

ОБУЧИТЕЛНИ ПОДХОДИ ЗА ОЦЕНКА НА СЪОТВЕТСТВИЕТО С АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГРЕШКАТА И ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА СТАТИЧЕН МОНОФАЗЕН ЕЛЕКТРОМЕР

Камелия Кирилова, Георги Милушев

Резюме: Представено е приложението на уредба за оценка на съответствието (метрологична проверка) на точността на монофазни статични електромери в учебната подготовка на инженерните специалисти (бакалаври и магистри) с профил електроинженер. Уредбата позволява да се изследва грешката на електромера за активна, реактивна и пълна енергия при различни стойности на фиктивния товар, да се провери съответствието на нормите за самоход и чувствителност. Предвидени са тестове за оценка на точността на електромера и проверка на съответствието на грешката при измерване на активна енергия в ръчен и автоматичен режим и автоматично, при наличие на реактивна съставка с индуктивен и капацитивен характер.

Ключови думи: активна енергия, грешка, електромер, метрологична проверка

TRAINING APPROACHES FOR CONFORMITY ASSESSMENT WITH AUTOMATED SYSTEM FOR THE STUDY OF ERROR AND CHARACTERISTICS OF STATIC SINGLE PHASE ELECTRICITY METER

Kameliya Kirilova, George Milushev

Abstract: Presented is the application of legislation for conformity assessment (metrological inspection) the accuracy of single-phase static electricity in academic preparation and plant engineers (BSc and MSc) in electrical profile. The regulation/system allows to examine the error of the meter for active, reactive and total energy for various values of the dummy load to verify that the standards for propulsion and sensitivity. There are tests to evaluate the accuracy of meter and verify compliance of the error in measuring active energy in manual or automatic mode and automatically, in the presence of reactive component of inductive and capacitive nature.

Keywords: active energy, electricity meters, error, metrological check

1. Въведение

Оценката на съответствието (ОС) при техническите измервания е многообхватна област, която има дефинирана регулаторна рамка. Значимостта на тази дейност е голяма, с оглед на обхванатите финансовите потоци и множество заинтересовани страни. По тази причина на Европейско и

Национално ниво, в чисто технически аспект, има множество хармонизирани регулации. Един от регулаторните аспекти за ОС, в областта на електрическата енергия, са техническите и метрологични характеристики на електромерите. По тази причина за специалности "Автоматика, информационна и управляваща техника" и „Електроенергетика и електрообзавеждане" в ТУ-София, в рамките на дисциплината "Електрически измервания" е разработено упражнение за изследване на грешката и характеристиките на статичен монофазен електромер с автоматизирана уредба *EMSYST EE-IU-1*.

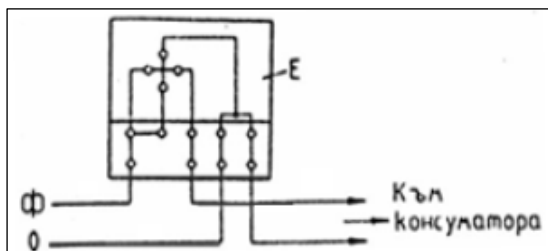
Целта на обучението е запознаване на студентите с принципната схема и принципа на действие на статичен монофазен електромер; получаване на познания за точността на уреда, чрез изследването на грешката му в ръчен и автоматичен режим; запознаване с нормативните изисквания при извършването на проверка на този вид средства за измерване и формиране на умения за пряко оценяване съответствието на метрологичните характеристики на средство за измерване към определена норма.

Разучава се уредба за проверка на монофазни електромери *EMSYST EE-IU-1*. Посредством USB интерфейс е осъществена връзка с компютър за улесняване на работата с уредбата. Управлението и въвеждането на необходимите настройки на уредбата се извършват с помощта на софтуерното приложение *Electricity Energy Test System Remote Control ver.1.0*. Необходимо е студентите да са предварително подготвени за теоретичната част на упражнението от съответните литературни източници [1, 2, 3, 4].

2.Изложение

Част 1. Теоретични постановки

Предмет на изследване е уредът за непосредствено отчитане на електричната енергия – електромерът. В зависимост от конструкцията електромерите се разделят на електромеханични (индукционни) и електронни (статични), като принципът на действие се базира на зависимостта между протичащия ток, електрическото напрежение и времето за потребление. Изследва се по-специално статичен монофазен електромер. **Статичните електромери**, използващи цифрово умножение на напрежености и токови сканирани сигнали са най – точните уреди за измерване на електрическа мощност и енергия. Предимствата на такива уреди са: кратковременна и дълготрайна стабилност, измерване на комплекс от параметри, възможности за дистанционно отчитане и управление, автокалибриране, вградени тестове за работоспособност и много други функции в резултат на процесорно – базирана система.



