

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

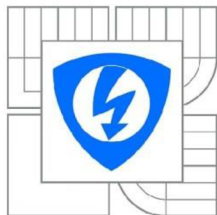
TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRU POMOCÍ TESTERU CMC 256PLUS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

TOMÁŠ JURKA

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Tomáš Jurka
Ročník: 3

ID: 128675
Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Testování elektroměru pomocí testeru CMC 256plus

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Měření elektrické energie a základní principy a typy elektroměrů
2. Standardy pro měření elektrické energie
3. Testování elektroměrů, tester CMC 256plus
4. Návrh a realizace laboratorní úlohy pro testování elektroměru

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

JURKA, T. TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRU POMOCÍ TESTERU CMC 256PLUS. BRNO: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ, 2013. 66 s. VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE DOC. ING. PETR TOMAN, PH.D..

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

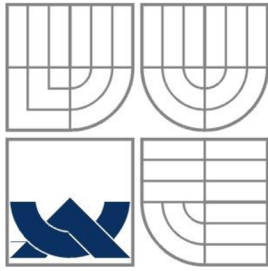
.....

PODĚKOVÁNÍ

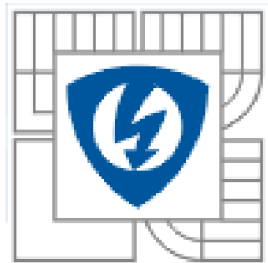
Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Tomanovi, Ph.D. za nadstandardní komunikaci a velmi rychlé řešení problémů týkajících se realizace laboratorní úlohy. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Novotnému za ochotu a umožnění velmi flexibilního přístupu do laboratoří. Také bych chtěl poděkovat RNDr. Karlu Šefčíkovi za velmi přínosnou exkurzi v Českém metrologickém institutu a konzultaci problémů týkajících se realizace laboratorní úlohy.

V Brně dne.....

Podpis autora.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Bakalářská práce

Testování elektroměru pomocí testeru CMC 256plus

Tomáš Jurka

Vedoucí: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Bachelor's Thesis

Energy meter testing by test set CMC 256plus

by

Tomáš Jurka

Supervisor: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Brno University of Technology, 2013

Brno

ABSTRAKT

V práci je uveden stručný přehled o základních metodách měření aktivních elektrických veličin, vývoji elektroměrů a typech elektroměrů. Jsou zde uvedeny některé standardy vztahující se k elektroměrům. Dále práce popisuje zkoušky týkající se jak elektromechanických, tak statických elektroměrů třídy přesnosti 2. Práce také obsahuje stručný přehled přístrojů od jiných výrobců, které testují elektroměry. Následuje stručný popis testeru OMICRON CMC 256plus a programu Test Universe. Hlavní část práce je návrh a realizace laboratorní úlohy pro testování elektroměrů pomocí testeru OMICRON CMC 256plus.

KLÍČOVÁ SLOVA: elektromechanický elektroměr; statický elektroměr; zkouška naprázdno, zkouška náběhu, zkoušky přesnosti; zkouška ověření číselníku; OMICRON CMC 256plus; Test Universe

ABSTRACT

The thesis provides a reader with a brief overview of the basic methods for measuring active electric quantities, development and types of energy meters. Some of the standards related to the energy meters are also included. Then follows the description of tests concerning both electromechanical and electronic meters of accuracy class number two. The thesis also includes a brief overview of energy meter testing devices from other producers. The next section describes test set OMICRON CMC 256plus and Test Universe program. The main part of the thesis consists of the scheme and the implementation of laboratory work for testing the energy meters with test set OMICRON CMC 256plus.

KEY WORDS:

electromechanical meter; electronic meter; no-load test; starting test; accuracy test; mechanism test; OMICRON CMC 256plus; Test Universe

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	11
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD	14
2 MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE	15
2.1 MĚŘENÍ STEJNOSMĚRNÝCH NAPĚTÍ	15
2.2 MĚŘENÍ ČASOVĚ PROMĚNNÝCH NAPĚTÍ	15
2.3 MĚŘENÍ STEJNOSMĚRNÝCH PROUDŮ	16
2.4 MĚŘENÍ ČASOVĚ PROMĚNNÝCH PROUDŮ.....	17
2.5 MĚŘENÍ VÝKONU	17
2.5.1 MĚŘENÍ VÝKONU STEJNOSMĚRNÉHO PROUDU	18
2.5.2 MĚŘENÍ VÝKONU STRÍDAVÉHO PROUDU	19
2.5.3 ELEKTRONICKÉ WATTMETRY	20
2.5.4 PŘÍMÉ MĚŘENÍ JALOVÉHO VÝKONU	21
2.5.5 MĚŘENÍ VÝKONU STRÍDAVÉHO PROUDU V TROJFÁZOVÝCH SOUSTAVÁCH.....	22
2.6 MĚŘENÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	27
3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY A TYPY ELEKTROMĚŘŮ	28
3.1 VÝVOJ ELEKTROMĚŘŮ	28
3.2 ELEKTROMECHANICKÉ ELEKTROMĚRY	28
3.3 STATICKÉ ELEKTROMĚRY	31
4 STANDARDY PRO MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	34
4.1 NORMALIZOVANÉ ELEKTRICKÉ HODNOTY	34
4.1.1 NORMALIZOVANÉ NAPĚTÍ.....	34
4.1.2 NORMALIZOVANÉ PROUDY	34
4.1.3 NORMALIZOVANÉ REFERENČNÍ KMITOČTY	34
4.2 MECHANICKÉ POŽADAVKY	35
4.2.1 POUZDRO ELEKTROMĚŘU	35
4.2.2 OKÉNKO.....	35
4.2.3 SVORKOVNICE	35
4.2.4 ODOLNOST PROTI TEPLU	35
4.2.5 OCHRANA PROTI VNIKNUTÍ PRACHU A VODY	36
4.2.6 DISPLEJ PRO ZOBRAZOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT	36
4.2.7 VÝSTUPNÍ ZAŘÍZENÍ.....	36
4.2.8 OZNAČOVÁNÍ ELEKTROMĚŘU	37
4.3 KLIMATICKÉ PODMÍNKY	37
4.4 ELEKTRICKÉ POŽADAVKY.....	37
4.4.1 VLV NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	37
4.4.2 OTEPLENÍ	38
4.4.3 IZOLACE	38

4.4.4 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA.....	38
5 TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRŮ	39
5.1 ZKOUŠKA Č. 1: ZKOUŠKA AC NAPĚTÍM	39
5.2 ZKOUŠKA Č. 2: ZKOUŠKA CHODU NAPRÁZDNO.....	39
5.3 ZKOUŠKA Č. 3: NÁBĚH.....	40
5.4 ZKOUŠKA Č. 4-9: ZKOUŠKY PŘESNOSTI.....	40
5.5 ZKOUŠKA Č. 10: OVĚŘENÍ POČÍTADLA.....	41
6 PŘÍSTROJE PRO TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRŮ.....	42
6.1 ZERA MT 3000.....	42
6.2 KOCOS METES 340REF	42
6.3 OMICRON CMC256PLUS	43
7 TESTER CMC 256PLUS	44
7.1 VSTUPY A VÝSTUPY TESTERU OMICRON CMC256PLUS	45
7.2 OPTOELEKTRONICKÝ SNÍMAČ TK326	45
7.3 SOFTWARE.....	45
7.3.1 TESTOVACÍ MODUL METER	47
8 NÁVRH A REALIZACE LABORATORNÍ ÚLOHY PRO TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRŮ	49
8.1 ZÁVĚR MĚŘENÍ.....	52
9 ZÁVĚR.....	53
POUŽITÁ LITERATURA	54
PŘÍLOHA A – LABORATORNÍ ÚLOHA.....	56
PŘÍLOHA B – REPORT Z MĚŘENÍ ČÍSLO 1	63
PŘÍLOHA C – REPORT Z MĚŘENÍ ČÍSLO 2	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Odchylka metody vzniklá zapojením voltmetru do obvodu.</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 2-2 Odchylka metody vzniklá zapojením ampérmetru do obvodu.</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 2-3 Nepřímé měření výkonu stejnosměrného proudu v zapojení VA</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 2-4 Nepřímé měření výkonu stejnosměrného proudu v zapojení AV</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 2-5 Měření výkonu střídavého proudu v zapojení VA.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 2-6 Měření výkonu střídavého proudu v zapojení AV.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 2-7 Blokové schéma elektronického wattmetru.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 2-8 Zapojení wattmetru pro přímé měření jalového výkonu.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 2-9 Měření činného výkonu souměrné zátěže ve čtyřvodičové souměrné soustavě.</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 2-10 Měření činného výkonu souměrné zátěže ve třívodičové souměrné soustavě.</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 2-11 Měření činného výkonu nesouměrné zátěže ve čtyřvodičové souměrné soustavě.</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 2-12 Měření činného výkonu nesouměrné zátěže ve třívodičové souměrné soustavě.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 2-13 Měření činného výkonu v Aronově zapojení.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 2-14 Zapojení pro měření jalového výkonu třemi wattmetry.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 2-15 Zapojení pro měření jalového výkonu v Aronově zapojení</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3-1 Naznačení vlastní spotřeby elektroměru.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 3-2 Princip indukčního měřicího ústrojí a jeho nákres [1]</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 3-3 Ukázka elektromechanického elektroměru firmy Křižík ET42 [11].....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 3-4 Blokové schéma statického elektroměru firmy ZPA AM350 [12]</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 3-5 Ukázka statického elektroměru ZPA AM350[12].....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 6-1 Přední pohled na přístroj ZERA MT3000 [14]</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6-2 Přední pohled na přístroj KOCOS METES 340REF [13]</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 6-3 Přední pohled na přístroj OMICRON CMC256plus [15].....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 7-1 Pohled na vstupy a výstupy přístroje OMICRON CMC 256plus na přední straně [15].</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 7-2 Pohled na vstupy a výstupy přístroje OMICRON CMC 256plus na zadní straně [15]...</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 7-3 Optoelektronický snímač TK326 [16]</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 7-4 Úvodní obrazovka programu OMICRON Test Universe [15]</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 7-5 Úvodní obrazovka testovacího modulu Meter</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 8-1 Schéma vyrobeného optoelektronického snímače</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 8-2 Schéma zapojení při použití vyrobeného snímače.....</i>	<i>50</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 5-1 Zkušební body zkoušek 4 až 9 a jejich mezní relativní chyby</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 8-1 Výsledky prvního měření, které je upraveno pro studijní účely.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 8-2 Výsledky druhého měření.....</i>	<i>51</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

i	okamžitá hodnota proudu
k	konstanta elektroměru
k_i	počet impulsů na jednu kWh
k_p	pohybová konstanta
m	počet měřících zařízení
n	počet otáček
p	okamžitá hodnota výkonu
u	okamžitá hodnota napětí
E	spotřebovaná energie
I	efektivní hodnota proudu
I_n	jmenovitý proud
M_p	pohybový moment
P	činný výkon
Q	jalový výkon
S	zdánlivý výkon
T	perioda signálu
U	efektivní hodnota napětí
U_n	referenční napětí
$Ú$	údaj počítačícího zařízení
W	elektrická práce
$\cos \varphi$	účinník
φ	fázový posuv
ψ	fázový rozdíl fázorů
Φ	magnetický indukční tok.

1 ÚVOD

Elektrická energie je považována za nejušlechtilější energii vůbec, a to nejen pro svoje univerzální použití, ale i relativně jednoduchou výrobu, přepravu z místa zdroje k místu spotřeby a hlavně přeměnu v jiné formy energie. Svými užitečnými vlastnostmi pomáhá v soukromém i veřejném životě lidí tak, že ulehčuje práci a zpřijemňuje odpočinek.

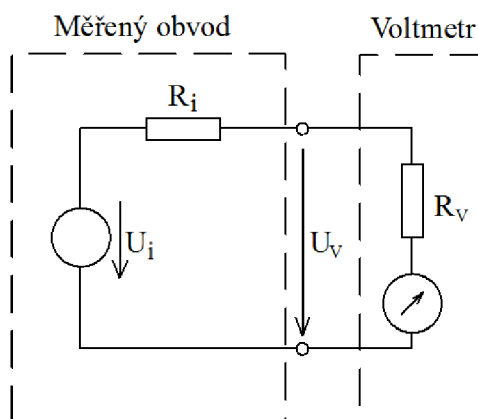
V dnešní době se spotřeba elektrické energie na jednoho obyvatele stala mezinárodním měřítkem technické kultury a vyspělosti národa. Podle Českého statistického úřadu [18] byla v roce 2012 roční brutto spotřeba na jednoho obyvatele v České republice 6,7 MWh. Spotřebovaná elektrická energie je obchodním artiklem, a proto je nutné tuto spotřebovanou elektrickou energii měřit. Měřidlem elektrické energie jsou především elektroměry, podle kterých jsou i následně účtovány poplatky za spotřebovanou energii. Je tedy žádoucí klást na tyto elektroměry určité požadavky, které odpovídají standardům a normám a následně i tyto požadavky testovat.

2 MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE

V této kapitole se budeme zabývat způsoby měření aktivních veličin podle [1]. Mezi aktivní elektrické veličiny patří napětí, proud, výkon.

2.1 Měření stejnosměrných napětí

Pro přímé měření napětí používáme elektromechanické a číslicové voltmetry. K měřenému obvodu jsou voltmetry vždy připojovány paralelně (obr. 2-1). Nejčastěji se při konstrukci elektromechanických stejnosměrných voltmetrů používá magnetoelektrické ústrojí. U číslicových voltmetrů je rozhodujícím prvkem ovlivňujícím jejich vlastnosti analogově-číslíkový převodník. Základní vlastností voltmetrů je jejich vysoký vstupní odpor. Pokud není odpor měřeného obvodu vůči odporu voltmetru zanedbatelný, pak připojením voltmetru do obvodu klesne napětí v obvodu a vznikne odchylka metody (obr. 2-1). Čím bude odpor voltmetru větší proti odporu obvodu, tím bude odchylka metody menší. U číslicových voltmetrů a multimetrů bývá vstupní odpor 10 M Ω a vyšší. [1]



Obr. 2-1 Odchylka metody vzniklá zapojením voltmetru do obvodu.

2.2 Měření časově proměnných napětí

U časově proměnných napětí bývá nejčastěji měřena efektivní hodnota U . Dále je časově proměnné napětí charakterizováno střední a maximální hodnotou. Efektivní hodnota je dána vztahem

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}. \quad (\text{V}) \quad (2.1)$$

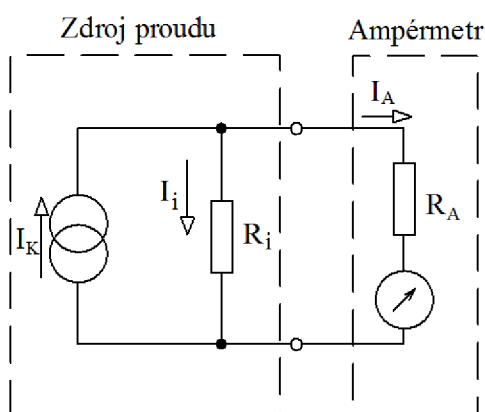
Mezi ústrojí měřící efektivní hodnotu patří ústrojí feromagnetické a elektrodynamické. Voltmetry s feromagnetickým ústrojím jsou určeny především pro měření napětí o frekvenci sítě, tedy 50/60 Hz. Voltmetry s ústrojím elektrodynamickým mají podobné vlastnosti jako voltmetry

s feromagnetickým ústrojím, ale nepoužívají se tak často. Voltmetry pro měření časově proměnných napětí s magnetoelektrickým ústrojím mají před tímto ústrojím předřazen usměrňovač, ručka přístroje tak ukazuje střední hodnotu měřeného napětí. Avšak stupnice voltmetru je číslována v efektivních hodnotách.

Pokud doplníme číslicové voltmetry pro stejnosměrné napětí vhodným převodníkem, získáme tak střídavý číslicový voltmetr. Takovýto vhodný převodník je většinou tvořen operačním usměrňovačem. Tento střídavý číslicový voltmetr měří střední hodnotu napětí, avšak je obdobně jako magnetoelektrický přístroj s usměrňovačem cejchován v efektivních hodnotách. Proto pro měření napětí neharmonických průběhů nemůžeme použít běžné číslicové voltmetry. Tento problém je u kvalitních, ale také dražších přístrojů vyřešen tak, že mají vestavěný převodník skutečné efektivní hodnoty. Takovéto přístroje jsou označovány zkratkou TRMS (True Root-Mean-Square). [1]

2.3 Měření stejnosměrných proudů

Pro měření proudů lze použít jak elektromechanické, tak číslicové ampérmetry. Ampérmetr se zapojuje do série s měřeným obvodem. Na rozdíl od voltmetru, kde by odpor měl být co největší, u ampérmetru je požadavek na vstupní odpor v ideálním případě nulový, reálně však co nejmenší. Čím větší má ampérmetr odpor, tím více se změní velikost proudu procházejícího obvodem a tím se zvětší i odchylka metody. Tato odchylka je dána rozdílem proudu, který ukazuje ampérmetr a proudem, který by protékal v obvodu bez zapojeného ampérmetru. Náhradní schéma obvodu, který je zatížen zapojeným ampérmetrem, je zobrazeno na obrázku 2-2. Pro měření stejnosměrného proudu se téměř výhradně používá přístroj s magnetoelektrickým ústrojím. [1]



Obr. 2-2 Odchylka metody vzniklá zapojením ampérmetru do obvodu.

