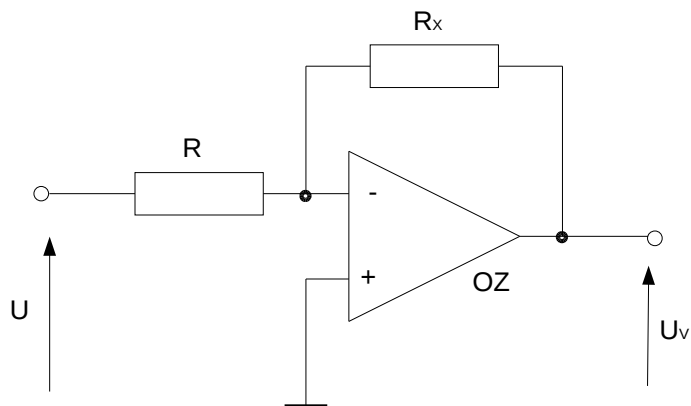
### 2. Voltohmmeter s

využívajú vo

ný zosilňova

OZ s veľkým zosilnením

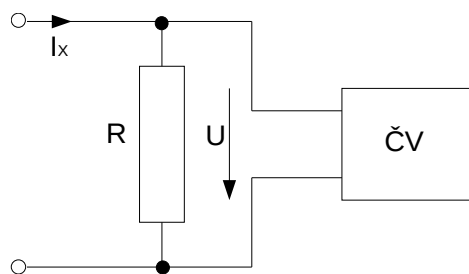
prevodom odporu na napätie  
svojej funkcií opera



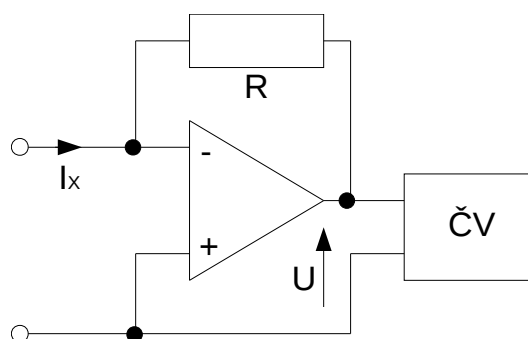
$$U_v = \frac{-R_x}{R} \cdot U$$

kde  $U_v$  je výstupné napätie,  $U$  je napájacie napätie,  $R$  presný odpor a  $R_x$  meraný odpor. Ak  $U$  a  $R$  sú konštantné, je výstupné napätie úmerné meranému odporu. Toto napätie meria potom voltmetrová časť prístroja. Odporom  $R$  sa menia rozsahy. Napät'ový zdroj ( $U$ ) musí mať stabilizovanú hodnotu, o je ovšem proti mostíkovému usporiadaniu ČV nevýhoda. Presnosť lepšia ako 0,1%.

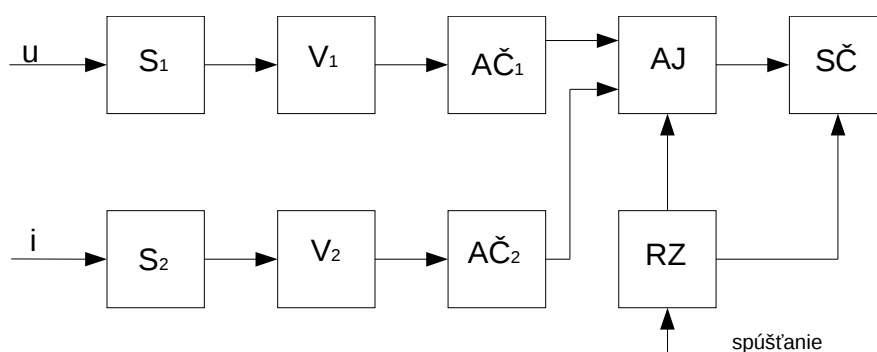
**3. Číslicový voltampérmeter s priamym prevodom prúdu na napätie** využíva ako prevodník normálový odpor pre odpovedajúce napätie, ktoré meria voltmetrická časť prístroja. Platí  $U = I_x \cdot R$



**4. Číslicový voltampérmeter využívajúci spätnú väzbu** v zapojení s operačným zosilňovačom pre transformáciu meraného el. prúdu  $I_x$  na elektrické napätie  $U$  platí vzťah  $U = -I_x R$ .



5.



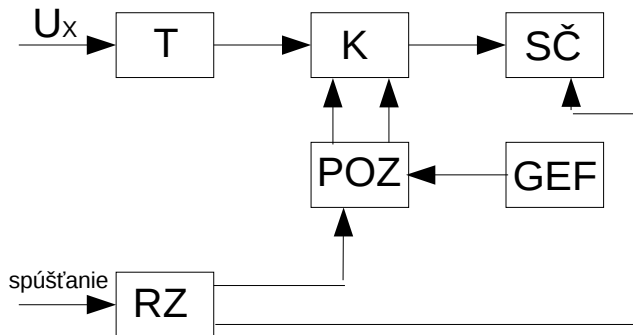
**Číslicové wattmetre**

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i \cdot dt = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p u_i \cdot i_i$$

