

КАЛИБРИРАНЕ НА ЕНЕРГОАНАЛИЗАТОРИ ПО НАПРЕЖЕНИЕ И ТОК

Красимир Гълъбов

ТУ – София, Бул. “Кл. Охридски” 8, 1000 - София, e-mail: k_galabov@tu-sofia.bg

Резюме: В доклада се представя подход, последователност на операциите и обработка на резултати при калибриране на енергоанализатори. Представя се математичен модел и изчисляването на неопределеността на резултата от измерване при калибрирането. Материалът може да послужи като основа при създаване на методика за калибриране на енергоанализатори. Посочва се принципната възможност за изграждане на виртуална автоматизирана система на основата на програмния продукт LabVIEW.

Ключови думи: Енергоанализатор, калибриране, последователност на операциите, неопределеност на резултата, обработка на резултати, виртуална автоматизирана система, LabVIEW.

1. Въведение

Енергоанализаторите са съвременни, специализирани измервателни уреди за измерване параметрите на характеристиките на напрежението на електрическа енергия съгласно стандарт БДС EN 50160 [1]. Основната характеристика е амплитудата на мрежовото променливо напрежение при честотата на мрежата и показателите за качеството на електрическата енергия – отклонения, пропадания на мрежовото напрежение, фликер, хармоници и други. Енергоанализаторите имат също и функция за измерване на електрическия ток. Те позволяват отчитането на посочените величини в зависимост от вида на веригата (три проводна или четири проводна) и схемата на свързване на товара (триъгълник, звезда). В измервателната практика у нас приложение са намерили енергоанализаторите на фирмите FLUKE и CHAUVIN ARNOUX.

По същество енергоанализаторите са микропроцесорно базирана измервателна апаратура с програмно управление. Като основни функции за измерване, които трябва да се калибрират са величините напрежение и ток. Това позволява да се направи аналогия с цифровите мултиметри, които имат като основни същите функции.

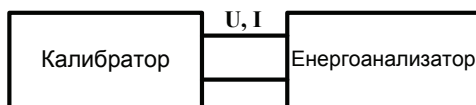
Изхождайки от горните предпоставки за калибриране на енергоанализатори е целесъобразно да се използва подхода, който се прилага при калибрирането на цифровите мултиметри, за величините напрежение и ток. За целта в калибровачните лаборатории се използва ръководството за калибриране на EUROMET [2].

През последните години се появиха първите публикации свързани с практическото приложение на енергоанализаторите [3], а също и за калибриране на енергоанализатори [4]. У нас все още не се извършва калибриране на енергоанализатори

и тази дейност представлява актуален проблем. Целта на настоящия доклад е да се предложи подход за калибриране на енергоанализатори.

2. Последователност на операциите при калибриране и обработка на резултати:

Калибрирането на енергоанализаторите се предлага да се извършва пофазно по метода на прякото измерване – фиг. 1.



Фиг. 1. Блокова схема за пофазно калибриране на енергоанализатори.

Еталонната величина (напрежение или ток) се задава с помощта на прецизен калибратор.

Подходящи за целта на демонстриране на калибрирането са калибратора на Fluke 6100A [5] и енергоанализатора на Fluke 435 [6]. Метрологичните им характеристики са дадени в техните инструкции за експлоатация.

Калибраторът Fluke 6100A е показан на фиг. 2.



Фиг. 2. Калибратор Fluke 6100A

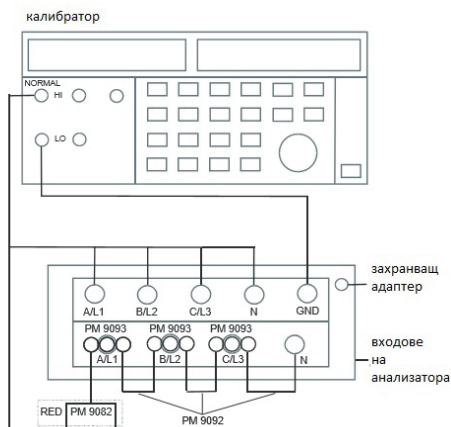
Енергоанализаторът Fluke 435 е показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Енергоанализатор Fluke 435

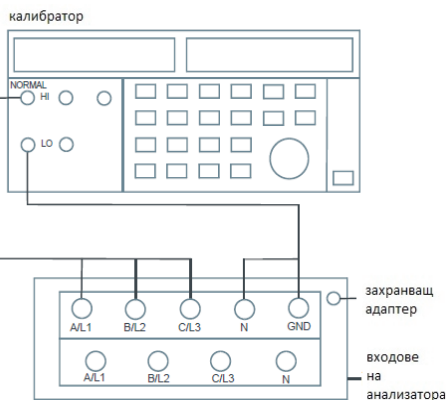
2.1 Проверка на функционална годност.