2.4 Měření časově proměnných proudů

Většina střídavých ampérmetrů určených k měření efektivní hodnoty časově proměnného proudu je konstruována s feromagnetickým ústrojím, které je ovšem vhodné jen do 100 Hz. Tento kmitočtový rozsah zabraňuje měření efektivní hodnoty neharmonických proudů.

Ampérmetry s elektrodynamickým ústrojím měří také efektivní hodnotu proudu a jsou použitelné až do frekvence 1 kHz. Jsou používány většinou jako přesné laboratorní přístroje. Avšak jsou složitější, a tedy i dražší.

Ampérmetry s magnetoelektrickým ústrojím a předřazeným usměrňovačem měří střední hodnotu proudu, ale oceňovány jsou pro harmonické proudy v efektivních hodnotách.

Pro měření proudů větších než 10 A se užívají měřicí transformátory proudu, které slouží i ke galvanickému oddělení. Tyto měřicí transformátory proudu se vyrábějí samostatné, vestavěné nebo jako klešťové. K měření proudů s vysokým kmitočtem se používá Rogowskiho cívky.

Číslicové ampérmetry pro měření časově proměnného proudu do 1 A měří úbytek napětí, který vznikne na bezindukčním bočníku. Pokud je potřeba měřit proudy vyšších hodnot, je třeba použít externí převodník I/U. [1]

2.5 Měření výkonu

Výkon stejnosměrného proudu je dán jako součin proudu tekoucího spotřebičem a napětí na spotřebiči, to vyjadřuje vztah

$$P = U \cdot I . \quad (\text{W}) \quad (2.2)$$

U časově proměnného proudu je okamžitá hodnota výkonu dána součinem okamžitých hodnot napětí na spotřebiči a okamžitým proudem protékajícím spotřebičem.

$$p = u \cdot i . \quad (\text{W}) \quad (2.3)$$

Střední hodnota výkonu proudu za periodu T je dána vztahem

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt . \quad (\text{W}) \quad (2.4)$$

Při harmonickém průběhu proudu a napětí s fázovým posuvem φ je střední hodnota okamžitého výkonu definována jako činný výkon

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi. \quad (\text{W}) \quad (2.5)$$

Jalový výkon pro harmonické průběhy proudu a napětí je definován jako

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi. \quad (\text{VAr}) \quad (2.6)$$

Zdánlivý výkon je definován jako součin efektivní hodnoty napětí a efektivní hodnoty proudu

$$S = U \cdot I. \quad (\text{VA}) \quad (2.7)$$

U harmonických průběhů lze uplatnit tzv. trojúhelník výkonů

$$S^2 = P^2 + Q^2. \quad (\text{VA}) \quad (2.8)$$

Jestliže je proud i napětí neharmonického průběhu, platí nerovnost

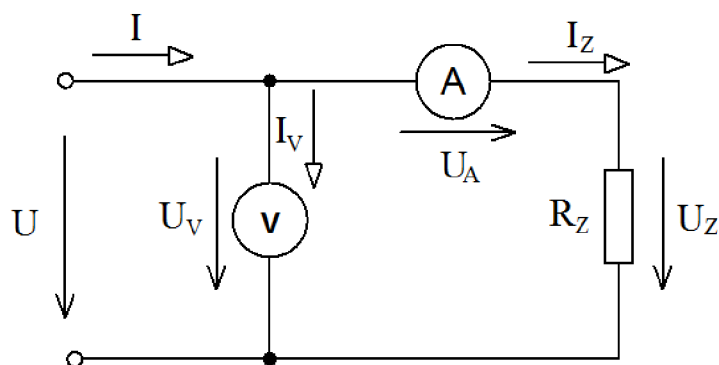
$$S^2 > P^2 + Q^2. [1] \quad (\text{VA}) \quad (2.9)$$

2.5.1 Měření výkonu stejnosměrného proudu

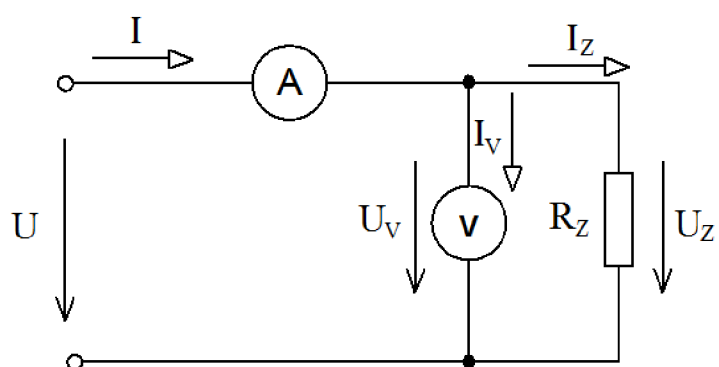
Výkon stejnosměrného proudu můžeme změřit nepřímou metodou. Měříme tedy voltmetrem napětí a ampérmetrem proud. Výkon následně vypočteme podle předchozího vztahu (2.2). Toto měření lze provést dvěma způsoby. První způsob zapojení je zobrazen na obrázku 2-3 a je značen jako VA. Druhý způsob zapojení je na obrázku 2-4 a je značen jako AV. Přímou lze výkon stejnosměrného proudu měřit pomocí elektrodynamického wattmetru. Jeho zapojení se budeme věnovat v další kapitole.

U nepřímého měření výkonu stejnosměrného proudu VA ampérmetr měří proud protékající zátěží a voltmetr měří součet úbytků napětí na ampérmetru a na zátěži. Vypočtený výkon je tedy součtem výkonu na zátěži a výkonu, který spotřebuje ampérmetr.

U nepřímého měření výkonu stejnosměrného proudu AV měří voltmetr úbytek napětí na zátěži, zatímco ampérmetr měří součet proudů protékající voltmetrem a zátěží. Takto vypočtený výkon je součtem výkonu na zátěži a výkonu, který spotřebuje voltmetr. [1]



Obr. 2-3 Nepřímé měření výkonu stejnosměrného proudu v zapojení VA



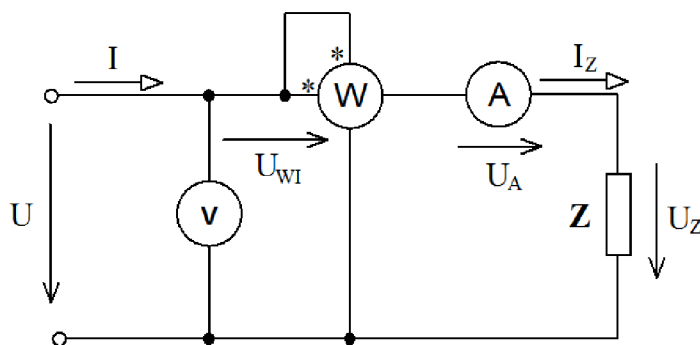
Obr. 2-4 Nepřímé měření výkonu stejnosměrného proudu v zapojení AV

2.5.2 Měření výkonu střídavého proudu

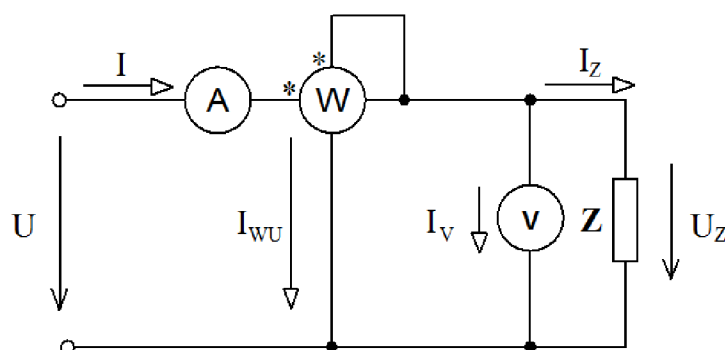
Činný výkon střídavého proudu obvykle měříme wattmetry s elektrodynamickým ústrojím. Abychom poznali, jaký proud teče obvodem, nebo jaké napětí je v obvodu, musíme k wattmetru do série s proudovou cívkou zapojit ampérmetr a paralelně s napěťovou cívkou voltmetr, protože jenom pomocí wattmetru tyto hodnoty nezjistíme. Do obvodu lze wattmetry připojit dvěma způsoby, a to v zapojení VA (obr. 2-5) anebo AV (obr. 2-6). U obou těchto zapojení je výsledek ovlivněn odchylkou metody.

U zapojení VA (obr. 2-5) wattmetr naměří součet činného výkonu zátěže a výkonu, který spotřebuje proudová cívka wattmetru a také výkon spotřebovaný ampérmetrem. Tento způsob používáme pro zátěže s větší hodnotou odporu.

U zapojení AV (obr. 2-6) wattmetr ukáže součet činného výkonu zátěže a výkonu, který spotřebuje napěťová cívka wattmetru a také výkon spotřebovaný voltmetrem. Tento způsob zapojení použijeme pro zátěže s malou hodnotou odporu.



Obr. 2-5 Měření výkonu střídavého proudu v zapojení VA



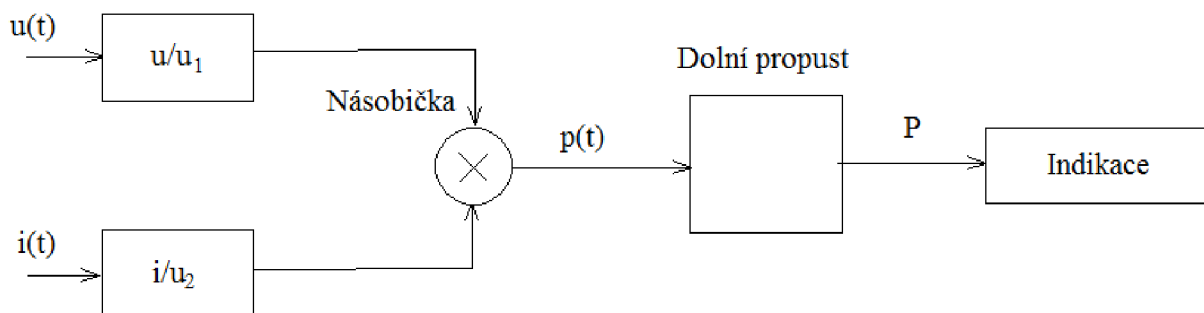
Obr. 2-6 Měření výkonu střídavého proudu v zapojení AV

Pomocí připojeného voltmetru a ampérmetru můžeme určit zdánlivý výkon (2.7) a pomocí něj i jalový výkon úpravou vztahu 2.8 a následně můžeme určit také účinník podle vztahu

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \cdot [1] \quad (-) \quad (2.10)$$

2.5.3 Elektronické wattmetry

Do násobičky, která je hlavním obvodem elektronických wattmetrů, je přivedena přes převodník okamžitá hodnota proudu protékajícím spotřebičem a okamžitá hodnota napětí na spotřebiči. Tyto dvě hodnoty jsou v převodníku převedeny na dvě napětí u_1 a u_2 . Převod i/u_2 bývá tvořen bočником nebo měřicím transformátorem a někdy také převodníkem s operačním zesilovačem. Převod u/u_1 bývá nejčastěji realizován kmitočtově kompenzovaným odporovým děličem nebo měřicím transformátorem napětí. Výstupním signálem z násobičky je okamžitá hodnota výkonu p . Odchylka metody daná spotřebou elektronického wattmetru závisí na zapojení jednotlivých převodníků a násobičky do obvodu. [1]



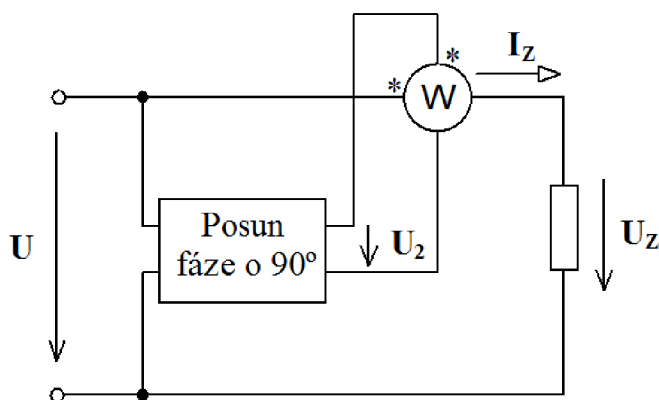
Obr. 2-7 Blokové schéma elektronického wattmetru

2.5.4 Přímé měření jalového výkonu

Abychom mohli měřit jalový výkon pomocí wattmetru, musíme fázi přiváděného napětí na napěťovou cívku wattmetru posunout o 90° proti napětí na spotřebiči (obr 2-7). Tento posuv fáze napětí můžeme realizovat indukčním regulátorem, z trojfázové soustavy napětí, pomocí indukčnosti a kapacity zapojených v napěťovém obvodu wattmetru. Některé wattmetry mají již toto zařízení v sobě vestavěné: Toto zařízení můžeme do napěťového obvodu zařadit pomocí přepínače. Tyto wattmetry můžeme použít jak k měření činného výkonu, tak k měření jalového výkonu.

Jalový výkon je definován pro harmonické průběhy vztahem

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = U \cdot I \cdot (90^\circ - \varphi). [1] \quad (\text{VAr}) \quad (2.11)$$



Obr. 2-8 Zapojení wattmetru pro přímé měření jalového výkonu

2.5.5 Měření výkonu střídavého proudu v trojfázových soustavách

Při měření celkového výkonu trojfázové soustavy je nutné zvolit vhodnou metodu, a to podle toho, je-li trojfázová zátěž souměrná, nesouměrná a jde-li o trojfázovou síť čtyřvodičovou nebo třívodičovou.

Blondelův teorém určuje počet wattmetrů, které při měření činného výkonu musíme použít, a to tak, že při měření v n -vodičové soustavě můžeme činný výkon měřit správně nejméně $n-1$ wattmetry. Toto měření je zatíženo jen odchylkou, která je způsobena spotřebou wattmetrů a spotřebou kontrolních měřících přístrojů. Nejčastěji se pro měření výkonů ve třífázové síti používají ferodynamické, elektrodynamické anebo elektronické wattmetry.

Výkon v třífázové síti je dán součtem výkonů v jednotlivých fázích, tedy je dán vztahem

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = \sum_{i=1}^3 U_i \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i, \quad (\text{W}) \quad (2.12)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \sum_{i=1}^3 U_i \cdot I_i \cdot \sin \varphi_i, \quad (\text{VAr}) \quad (2.13)$$

kde jsou U_1, U_2, U_3, \dots fázové napětí

I_1, I_2, I_3, \dots proud fází

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots$ fázový posuv mezi příslušným napětím a proudem.

Souměrná zátěž je taková zátěž, kde fázory proudů tekoucích jednotlivými fázemi jsou stejně velké a proti příslušným fázovým napětím mají stejný fázový rozdíl.