Na vstup wattmetra do sníma  
a napätia (S1 ) a do sníma  
a prúdu (S2 ) sa privádza napätie a prúd, ktorých sú  
in chceme merať. Vo vzorkova  
och ( V1, V2 ) sa uskuto  
ní kvantovanie obidvoch veli  
ín podľa  
asu. V analógovo-  
íslicových prevodníkoch ( AČ1, AČ2 ) sa vykoná kvantovanie podľa hladiny. Takto získané dvojice  
ísel sa vynásobia v aritmetickej jednotke (AJ ) a zároveň sa výsledky týchto sníma  
ov s  
ítavajú po dobu vymedzenú riadiacim zariadením ( RZ). Ak sa jedná o meranie výkonu s periodickým  
asovým priebehom, bude sa táto doba rovnáť dĺžke periódy, alebo jej celistvým násobkom.  
V prípade neperiodického priebehu prúdu bude táto daná pomocným signálom v dĺžke trvania  
1 s. Pri meraní výkonu jednosmerného prúdu bude sta  
iť odber jednej dvojice veli  
ín, prípadne meranie opakovať s veľmi nízkou frekvenciou. Podľa spôsobu s  
ítavania ( doby s  
ítavania) sa výsledný po  
et impulzov ešte upraví v aritmetickej jednotke a potom postupuje na s  
ítacie zariadenie ( SČ), ktoré napokon indikuje meraný výkon. Vlastný pokyn k meraniu dávame  
spúšťacím impulzom do riadiaceho zariadenia, ktoré vynuluje s  
ítacie indika  
né zariadenie a uvedie aritmetickú jednotku do  
innosti.

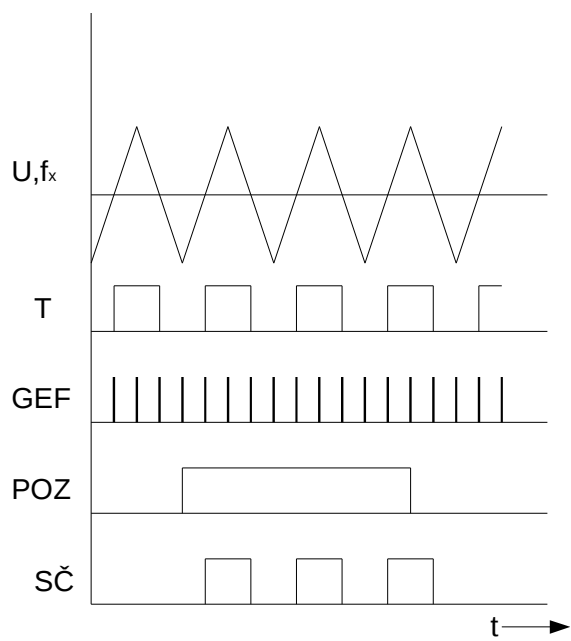
## 8.Číslicové merače frekvencie.

Riadiace zariadenie RZ na spúšťací impulz vynuluje sčítacie zariadenie SČ a uvedie do činnosti pomocné zariadenie POZ, ktoré spočítava impulzy z generátora etalónovej frekvencie GEF a takto odmeriava čas. Dĺžka času je voliteľná v dekadických násobkoch 1s a podľa nej POZ otvára kľúč K. Napätie o meranej frekvencii sa v tvarovači T zmení na obdĺžnikové impulzy, ktoré vo zvolenom časovom intervale prechádzajú cez kľúč a spočítavajú sa v sčítacom zariadení. Pre čas 1s je na stupnici indikovaná meraná frekvencia. V obecnom prípade meraná frekvencia nie je celistvá hodnota a spočítaním posledného obdĺžnikového impulzu (ktorý ešte nedoznel), dopúšťa sa chyba, ktorá je ohraničená hodnotou  $+1/f_x$ . Táto hodnota môže pri nízkych frekvenciách predstavovať veľkú relatívnu chybu merania, čo by pri použití tak presného meracieho prístroja bolo neúnosné. Ak si stanovíme hranicu prípustnej chyby merania na hodnotu napr. 0,1%, musí mať meraná frekvencia hodnotu:  $f_x \geq 1/\delta x \approx 1/0,001 \approx 1000 \text{ Hz}$ . Pre meranie nižších frekvencií používame režim „meranie dĺžky periódy“.



T – tvarovač  
K – kľúč  
SČ – sčítacie zariadenie  
POZ – pomocné zariadenie  
GEF – generátor etalónovej frekvencie

RZ – riadiace zariadenie





## 9. Chyby merania – ich definícia a eliminácia.

V meraní rozoznávame v zásade dve kategórie chýb. Prvú kategóriu tvoria chyby, ktorými sa nameraná hodnota líši od skutočnej. Druhu kategóriu tvoria chyby v zmysle odchýlky od ideálnej (lineárnej) závislosti medzi vstupnou a výstupnou veličinou.

### 1. Podľa fyzikálneho rozmeru je :

absolútna chyba (rozmer meracej veličiny)

$$\Delta X = X - X'$$

relatívna chyba (bez rozmerná)

$$\delta_{X'} = \Delta X / X' \approx \Delta X / X$$

kde X je nameraná - nepresná a X' presnejšia hodnota.