1. Енергоанализаторът се свързва към калибратора и се проверява функционалната годност на токовите входове съгласно схемата на фиг. 3. Показанията на енергоанализатора трябва да съответстват на избрания обхват по ток, посочен в инструкцията за експлоатация на калибрираният анализатор.



Фиг. 3. Свързване на токови входове.

2. След това енергоанализатора се свързва към калибратора и се проверява функционалната годност на напрежителните входове съгласно схемата на фиг. 4. Показанията на енергоанализатора трябва да съответстват на избрания обхват по напрежение, посочен в инструкцията за експлоатация на калибрираният анализатор.



фиг. 4. Свързване на напрежителните входове

2.2 Последователност на операциите при калибриране

Когато точките на калибриране не са зададени от потребителя, се предлага да се използват препоръчаните точки в [2] за уреди с ниска разделителна способност.

За променливо напрежение точките на калибриране са дадени в таблица 1.

Таблица 1

Обхвати на уреда	Точки на измерване		
	Брой	Стойности и честоти	
Всички	2-6	10%, 90%	50Hz, 1kHz
Един (междинен)	6	10%, 50%, 90%	50Hz, 1kHz

За променлив ток, точките на калибриране са посочени в таблица 2.

Таблица 2

Обхвати на уреда	Точки на измерване		
	Брой	Стойности и честоти	
Всички	2	90%	50Hz, 1kHz
Един (междинен)	2-3	10%, 90%	50Hz, 1kHz

Стойностите на точките на калибриране са посочени като процентно отношение от обхвата.

Извършват се по десет измервания за всяка точка на калибриране с цел получаване на необходимата информация за действителната стойност и неопределеността на измерванията.

2.3 Изчисляване на неопределеността на измерването.

Изчисляването на неопределеността на измерването се извършва съгласно постановките

в ЕА 4/02 [7].

2.3.1. Изчисляване на неопределеността на измерването при калибриране по напрежение.

1. Предлага се следният математически модел на измерване на напрежение:

$$U = \bar{U} - \delta U_{et} - \delta U_{dr} + \delta U_t + \delta U_r \quad (1)$$

където:

\bar{U} - оценката за действителната стойност

δU_{et} - оценката на поправката за измерената стойност.

δU_{dr} - оценка на поправката, дължаща се от дрейфа на еталона.

δU_t - оценка на поправката, дължаща се от изменение на температурата.

δU_r - оценка на поправката от разделителната способност на уреда.

Оценките на входните величини в математическия модел на измерване са:

\bar{U} - средна стойност от 10 измервания

δU_{et} - стойност взета от свидетелството за калибриране на еталона.

Оценките за δU_{dr} , δU_t и δU_r са нула при приет равномерен закон на разпределение.

2. Изчисляване на средноквадратичните неопределености на входните величини

$u(\bar{U})$ - се определя по формулата

$$u(U_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

където:

U_i са измерените стойности на напрежението,

\bar{U} е средната стойност на резултатите от измерване на напрежението.

$u(\delta U_{et})$ - се определя като $1/2$ от разширената неопределеност на поправката на калибратора, посочена в неговото свидетелство за калибриране.

$u(\delta U_{dr})$ и $u(\delta U_t)$ - се определят, чрез граничните стойности a на изменението на дрейфа на калибратора и влиянието на температурата по формула:

$$u(\delta U_{dr}) = b.a. \quad (3)$$

където $b = 0,6$ за равномерен закон на разпределение при доверителна вероятност $P = 1$.

$u(\delta U_r)$ - се определя по формулата

$$u(\delta U_r) = \frac{a}{2\sqrt{3}}, \quad (4)$$

където a е стойността на най-младшия разряд на енергоанализатора.

3. Комбинираната средноквадратична неопределеност u_c се изчислява като

$$u(U) = \sqrt{u^2(\bar{U}) + u^2(\delta U_{et}) + u^2(\delta U_{dr}) + u^2(\delta U_t) + u^2(\delta U_r)} \quad (5)$$

където е прието, че коефициентите на чувствителност за входните величини са 1.

4. Разширената неопределеност се дава:

$$U = k.u_c(U), \quad (6)$$

където $k = 2$ е коефициент на покритие, съответстващ на доверителна вероятност приблизително 95%.

2.3.2. Изчисляване на неопределеността на измерването при калибриране по ток.

Математическият модел и формулите за изчисляване на неопределеността при измерване на ток са аналогични на посочените в т.2.3.1.

Резултатите от изчисляването на неопределеността при измерването на напрежението и тока се записват в табличен вид, като бюджети на неопределеността за съответната величина.