Фиг. 1 Схема на свързване на монофазен електромер

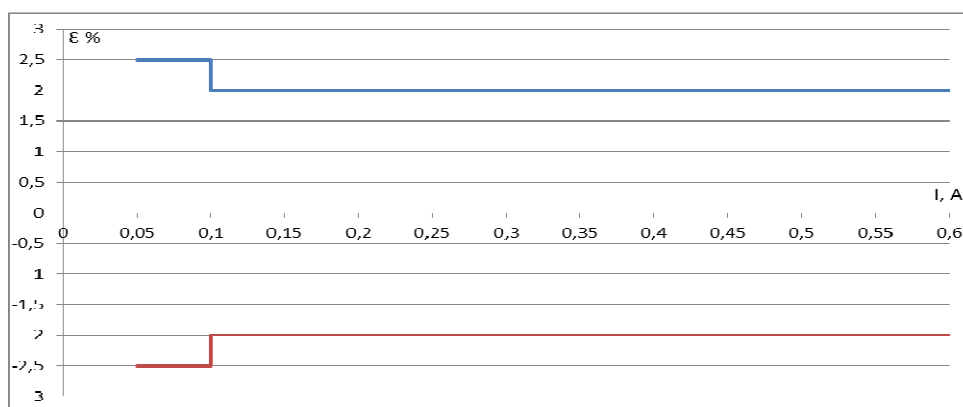
Електромерите се присъединяват към електрическата верига, в точките на мониторинг на консуматора и/или разплащане между доставчик на

електрическа енергия и потребител. В еднофазните вериги измерванията се осъществяват от едноелементни монофазни електромери (фиг. 1).

Електромерите са средства за измерване и трябва да отговарят на определени норми според Българския държавен стандарт и могат да се пускат на пазара и/или в действие, само ако съответстват на изискванията на глава IV от ЗИ [1] и на НСИПМК (чл. 23, ал. 2 ЗИ)[2]. Българският държавен стандарт за средствата за измерване се утвърждава от Европейският стандарт [3]. Периодичността на проверките се определя със заповед на председателя на Държавната агенция за метрологичен и технически надзор (ДАМТН), която се обнародва в "Държавен вестник" и се обявява в официалния бюлетин на агенцията. Последващите проверки на средства за измерване се извършват от Българския институт по метрология (БИМ) или от оправомощени лица [4].

Последващата проверка на средствата за измерване се извършва за установяване на съответствието им с одобрения тип и с изискванията за максимално допустими грешки при употреба. За решаването на поставените задачи трябва да се спазят условията за извършване на последваща проверка [1,2,3,4]. Използват се: уредба за проверка на монофазни електромери, монофазен статичен електромер за изследване, компютърна система и софтуер за обработка и съхранение на данните от изследването. Тестовите за проверка на точността на електромера за измерване на активна енергия се провеждат в автоматичен и в ръчен режим при различни фактори на мощността и съответно при различен фазов ъгъл. Границите, в които трябва да влезе/попадне стойността на грешката са:

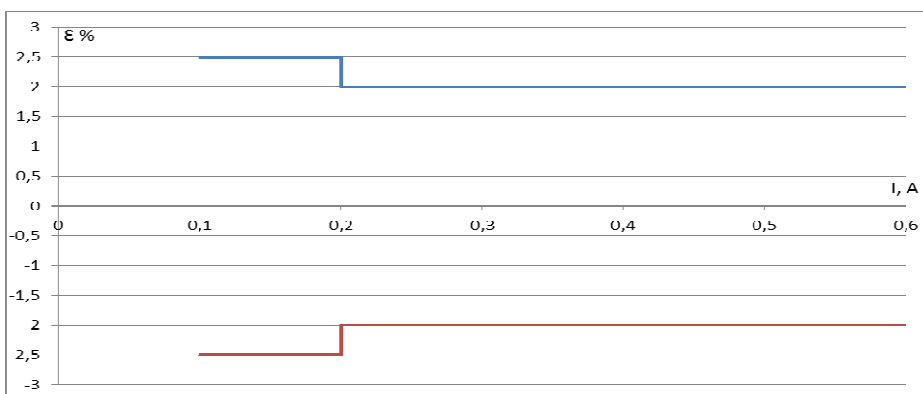
- при фактор на мощността $1 \rightarrow \varphi=0^\circ$ (фиг. 2)