### 2. Podľa vzťahu ku skutočnej hodnote je :

skutočná chyba

$$\Delta X^* = X - X^*$$

$$\delta_{X^*} = \Delta X^* / X^* \approx \Delta X^* / X$$

zdanlivá chyba

$$\Delta X = X - X_a$$

$$\delta_X = \Delta X / X_a$$

$$X_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

kde X\* je skutočná

a X<sub>a</sub> je zdanlivá (konvenčná správna hodnota).

### 3. Podľa povahy (pôvodu) rozoznávame :

**omyl (o)** – je chyba, ktorú spôsobuje obsluha

**systematickú chybu (s)** – spôsobuje ju nedokonalá metóda merania, nesprávny merací prístroj rovnaká znamienka hodnota sa mení

**náhodnú chybu (X)** – spôsobujú ju rušivé vplyvy /veľ-

ikosti/ mení sa hodnota aj znamienko. Všeobecne pre celkovú chybu platí potom:

$$\Delta X = o + s + X$$

Podľa miesta a prí-

činy vzniku chýb rozoznávame štyri druhy chýb.

**Chyby metódy** (spätné pôsobenie meracieho prístroja na objekt (vlastná spotreba)) Vznikajú pôsobením meracieho obvodu resp. meracích prístrojov na objekt merania. Patrí sem predovšetkým vplyv vlastnej spotreby meracích prístrojov. Pri presnejšom posudzovaní mohli by sme zaradiť do tejto skupiny pôsobenie meracích prístrojov aj prostredníctvom ich magnetických a elektrických polí na meraný objekt.

Chyby metódy eliminujeme použitím meracích prístrojov s

o najmenšou spotrebou, rozborom metódy merania a príslušnou úpravou výsledku vzhľadom na vlastnú spotrebu meracích prístrojov. Chyby spôsobené magnetickým resp. elektrickým poľom meracieho prístroja na meraný objekt sú podstatne menšie ako napr. chyby meracích prístrojov a preto ich neuvažujeme.

**Chyby experimentátora** (spätne pôsobenie obsluhy, zlé odčítavanie) Do tejto skupiny patrí široký sortiment do úvahy prichádzajúcich omylov a nedôsledností zo strany experimentátora, ktoré môžu rozhodujúcim spôsobom ovplyvniť výsledok, prípadne ho úplne znehodnotiť. Patrí sem nesprávna voľba meracej metódy, nesprávne zapojenie meracích prístrojov alebo typu meracích prístrojov, použitie nefunk

ného meracieho prístroja (neoverený, bez nastavenia nuly), nesprávne použitie meracích prístrojov (napr. nedodržaná poloha), atď. Druhú podskupinu tvorí nesprávne od

ítanie (nedôsledné, zaokrúhľovanie, od

ítanie výchyľky na stupnici bez zrkadla (paralaxa), nesprávna interpolácia na stupnici) a napokon patrí sem aj nesprávny výpo

et meranej hodnoty z od

ítanej

výchyľky.

Chyby experimentátora eliminujeme odpovedajúcou kvalifikáciou obsluhy a jej motiváciou (napr. finan

nou), tak aby zodpovedne a sústredene odborne pracovala.

**Chyby meracích prístrojov** (rušivé vplyvy vnútorného pôvodu (teplota, elektromagnetické polia), vonkajšie rušivé vplyvy, rušenie prostredníctvom nestability elektrickej siete) Sú to chyby vznikajúce v meracom prístroji. Tieto chyby rozdeľujeme na dve skupiny : **Základné chyby** sú tie, ktoré merací prístroj vykazuje pri meraní ustálených hodnôt a za referen

ných (výrobcom udaných) vonkajších podmienok. **Doplňkové chyby** sú spôsobené vonkajšími rušivými vplyvmi nad referen

nú úroveň. Pôvod základných chýb je : - v nepresnosti výroby

- v nepresnej kalibrácii

- v pôsobení vnútorných rušivých magnetických a elektrických polí

- v oteplení spôsobenom vlastnou spotrebou prístroja

- v starnutí materiálu sú

iastok (permanentné magnety, odporníky, pružiny

- v opotrebovaní, alebo preťažení prístroja

- v prírodných vodi

och

U analógových meracích prístrojov (klasických) pôvod chýb ešte je:

-v pôsobení vnútorných rušivých mechanických síl (trenie, lepenie)

U

íslicových meracích prístrojov je pôvod chýb ešte:

- v nespojitosti analógovo-

íslicového prevodu.

Základné chyby navonok reprezentuje udaná presnosť meracieho prístroja – jeho kvalita. Použijeme preto kvalitnejší merací prístroj. (My ako užívatelia nemáme možnosť zasahovať do konštrukcie prístroja.) Zvýšenú presnosť výsledku merania môžeme dosiahnuť viacnásobným meraním (len ak sa

jedná o ustálenú hodnotu meranej veli

iny) a vyhodnotením nameraných hodnôt pomocou štatistickej matematiky . Z pohľadu eliminácie tejto chyby je jedno

i meriame sú

asne na viacerých prístrojoch, alebo viackrát meranie opakujeme s jedným prístrojom tej istej presnosti.