2.4 Оформяне на свидетелството за калибриране

Свидетелството за калибриране в съответствие с БДС EN 17025:2006 [8], трябва да съдържа следната основна информация:

- информация, идентифицираща свидетелството за калибриране, енергоанализатора и калибриращата лаборатория;
- методика (метод) за калибриране;
- условия за калибриране;
- проследимост на използвания калибратор;
- резултати с неопределеност на измерването;
- запис за коефициента на покритие и съответстващата му доверителна вероятност.

3. Възможност за автоматизиране на процеса на калибриране на енергоанализаторите.

Една съвременна и актуална възможност за

автоматизиране на процеса на калибриране на енергоанализаторите е чрез принципната възможност за изграждане на виртуална автоматизирана система на основата на програмния продукт LabVIEW. Предпоставките за това са вградените в калибраторите и енергоанализаторите интерфейси за управление и обмен на данни. Необходимо е да се разработят нужните за целите на калибрирането виртуални инструменти.

4. Заключение:

В доклада се предлага подход, последователност на операциите и обработка на резултати при калибриране на енергоанализатори, съобразен с ръководство за калибриране на EUROMET. Предложен е математичен модел на измерването и изчисляване на неопределеността на резултатите от измерването. Дават се основните изисквания към съдържанието на свидетелството за калибриране на енергоанализатори. Посочва се принципната възможност за изграждане на виртуална автоматизирана система на основата на програмния продукт LabVIEW.

5. Литература:

[1] БДС EN 50160:2010 Характеристики на напрежението на електрическата енергия, доставяна от обществените електрически мрежи.

[2] Guidelines on the Calibration of Digital

Multimeters EURAMET/cg-15/v.01

[3] **П. Цветков**, Метрологично осигуряване на контрола на качеството на електрическата енергия.

[4] **С. Cepisca1, G. Seritan1, S. Grigorescu1, F. Argatu1**, "Aspects of metrological calibration of power quality analyzers", 8th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, May 23-25, 2013, Bucharest, Romania, pp. 793-798

[5] Fluke 6100A Electrical Power Standard User Manual

[6] Fluke 435 Service Manual

[7] EA 4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration

[8] БДС EN ISO/IEC 17025:2006 Общи изисквания относно компетентността на лабораториите за изпитване и калибриране

Данни за автора:

Красимир С. Гълъбов: Образование – висше – магистър инженер – Информационно измервателна техника (2007). Научно звание - асистент (2010г.). Месторабота: ТУ – София, Факултет Автоматика, катедра „Електроизмервателна техника. Област на научни интереси: виртуални средства за измерване, интелигентни средства за измерване, метрологично осигуряване.

CALIBRATION OF ENERGY ANALYZER ON VOLTAGE AND CURRENT

Krasimir Galabov

Technical University - Sofia, Bul. „Kl. Ohridski „8, 1000 - Sofia,
e-mail: k_galabov@tu-sofia.bg

Abstract: This paper presents an approach, a sequence of operations and processing of results in calibration of energy analyzers. Submit a mathematical model and calculating the uncertainty of measurement results in the calibration. The material can be used as a basis for creating a procedure □ for calibrating energy analyzers. Give the principle possibility of creating a virtual automated system based on software product LabVIEW.

Keywords: energy analyzers, calibration a sequence of operations, uncertainty of result, processing of results, virtual automated system, LabVIEW.

References

- [1] BDS EN 50160:2010 Karakteristiki na naprezhenieto na elektricheskata energiya, dostavyana ot obshtestvenite elektricheski mrezhi.
[2] Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters EURAMET/cg-15/v.01
[3] **P. Tsvetkov**, Metrologichno osiguravane na kontrola na kachestvoto na elektricheskata energiya.
[4] **C. Cepisca1, G. Seritan1, S. Grigorescu1, F. Argatu1**, “Aspects of metrological calibration of power quality analyzers”, 8th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, May 23-25, 2013, Bucharest, Romania, pp. 793-798
[5] Fluke 6100A Electrical Power Standard User Manual
[6] Fluke 435 Service Manual BDS EN ISO/IEC
[7] EA 4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration
[8] 17025:2006 Obshti iziskvaniya otnosno kompetentnostta na laboratoriiite za izpitvane i kalibrirane

КАЛИБРОВКА ВЕЛИЧИН НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ЭНЕРГОАНАЛИЗАТОРОВ

Красимир Гълъбов

ТУ – София, бул. им. Климента Охридского 8, 1000 София,
e-mail: k_galabov@tu-sofia.bg

Резюме: В докладе представляются подход, последовательность операций и обработка результатов калибровки энергоанализаторов. Представлены, также, математическая модель и вычисление неопределенности результата измерения при калибровке. Материал может использоваться в качестве основы создания методики калибровки энергоанализаторов. Показывается принципиальная возможность построения виртуальной автоматизированной системы на базе программного продукта LabVIEW.

Ключевые слова: Энергоанализатор, калибровка, последовательность операций, неопределенность результата, обработка результатов, виртуальная автоматизированная система, LabVIEW.