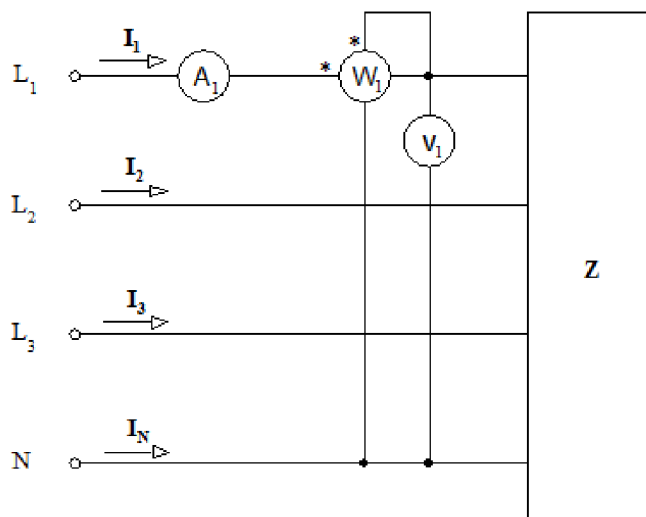
Souměrná soustava je taková soustava, ve které je mezi fázory napětí jednotlivých fází fázový rozdíl 120° a jsou stejně velké. [1]

2.5.5.1 Měření činného výkonu v souměrné soustavě a se souměrnou zátěží

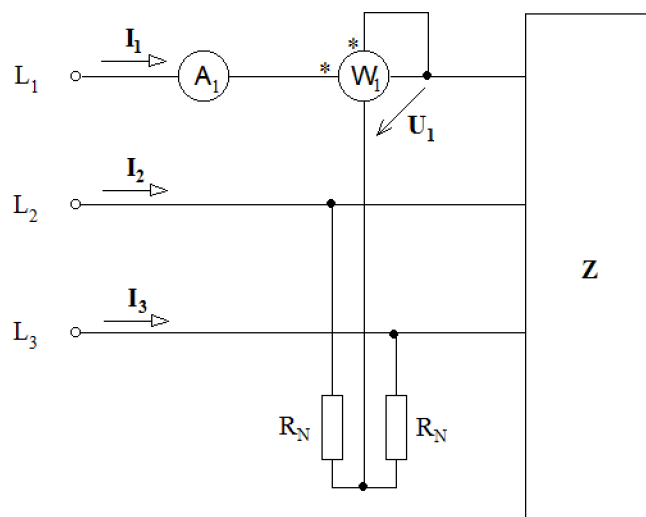
Činný výkon je v souměrné soustavě se souměrnou zátěží ve všech fázích stejný, proto můžeme měřit výkon jen jedné fáze (obr. 2-9) a celkový výkon určit z následujícího vztahu

$$P = 3P_1. \quad (\text{W}) \quad (2.14)$$

Pokud budeme měřit činný výkon ve třívodičové soustavě se souměrnou zátěží, pak musíme nahradit střední vodič vytvořením nulového bodu pomocí rezistorů R_N , které mají stejnou velikost odporu jako odpor napěťové cívky wattmetru (obr. 2-10). [1]



Obr. 2-9 Měření činného výkonu souměrné zátěže ve čtyřvodičové souměrné soustavě.



Obr. 2-10 Měření činného výkonu souměrné zátěže ve třívodičové souměrné soustavě.

2.5.5.2 Měření činného výkonu v souměrné soustavě s nesouměrnou zátěží

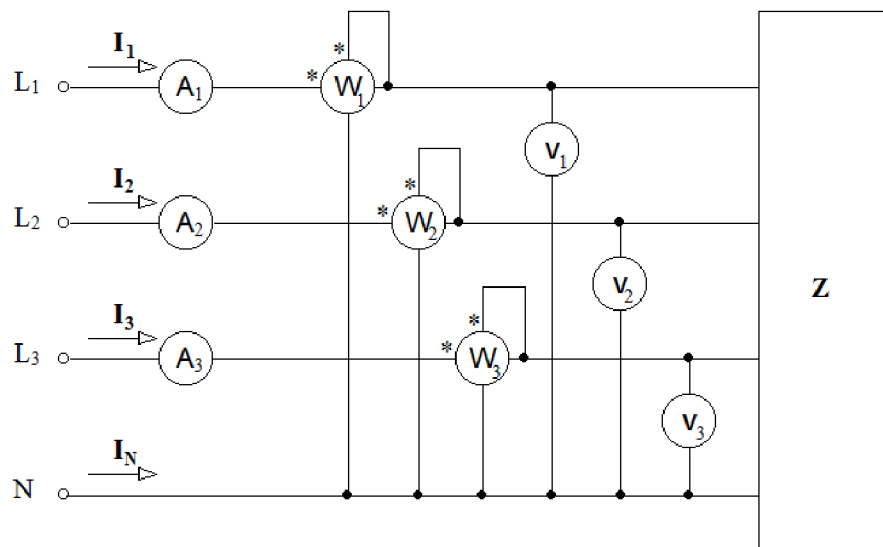
Je-li zátěž nesouměrná, nemůžeme použít vztah jako v minulém případě, ale musíme změřit výkon v každé fázi zvlášť (obr. 2-11).

Pro celkový činný výkon tedy platí vztah

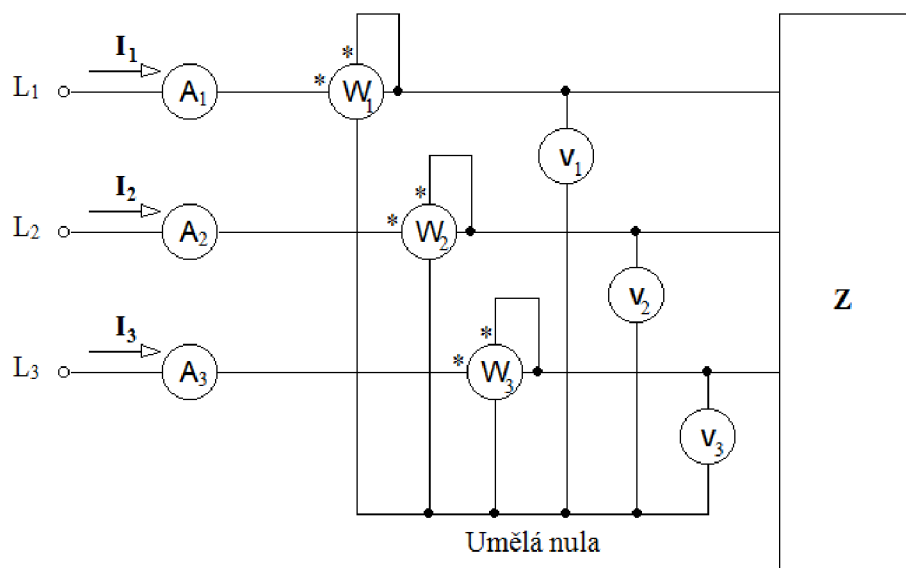
$$P = P_1 + P_2 + P_3. \quad (\text{W}) \quad (2.15)$$

Abychom zjistili správnou výslednou hodnotu činného výkonu zátěže, je třeba od výsledného součtu výkonů všech tří wattmetrů odečíst spotřebu těchto wattmetrů a spotřebu kontrolních měřících přístrojů.

Činný výkon třívodičové souměrné soustavy zjistíme obdobně jako u čtyřvodičové, s tím rozdílem, že spojíme výstupní konce napěťových cívek wattmetrů a voltmetrů (obr. 2-12). Vytvoříme tak tzv. umělou nulu. Při tomto měření musíme splnit podmínku stejné velikosti odporů napěťových cívek wattmetrů i voltmetrů. [1]



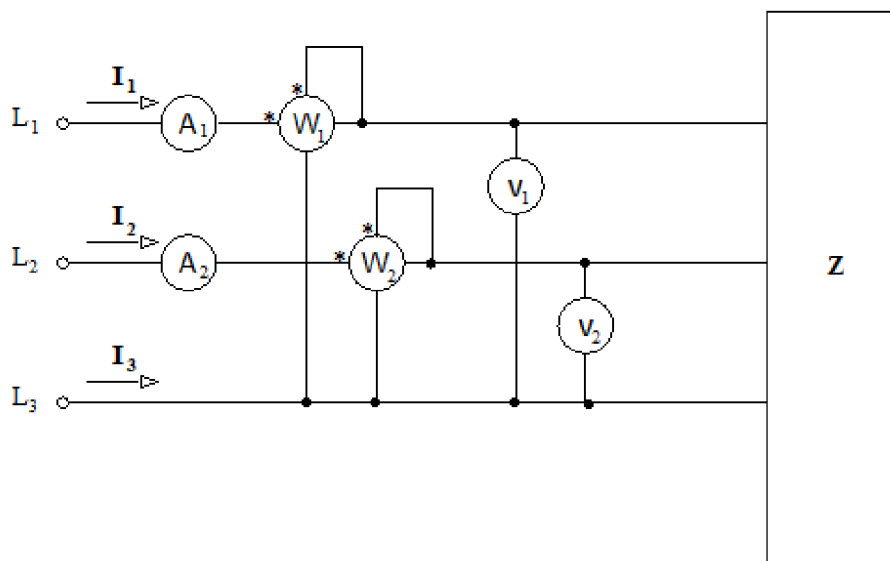
Obr. 2-11 Měření činného výkonu nesouměrné zátěže ve čtyřvodičové souměrné soustavě.



Obr. 2-12 Měření činného výkonu nesouměrné zátěže ve třívodičové souměrné soustavě.

2.5.5.3 Měření činného výkonu v Aronově zapojení ve třívodičové soustavě

Ve trojfázové síti bez středního vodiče se daleko častěji než zapojení dle obrázku 2-12 používá Aronovo zapojení (obr. 2-13). V tomto zapojení se celkový činný výkon měří pomocí dvou wattmetrů.



Obr. 2-13 Měření činného výkonu v Aronově zapojení

Napěťové obvody těchto dvou wattmetrů jsou připojeny na sdružená napětí

$$u_{13} = u_1 - u_3, \quad (\text{V}) \quad (2.16)$$

$$u_{23} = u_2 - u_3, \quad (\text{V}) \quad (2.17)$$

kde jsou u_{13}, u_{23}, \dots sdružená napětí.

V zapojení podle obrázku 2-13 ukazují wattmetry následující výkony

$$N_1 = \frac{1}{T} \int (u_1 - u_3) i_1 dt, \quad (\text{W}) \quad (2.18)$$

$$N_2 = \frac{1}{T} \int (u_2 - u_3) i_2 dt, \quad (\text{W}) \quad (2.19)$$

kde jsou N_1, N_2, \dots údaje na wattmetrech.

Celkový činný výkon je střední hodnotou celkového okamžitého výkonu

$$P = \frac{1}{T} \int (p_1 + p_2 + p_3) dt = \frac{1}{T} \int (u_1 i_1 + u_2 i_2 + u_3 i_3) dt. \quad (\text{W}) \quad (2.20)$$

Podle prvního Kirchhoffova zákona platí pro třívodičovou síť vztah

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0, \quad (\text{A}) \quad (2.21)$$

$$i_3 = -i_1 - i_2. \quad (\text{A}) \quad (2.22)$$

Po dosazení vztahu 2.22 do vztahu 2.20 a následnou úpravou tohoto vztahu dostaneme

$$P = \frac{1}{T} \int_T ((u_1 - u_3)i_1 + (u_2 - u_3)i_2) dt = N_1 + N_2. \quad [\text{W}] \quad (\text{W}) \quad (2.23)$$

2.5.5.4 Měření jalového výkonu

Jak bylo již dříve uvedeno, k přímému měření jalového výkonu je nutné otočit fázi napětí na cívce wattmetru o 90° . Toho ve třífázové souměrné soustavě snadno docílíme tak, že napěťové cívky všech wattmetrů připojíme na sdružená napětí. Takto můžeme ve čtyřvodičové souměrné soustavě měřit jalový výkon pomocí tří wattmetrů (obr. 2-14).

Protože jsou sdružená napětí $\sqrt{3}$ -násobkem napětí fázových, tak celkový jalový výkon zátěže v zapojení na obrázku 2-14 je dán součtem jalových výkonů v jednotlivých fázích.

$$\begin{aligned} N_1 &= \sqrt{3}Q_1 \\ N_2 &= \sqrt{3}Q_2, \\ N_3 &= \sqrt{3}Q_3 \end{aligned} \quad (\text{VAr}) \quad (2.24)$$

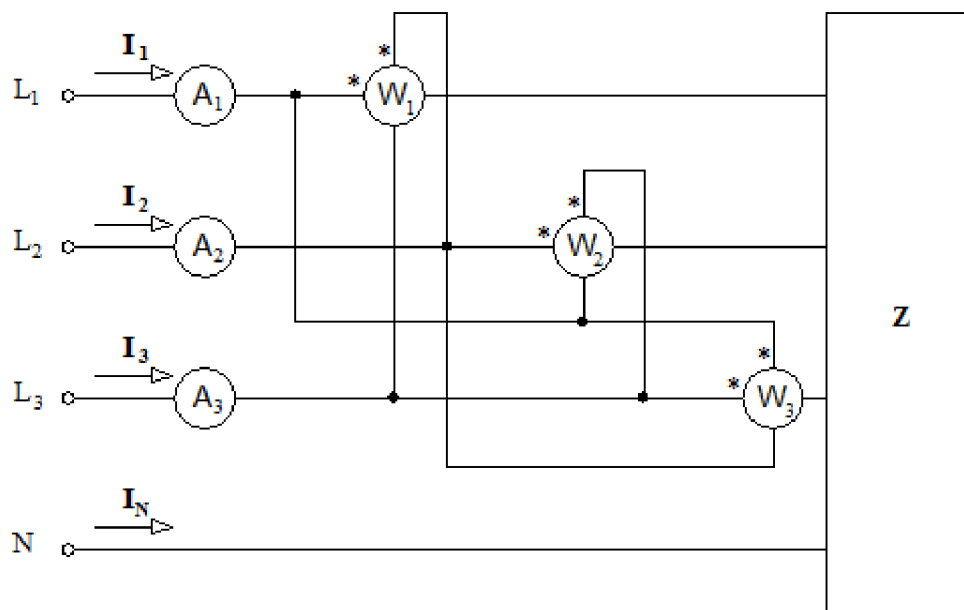
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\sqrt{3}}, \quad (\text{VAr}) \quad (2.25)$$

kde jsou N_1, N_2, N_3, \dots údaje na wattmetrech.

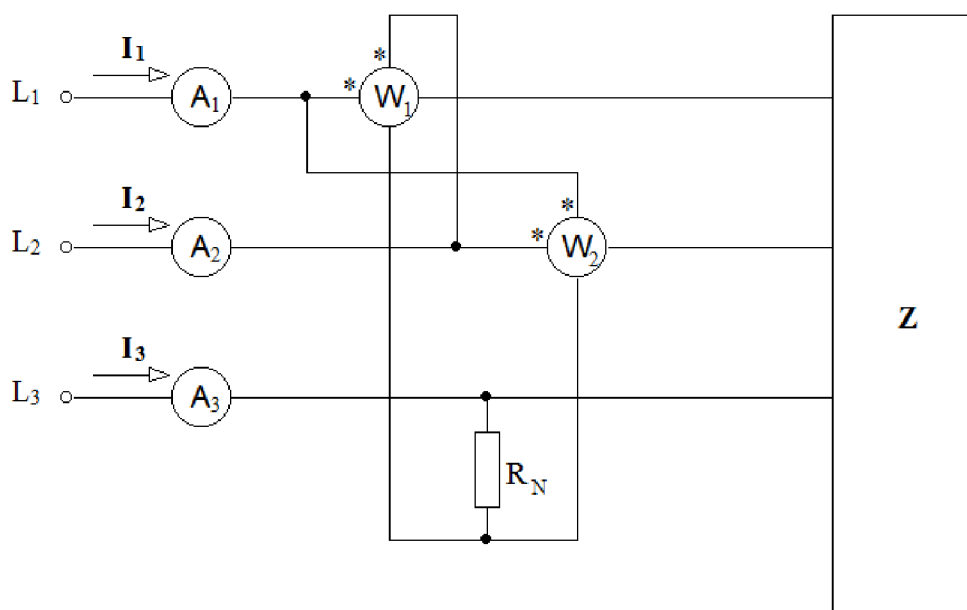
Ve třívodičové souměrné soustavě můžeme použít zapojení, ve kterém měříme jalový výkon pouze dvěma wattmetry. Toto zapojení vychází z Aronova zapojení. Zde podobně jako při měření činného výkonu ve třívodičové soustavě vytvoříme tzv. umělou nulu za pomoci rezistoru R_N , který má shodnou velikost jako odpor napěťové cívky wattmetru. Toto zapojení je zobrazeno na obrázku 2-15. Wattmetry jsou připojeny na fázová napětí, které je $\sqrt{3}$ krát menší než napětí sdružené, proto výsledný jalový výkon bude

$$Q = \sqrt{3} \cdot (N_1 - N_2), \quad (\text{VAr}) \quad (2.26)$$

kde jsou N_1, N_2, \dots údaje na wattmetrech. [1]



Obr. 2-14 Zapojení pro měření jalového výkonu třemi wattmetry.