Doplňkové chyby eliminujeme rôznym spôsobom podľa ich pôvodu. Podľa úrovne

týchto chýb ich prí

iny delíme do troch skupín :

#### **a) Rušivé vplyvy s veľkým ú**

**inkom:** magnetické pole, elektrické pole, teplota, mechanické

otrasy, ne

istoty.

**Eliminácia vplyvu magnetického poľa** sa dosahuje pomocou tieniacich krytov. Tieto môžu byť buď z magneticky dobre vodivého materiálu napr. permaloy (zliatina železa a niklu)

ím

sa magnetické pole vo vnútri podstatne oslabí a to jednosmerné aj striedavé, alebo môžu byť

z elektricky dobre vodivého materiálu (meď, hliník). V druhom prípade v striedavom magnetickom

poli vznikajú v kryte vírivé prúdy, ktoré svojim ú

inkom pôsobia proti prí

ine ich vzniku,

ím sa

striedavé magnetické pole vo vnútri krytu zoslabuje. Elimina

ný ú

inok tienenia sa podstatne zvýši,

ak prístroj alebo len jeho oto

ný systém (hlavná funk

ná

asť) je uložený vo viacnásobnom kryte.

**Eliminácia vplyvu elektrického poľa** sa dosahuje podobne tieniacim krytom z elektricky dobre vodivého materiálu ( meď, mosadz, hliník, resp zliatiny železa, výnimo

ne

striebro ). Kryt tvorí ekvipotenciálnu plochu , teda plochu na ktorej je všade rovnaký elektrický

potenciál. Potom v jej vnútri intenzita elektrického poľa bude nulová. Tienenie je ú

inné proti

jednosmernému aj striedavému elektrickému poľu.

**Eliminácia vplyvov teploty.** Vplyv teploty sa rušivo prejavuje zmenou hodnoty

pasívnych prvkov v prístroji. Eliminácia tohto vplyvu sa dosahuje rôznymi kompenza

nými

zapojeniami týchto prvkov, použitím teplotne málo závislých materiálov, ustálením teploty vo

všetkých sú

čiastkach meracieho prístroja (niekedy až po 1 hodine jeho prevádzky).

**Eliminácia vplyvu otrasov** sa dosahuje odpružením meracieho prístroja od

podkladu (gumové nôžky). Toto odpruženie chráni zároveň prístroj od poškodenia pri jeho

prekladaní a manipulácii s ním.

#### **Eliminácia vplyvu ne**

**istôt.** Rozoznávame dva druhy ne

istôt. Elektricky vodivé pôsobia

rušivo na povrchu elektricky nevodivých

astí, tým že vzájomne spájajú elektricky vodivé

(odkryté) miesta napr. pripojovacie svorky prístroja. Elektricky nevodivé neistoty (napr. prach)

pôsobia rušivo na rozoberateľných spojoch (napr. svorky prístroja). V oboch prípadoch neistoty

odstránime buď ofukovaním, prachovým štetcom alebo kontakty resp. svorky prípravkom "Kontox", liehom, benzínom, na neprístupných miestach v prevedení „spray“.

### **b) Rušivé vplyvy s malým ú**

**inkom** : Ovzdušie (jeho vlhkosť, tlak, prúdenie, chemické zloženie) a žiarenie (svetelné, ultrafialové, röntgenové, rádioaktívne a iné).

**Špecifické rušivé vplyvy.** Vyskytujú sa len pri elektronických prístrojoch. Patrí sem kolísanie napájacieho napätia a bludné prúdy v prípade, že jednu vstupnú svorku majú uzemnenú.

### **Chyby v meracom obvode (rušivé veli**

iny pôsobiace na merací obvod (vodi

e)) Sú tie, ktoré vznikajú v meracom obvode následkom tzv. rušivých vplyvov, t.j. iných priamo nesledovaných, ale meraní veli

inu ovplyvňujúcich fyzikálnych veli

ín. Patrí sem predovšetkým pôsobenie magnetického

a elektrického poľa, teplota, otrasy, ne

istoty. Zvláštnu pozornosť v obvodoch s malým odporom si

zaslúžia prechodové odpory na rozoberateľných spojoch (svorky, prepína

e), pretože tieto môžu

rozhodujúcim spôsobom ovplyvniť veli

iny v obvode až po nefunk

nosť príslušného zariadenia.

Hodnota odporu sa môže meniť v rozmedzí  $10^{-1} \div 10^{-4} \Omega$  a závisí na kvalite sty

nej plochy

(rovinatost', hladkost'), na prítla

nej sile, na oxida

nej vrstve a prípadných ne

istotách.

