

УДК 681.311

Н.М. Піндус, Т.З. Марчук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

## ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В статті здійснено аналітичне дослідження невизначеностей складових компонентів каналу для вимірювання показників якості електроенергії, що є складовою частиною системи контролю і управління якості електроенергії. Враховані гранично допустимі значення, якими нормуються показники якості електроенергії. Досліджено зміну значень метрологічних характеристик, що зумовлені змінами впливових величин та їх нормування встановленням симетричних меж допустимих значень основної відносної похибки. Складено бюджет невизначеності системи контролю якості показників електроенергії.

**Ключові слова:** бюджет невизначеності системи контролю, показники якості електроенергії, закон розподілу.

### Вступ

Система контролю і управління якості енергії – це сукупність вимірювальних комплексів, кожний з яких об'єднує відповідні компоненти збору, передачі і обробки даних локального (в межах конкретної підстанції) чи регіонального (на рівні конкретної обленерго) характеру для визначення причин і наслідків погіршення показники якості електроенергії. Перелік точок обліку показників якості електроенергії затверджується енергетичним обліком у відповідності з технічним регламентом на проведення обліку електроенергії. Таким чином актуальним завданням є оцінка невизначеності системи контролю якості показників електроенергії.

**Мета статті.** Метою статті є аналітичне дослідження невизначеностей складових компонентів каналу для вимірювання показників якості електроенергії.

### Основна частина

Метрологічні характеристики аналізатора якості електроенергії включає характеристику похибки (значення основної похибки) та характеристика чутливості до впливових величин (зміна значень метрологічних характеристик обумовлена змінами впливових величин) нормуються встановленням симетричних меж допустимих значень основної відносної похибки у вигляді функції інформативних параметрів вхідних сигналів, а також меж допустимих значень додаткових похибок, обумовлених відхиленням частоти і температури навколишнього середовища [1].

Для технічних нормативів нормуються характеристики похибок (значення похибок напруги і кутової) встановленням симетричних меж допустимих значень похибок (суми основної та додаткових) трансформатора у визначених інтервалах сумісних

змін таких впливових величин: частоти мережі, величини і якості первинної напруги, потужності [2]. Для системи контролю як метрологічні характеристики нормуються функція перетворення в статичному режимі і характеристики похибок (значення відносної струмової і абсолютної кутової) встановленням симетричних меж допустимих значень похибок ТС даного типу.

Значення похибок вимірювань показники якості електроенергії повинні знаходитися в інтервалі, обмеженому гранично допустимими значеннями (табл. 1).

Визначення похибок складових компонентів вимірювального каналу напруги для системи вимірювання показників якості електроенергії у склад якого входять: датчик напруги (ТН), аналого-цифровий перетворювач (АЦП), мікроконтролера (МК), комп'ютер (ЕОМ), цифровий інтерфейс RS-485.

Похибки складових вимірювального каналу:

1) похибка мікроконтролера:

$$\gamma_{МК} = 10^{-3}\%$$

2) похибка АЦП:

$$\gamma_{АЦП} = 0,01\%$$

3) похибка цифрового інтерфейсу RS-485:

$$\gamma_{RS-485} = 0,05\%$$

4) похибка ЕОМ:

$$\gamma_{ЕОМ} = 10^{-6}\%$$

5) похибка ТН:

$$\delta_{ТН} = 0,6\%$$

Оцінемо результуючу похибку системи контролю із значенням довірчої ймовірності  $p = 0,95$ . З початку розраховуємо невизначеність вимірювального каналу [3].

Таблиця 1

## Похибки вимірювань показників якості електроенергії

Показник якості електроенергії, одиниця вимірювання	Норми якості електроенергії		Границі допустимих похибок вимірювання показників якості електроенергії	
	нормально допустимі	гранично допустимі	абсолютна	відносна, %
Встановлене відхилення напруги $\delta U_y$ , %	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 0,5$	-
Розмах зміни напруги $\delta U_t$ , %	-	Рис. 1 (ГОСТ 13109-97)	-	$\pm 8$
Доза флікери короткотривала $P_{St}$	1	1,38	-	$\pm 5$
Доза флікери довготривала $P_{Lt}$	0,74	1,0		
Коефіцієнт спотворення синусоїдності напруги $K_U$ , %	Табл. 1 (ГОСТ 13109-97)	Табл. 1 (ГОСТ 13109-97)	-	$\pm 10$
Коефіцієнт n-ї гармонічної складової напруги $K_{U(n)}$ , %	Табл. 2 (ГОСТ 13109-97)	Табл. 2 (ГОСТ 13109-97)	$\pm 0,05$ при $K_{U(n)} < 1,0$	$\pm 5$ при $K_{U(n)} \geq 1,0$
Коефіцієнт несиметрії напруги зворотної послідовності $K_{2U}$ , %	2,0	4,0	$\pm 0,3$	-
Коефіцієнт несиметрії напруги прямої послідовності $K_{0U}$ , %	2,0	4,0	$\pm 0,5$	-
Відхилення частоти $\Delta f$ , Гц	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,03$	-
Тривалість провалу напруги $\Delta t_p$ , с	-	30	$\pm 0,01$	-
Імпульсна напруга $U_{imp}$ , кВ	-	-	-	$\pm 10$
Коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{пер U}$	-	-	-	$\pm 10$