Obr. 2-15 Zapojení pro měření jalového výkonu v Aronově zapojení

2.6 Měření spotřeby elektrické energie

Práce vykonaná elektrickým proudem za určitý čas je spotřebovaná elektrická energie. Je tedy dána vztahem

$$\Delta W = \int_0^t p(t) dt = \int_0^t u(t) \cdot i(t) dt. \quad (\text{W}) \quad (2.27)$$

Nejčastějšími přístroji pro měření spotřeby elektrické energie jsou elektroměry. [1]

3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY A TYPY ELEKTROMĚRŮ

3.1 Vývoj elektroměrů

Ještě donedávna hojně používané elektroměry pracující na Ferrarisově principu se používaly téměř celé 20. století. Postupně se však stávají minulostí. Díky tak dlouhé době užívání tohoto typu jsou na konci svých možných zlepšení. Dnes jsou elektromechanické elektroměry postupně nahrazovány elektroměry statickými. [3]

Firma Křižík uvedla v roce 1918 na trh jednofázový elektroměr vzor W 1. Následně tato firma vyrobila v roce 1924 zdokonalený typ EJ. O rok později pak byly dány do prodeje trojfázové elektroměry ET, které dostaly roku 1934 novější provedení. Pro export vznikaly elektroměry s menšími rozměry. V roce 1939 byl u cejchovního úřadu přihlášen první přetížitelný elektroměr. [3]

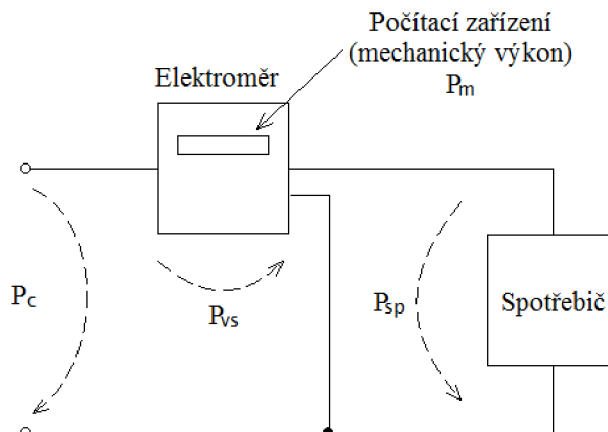
V roce 1924 uvedla na trh i firma ETA jednofázové elektroměry s názvem řady G. Následně byl firmou ETA uveden na trh v roce 1934 elektroměr vzor MF a také třífázový čtyřvodičový elektroměr T6F4. [3]

Elektroměry typu PJ začala vyrábět firma Českomoravská Kolben Daněk, což bylo původně zastoupení firmy AEG. Následně v letech 1933-1937 své elektroměry zdokonalovala. [3]

Výroba firmy Křižík byla v šedesátých letech minulého století přesunuta na Slovensko do závodů ZPA Prešov. Další firmou vyrábějící elektroměry v oblasti velkoodběrů byla firma Landis a Gyr. Po výhradním používání pouze mechanických maximových elektroměrů bylo začátkem šedesátých let nasazeno několik přístrojů s grafickou registrací. Tyto přístroje s tzv. maxigrafy zaznamenávaly průběh zatížení a instalovaly se u nejvýznamnějších velkoodběratelů. Maxigrafy byly v roce 1974 nahrazeny tzv. maxiprinty, které číselně zaznamenaly průběh zatížení na papírovou pásku a ta byla následně strojně zpracována. Podle požadavků českých rozvodných podniků vyvinula firma AEG jako náhradu maxiprintů registrační zařízení LSP. Registrační zařízení LSP je již plně elektronické a ve vnitřní paměti zaznamenává průběh zatížení a rozděljuje spotřebu a maxima do tarifů. Kolem roku 1990 byl zahájen přechod na elektronizaci elektroměrů. [3]

3.2 Elektromechanické elektroměry

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, nejrozšířenějším typem elektroměrů byly elektroměry založené na Ferrarisově principu. Základní myšlenkou při návrhu tohoto typu elektroměru bylo, aby elektrický proud, který prochází elektroměrem, způsobil v elektroměru nepatrný výkon, který by uváděl v činnost počítací zařízení. Tento výkon se tedy odebírá z proudu procházejícího elektroměrem a tvoří vlastní spotřebu elektroměru (obr. 3-1). Vlastní spotřeba elektroměru je v každém okamžiku přímo úměrná proslému zatížení. [2]



Obr. 3-1 Naznačení vlastní spotřeby elektroměru

$$P_{sp} = P_c - P_{vs} \quad (\text{W}) \quad (3.1)$$

kde je P_{sp}příkon spotřebiče

P_c celkový příkon

P_{vs}vlastní spotřeba elektroměru. [2]

Konstanta elektroměru je poměr mezi elektrickou prací propuštěnou elektroměrem W a mechanickou prací udávanou počítacím zařízením \dot{U} a je dána vztahem

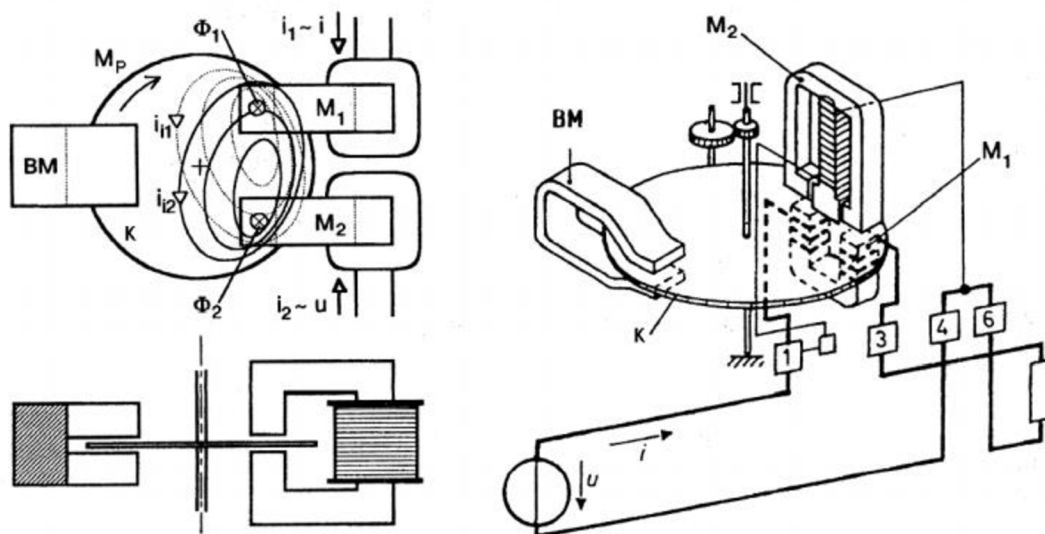
$$k = \frac{W}{\dot{U}} \cdot [2] \quad (-) \quad (3.2)$$

Abychom dostali spotřebu elektrické energie v praktických jednotkách, je nutné tímto číslem násobit údaj počítacího zařízení \dot{U} . [2]

Princip indukčních neboli Ferrarisových elektroměrů se opírá o elektrodynamický indukční zákon:

„Střídavé účinky dvou ve fázi a prostorově posunutých magnetických polí na uzavřený a v ložiskách otáčivě uložený vodič (např. ve tvaru kotouče), způsobují jeho otáčení.“ [2]

Magnetické obvody M_1 a M_2 jsou napájeny střídavými proudy. Tyto magnetické obvody tvoří pevnou část ústrojí. Ve vzduchových mezerách magnetických obvodů se otáčí hliníkový kotouček K . Nedílnou součástí tohoto ústrojí je také brzdící permanentní magnet BM (obr. 3-2). [1]



Obr. 3-2 Princip indukčního měřicího ústrojí a jeho náčrtek [1]

Pohybový moment M_p , který uvádí kotouček do pohybu, vzniká vzájemným působením střídavého magnetického pole v mezerách a vířivých proudů v kotoučku. Při podmínce harmonických signálů je střední hodnota pohybového momentu vyjádřena vztahem

$$M_p = K' \cdot \omega \cdot \Phi_{1m} \cdot \Phi_{2m} \cdot \sin \psi = K \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \sin \psi, \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (3.3)$$

kde jsou ωúhlový kmitočet

K', K konstanty závislé na konstrukci přístroje

ψfázový rozdíl fázorů proudů I_1 a I_2

Φ_{m1}, Φ_{m2}max. magnetické toky magnetických obvodů

I_1, I_2efektivní hodnoty proudů. [1]

Indukční elektroměry jsou v podstatě integrační wattmetry. Pro integraci výkonu je nutné, aby pohybový moment M_p přístroje byl úměrný činnému výkonu zátěže. Je tedy nutné, aby platilo

$$\sin \psi = \cos \varphi, \quad \text{tedy } \psi = (90 - \varphi), \quad \Phi_1 \approx I, \quad \Phi_2 \approx U, \quad (3.4)$$

kde je φfázový rozdíl mezi napětím a proudem. [1]

K fázovému posunutí proudu I_2 a tím i Φ_2 o 90° za napětím U se dosáhne vysokou reaktancí napěťové cívky. Pomocí nastavovacích prvků přístroje, což jsou magnetický bočník a závit nákrátko na magnetickém obvodu napěťové cívky, přesně doladíme fázový posuv. [1]

Pokud jsme splnili podmínky, které jsou uvedeny výše, pak platí

$$M_p = k \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = k_p \cdot P. [1] \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (3.5)$$

Cívka jednoho z elektromagnetů připojená k napětí měřeného obvodu je tvořena z tenkého drátu a mnoha závitů. Je většinou umístěna nad kotoučkem. Druhou cívku elektromagnetu prochází měřený proud a je tvořena ze silného drátu s méně závity. Je většinou umístěna pod kotoučkem. Napěťový obvod má spotřebu asi 5 VA a proudový obvod asi 1 VA. Kotouček sám o sobě nemá žádné přívody proudu. U tohoto ústrojí je pohybový moment porovnáván s brzdícím momentem vyvolaným permanentním magnetem. [1]

Mechanické počítadlo elektroměru je navrženo tak, aby číselný údaj na voltmetru odpovídal odebrané energii v kilowatthodinách. [1]

Příklad elektromechanického elektroměru firmy Křížík ET42 lze vidět na obrázku 3-3. Tento typ elektroměru se používá ve třífázových čtyřvodičových soustavách. Jeho proudový rozsah je 150 A. Kromě jednosazbového vyhotovení se vyrábí také vyhotovení s přídatnými zařízeními pro sazbové měření jako je dvousazbový, třísazbový počítací strojek, měřič maxima, dvousazbový, třísazbový strojek s měřičem maxima a zařízení pro dodávku a odběr. [11]



Obr. 3-3 Ukázka elektromechanického elektroměru firmy Křížík ET42 [11]

3.3 Statické elektroměry

S rozvojem elektroniky vznikly tzv. statické elektroměry. Statické elektroměry nemají žádné pohyblivé součástky. Jejich princip spočívá v elektronickém násobení napětí a proudu pro výpočet výkonu. Byly využívány hlavně tam, kde záleželo na velké přesnosti. Dnes se však, s klesající cenou elektronických součástek a jejich zvyšující se spolehlivostí, cena přiblížila cenám elektroměrů elektromechanickým. Z toho důvodu statické elektroměry nahrazují elektromechanické elektroměry i u maloodběratelů.

Pro měření proudu a napětí se u elektronických elektroměrů používají následující technologie:

Pro měření napětí:

- induktivní dělič
- kapacitní dělič
- odporový dělič
- piezoelektrický senzor
- elektro-optický senzor
- transformátor s minimálním průřezem jak primárního, tak sekundárního vinutí. [3]

Pro měření proudu:

- proud (jen s minimálním zatížením)
- vzdušná cívka
- pomocí Hallova efektu
- elektro-optický senzor. [3]

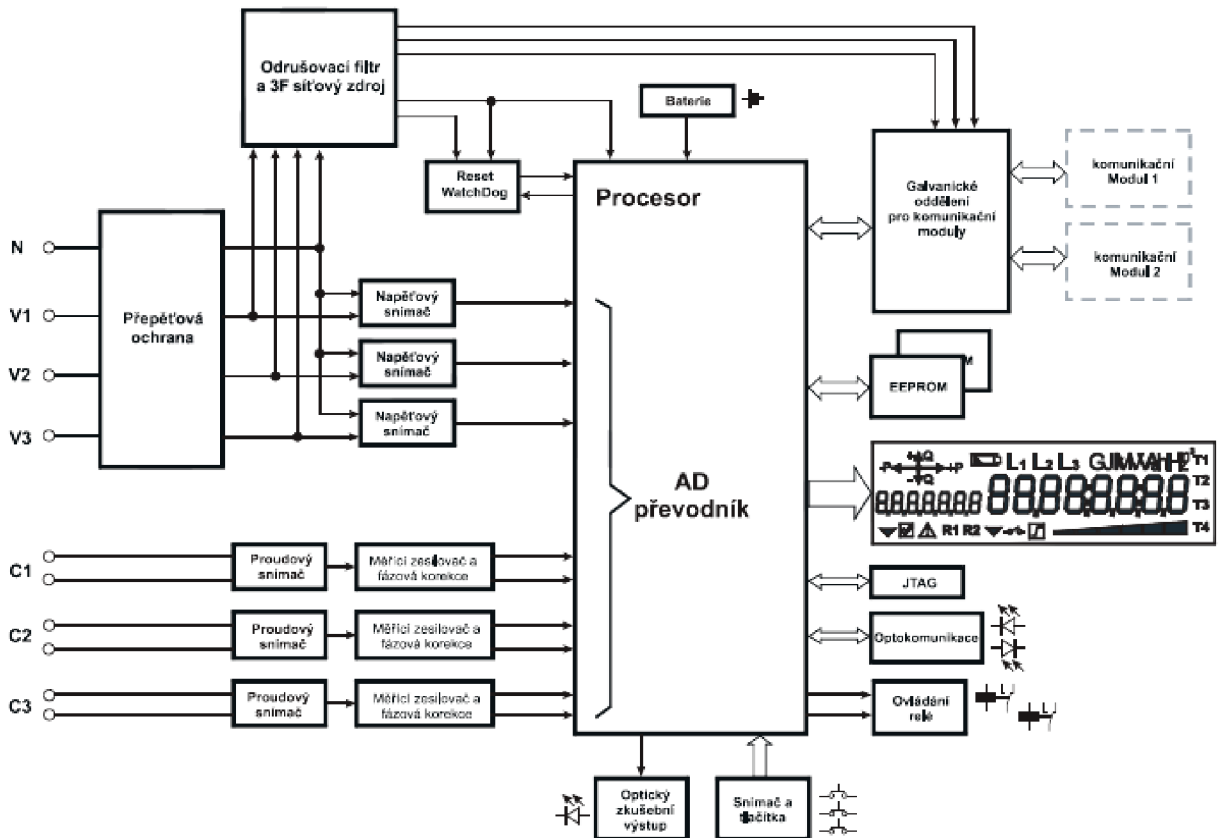
Pro násobení proudu a napětí se používají metody násobení Mark-Space, digitální násobení a multiplikátor na Hallově principu. [3]

U precizních elektroměrů se používá již zmíněné násobení Mark-Space. Vysokou flexibilitu při vyhodnocení signálu umožňuje digitální násobení, které ale vyžaduje analogově digitální měnič napětových a proudových signálů. Násobení pomocí multiplikátoru na Hallově principu nám umožňuje změřit proud a současně jej násobit napětím. [3]

Blokové schéma nepřímo zapojeného elektroměru firmy ZPA AM350 je na obrázku 3-4.

Výhody elektronických elektroměrů se dají využít pro funkce vícenásobných tarifů, tarifního řízení vestavěným spínačem HDO, rádiovým řízením HDO, řízením pomocí spínacích hodin. Pokud je elektroměr vybaven i komunikačním rozhraním, lze odečít hodnot provést přes telefonní síť, distribuční síť nebo rádiem. [3]

Statické elektroměry mohou měřit signály ve více kvadrantech. Například u čtyřkvadrantových elektroměrů se měří odběr i dodávka jak činného, tak jalového výkonu.



Obr. 3-4 Blokové schéma statického elektroměru firmy ZPA AM350 [12]

Příklad statického elektroměru můžete vidět na obrázku 3-5. Jedná se o elektroměr od firmy ZPA a typ AM350. Jedná se o třífázový elektroměr. Tento elektroměr je schopný měřit až ve čtyřech tarifech. [12]



Obr. 3-5 Ukázka statického elektroměru ZPA AM350[12]

4 STANDARDY PRO MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Kompletní požadavky kladené na elektroměry pro vnitřní a vnější použití, pro kmitočty 50 Hz nebo 60 Hz a pro napětí do 600 V jsou uvedeny v normě ČSN EN 62052 [10]. Z této normy byly čerpány veškeré informace týkající se této kapitoly. Dále jsou uvedeny pouze některé z požadavků, uvedených v této normě. Tyto požadavky se vztahují jak na elektromechanické, tak na statické elektroměry. Pokud jsou v pouzdře elektroměru přidány i jiné funkční prvky, jako například přijímač hromadného dálkového ovládní apod., nebo má elektroměr měřicí prvek pro více typů energií, pak jsou požadavky na tyto uvedené části dány v odpovídajících normách.

4.1 Normalizované elektrické hodnoty

4.1.1 Normalizované napětí

Pro přímo připojené elektroměry jsou udávány hodnoty 120 V; 230 V; 277 V; 400 V; 480V. Výjimečné hodnoty jsou 100 V; 127 V; 200 V; 220 V; 240 V; 380 V; 415 V.

Pro elektroměry připojené přes transformátory napětí jsou normalizované hodnoty 57,7V; 63,5V; 100 V; 110 V; 115 V; 120 V; 200 V. Výjimečně pak hodnoty 173 V; 190 V; 220 V.