Chyby meracieho obvodu eliminujeme podobným spôsobom ako v prípade meracieho prístroja. Vo i ú

inkom magnetického a elektrického poľa sa chránime použitím tienených vodi

ov. Vo

i vplyvom teploty sa chránime kompenza

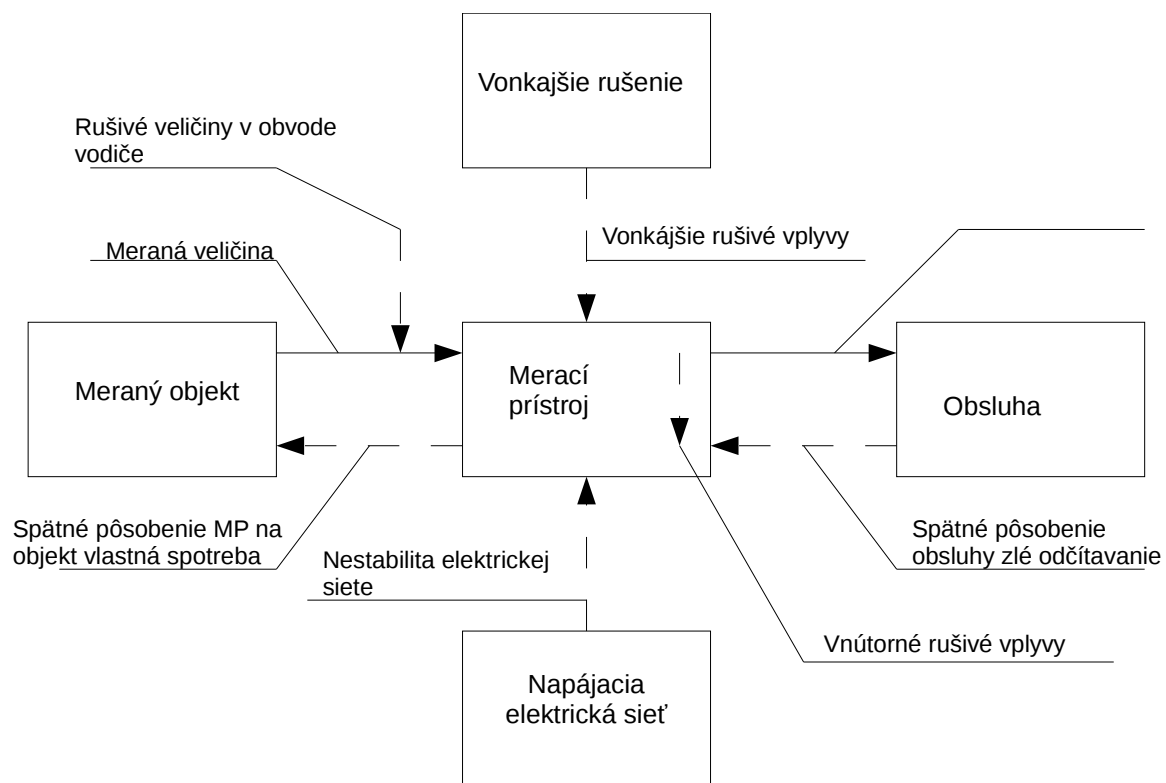
ným zapojením, ustálením teploty, použitím teplotne málo závislých pasívnych prvkov (napr. z manganínu). V oboch s malým jednosmerným napätím vplyv prípadného termonapätia eliminujeme zmenou polarizácie zdroja a meracích prístrojov v druhom meraní a výsledok stanovíme ako priemer z oboch. Ne

istoty odstránime zhodne ako v prípade meracích prístrojov. Rušivý vplyv v prechodových odporoch eliminujeme tým, že použijeme rozoberateľné spoje (vypína

e) s kvalitnými kontaktmi (hladký povrch, materiál: zlato, kadmium, mosadz), s definovanou prítla nou silou a povrch kontaktov udržíme v

istote. Eliminácia tohto vplyvu sa dosahuje v niektorých prípadoch štvorvodi

ovým zapojením (meranie malých odporov).



## 10. Presnosť merania a jej stanovenie.

Kvantitatívne stanovenie presnosti merania je možné vykonať len pri existencii náhodných chýb v meracom procese t.j. predpokladáme, že omyly a systematické chyby boli úplne eliminované. Pri ur

ovaní presnosti merania resp. chyby merania môžeme postupovať v podstate dvoma spôsobmi :

### 1. Výpo

**tom z výrobcom zaru**

**enej presnosti** použitých meracích prístrojov.

Výhody : Možnosť prehľadného a rýchleho porovnania kvality rôznych prístrojov. Medzinárodná normalizácia. Jednoduchá kontrola meracích prístrojov (overovanie). K vyhodnoteniu presnosti merania posta

uje len jedna nameraná hodnota.

Nevýhody: Skuto

ná chyba meracieho prístroja pri dodržiavaní vzťahných podmienok merania je spravidla menšia ako zaru

ovaná výrobcom teda iná. ( Výrobca zaru

uje neprekro

enie maximálnej chyby. ) Pri nedodržaní vzťahných podmienok merania záruka presnosti neplatí. Takto vyjadrená presnosť merania nezahrňuje v sebe pôsobenie rušivých vplyvov na celý merací obvod, v ktorom je ten-ktorý merací prístroj zapojený.

Výrobcom zaru

ovaná presnosť v sebe obsahuje záruky, že absolútna hodnota kombinácie akýchkoľvek systematických a náhodných chýb vnútorného pôvodu neprekro

í danú medzu v rámci celého rozsahu. Táto záruka však platí len pri dodržaní vzťahných podmienok, ktoré vyjadrujú prípustnú úroveň vonkajších rušivých vplyvov.