За значенням приведеної похибки мікроконтролера  $\gamma_{МК} = 10^{-3}\%$ , невизначеність становить:

$$u_{МК} = 0,58 \cdot 10^{-3}\%$$

За значенням приведеної похибки аналогово-цифрового перетворювача  $\gamma_{АЦП} = 0,01\%$ , невизначеність становить:

$$u_{АЦП} = 5,8 \cdot 10^{-3}\%$$

За значенням приведеної похибки цифрового інтерфейсу RS-485  $\gamma_{RS-485} = 0,05\%$ , невизначеність становить:

$$u_{RS-485} = 28,9 \cdot 10^{-3}\%$$

За значенням приведеної похибки ЕОМ  $\gamma_{ЕОМ} = 10^{-6}\%$ , невизначеність становить:

$$u_{ЕОМ} = 5,8 \cdot 10^{-7}\%$$

За значенням відносної похибки технічних нормативів  $\delta_{ТН} = 0,6\%$ , невизначеність становить:

$$u_{ЕОМ} = 0,35\%$$

Знайшовши всі основні невизначеності похибок знаходимо сумарну невизначеність, яка визначається із формули [4]:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u^2(X_i)}; \quad (1)$$

$$u_c(y) = \sqrt{0,123} = 0,35$$

Визначаємо розширену невизначеність результату вимірювання як:

$$U = k u_c, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт охоплення для нормального закону розподілу з рівнем довіри  $p$ .

$$U = 0,7$$

З отриманих даних складемо бюджет невизначеності вимірювального каналу, який запишемо в табл. 2.

Бюджет невизначеності вимірювального каналу

Джерело невизначеності	Тип оцінки	Відносна стандартна невизначеність вимірювання, %
Невизначеність мікроконтролера	B	$u_{MK} = 0,58 \cdot 10^{-3}$
Невизначеність аналогово-цифрового перетворювача	B	$u_{АЦП} = 5,8 \cdot 10^{-3}$
Невизначеність цифрового інтерфейсу RS-485	B	$u_{RS-485} = 28,9 \cdot 10^{-3}$
Невизначеність ЕОМ	B	$u_{ЕОМ} = 5,8 \cdot 10^{-7}$
Невизначеність технічних нормативів	B	$u_{ЕОМ} = 0,35$
Сумарна невизначеність		$u_c(y) = 0,35$
Розширена невизначеність (k=2)		$U = 0,7$

### Висновки

В статті подано результати досліджень невизначеностей показників якості електроенергії. Показано, що при дотриманні умов експлуатації системи контролю показників якості електроенергії, сумарна невизначеність не перевищує 0,35, а розширена – 0,7.

### Список літератури

1. ДСТУ ГОСТ 13109-97. «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення».
2. ДСТУ 3540-97. «Електронні засоби вимірювальної техніки для електричних тамагнітних величин».

3. Захаров И.П. Неопределенность измерений для чайников и... начальников: [учеб. пособ] / И.П. Захаров. – Х.: 2013. – 36 с.

4. Чеховський С.А., Метрологія і технологічні вимірювання у нафтовій та газовій промисловості: [навчальний посібник] / С.А. Чеховський, І.С. Петришин, Н.М. Піндус, С.П. Вацшиак. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 534 с.

Надійшла до редколегії 24.12.2014

**Рецензент:** к-т техн. наук, проф. С.А. Чеховський, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ.

### ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Н.М. Пиндус, Т.З. Марчук

В статье осуществлен аналитическое исследование неопределенностей составляющих компонентов канала для измерения показателей качества электроэнергии, которая является составной частью системы контроля и управления качеством электроэнергии. Учтены предельно допустимые значения, которыми нормируются показатели качества электроэнергии. Исследовано изменение значений метрологических характеристик, обусловленные изменениями влиятельных величин и их нормирования установлением симметричных границ допустимых значений основной относительной погрешности. Составлен бюджет неопределенности системы контроля качества показателев электроэнергии.

**Ключевые слова:** бюджет неопределенности системы контроля, показатели качества электроэнергии, закон распределения.

### MEASUREMENT UNCERTAINTY EVALUATION OF POWER QUALITY

N.M. Pindus, T.Z. Marchuk

In the article the analytical study of uncertainties channel components for power quality measurement, which is part of Infusion monitoring and control of power quality. The recorded maximum allowable value that standardized indicators of power quality. The change values metrological characteristics caused by changes in the influential variables and their valuation symmetric setting limits allowable basic relative error values. Compiled budget uncertainties quality control system pokaznakiv electricity.

**Keywords:** uncertainty budget control system, and the quality of electricity distribution law.