фиг. 2 Допустими граници на грешката на монофазен статичен електромер за измерване на активна енергия на при фактор на мощността 1

- при фактор на мощността $0,5 \rightarrow \varphi=60^\circ$ (фиг.3)

Допустими граници на грешката на монофазен статичен електромер за измерване на активна енергия при фактор на мощността $0,8 \rightarrow \varphi=323^\circ$ са същите, както при фактор на мощност 0,5 (фиг.3).



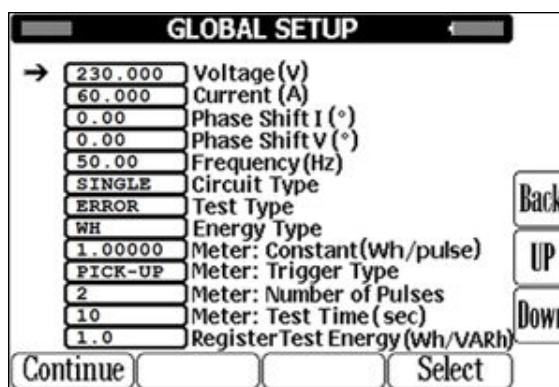
фиг. 3 Допустими граници на грешката на монофазен статичен електромер за измерване на активна енергия на при фактор на мощността 0,5

Част 2. Практическа част

На базата на разработено методическо ръководство се изпълняват следните 7 задачи:

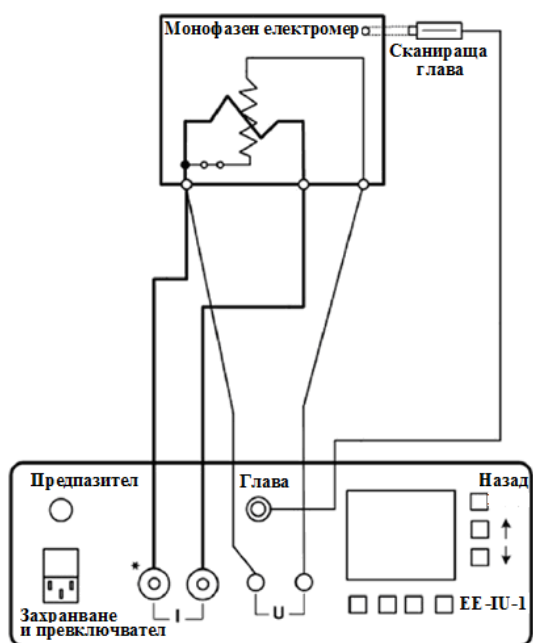
При изпълнение на задача 1 студентите разглеждат елементите на електромера, който се използва в упражнението и записват неговите основни характеристики: номинално напрежение - U_n , базов ток - I_b , максималният ток - I_{max} , номиналната честота - f , константата - k и класа на точност. Разучават схемата на свързване, намираща се на обратната страна на защитния капак на клеморедата. Разучава се също уредбата за проверка на монофазни електромери *EMSYST EE-IU-1*. Посредством USB интерфейс се стартира софтуерното приложение *Electricity Energy Test System Remote Control ver.1.0* и след натискане на бутона *CONNECT* уредбата и компютъра осъществяват връзка, при което на екрана се визуализира контролният панел на уредбата. На екрана *GLOBAL SETUP* се задават всички параметри, необходими за извършване на тест (фиг. 4).

Фиг. 4 Екран за начална настройка



На фигура 5 е представено свързването на монофазен електромер към уредбата *EMSYST EE-IU-1*.

При изпълнение на задача 2 - се изпитва работата на електромера в ръчен режим и се използва схемата от фиг.5. За тази цел студентите извършват ръчна проверка на грешката на електромера за 100% I_{max} , 50% I_{max} и 10 % I_{max} при активен товар и 100% I_{max} , 50% I_{max} и 10 % I_{max} при 50% индуктивен товар. Тестовите се провеждат в ръчен режим при стойност на напрежението $U=230$ V и ръчно зададена стойност на тока, равна на съответното процентно отношение, която уредбата ще зададе при провеждане на проверка на точността на електромера. На база на получените резултати нанасени върху графики от типа на фиг. 2 и фиг. 3 се прави извод за съответствието на класа на точност.