**Pri analógových meracích prístrojoch** sa presnosť vyjadruje triedou presnosti, **trieda presnosti** je maximálne dovolená (výrobcom zaru

ená) relatívna chyba meracieho prístroja vyjadrená v percentách najvä

šej hodnoty meracieho rozsahu. Trieda presnosti ( $\delta_{tp}$ ) je normovaná radou : 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5.

Z triedy presnosti ur

íme **maximálnu absolútnu chybu**  $\Delta X_{mx}$

$$\Delta X_{mx} = \frac{\delta_{tp} \cdot X_r}{100}$$

$X_r$  – maximálna hodnota rozsahu

**Maximálna dovolená relatívna chyba** jednotlivého merania  $\delta_{xmx}$

$$\delta_{xmx} = \frac{\Delta X_{mx}}{X} \cdot 100 \qquad \delta_{xmx} \leq 3 \cdot \delta_{tp}$$

$X$  – nameraná hodnota

Vidíme, že ak nameraná hodnota sa blíži k nule, maximálne prípustná relatívna chyba bude vzrastať teoreticky do nekone

na. Meranie v blízkosti nuly preto nemá zmysel. Ako ešte prípustná bola stanovená trojnásobná relatívna chyba v porovnaní s triedou presnosti. Z tejto požiadavky vyplynulo tretinové odstupňovanie rozsahov analógových meracích prístrojov (100; 30; 10; 3 ...)

**Pri**

**íslicových meracích prístrojoch** je presnosť určená vzťahom pre maximálne prípustnú relatívnu chybu

$$\delta_{mx} = \delta_{1mx} + \delta_{2mx} \cdot \frac{X_r}{X}$$

$\delta_{1mx}$  – chyba údajov

$\delta_{2mx}$  – chyba rozsahu

$X_r$  – hodnota rozsahu

$X$  – nameraná hodnota

Nakoľko stupnica

íslicového prístroja je v dekadickéj

íselnej sústave má prístroj v niektorých prípadoch aj dekadické odstupňovanie rozsahov, v takom prípade môže sa stať, že sme nútení merať v blízkosti desiatiny rozsahu. Potom druhý

len vzťahu (5.3) sa zvä

ší skoro desaťkrát a úsudok, že malé hodnoty  $\delta_{1mx}$  a  $\delta_{2mx}$  zaru

ujú veľkú presnosť merania bude falošný.

Pri viacerých **meracích prístrojoch, merajúcich fyzikálnu veli**

**inu nepriamo** sa maximálne prípustná relatívna chyba ur

í zo vzťahu

$$X = f(A, B)$$

$$\delta_{Xmx} = \frac{1}{X} \left( \left| \frac{\partial f}{\partial A} \delta_{Amx} \cdot A \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial B} \delta_{Bmx} \cdot B \right| \right)$$

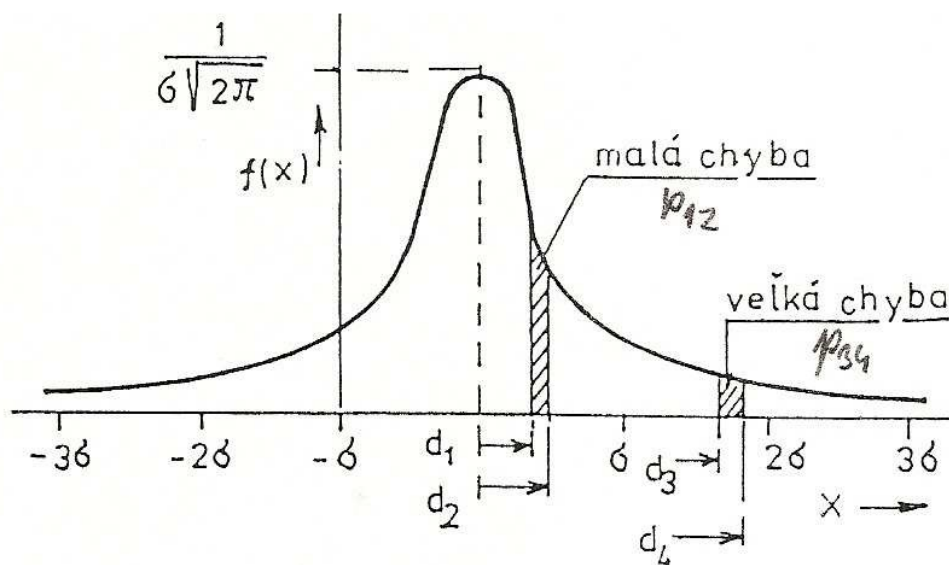
**2. Pomocou štatistickej matematiky** z hodnôt získaných opakovaním merania za rovnakých podmienok. Stanovenie presnosti merania vyhodnotením nameraných hodnôt pomocou štatistickej matematiky používa sa v prípade potreby dôslednejšie stanoviť presnosť merania. Je ho možné uplatniť tam, kde je možné meranie viackrát opakovať, alebo merať hodnoty veľmi sú asne viacerými meracími prístrojmi.