4.1.2 Normalizované proudy

Normalizované proudy pro přímo připojené elektroměry jsou 5 A, 10 A, 15 A, 20 A, 30 A, 40 A, 50 A. Výjimečně pak 80 A.

Pro elektroměry připojené přes transformátory proudu pak 1 A, 2 A, 5 A. Výjimečné hodnoty pak 1,5 A; 2,5 A.

U přímo připojených elektroměrů musí být maximální proud elektroměru celým násobkem základního proudu (například čtyřnásobkem). U elektroměrů připojených přes transformátor je maximální proud 1,2; 1,5, nebo 2 – násobkem jmenovitého proudu.

4.1.3 Normalizované referenční kmitočty

Hodnoty pro referenční kmitočty jsou 50 Hz a 60 Hz.

4.2 Mechanické požadavky

Elektroměr musí být vyroben tak, aby byla zajištěna bezpečnost osob proti úrazům elektrickým proudem a také proti účinkům nadměrné teploty. Také musí být zajištěna ochrana proti šíření ohně a proti vniknutí prachu, vody a pevných předmětů.

4.2.1 Pouzdro elektroměru

Elektroměr musí mít pouzdro, které je možno zaplombovat tak, aby vnitřní části elektroměru bez odstranění plomby nebyly přístupné. Pouzdro musí vyrobeno tak, aby dočasná deformace nebránila správné funkci elektroměru. Vrchní kryt nesmí být možné odstranit bez užití nástrojů. Mechanická pevnost se zkouší ve zkouškách pružinovým kladívkem, zkouškou rázem a vibrační zkouškou.

4.2.2 Okénko

Kryt elektroměru musí být opatřen průhledným okénkem pro odečítání displeje. Pokud je k dispozici i indikátor provozu, musí být i pro indikátor provozu opatřeno okénko. Okénka nemohou být odstraněna bez odstranění plomby.

4.2.3 Svorkovnice

Materiál pro výrobu svorkovnice musí vyhovět zkouškám pro teplotu 135°C a tlaku 1,8 MPa. Vodiče musí být ve svorkách upevněny tak, aby v žádném případě nedošlo k jejich uvolnění nebo k nežádoucímu zahřívání. Svorky vyrobeny z jiného materiálu a nacházející se u sebe musí být chráněny proti náhodnému zkratu, například pomocí izolačních zábran.

Při použití ochranné zemnicí svorky musí být elektricky spojena s přístupnými kovovými částmi a měla by tvořit součást spodního krytu elektroměru. Dále musí umožnit připojení vodiče s průřezem stejným jako síťové proudové vodiče, nejméně však s průřezem 6 mm² nejvýše pak 16 mm² pro měděné vodiče. Musí být označena grafickou značkou. Nesmí být možné bez použití nástroje povolení zemnicí svorky.

4.2.4 Odolnost proti teplotě

Části elektroměru jako jsou svorkovnice, kryt svorkovnice a pouzdro elektroměru musí zajišťovat dostatečnou bezpečnost proti šíření ohně. Musí splnit zkoušky IEC 60695-2-11 s teplotami pro svorkovnici 960°C±15°C, pro kryt svorkovnice a pouzdro elektroměru 650°C±10°C při době působení 30 s ± 1 s.

4.2.5 Ochrana proti vniknutí prachu a vody

Musí odpovídat stupni ochrany IP51 (bez podtlaku v elektroměru) pro vnitřní použití a IP54 pro vnější použití.

4.2.6 Displej pro zobrazování naměřených hodnot

Dle typu elektroměru jsou informace zobrazené buď pomocí elektromechanického počítadla, nebo elektronického displeje. V případě použití elektronického displeje je podmínka uložení dat v energeticky nezávislé paměti po dobu čtyř měsíců.

Pokud je pro více měřených hodnot použit jediný displej, musí být možné zobrazit obsah všech pamětí. Při automatické sekvenci displeje je nutné, aby každý registr byl zobrazen nejméně 5 s.

Na displeji musí být vyznačena aktivní sazba. Pokud je elektroměr bez dodávky energie, pak nemusí být zobrazení displeje čitelné. Jako základní jednotky jsou uváděny kilowatt-hodina, kilovar-hodina, kilovolt-ampér-hodina nebo megawatt-hodina, megavar-hodina, megavolt-ampér-hodina.

Elektromechanické registry mají poslední bubínek dělený a číslovaný na deset dílů. Bubínky vyznačující desetinou hodnotou musí být vyznačeny odlišným způsobem.

Registr musí být schopen zobrazit a zaznamenat hodnotu, která odpovídá maximálnímu proudu elektroměru při referenčním napětí, a to po dobu 1500 hodin a účinníku $\cos \varphi=1$.

Také musí být znemožněno vynulovat celkovou hodnotu naměřenou od začátku používání elektroměru.

4.2.7 Výstupní zařízení

Zkušební výstup musí být pomocí vhodného zařízení schopný monitorování. Nemusí produkovat sled homogenních pulsů. Proto, aby se dosáhlo přesnosti měření alespoň 1/10 třídy přesnosti elektroměru, musí výrobce elektroměru určit nutný počet pulsů.

Vlnová délka vyzařovaných signálů musí být mezi 550 nm až 1000 nm.

4.2.8 Označování elektroměru

Na každém elektroměru musí být uvedeny následující údaje:

- a) označení výrobce nebo obchodní značka
- b) označení typu
- c) počet vodičů a počet fází, pro které byl elektroměr sestaven
- d) výrobní číslo a rok výroby
- e) referenční napětí
- f) vyznačení základního a maximálního proudu u přímo připojených elektroměrů
u nepřímě připojených elektroměrů je nutné vyznačit jmenovitý sekundární proud transformátoru
- g) referenční kmitočet
- h) konstanta elektroměru
- i) třída přesnosti
- j) referenční teplota (pokud se liší od 23°C)
- k) pro elektroměry třídy ochrany II značka dvojitého čtverce

Na každém elektroměru musí být nesmazatelně vyznačeno schéma zapojení nebo odkaz na schéma zapojení. Ve schématu pro více fázové elektroměry musí být uveden sled fází.

4.3 Klimatické podmínky

Elektroměr pro vnitřní užití má stanovený provozní rozsah -10°C až 45°C, mezní provozní rozsah je -25°C až 55°C a mezní rozsah pro skladování a dopravu je -25°C až 70°C.

U elektroměrů pro vnější užití je stanovený provozní rozsah -25°C až 55°C, mezní provozní rozsah a mezní rozsah pro skladování a dopravu je -40°C až 70°C.

Elektroměr musí být vyroben tak, aby odolal hodnotám relativní vlhkosti v ročním průměru menší jak 75 %, během 30 dnů volně rozdělených během roku 95 % a náhodné jiné dny 85 %.

Elektroměry jsou podrobovány různým zkouškám z hlediska klimatických podmínek. Například zkouškou suchým teplem, zkouškou chladem, zkouškou ochrany proti slunečnímu záření a dalším.

4.4 Elektrické požadavky

4.4.1 Vliv napájecího napětí

Stanovený provozní rozsah napětí je od 0,9 do 1,1 násobku jmenovitého napětí U_n . Rozšířený provozní rozsah napětí je od 0,8 do 1,15 násobku U_n a mezní provozní rozsah je od 0,0 do 1,15 U_n .

Poklesy napětí nebo jeho krátkodobá přerušení nesmí způsobit změnu údaje o více než x jednotek. Z následujícího vztahu se odvodí hodnota x

$$x = 10^{-6} m \cdot U_n \cdot I_{\max} \quad (-) \quad (4.1)$$

kde jsou mpočet měřících prvků

U_n vztažné napětí

I_{\max}maximální proud.

Toto se zkouší za podmínek, kdy jsou napěťové a pomocné obvody buzeny referenčním napětím a proudové obvody jsou bez jakéhokoliv proudu.

4.4.2 Oteplení

Při jmenovitých provozních podmínkách nesmí izolace ani elektrické obvody dosáhnout takové teploty, aby ovlivnily správnou činnost elektroměru.

Veškeré izolační materiály musí splňovat požadavky dle IEC 60085.

Při zatížení každého proudového obvodu jeho maximálním proudem a při 1,15násobku referenčního napětí na napěťovém obvodu nesmí zvýšení teploty vnějšího povrchu přesáhnout 25 K za teploty okolí 40°C.

4.4.3 Izolace

Elektroměr musí vydržet zkoušku napěťovým impulzem a zkoušku střídavým napětím podle specifikace v ČSN EN 62052-11.

4.4.4 Elektromagnetická kompatibilita

Elektromechanické elektroměry s elektronickými funkčními prvky a statické elektroměry musí být vyrobeny tak, aby je elektromagnetické rušení a elektrostatické výboje nepoškodily nebo podstatně neovlivnily výsledek měření. Zkoušky jsou uvedeny v normě ČSN EN 62052-11.

5 TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRŮ

Následující zkoušky jsou uvedeny v normách ČSN EN 62058-21 [8] pro elektromechanické elektroměry a ČSN EN 62058-31 [9] pro statické elektroměry. Z těchto norem byly čerpány veškeré informace týkající se této kapitoly. Pozn.: Veškeré hodnoty se týkají elektroměrů třídy přesnosti 2.

Před započítáním testování elektroměru je nutné, aby byly elektroměry připojeny na referenční napětí a zatíženy proudem $0,1 I_b$ pro přímo připojené elektroměry nebo $0,1 I_n$ pro nepřímo připojené elektroměry při jednotkovém účinníku. Tím dosáhneme teplotní stability. Zkoušky se musí provádět v následujícím pořadí.

Pokud je elektroměr určen k měření energie v obou směrech, musí se provést zkoušky 3 až 9 i pro opačný směr energie.

5.1 Zkouška č. 1: Zkouška AC napětím

Zkušební napětí musí mít frekvenci mezi 45 Hz a 65 Hz a musí mít v podstatě sinusový průběh. Toto napětí je přiloženo po dobu 2 s, přičemž napájecí zdroj musí být schopen dodávat minimálně 500 VA. Náběh a doběh zkušebního napětí musí být menší nebo roven 2 s. Všechny pomocné obvody, kde je napětí menší 40 V, musí být uzemněny. Pro elektroměry s třídou izolace I je efektivní hodnota zkušebního napětí 1,6 kV a pro elektroměry s třídou izolace II je efektivní hodnota 3,2 kV.

5.2 Zkouška č. 2: Zkouška chodu naprázdno

U elektromechanických elektroměrů nesmí rotor provést ani jednu celou otáčku, je-li elektroměr připojen podle připojovacího schématu k referenčnímu napětí, při jednotkovém účinníku a protéká jím zkušební proud. Zkušební proud musí být u přímo připojených elektromechanických elektroměrů $0,001 I_b$ a u elektromechanických elektroměrů připojených přes transformátor $0,001 I_n$.

Při této zkoušce u statických elektroměrů je elektroměr připojen k 1,15násobku referenčního napětí. Proudový obvod je rozpojen. Elektroměr musí vyslat více než jeden impuls.

Minimální doba zkoušky je dána vztahem

$$\Delta t \geq \frac{480 \cdot 10^6}{k_i \cdot m \cdot U_n \cdot I_{\max}}, \quad (\text{min}) \quad (5.1)$$

kde jsou k_ipočet impulsů vysílaných výstupním zařízením na jednu kWh

m počet měřících prvků

U_njmenovité napětí

I_{\max}maximální proud.

A za tuto dobu nesmí zkušební výstup elektroměru vyslat více než jeden impuls.

5.3 Zkouška č. 3: Náběh

Je-li elektroměr zapojen podle připojovacího schématu a je-li na něm přivedeno referenční napětí, musí se rozběhnout a pokračovat v měření při proudu $0,005 I_b$ pro přímo připojený elektroměr a $0,003 I_n$ pro elektroměr připojený přes transformátor při jednotkovém účinníku.

U elektromechanického elektroměru se při uvedených hodnotách proudu musí rotor roztočit a provést více než jedno otočení.

5.4 Zkouška č. 4-9: Zkoušky přesnosti

Zkoušky přesnosti se provádějí ve stanoveném pořadí podle tabulky 5-1, a to bez čekání na dosažení teplotní stability.

Tab. 5-1 Zkušební body zkoušek 4 až 9 a jejich mezní relativní chyby

Zkouška č.	Hodnota proudu		Účinník	Použitelné pro typ elektroměru	Zátěž	Mezní hodnoty relativní chyby pro elektroměry třídy 2
	Přímo při- pojené elek- troměry	Elektroměry připojené přes trans- formátor				
4	$0,05 I_b$	$0,02 I_n$	1	Jednofázový a vícefázový	Symetrické	$\pm 2,5$
5	I_b	I_n	1	Jednofázový a vícefázový	Symetrické	$\pm 2,0$
6	I_b	I_n	0,5	Jednofázový a vícefázový	Symetrické	$\pm 2,0$
7	I_b	I_n	1	Vícefázový	Jedné fáze *	$\pm 3,0$
8	I_b	I_n	1	Vícefázový	Jedné fáze **	$\pm 3,0$
9	I_{max}	I_{max}	1	Jednofázový a vícefázový	Symetrické	$\pm 2,0$

*Elektroměr je napájen třífázovým symetrickým napětím. Proud prochází libovolnou z fází.

**Elektroměr je napájen třífázovým symetrickým napětím. Proud prochází jinou fází než při zkoušce č. 7.

5.5 Zkouška č. 10: Ověření počítadla

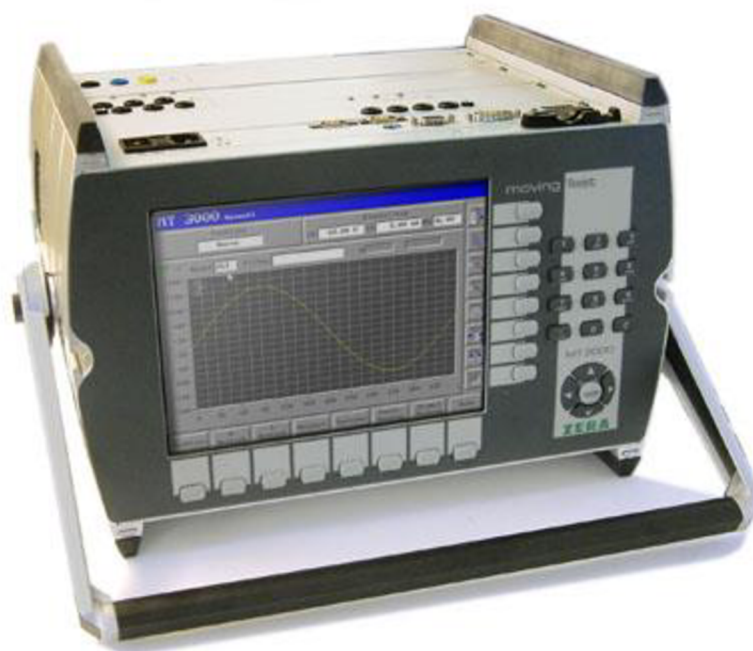
Abychom mohli ověřit, že přesnost nárůstu odečtu počítadla je lepší než $\pm 1,0 \%$, musí se tato zkouška provést měřením dostatečného množství elektrické energie.

6 PŘÍSTROJE PRO TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚŘŮ

Následně si krátce představíme několik zástupců přístrojů testujících elektroměry od různých výrobců.

6.1 ZERA MT 3000

Tento přístroj se používá k testování elektroměrů třídy přesnosti 0,2S; 0,2; 0,5; 1 a 2 v jednofázových, třífázových třívodičových a třífázových čtyřvodičových soustavách. Měří činnou složku, jalovou složku a zdánlivou složku energie. Měří ve čtyřech kvadrantech.



Obr. 6-1 Přední pohled na přístroj ZERA MT3000 [14]

6.2 KOCOS METES 340REF

Tento přístroj měří s přesností 0,2 a 0,5. Kromě přesnosti elektroměru lze pomocí tohoto přístroje měřit také kvalitu sítě. Přístroj METES 340REF lze ovládat pomocí základních čtyř tlačítek na přední straně přístroje a ovládacího kolečka JogDial. K přístroji lze přímo připojit PC nebo notebook a lze tak přístroj řídit pomocí softwaru METES, který umožňuje jak manuální, tak automatické testy elektroměrů.



Obr. 6-2 Přední pohled na přístroj KOCOS METES 340REF [13]

6.3 OMICRON CMC256plus

Přístroj OMICRON CMC256plus slouží nejen k testování elektroměrů, ale také ochran a měřících převodníků. Měří s třídou přesnosti 0,2. Tomuto přístroji se budeme blíže věnovat v následující kapitole.