фиг. 5 Схема на свързване на монофазен електромер към уредба EMSYST EE-IU-1

При изпълнение на задача 3 се прави проверка за точността на електромера в автоматичен режим – измерване на активна енергия при фазов ъгъл $\varphi=0^\circ$. Тестовите в автоматичен режим се провеждат при стойност на напрежението $U = 230\text{ V}$ и стойност на тока $I = 60\text{ A}$, като се използват предварително зададени тестови планове. Тестът се провежда при нарастване на тока от 5% до 100% и при намаляване на тока от 100% до 5% при зададен фазов ъгъл $\varphi=0^\circ$. На една координатна система се изчертават кривите на грешката във функция от

стойността на тока при нарастване и при намаляване. Получените резултати се нанасят върху графиките от фиг.2.

При изпълнение на задача 4 и 5 - се прави проверка за точността на електромера в автоматичен режим при фазов ъгъл $\varphi=60^\circ$ (задача 4) и при фазов ъгъл $\varphi=323^\circ$ (задача 5). Тестовите се провеждат по аналогичен начин, както при задача 3. Чертаят се на една координатна система кривите на грешката във функция от стойността на тока при нарастване и при намаляване. Получените резултати се нанасят върху графиките от задача 2 (фиг.3).

При изпълнение на задача 6 - студентите изпитват прага на нечувствителност (прага на реагиране) на електромера. Схемата на свързване е фиг.5. При този тест електромерът трябва да започне да работи и да продължи да регистрира измерваната енергия при стойности на тока и фактор на мощността съгласно таблица 1:

Таблица 1 Стойности на тока и фактор на мощността

Клас на точност	0,2 S	0,5 S	1	2	3	Фактор на мощността
Стойност на тока	0,1 % I_b	0,1 % I_b	0,4 % I_b	0,5 % I_b	1,0 % I_b	1

Изчислява се времето, необходимо за провеждането на теста в *min* по формулата:

$$t = \frac{120 \cdot 10^3}{k \cdot P} \quad (1) ,$$

където: **P** е мощността, изчислена по формулата $P = c \cdot U_n \cdot I$ във [W/VAr], където **c** е броят на измервателните елементи (при монофазни електромери $c = 1$), а **I** – стойност на тока според таблица 1; **k** – константа на електромера, изразена в [imp/kWh] [imp/kVArh].

При изпълнение на задача 7 - се изпитва работата на електромера без товар, т.е. самоход. Тестът се провежда при отсъствие на ток ($I=0$ A) и стойност на напрежението $U=115\% U_n$. Продължителността на проверката t трябва да бъде изчислена в min по формулата:

$$t = \frac{60 \cdot 10^6 \cdot m}{k \cdot P_n} \quad (2),$$

където: $k=1Wh/imp$ – константа на електромера, изразена в [imp/kWh] (imp/kVArh); P_n – мощността, изчислена по формулата $P_n = c \cdot U_n \cdot I_{max}$ в [W/VAr], където c е броят на измервателните елементи; m – коефициент, в зависимост класа на точност на изследвания електромер (таблица 2).

таблица 2 m – коефициент

Клас на точност на проверяваните електромери	0,2 S и 0,5 S	1	2	3
m	25	10	8	5

3. Заключение

Разработените методически указания за оценката на съответствието на електромерите, предоставят възможността на студентите в рамките на учебната подготовка и в лабораторни условия да извършат метрологична проверка за точността на монофазни статични електромери.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София 2013 г., договор № 122ПД0028-8.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон за измерванията.
- [2] „Наредба за средствата за измерване, които подлежат на метрологичен контрол” (НСИПМК).
- [3] БДС EN 62053-21 - Променливотокови уреди за измерване на електрическа енергия. Специфични изисквания. Част 21: Статични електромери за активна енергия (Класове 1 и 2).
- [4] „Наредба за оправомощаване на лица за проверка на средства за измерване, които подлежат на метрологичен контрол”.

Автори: редовен докторант маг. инж. Камелия Симеонова Кирилова, Факултет „Автоматика“, катедра “Електроизмервателна техника“ ТУ- София, e-mail: kame_to@abv.bg, доц. д-р. Георги Сашов Милушев, Факултет „Автоматика“, катедра “Електроизмервателна техника“ ТУ- София, Тел. 02/ 965-23-80, e-mail: gm@tu-sofia.bg