**Stanovenie presnosti merania zo základného súboru** ak máme k dispozícii veľký počet nameraných hodnôt (približne 1000), takýto súbor považujeme z hľadiska štatistickej matematiky za tzv. **základný súbor** a platí pre neho **Gaussov zákon normálneho rozdelenia** (GZNR) a to tým presnejšie, čím sa jedná o menšie náhodné chyby. Vyjadruje hustotu základných chýb.

$$f(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 x^2} \qquad h = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \qquad \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_a)^2}{n}}$$

$$x_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$x_i = X_i - X_a$$



#### Vlastnosti GZNR:

a) Pravdepodobnosť výskytu náhodných chýb je tým väčšia,

čím je ich hodnota menšia.

Malé chyby sa vyskytujú častejšie ako veľké chyby.

b) Rovnako veľké chyby opa

keho znamienka sa vyskytujú rovnako



asto. (Funkcia je symetrická.)

c) Pravdepodobnosť výskytu náhodnej chyby o hodnote  $\pm \sigma$  (tzv. smerodajná odchýlka ) je 0,683 t.j. 68,3 %.

d) Pre pravdepodobnosť 99,7 % pokladanú všeobecne za istotu je potrebné uvažovať chybu o trojnásobnej hodnote, akú má smerodajná odchýlka a nazývame ju **krajná chyba ( $\chi$ ) kappa**  
 $\kappa = 3\sigma$   $p\kappa = 0,997$

Vzhľadom k uvedeným okolnostiam bude skuto

ná hodnota meranej veli

iny s pravdepodobnosťou 99,7 % sa nachádzať v rozmedzi hodnôt  $x_a \pm \chi$  teda :

$$X = X_a \pm \kappa$$

## 11. Meranie elektrického napätia.

Elektrické napätie je definované ako rozdiel dvoch potenciálov. Hlavnou jednotkou elektrického napätia je 1 volt, ktorá je definovaná ako rozdiel potenciálov medzi dvoma koncami vodi

a, do ktorého stály prúd 1 A dodáva výkon 1 W.

Meracie prístroje ur

ené na priame meranie elektrického napätia sa nazývajú voltmetre,

podľa jeho hlavnej jednotky. **V obvode voltmeter zapájame paralelne k objektu, na ktorom chceme odmerať elektrické napätie.** Zapojením voltmetra do elektrického obvodu sa však zmení (klesne) jeho impedancia, zvýši sa celkový prúd prechádzajúci meraným obvodom o prúd prechádzajúci voltmetrom. Dôsledkom tejto zmeny je zníženie napätia na meranom objekte, ktorý predstavuje chybu metódy.

Etalón elektrického napätia vzhľadom ku svojej funkcii má o najlepšie spĺňať nasledujúce

požiadavky:

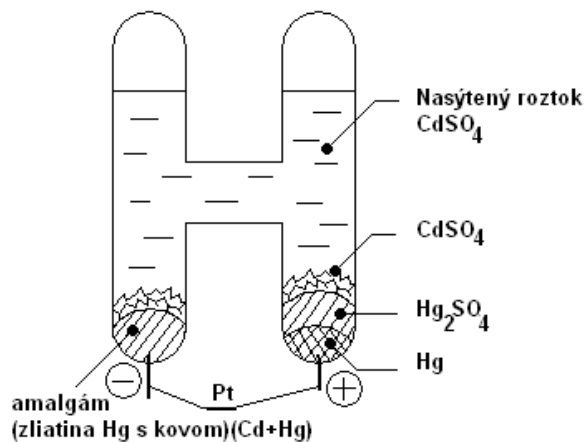
1. Časová stálosť elektrického napätia.
2. Malá a presne definovaná závislosť napätia od teploty.
3. Malý vnútorný odpor.

Skupinu klasických etalónov tvoria galvanické

lánky, z nich daným požiadavkám

najlepšie vyhovuje Westonov

lánok. Tvorí ho sklenená zatavená nádoba v tvare písmena H s chemikáliami.



### **Vlastnosti:**

1. Elektrické napätie

$$U = 1,01865 \text{ pri } 20^\circ\text{C}$$

Jeho nestálosť je cca  $1\mu\text{V}/1\text{rok}$  a závisí od istoty chemikálií a skla. Jednotlivé

lánky majú

napätie podľa certifikátu a vzájomne sa líšia najviac o  $100\mu\text{V}$ .

2. Teplotná závislosť napätia je malá, a je daná Taylorovým rozkladom

Býva udaná tabelárne. Pri najpresnejších meraniach je napriek tomu potrebné niekoľko hodín pred meraním udržiavať konštantnú teplotu jeho okolia.

3. Vnútny odpor býva niekoľko sto ohmov a s

asom sa zvä

šuje.

Pri jeho používaní je maximálny zaťažovací prúd  $1\mu\text{A}$  a

lánok sa **nikdy nesmie skratovať**

**ani preklopiť**, pretože by sa jeho chemikálie zmiešali a

lánok by bol zni

ený.