Obr. 6-3 Přední pohled na přístroj OMICRON CMC256plus [15]

7 TESTER CMC 256PLUS

Tester OMICRON CMC 256plus je zařízení, které slouží pro testování v energetice. Tímto přístrojem lze testovat ochrany, elektroměry a měřicí převodníky v elektrických energetických systémech. Tester OMICRON CMC 256plus je první volbou pro aplikace vyžadující vysokou přesnost. Tato jednotka není jen výbornou zkušební sadou pro testování ochran, ale slouží také jako univerzální kalibrátor. Jeho vysoká přesnost umožňuje kalibraci široké škály měřících přístrojů včetně elektroměrů třídy 0,2; měřících převodníků, zařízení měřících kvalitu napájení a dalších. [15]



Obr. 7-1 Pohled na vstupy a výstupy přístroje OMICRON CMC 256plus na přední straně [15]



Obr. 7-2 Pohled na vstupy a výstupy přístroje OMICRON CMC 256plus na zadní straně [15]

7.1 Vstupy a výstupy testeru OMICRON CMC256plus

Na testeru OMICRON CMC256plus nalezneme různé vstupy a výstupy jako jsou:

- Napěťové výstupy;
- Proudové výstupy A, B;
- Binární/Analogové vstupy;
- Binární výstupy;
- Stejnoseměrný měřicí vstup/výstup;
- 8-pólový společný konektor.

7.2 Optoelektronický snímač TK326

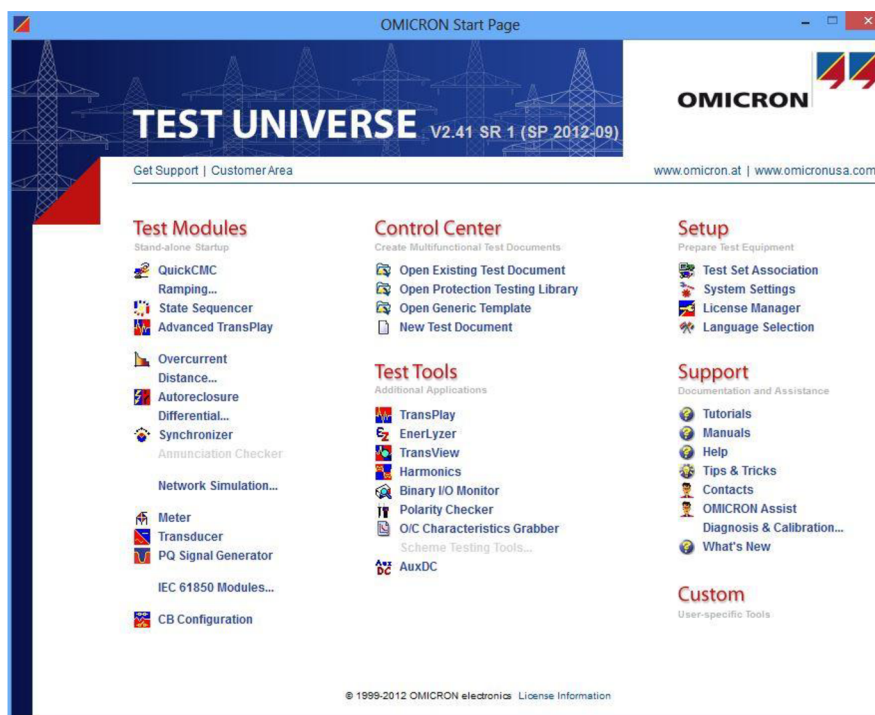
Pro testování elektroměrů je potřebný optoelektronický snímač. Jedná se o doplňkové příslušenství sloužící především k testování elektroměrů. Optoelektronický snímač je k testeru připojen přes konektor EXIF (external interface), který je umístěn na zadní straně elektroměru. Optoelektronický snímač TK326 (obr. 7-3) je schopný snímat impulsy vydávané metrologickou diodou až do vlnové délky infračerveného světla u statických elektroměrů, ale i počet otáček rotoru u elektromechanických elektroměrů. Tento snímač vysílá impulsy do testeru CMC256plus, který tyto impulsy přepočítává pomocí konstanty elektroměru na energii zaregistrovanou elektroměrem.



Obr. 7-3 Optoelektronický snímač TK326 [16]

7.3 Software

Pro ovládání testeru OMICRON CMC256plus pomocí PC slouží software OMICRON Test Universe (obr. 6-3)



Obr. 7-4 Úvodní obrazovka programu OMICRON Test Universe [15]

Program OMICRON Test Universe je složen z několika částí. V první části úvodní obrazovky jsou k dispozici testovací moduly. Každý modul slouží pro testování jiného zařízení.

Program obsahuje následující testovací moduly:

- QuickCMC;
- Ramping;
- State Sequencer;
- Advanced TransPlay;
- Overcurrent;
- Distance;
- Autoreclosure;
- Differential;
- Synchronizer;
- Network Simulation;
- Meter;
- Transducer;
- PQ Signal Generator;
- IEC 61850;
- CB Configuration.

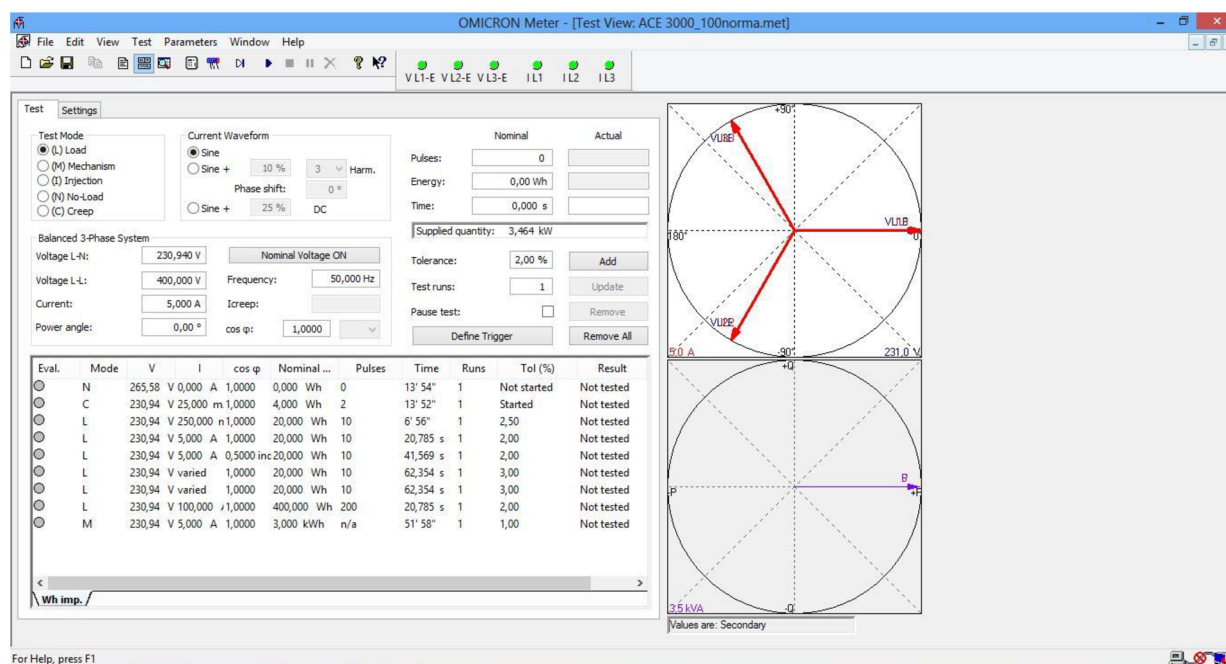
V další části úvodní obrazovky je nabídka Control Center. Ta slouží k vytváření a otevírání dokumentů sloužících k multifunkčnímu testu. Tento dokument obsahuje všechny informace o testu. Jsou v něm také uložena nastavení testovaného objektu, hardwarové konfigurace, parametry testu a dokonce i výsledky testu.

V další části je nabídka testovacích nástrojů Test Tools. V této nabídce jsou tyto nástroje:

- TransPlay;
- EnerLyzer;
- TransView;
- Harmonics;
- Binary I/O Monitor;
- Polarity Checker;
- O/C Characteristic Grabber;
- AuxDC.

7.3.1 Testovací modul Meter

Pro účely testování elektroměrů budeme využívat testovací modul Meter. Hlavní strana testovacího modulu Meter je zobrazena na obrázku 7-4.



Obr. 7-5 Úvodní obrazovka testovacího modulu Meter

Tento modul slouží pro testování elektromechanických i statických elektroměrů až do třídy přesnosti 0,2S. Lze testovat jednofázové, třífázové třívodičové i čtyřvodičové elektroměry, které měří činný výkon (import/export), jalový výkon (import/export), komplexní výkon.

Lze také nastavit výstupní proud sinusový (Sine), sinusový s vyšší harmonickou složkou (Sine+Harmonics), sinusový se stejnosměrnou složkou (Sine+DC).

V tomto testovacím modulu lze nastavit různé režimy.

- **(L) Load**

Tester CMC 256plus měří energii na výstupu z testeru a porovnává ji s energií, kterou zaznamenal elektroměr. Tester začne se zkouškou, jakmile elektroměr vyšle první impuls.
- **(M) Mechanism**

Do elektroměru je posláno známe množství energie. Na začátku měření a také po skončení měření je nutné odečíst údaj přímo z displeje nebo číselníku elektroměru. Rozdíl těchto dvou hodnot se porovnává s množstvím energie poslané do elektroměru.
- **(I) Injection**

Do elektroměru je posláno známé množství energie po přesně stanovenou dobu.
- **(N) No-load**

Na elektroměr je přivedeno pouze napětí. Elektroměr se nesmí rozběhnout. Lze nastavit, aby tester toleroval jeden impuls vyslaný elektroměrem.
- **(C) Creep**

K elektroměru je připojeno napětí. Teče jím velmi malý proud. Elektroměr se musí rozběhnout a pokračovat v měření. Lze nastavit, aby tester požadoval jeden impuls navíc, tedy dohromady dva. Jakmile elektroměr vyšle 2 impulsy, zkouška končí. Začátek zkoušky nečeká na vyslání prvního impulsu.

8 NÁVRH A REALIZACE LABORATORNÍ ÚLOHY PRO TESTOVÁNÍ ELEKTROMĚRŮ

Kompletní návod pro laboratorní úlohu testování elektroměrů pomocí testeru OMICRON CMC 256plus je uveden v příloze A. Tento návod je upraven tak, aby časově vyhověl rozsahu běžného měření studentů. Celková doba čistého měření je 50 minut.

V laboratorní úloze byla provedena zkouška naprázdno, zkouška náběhu, zkoušky přesnosti a ověření počítadla. Zkouška AC napětím nebyla zařazena do laboratorní úlohy z důvodů zaměření na testování elektroměrů právě pomocí testeru CMC 256plus a také z nedostupnosti zdroje tak vysokého napětí.

U zkoušky naprázdno elektroměr vyhoví, vyšle-li za čas vypočtený dle vzorce A.1 maximálně 1 impuls.

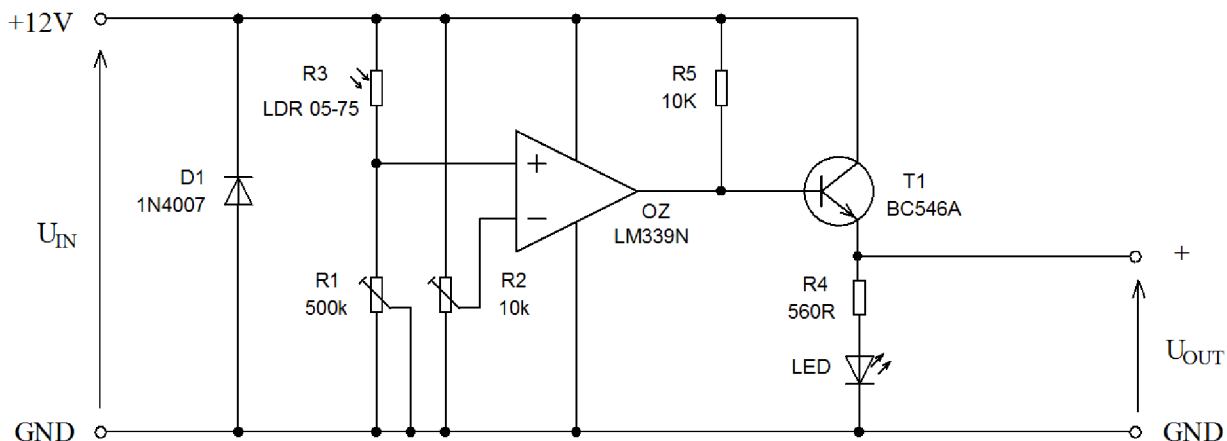
Při zkoušce náběhu jsou automaticky nastaveny dva impulsy. Jakmile je splněna podmínka, že elektroměr vyslal dva impulsy, pak tester přestává měřit a elektroměr zkoušce náběhu vyhověl.

U zkoušek přesnosti jsme volili počet impulsů podle manuálu výrobce.

Z důvodu velké pravděpodobnosti špatného odečtu z číselníku elektroměru při zkoušce ověření číselníku a následné možné velké chyby měření jsme navrhli dva typy měření. Obě měření jsou stejné, liší se pouze u poslední zkoušky ověření číselníku. V prvním měření je u zkoušky ověření číselníku nastaveno množství energie tak, aby splňovalo časové nároky na úlohu měřenou studenty. V druhém měření je již nastaveno správné množství energie, které zaručí nejistotu měření menší než 0,5 %. Tzn. v našem případě je poslední bubínek na elektroměru rozdělen na 100 dílků. Při odečtu hodnot se obsluha v nejlepším případě dopouští chyby 0,5 dílku. U zkoušky ověření číselníku je potřeba údaj odečíst dvakrát, tedy v nejlepším případě nastane chyba 1 dílek. Aby celková nejistota byla menší než 0,5 %, je potřeba, aby se poslední bubínek otočil nejméně třikrát. Pak bude rozlišovací schopnost rovna $1/300$, což je 0,33 %. Otočení posledního bubínku třikrát odpovídá energii 3 kWh, kterou jsme nastavili u zkoušky ověření číselníku ve druhém měření.

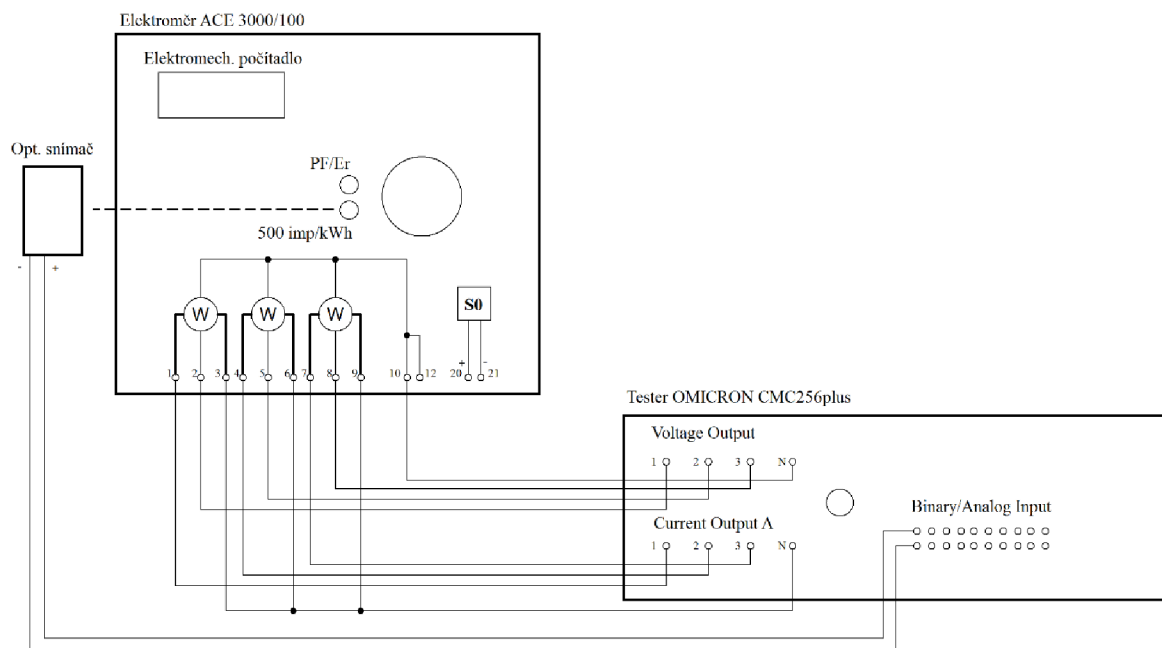
Pro testování elektroměrů jsme použili tester OMICRON CMC 256plus. Pro testování elektroměrů je nezbytné použít také optoelektronický snímač.