Vo všeobecnosti elektrické napätie meriame voltmetrom, ktorý môže byť výchylkový alebo bez výchylky (kompenza

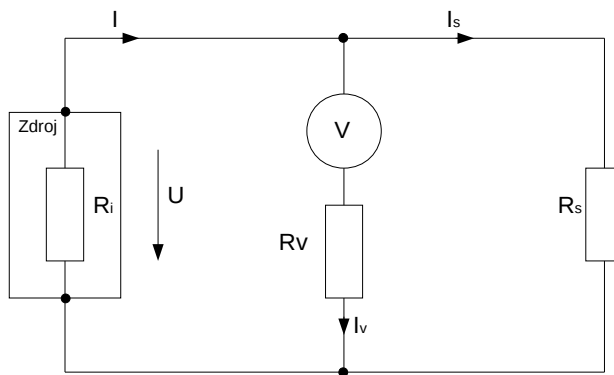
ný). Voltmeter pripájame k meranému objektu paralelne.

Voľba vhodného voltmetra bude závisieť od požadovanej presnosti merania, od možnosti zaťaženia meraného objektu, od veľkosti meraného napätia, od úrovne a povahy rušenia, od dostupnosti meracieho prístroja resp. finan

ných možností objednávateľa merania.

## Meranie jednosmerného elektrického napätia

Pripojením výchylkového voltmetra do meracieho obvodu vzniká chyba metódy, ktorá je spôsobená jeho vlastnou spotrebou a je odvodená pri praktickom meraní.



$$\delta_U = \frac{-\Delta U}{U} = \frac{-R_i \cdot I_i}{U} = \frac{-R_i \frac{U - \Delta U}{R_v}}{U} = \frac{-R_i}{R_v} (1 + \delta_U)$$

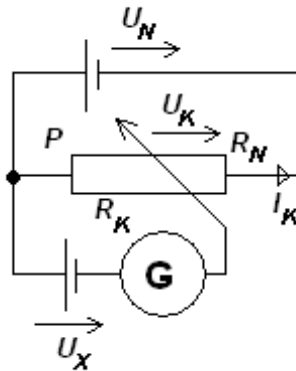
$$\delta_U + \delta_U \frac{R_i}{R_v} = \frac{-R_i}{R_v} \quad \delta_U \left( \frac{R_i + R_v}{R_v} \right) = \frac{-R_i}{R_v} \quad \delta_U = \frac{-R_i}{R_v + R_i}$$

$$R_v \geq -R_i \left( \frac{1}{\delta_U} + 1 \right) \quad R_i \leq -R_v \frac{\delta_U}{1 + \delta_U}$$

$\Delta U$  – odchýlka merania napätia

$\delta_U$  – relatívna odchýlka merania napätia

Pri meraní jednosmerného napätia môžeme použiť voltmeter fungujúci na kompenzačnom princípe t.j. merané napätie ( $U_X$ ) vykompenzujeme (vyrovnáme) známym (kompenzačným -  $U_K$ ). Rovnosť napätí potvrdzuje nulový indikátor (nulový rozdiel medzi nimi).



Potenciometer P je kalibrovaný priamo v jednotkách meraného napätia pre ktoré platí:

$$U_K = U_X = R_K \cdot I_K = \frac{R_K}{R_N} \cdot U_N$$

Nakoľko medzi meraným objektom ( $U_X$ ) a voltmetrom ( $U_K$ ) vo vykompenzovanom stave nepreteká prúd, kompenzačný voltmeter nemá spotrebu, a preto nespôsobuje chybu metódy. Táto výhoda je však vyslužená jeho podstatne zložitejšou zostavou oproti výchylkovému voltmetru.

### **Meranie striedavého elektrického napätia**

Pri výbere optimálneho voltmetra na meranie konkrétneho striedavého elektrického napätia je potrebné okrem hľadísk uplatňovaných pri výbere jednosmerného voltmetra vziať do úvahy aj ďalšie skutočnosti.

Pred vlastným meraním musíme vedieť, ktorú z definovaných hodnôt striedavého napätia chceme merať – efektívnu, strednú alebo maximálnu. Ak to nie je na voltmetri zvlášť vyznačené,

znamená to, že meria efektívnu hodnotu. Stupnice voltmetrov sú kalibrované na efektívnu hodnotu harmonického priebehu.

Okrem odhadovanej amplitúdy musíme mať vedomosti aj o frekvencii meraného napätia, ak sa nejedná o sieťovú frekvenciu. Frekvencia meraného napätia sa musí nachádzať vo frekvenčnom

rozsahu použitého voltmetra.

V prípade, že merané napätie má neharmonický priebeh, tak situácia je najzložitejšia. Na jej posúdenie sú potrebné širšie vedomosti o meracích prístrojoch. V tomto prípade ostáva nádej, že situácia bude popísaná v návode na použitie príslušného voltmetra.

Okrem výchylkových voltmetrov môžeme použiť aj striedavé kompenzátory. Dve striedavé elektrické napätia sú však vykompenzované, ak majú až štyri parametre zhodné:

1. Amplitúdu .
2. Fázu .
3. Frekvenciu.
4. Tvar

asového priebehu.

Kompenzátorom vieme zistiť prvé dva. Ďalšie dva parametre musia byť dané (zaručené)

vopred.

Na meranie veľkého striedavého napätia (nad 400V), sa k voltmetrom používajú napäťové meracie transformátory. Na veľmi vysoké napätie rádovo 100kV elektrostatické voltmetre.