Při měření nebyl použit originální snímač TK326 z toho důvodu, že nebyl aktuálně k dispozici. Měření bylo provedeno s vyrobeným snímačem, který ovšem plnil bez problémů stejnou funkci jako originální snímač TK326. Schéma samostatného vyrobeného snímače je na obrázku 8-1. Vyrobený snímač pracuje na základě komparátoru, který je tvořen operačním zesilovačem. Komparátor porovnává napětí mezi invertujícím a neinvertujícím vstupem. Pokud je napětí na neinvertujícím vstupu vyšší než na invertujícím, je na výstupu vyrobeného snímače napětí +12 V. Trimry R1 a R2 slouží k nastavení prahu spínání komparátoru.



Obr. 8-1 Schéma vyrobeného optoelektronického snímače

Při měření s vyrobeným snímačem bylo nepatrně změněno schéma zapojení proti laboratorní úloze pro studenty (viz obr. 8-2). Při použití vyrobeného snímače bylo nutné nastavit binární vstupy na testeru OMICRON CMC 256plus v nabídce Parametres→Hardware Configuration→Binary/Analog Input. V této nabídce změňme hodnotu Binary na Counter a nastavíme jmenovitý rozsah na 12 V.



Obr. 8-2 Schéma zapojení při použití vyrobeného snímače

Při návrhu laboratorní úlohy pro studenty se počítá s použitím originálního snímače TK326, který je již odzkoušen a je k dispozici.

Výsledky prvního měření, které je upraveno pro studenty, jsou zapsány v tabulce 8-1.

Tab. 8-1 Výsledky prvního měření, které je upraveno pro studijní účely

Režim	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	cos φ	Jmenovitá hodnota			Aktuální hodnota			Výsledek	Vyhodnocení
								Počet impulsů	Množství energie [Wh]	Čas [min]	Počet impulsů	Množství energie [Wh]	Čas [min]		
N	265,58	265,58	265,58	0	0	0	1	-	-	13,9	-	-	13,9	Nezačal	Vyhověl
C	230,94	230,94	230,94	0,025	0,025	0,025	1	-	-	13,9	-	-	8,4	2 imp.	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	0,25	0,25	0,25	1	10	20,000	6,93	10	20,082	6,97	-0,41%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	5	5	5	1	10	20,000	0,34	10	20,020	0,35	-0,10%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	5	5	5	0,5 ind.	10	20,000	0,68	10	20,021	0,69	-1,06%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	5	0	0	1	10	20,000	1,03	10	19,991	1,03	0,04%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	0	5	0	1	10	20,000	1,03	10	20,051	1,04	-0,25%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	10	10	10	1	200	400,000	3,46	200	400,329	3,47	-0,08%	Vyhověl
M	230,94	230,94	230,94	5	5	5	1	-	500,000	8,67	-	500,000	8,67	0,00%	Vyhověl

Výsledky druhého měření jsou zobrazeny v tabulce 8-2.

Tab. 8-2 Výsledky druhého měření

Režim	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	cos φ	Jmenovitá hodnota			Aktuální hodnota			Výsledek	Vyhodnocení
								Počet impulsů	Množství energie [Wh]	Čas [min]	Počet impulsů	Množství energie [Wh]	Čas [min]		
N	265,58	265,58	265,58	0	0	0	1	-	-	13,9	-	-	13,9	Nezačal	Vyhověl
C	230,94	230,94	230,94	0,025	0,025	0,025	1	-	-	13,9	-	-	7,17	2 imp.	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	0,25	0,25	0,25	1	10	20,000	6,93	10	20,082	6,97	-0,41%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	5	5	5	1	10	20,000	0,34	10	20,021	0,35	-0,10%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	5	5	5	0,5 ind.	10	20,000	0,68	10	20,021	0,69	-1,06%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	5	0	0	1	10	20,000	1,03	10	19,990	1,03	0,05%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	0	5	0	1	10	20,000	1,03	10	20,050	1,04	-0,25%	Vyhověl
L	230,94	230,94	230,94	10	10	10	1	200	400,000	3,46	200	400,319	3,47	-0,08%	Vyhověl
M	230,94	230,94	230,94	5	5	5	1	-	3000,000	51,97	-	2990,000	51,97	-0,33%	Vyhověl

Detailnější automatický report, vytvořený v programu Test Universe, jak pro první, tak pro druhé měření je uveden v příloze B, respektive v příloze C.

Vytvořené testy v programu Test Universe jsou přiloženy jako příloha na DVD. Testy jsou vytvořeny ve verzi 2.41 SR 1.

Příklady výpočtu:

$$\Delta t \geq \frac{480 \cdot 10^6}{k_i \cdot m \cdot U_n \cdot I_{\max}} = \frac{480 \cdot 10^6}{500 \cdot 3 \cdot 230 \cdot 100} = \underline{\underline{13,91 \text{ min}}} = \underline{\underline{13 \text{ min } 54 \text{ s}}}$$

Pozn.: U výpočtu relativní chyby byly použity hodnoty z třetího řádku tabulky 8-1.

$$\delta = \frac{E_{TO} - E_{CMC}}{E_{CMC}} \cdot 100 = \frac{20 - 20,082}{20,082} \cdot 100 = \underline{\underline{-0,41 \%}}$$

8.1 Závěr měření

Pomocí testeru CMC 256plus jsme otestovali statický třífázový činný elektroměr ACE 3000/100 s třídou přesnosti 2. Elektroměr jsme podrobili zkoušce naprázdno, zkoušce náběhu, zkouškám přesnosti a zkoušce ověření číselníku. Jelikož je elektroměr nový a je úředně ověřen, měl by ve všech zkouškách vyhovět. To bylo potvrzeno a elektroměr opravdu vyhověl ve všech námi provedených zkouškách.

9 ZÁVĚR

V práci je uveden přehled způsobů měření aktivních elektrických veličin, stručný popis vývoje, typů elektroměrů a jejich standardů. V další části jsou uvedeny zkoušky pro testování elektroměrů s hodnotami pro elektroměry třídy přesnosti 2. Práce obsahuje také stručné představení testeru OMICRON CMC 256plus a programu Test Universe.

Hlavním cílem práce byl návrh a realizace laboratorní úlohy pro testování elektroměrů pomocí testeru OMICRON CMC 256plus. Laboratorní úloha je navržena pro testování statických elektroměrů třídy přesnosti 2 s ohledem na časový rozsah laboratorních měření studentů. V úloze je elektroměr podroben zkoušce naprázdno, zkoušce náběhu, zkouškám přesnosti a zkoušce ověření číselníku.

Při realizaci a měření úlohy nastal drobný problém, originální optoelektronický snímač TK326 nebyl k dispozici. Proto byla úloha změřena za použití vlastnoručně vyrobeného optoelektronického snímače, který po dodatečném nastavení testeru OMICRON CMC 256plus pracoval správně a spolehlivě. Vlastnoručně vyrobený optoelektronický snímač neměl na výsledky zkoušek elektroměrů žádný vliv. Elektroměr vyhověl všem podrobeným zkouškám.

Při návrhu laboratorní úlohy se počítá s použitím originálního optoelektronického snímače TK326, který je schopen snímat také kotouč elektromechanického elektroměru. Do budoucna by bylo tedy možné rozšíření laboratorní úlohy o zkoušení i elektromechanického elektroměru.

POUŽITÁ LITERATURA

Knihy

- [1] BARTUŠEK, Karel, Eva GESCHEIDTOVÁ, Radek KUBÁSEK, Jan MIKULKA, Jiří REZ a Miloslav STEINBAUER. *Měření v elektrotechnice*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Brno: VUTIUM, 2010, 212 s. ISBN 978-80-214-4160-6.
- [2] MACHÁČEK, Cyril. *Elektroměry, základ hospodaření elektřinou*. [Vyd. 1.]. Praha: Státní nakl. technické literatury, 1959, 287 p.
- [3] KUBÍN, Miroslav. *Přenosy elektrické energie ČR v kontextu evropského vývoje*. Praha: ČEPS, 2004, 567 s.
- [4] GESCHEIDTOVÁ, Eva. *Elektrická a elektronická měření: Návod k laboratorním cvičením*. 1. vyd. Brno: PC-DIR Real, 1998, 122 s. ISBN 80-214-1185-6.

Normy

- [5] ČSN EN 50470-1: 2007. *Vybavení pro měření elektrické energie (AC) - Část 1: Všeobecné požadavky, zkoušky a zkušební podmínky - Měřicí zařízení (třídy A, B a C)*
- [6] ČSN EN 50470-2: 2007. *Vybavení pro měření elektrické energie (AC) - Část 2: Zvláštní požadavky - Činné elektromechanické elektroměry (třídy A a B)*
- [7] ČSN EN 50470-2: 2007. *Vybavení pro měření elektrické energie (AC) - Část 3: Zvláštní požadavky - Statické činné elektroměry (třídy A, B a C)*
- [8] ČSN EN 62058-21: 2011. *Vybavení pro měření elektrické energie (AC) - Přejímací kontrola - Část 21: Zvláštní požadavky pro elektromechanické činné elektroměry (třídy 0,5, 1 a 2 a třídy A a B)*
- [9] ČSN EN 62058-31: 2011. *Vybavení pro měření elektrické energie (AC) - Přejímací kontrola - Část 31: Zvláštní požadavky pro statické činné elektroměry (třídy 0,2 S, 0,5 S, 1 a 2 a třídy A, B a C)*
- [10] ČSN EN 62052-11: 2003. *Vybavení pro měření elektrické energie (AC) - Všeobecné požadavky, zkoušky a zkušební podmínky - Část 11: Elektroměry*

Webové stránky

- [11] ELEKTROMĚRY S.R.O. *Trojfázové elektromechanické elektroměry* [online]. [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: <http://www.elektromery.com/soubory/ETsl.pdf>
- [12] ZPA SMART ENERGY A.S. *Třífázové statické elektroměry* [online]. [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: http://www.zpa.cz/index.php/cz/content/download/684/5201/file/AM+350_26-04-2011_C-2-28-05_web.pdf
- [13] KOCOS. *METES 340REF* [online]. [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: <http://www.kocos.com/en/products-solutions/measuring-and-test-systems/meter-testing/portable-equipment/metes-340ref.html>
- [14] ZERA. *The Moving Test MT3000 - Series* [online]. [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: <http://www.zera.de/products/meter-test/moving-test-3000/index.html>
- [15] OMICRON. *CMC 256plus* [online]. [cit. 2012-12-14]. Dostupné z: <http://www.omicron.at/en/products/pro/secondary-testing-calibration/cmc-256plus/>
- [16] OMICRON. *TK326* [online]. [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://www.omicron.at/en/products/pro/secondary-testing-calibration/accessories/meter-accessories/>
- [17] ELEKTROMĚRY S. R. O. *Actaris: ACE 3000/100* [online]. [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: <http://www.elektromery.com/images/1204379413.jpg>
- [18] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Výroba a spotřeba elektřiny v Pardubickém kraji v roce 2012* [online]. [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: http://www.czso.cz/x/redakce.nsf/i/vyroba_a_spotreba_elektriny_v_pardubickem_kraji_v_roce_2012

PŘÍLOHA A – LABORATORNÍ ÚLOHA

1 CÍL ÚLOHY

Ověřit elektroměr ACE 3000/100 pomocí testeru OMICRON CMC 256plus ve zkoušce chodu naprázdno, zkoušce náběhu, zkouškách přesnosti a ověření číselníku. V závěru vyhodnotit, zda elektroměr vyhověl těmto zkouškám.

2 TEORETICKÝ ROZBOR

Měření elektrické energie

Elektrická energie je považována za nejušlechtlejší formu energie. Je to hlavně z důvodu univerzality jejího použití. Lze ji snadno dopravovat z místa výroby do místa spotřeby a také ji lze snadno přeměnit v jinou formu energie.

Elektrická energie je stejně jako ostatní energie obchodním artiklem a z toho důvodu je zde nutnost tuto spotřebu přesně měřit. Přístroj sloužící k měření spotřeby elektrické energie se nazývá elektroměr. Podle údaje na elektroměru se řídí i fakturace za spotřebovanou elektrickou energii, proto jsou na elektroměry kladeny jisté požadavky na přesnost.

Typy elektroměrů

Elektroměry se mohou dělit podle počtu měřených fází na jednofázové, třívodičové třífázové, čtyřvodičové třífázové. Dále se dělí podle způsobu zapojení na přímé zapojení a nepřímé zapojení. U nepřímého zapojení jsou elektroměry připojeny do sítě přes transformátory napětí a proudu. Podle třídy přesnosti se elektroměry dělí na 0,2S; 0,5S; 1; 2 a na třídu A, B, C. Asi největší rozdělení elektroměrů je dělení na statické a elektromechanické.

Elektromechanické elektroměry jsou založeny na Ferrarisově principu. Otáčení kotouče, uloženého v ložiskách, způsobují střídavé účinky dvou ve fázi posunutých magnetických polí. Při testování je nutné použít snímací zařízení, které umožňuje snímat kotouč elektroměru.

U statických elektroměrů, jak už jejich název napovídá, nedochází při měření k žádnému pohybu jeho součástí. Napětí a proud jsou násobeny elektronicky a výsledná hodnota je zobrazena buď na displeji či na elektromechanickém počítadle. Při testování je nutné použít snímací zařízení, které umožňuje snímat metrologickou diodu.

Testovaný elektroměr

Testovaný elektroměr je vyroben firmou Actaris. Jedná se o typ ACE 3000/100. Je to čtyřvodičový třífázový činný elektroměr třídy přesnosti 2. Je v provedení pro montáž na kříž. Jeho proudový rozsah je 5-100 A, přičemž jmenovitý proud $I_b=5$ A, maximální proud $I_{max}=100$ A, jmenovité napětí $U_n=230/400$ V. Impulsní výstup S0 je naprogramován s konstantou $k_{S0}=250$ imp/kWh. Optický výstup LED je naprogramován s konstantou $k_{LED}=500$ imp/kWh. Vnější provedení viz obrázek 1.



Obr. A - 1 Statický třífázový činný elektroměr Actaris ACE 3000/100 [17]

Zkoušky podle ČSN

Níže uvedené zkoušky jsou již specifikovány pro statický třífázový činný elektroměr třídy přesnosti 2. Mimo zkoušku ověření počítadla se všechny zkoušky řídí dle ČSN EN 62058-31. Zkouška ověření počítadla byla zkrácena z důvodu velké časové náročnosti.

1. Zkouška chodu naprázdno

Na napěťové obvody elektroměru musí být připojeno 115 % referenčního napětí. Proudové obvody musí být rozpojeny.

Minimální doba zkoušky je

$$\Delta t \geq \frac{480 \cdot 10^6}{k_i \cdot m \cdot U_n \cdot I_{\max}}, \quad (\text{min}) \quad (\text{A.1})$$

kde jsou k_ipočet impulsů vysílaných výstupním zařízením na jednu kWh

m počet měřících prvků

U_njmenovité napětí

I_{\max}maximální proud.

Za tuto dobu nesmí zkušební výstup elektroměru vyslat více než jeden impuls.

2. Zkouška náběhu

Elektroměr je připojen na referenční napětí a symetricky zatížen. Musí se rozběhnout a pokračovat v měření při proudu $0,005 I_b$. Zkouška je splněna, pokud svítící dioda vyslala 2 anebo více impulsů.

3. Zkoušky přesnosti

Zkoušky přesnosti se provedou podle níže uvedené tabulky (tab. A - 1), a to ve stanoveném pořadí. Zkoušky se provedou bez čekání mezi jednotlivými měřeními na dosažení teplotní stability.

Tab. A - 1 Zkušební body zkoušek přesnosti a jejich mezní relativní chyby

Hodnota proudu	Účinník	Zátěž	Mezní hodnoty relativní chyby pro elektroměry třídy 2	Počet impulsů
$0,05 I_b$	1	Symetrické	$\pm 2,5$	10
I_b	1	Symetrické	$\pm 2,0$	10
I_b	0,5 (ind.)	Symetrické	$\pm 2,0$	10
I_b	1	Jedné fáze *	$\pm 3,0$	10
I_b	1	Jedné fáze **	$\pm 3,0$	10
I_{max}	1	Symetrické	$\pm 2,0$	200

*Elektroměr je napájen třífázovým symetrickým napětím. Proud prochází libovolnou z fází.

**Elektroměr je napájen třífázovým symetrickým napětím. Proud prochází jinou fází než při předchozí zkoušce.

Výpočet relativní chyby je dán vztahem

$$\delta = \frac{E_{TO} - E_{CMC}}{E_{CMC}} \cdot 100, \quad (\%) \quad (\text{A.2})$$

kde jsou E_{TO}energie změřená elektroměrem

E_{CMC} energie na výstupu testeru CMC 256plus.

Elektroměr vyhovuje, pokud jsou zjištěné relativní chyby menší než meze chyb uvedených v tabulce.

4. Zkouška ověření počítadla

Tato zkouška se musí provést měřením dostatečného množství elektrické energie, aby se ověřilo, že přesnost odečtu počítadla je ± 1 %.

Aby byla splněna podmínka nejistoty měření menší než 0,5 %, musí se poslední bubínek otočit, je-li rozdělen na 100 dílků, minimálně třikrát. To odpovídá hodnotě 3 kWh. V tomto měření však množství energie snížíme z důvodu úspory času.

Tester CMC 256plus

Tester OMICRON CMC 256plus je zkušební zařízení pro sekundární zkoušky. Pomocí něj lze testovat ochrany, měřicí převodníky, elektroměry až do třídy přesnosti 0,2S. Zařízení CMC 256plus lze také použít jako univerzální kalibrátor. Tester OMICRON CMC 256plus je řízen pomocí PC a softwarového nástroje OMICRON Test Universe.

Program Test Universe – modul Meter

V programu OMICRON Test Universe se nachází mnoho testovacích modulů, které slouží k testování různých zařízení. Pro zkoušení elektroměrů slouží testovací modul Meter.

V tomto modulu lze nastavit různé režimy testování:

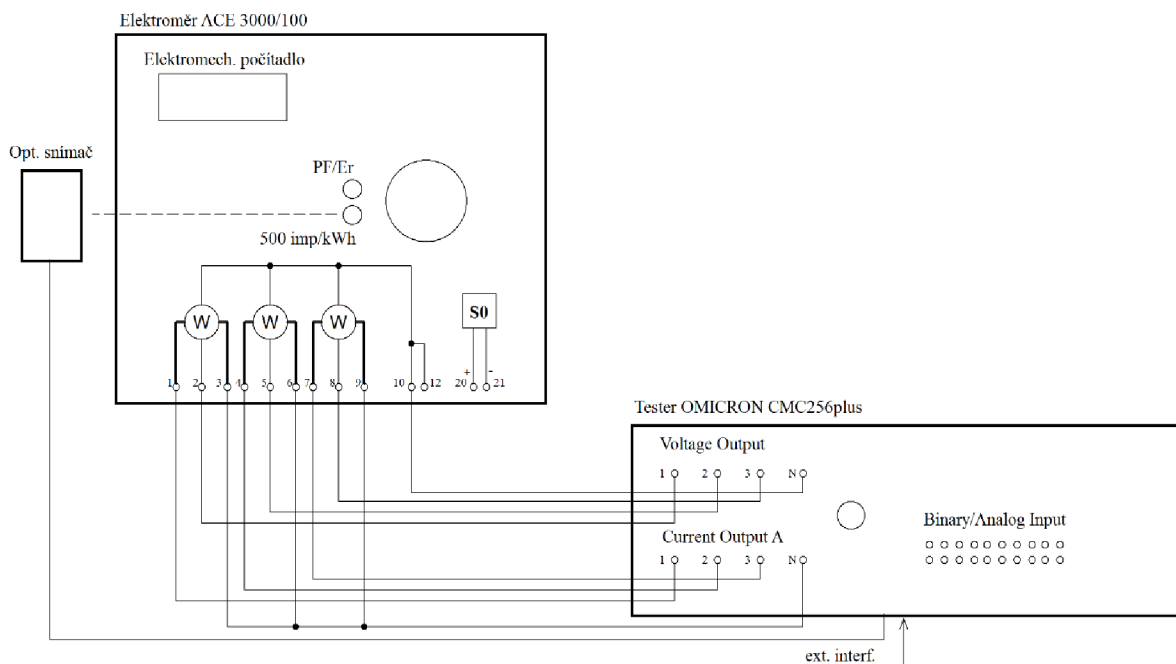
- (L) Load;
- (M) Mechanism;
- (I) Injection;
- (N) No-load;
- (C) Creep.

Můžeme také nastavit průběh proudu. Ten lze volit mezi čistě sinusovým průběhem, sinusovým průběhem s vyšší harmonickou složkou nebo sinusovým průběhem se stejnosměrnou složkou.

Dále lze nastavit jmenovité fázové, respektive sdružené napětí, jmenovitý proud, úhel výkonu, respektive účinník a toleranci. Tyto parametry lze pomocí ikony v panelu nástrojů (Detail view) nastavit pro každou fázi zvlášť.

V poslední řadě lze na zvoleném režimu zadat množství dodané energie do elektroměru. Pole impulsy, energie a čas jsou spolu navzájem provázány. Stačí zadat hodnoty do jednoho pole a ostatní pole se automaticky dopočítají.

3 SCHÉMA ZAPOJENÍ



Obr. A - 2 Schéma zapojení

4 POSTUP

- Podle schématu připojte k testeru elektroměr. Pro připojení svorek 2, 5, 8 jsou připraveny speciální vodiče, které jsou na jednom konci 4 cm odizolovány. Tyto vodiče slouží jednak k připojení jmenovitého napětí, ale také pomocí pružinového kontaktu k rozpojení proudových a napěťových obvodů. Proto postupujte při zasouvání vodičů do svorek 2, 5 a 8 velice opatrně, aby nedošlo k poškození těchto pružinových kontaktů. Připojte k testeru CMC 256plus optický snímač TK326 přes rozhraní EXIF (external interface), které je umístěné na zadní straně přístroje. Zároveň snímač připevněte na elektroměr tak, aby byl přímo naproti metrologické diodě, ta je na elektroměru značena konstantou 500 imp/kWh. Zapojení si nechte překontrolovat.
- Zapněte tester CMC 256plus a na PC spusťte program Test Universe. V testovacích modulech zvolte modul Meter. Ověřte si, že tester komunikuje s PC, což je zobrazeno v pravém dolním rohu.
- V panelu Parameters → Test object → Device → Edit nastavíme do kolonky názvu (Name) typ elektroměru ACE 3000/100. Jako výrobce elektroměru (Manufacturer) vyplníme firmu Actaris. V pravé části přepíšeme hodnoty elektroměru. Jelikož se jedná o přímo připojený elektroměr, budou primární i sekundární hodnoty stejné. Jmenovité sdružené napětí (V_{nom}) $U_{ns}=400$ V, jmenovitý proud (I_{nom}) $I_n=5$ A, maximální sdružené napětí (V_{max}) $U_{maxs}=470$ V, maximální proud $I_{max}=100$ A.

4. V panelu Parameters → Test object → Meter → Edit nastavíme typ elektroměru (Meter Type) na měření Watt hodin (Watt hour). Zvolíme směr energie (Direction) na Import (Importing), typ pulsu (Pulse Type) zvolíme aktivní vysoký (Active high). Zaškrtneme možnost čtyřvodičový elektroměr (Four-wire meter), export je 180° (Export is 180°) a změním sekundární hodnotu konstanty elektroměru na 500 imp/kWh (Pulses/Quantity). Nastavíme třídu přesnosti (Class) elektroměru na hodnotu 2.
5. V panelu Parameters → Hardware Configuration → záložka General ověříme, že je vybrán tester CMC 256plus. Otevřeme Details, kde jako napěťové výstupy (Voltage Outputs) zvolíme možnost 3x300 V; 85 VA @ 85 V; 1 Arms. Jako proudové výstupy (Current Outputs) zvolíme možnost 3x12,5 A; 70 VA @ 7,5 A; 10 Vrms pro proudový výstup A. V panelu Parameters → Hardware Configuration → záložka Binary/Analog Inputs změním ve sloupci Vstupní signál modulu testu (Test Module Input Signal) v předposledním řádku z možnosti společného použití (Common) na možnost Watt hodiny importované (Wh imp.).
6. V hlavní obrazovce modulu Meter v záložce Settings změním čas rozběhu (Startup time) na hodnotu 10 s. Pokud znáte teplotu (Ambient temp.) a relativní vlhkost prostředí (Rel. humidity), vyplňte i příslušné kolonky. Zaškrtněte možnosti akceptovat jeden impuls při zkoušce naprázdno (Accept one pulse in the No-load test) a požadovat jeden impuls navíc při zkoušce náběhu (Require one additional pulse in the Creep test). Všechny zkoušky se nastavují v hlavní obrazovce modulu Meter v záložce Test. Výsledky všech zkoušek lze zobrazit v reportu, který otevřeme tlačítkem Report view také v panelu nástrojů. Tento report si uložíme pomocí File → Export Report ve formátu .rtf.
7. Pro zkoušku naprázdno nastavíme režim (Test Mode) na (N) No-load, napětí (Voltage L-N, resp. Voltage L-L) na hodnotu 1,15 U_n a čas (Time) na hodnotu vypočtenou podle vzorce uvedeného v teor. úvodu. Zkoušku přidáme do fronty tlačítkem Add. Zkoušku spustíme tlačítkem Start/continue test v panelu nástrojů a po jejím skončení si uložíme report zkoušky. Následně zkoušku odebereme tlačítkem Remove.
8. Pro zkoušku náběhu zvolíme režim (C) Creep. Nastavíme hodnotu jmenovitého napětí U_n a proudu 0,005 I_b (0,5 % I_n). Zkoušku přidáme do fronty a spustíme test. Uložíme si report zkoušky a zkoušku odebereme.
9. Pro zkoušky přesnosti zvolíme režim (L) Load. U zkoušek přesnosti přidáme do fronty celkem 6 zkoušek v přesně stanoveném pořadí jako v tabulce A - 1. Hodnoty proudu, účinníku, počtu impulsů (Pulses) a tolerance (Tolerance) pro každou zkoušku nastavujeme podle tabulky A -1. Všechny zkoušky se provádějí při jmenovitém napětí. U čtvrté a páté zkoušky přesnosti nastavujeme zátěž pouze jedné fáze pomocí tlačítka Detail view v panelu nástrojů. U páté zkoušky přesnosti nastavujeme zátěž jiné fáze než ve čtvrté zkoušce přesnosti. Zpět do úvodní obrazovky modulu Meter se vrátíme pomocí tlačítka Test view v panelu nástrojů.
Pozor! U poslední zkoušky přesnosti nenastavujeme maximální proud $I_{max}=100$ A, ale pouze $I_{max}=10$ A, a to z důvodu omezení připojovacích vodičů a také maximální-

ho proudového výstupu testeru CMC 256plus. Uložíme si report zkoušek a zkoušky odebereme.

10. Pro zkoušku ověření číselníku zvolíme režim M (Mechanism). Nastavíme jmenovité napětí U_n , proud I_b , účinník 1, toleranci 1 % a energii (Energy) 500 Wh. Přidejte test do fronty. Po spuštění testu, stejně tak po skončení testu, Vás program vyzve k zadání hodnoty z číselníku elektroměru. Odečítejte pečlivě, protože při tak malém množství energie může při špatném odečtu snadno dojít ve výsledku k velké chybě. Uložíme report.

PŘÍLOHA B – REPORT Z MĚŘENÍ ČÍSLO 1

Ace_3000_100_Mereni_jedna(student):

Test Object - Meter Settings

Meter type:	Watt hour
Direction:	Importing
Quadrant:	n/a
Class:	2,00
Certified:	
Settling time:	5,000 s
Pulses per rotation:	1
Pulse:	Active High
Three-Wire:	No
Single Phase:	No
Gated Mechanism:	No
Creep Time factor:	120 %

Transformer data:

V primary:	400,00 V	
Vsecondary:	400,00 V	
PT ratio:	1,0	
I primary:	5,00 A	
Isecondary:	5,00 A	
CT ratio:	1,0	
Meter Constant (Primary):	5,00000e+005 Pul/MWh	2,00000e-006 MWh/Pul
Meter Constant (Secondary):	5,00000e+002 Pul/kWh	2,00000e-003 kWh/Pul

Comment

Test Module

Name:	OMICRON Meter	Version:	2.40 SR 1
Test Start:	27-V-2013 11:19:19	Test End:	27-V-2013 12:04:01
User Name:		Manager:	
Company:			

Test Settings

Values are:	Secondary	Ambient Temp.:	23,0 °C
Warm-up time:	10,000 s	Rel. Humidity:	68,0 %
Startup time:	10,000 s		
Tolerate No-Load Pulse:	Yes		
Require additional Creep Pulse:	Yes		

Reference (for Load tests):
CMC

Condensed Test Report

Metering Function: Active Power - Importing

Mode	Runs	VL1 E (V)	VL2 E (V)	VL3 E (V)	IL1 (A)	IL2 (A)	IL3 (A)	cos φ	Nominal			Actual			Result	Correc.	Eval.
									Pul	Quant.	Time	Pul	Quant.	Time			
N	1	268,47	268,47	268,47	0,000	0,000	0,000	1,0000			13' 54"			13' 54"	Not started	n/a	Passed
C	1	230,94	230,94	230,94	25,000 m	25,000 m	25,000 m	1,0000			13' 52"			8' 24"	Started	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	250,000 m	250,000 m	250,000 m	1,0000	10	20,000 Wh	6' 56"	10	20,082 Wh	6' 58"	-0,4081 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	5,000	5,000	5,000	1,0000	10	20,000 Wh	20,785 s	10	20,020 Wh	20,805 s	-0,0985 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	5,000	5,000	5,000	0,5000 ind	10	20,000 Wh	41,569 s	10	20,021 Wh	41,614 s	-0,1064 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	5,000	0,000	0,000	1,0000	10	20,000 Wh	62,354 s	10	19,991 Wh	62,326 s	0,0445 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	0,000	5,000	0,000	1,0000	10	20,000 Wh	62,354 s	10	20,051 Wh	62,513 s	-0,2541 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	10,000	10,000	10,000	1,0000	200	400,000 Wh	207,846 s	200	400,329 Wh	208,017 s	-0,0823 %	n/a	Passed
M	1	230,94	230,94	230,94	5,000	5,000	5,000	1,0000		500,000 Wh	8' 40"		500,000 Wh	8' 40"	0,0000 %	n/a	Passed

Test State:
Test passed

PŘÍLOHA C – REPORT Z MĚŘENÍ ČÍSLO 2

Ace_3000_100_Mereni_dva:

Test Object - Meter Settings

Meter type:	Watt hour
Direction:	Importing
Quadrant:	n/a
Class:	2,00
Certified:	
Settling time:	5,000 s
Pulses per rotation:	1
Pulse:	Active High
Three-Wire:	No
Single Phase:	No
Gated Mechanism:	No
Creep Time factor:	120 %

Transformer data:

V primary:	400,00 V	
Vsecondary:	400,00 V	
PT ratio:	1,0	
I primary:	5,00 A	
Isecondary:	5,00 A	
CT ratio:	1,0	
Meter Constant (Primary):	5,00000e+005 Pul/MWh	2,00000e-006 MWh/Pul
Meter Constant (Secondary):	5,00000e+002 Pul/kWh	2,00000e-003 kWh/Pul

Comment

Test Module

Name:	OMICRON Meter	Version:	2.40 SR 1
Test Start:	27-V-2013 13:01:38	Test End:	27-V-2013 14:38:40
User Name:		Manager:	
Company:			

Test Settings

Values are:	Secondary	Ambient Temp.:	22,0 °C
Warm-up time:	10,000 s	Rel. Humidity:	68,0 %
Startup time:	10,000 s		

Tolerate No-Load Pulse: Yes
 Require additional Creep Pulse: Yes

Reference (for Load tests):
 CMC

Condensed Test Report

Metering Function: Active Power - Importing

Mo de	Ru ns	VL1 (V)	VL2 (V)	VL3 (V)	IL1 (A)	IL2 (A)	IL3 (A)	cos φ	Nominal			Actual			Result	Corre c.	Eval.
									Pul	Quant.	Time	Pul	Quant.	Time			
N	1	265,58	265,58	265,58	0,000	0,000	0,000	1,0000			13' 54"			13' 54"	Not started	n/a	Passed
C	1	230,94	230,94	230,94	25,000 m	25,000 m	25,000 m	1,0000			13' 52"			7' 10"	Started	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	250,000 m	250,000 m	250,000 m	1,0000	10	20,000 Wh	6' 56"	10	20,082 Wh	6' 58"	-0,4101 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	5,000	5,000	5,000	1,0000	10	20,000 Wh	20,785 s	10	20,021 Wh	20,806 s	-0,1028 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	5,000	5,000	5,000	0,5000 ind	10	20,000 Wh	41,569 s	10	20,021 Wh	41,613 s	-0,1054 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	5,000	0,000	0,000	1,0000	10	20,000 Wh	62,354 s	10	19,990 Wh	62,322 s	0,0511 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	0,000	5,000	0,000	1,0000	10	20,000 Wh	62,354 s	10	20,050 Wh	62,510 s	-0,2503 %	n/a	Passed
L	1	230,94	230,94	230,94	10,000	10,000	10,000	1,0000	200	400,000 Wh	207,84 s	200	400,319 Wh	208,01 s	-0,0797 %	n/a	Passed
M	1	230,94	230,94	230,94	5,000	5,000	5,000	1,0000		3,000 kWh	51' 58"		2,990 kWh	51' 58"	-0,3333 %	n/a	Passed

Test State:
 Test passed