

ISSN: 2545-0573

## ТОЧНОСТЬ ДАТЧИКОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МНОГОФАЗНЫХ ТОКОВ НА НАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКАХ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

**А. Б. Абубакиров, Э. Раманова, Н. Оразбаева**

*Государственное учреждение Национального института метрологии Узбекистана Филиал Республики Каракалтакстан, г. Нукус*

### ARTICLE INFO.

#### **Ключевые слова:**

Электроснабжение, реактивная мощность, погрешность, многофазные токи, датчик, метрологический, источник, сигнал, фаза, емкость, чувствительный элемент.

### Аннотация

В данной работе рассмотрен принцип управления выработкой реактивной мощности в системах электроснабжения (СЭС) на основе требований потребителя, нормированность, линейность и высокая точность выходного сигнала датчика преобразования реактивной мощности многофазных первичных токов во вторичные напряжения.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2022 LWAB.

**Введение.** В связи с широким внедрением микропроцессорных устройств и электронных счетчиков при контроле и управлении реактивной мощностью в системе электроснабжения вопрос обеспечения точности датчиков и электронных средств обработки данных является актуальным [1-4].

Многофазный первичный датчик тока источников реактивной мощности СЭС, как и другие первичные измерительные приборы, характеризуется погрешностями: количество первичных токов в реальном датчике отличается от количества, генерируемого преобразованием во вторичную величину.

Магнитная восприимчивость коммутационной части, геометрические размеры, влияние внешних магнитных полей и другие факторы, являющиеся характеристиками коммутационных частей изменяющихся первичных токов, тем или иным образом обуславливают процесс преобразования сигнала в датчике на отличаются от реальности. Эти условия определяют ошибки преобразования сигнала в датчике [2,5].

**Основная часть.** Входная цепь датчика  $I_{Э1}$ ,  $U_{\mu}$  представлена в графовой модели, в которой многофазные токи  $F_{\mu}$  преобразуются в  $I_{Э}$  ( $I_A, I_B, I_C$ ) в магнитные движущие силы, это отражает часть изменения сигнала  $K [I_{Э}, F_{\mu}]$  по коэффициенту контакта между электрической и магнитной цепями. В сегментах модификации  $F_{\mu}$  и  $\Phi$  магнитные движущие силы  $F_{\mu}$  преобразуются в магнитный поток  $\Phi_{\mu}$  в сегментах модификации, передаточная функция его фрагментов модификации  $W_{\mu}$  и  $P_{\mu}$  отражает параметры конструкции магнитного модуля [4-6].

Очень эффективно использовать правила теории информации измерительных датчиков совместно с данной графовой моделью для анализа и оценки погрешностей преобразования сигналов датчика [2,6].

Согласно теории информации измерительных приборов погрешность датчика научно определяется величиной энтропийной погрешности  $\Delta_{\mathcal{E}}$ , а энтропийные коэффициенты  $K_{\mathcal{E}}$  зависят от вида закона распределения, плотности вероятностей погрешностей отдельных переменных частей. Квадрат ошибки  $\sigma_{\Sigma}$  датчика многофазного тока источника реактивной мощности СЭС определяется следующим выражением [5,6]:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (1)$$

где,  $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_n^2$  - среднеквадратичные ошибки сменных частей датчика.

При известных значениях погрешностей  $K_{\mathcal{E}}$  и  $\sigma_{\Sigma}$  в исследуемом датчике многофазного тока значение  $\Delta_{\mathcal{E}}$  - энтропийной погрешности формируется в следующем выражении:

$$\Delta_{\mathcal{E}} = K_{\mathcal{E}} \cdot \sigma_{\Sigma} \quad (2)$$

Согласно графовой модели датчика составляющими его суммарной погрешности являются  $I_{\mathcal{E}}, F_{\mu}, \Phi_{\mu}$  и  $U_{\mathcal{E}ч}$  - величины [6].

К источникам погрешностей входных частей датчика относятся различные факторы - температура, влажность, внешние магнитные поля и под влиянием других факторов  $I_{\mathcal{E}к}$  - многофазные токи,  $\omega_{\mathcal{E}}$  - частота электрического тока,  $W[I_{\mathcal{E}}, F_{\mu}]$  коэффициенты контакта различной природы изменяются частями, а также физические свойства материалов токопроводов и катушек возбуждения.

Для оценки суммарной погрешности многофазного датчика первичного тока источников реактивной мощности измените  $I_{\mathcal{E}}$  первичных токов на м.д.сс размером участка магнитного изменения  $F_{\mu}$ , т. е. ошибки преобразования  $I_{\mathcal{E}} \rightarrow F_{\mu}$ , т. е.  $\delta_1 = 0,1$  - (отклонение электрических и магнитных величин в этой модифицированной детали на  $\pm 0,1\%$  от исходного номинального значения),  $F_{\mu}$  - м.д.с. в распределенных фрагментах изменения параметров  $\Phi_{\mu}$  - конверсионные частицы генерируют магнитные потоки - т.е.  $F_{\mu} \rightarrow \Phi_{\mu}$  - ошибки преобразования, то есть  $\delta_2 = 0,1$  - (исходя из распределения параметров магнитных величин в этой части разброс отклоняется от номинального значения на  $\pm 0,1\%$  от номинального значения), а магнитные токи частей  $\Phi_{\mu}$  изменяются на  $U_{\mathcal{E}ч}$  - выходные напряжения, т.е.  $\Phi_{\mu} \rightarrow U_{\mathcal{E}ч}$ , - погрешности изменения, т.е.  $\delta_3 = 0,1$  Определяется исходя из малых величин и  $\delta_4 = 0,1$  [5]:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2} = 0,2.$$

Все составляющие погрешностей датчиков многофазного тока подразделяют на виды аддитивных и мультипликативных погрешностей, а вероятность их появления находят по стандартному отклонению закона распределения.

Величина энтропийного отклонения погрешности датчиков определяется по следующей формуле:

$$\Delta = K_{\mathcal{E}} \delta_{\Sigma} = 2,07 \times 0,18 = 0,41$$

В результате расчетов и экспериментов энтропийная погрешность электромагнитного датчика  $\Delta = 0,41$ , т. е.  $\pm 0,41\%$ , а нормированное значение точности датчика может быть выбрано из цифр, указанных в стандарте. Стандартный класс точности для многофазных датчиков первичного тока этой серии источников реактивной мощности составляет 0,5, т.е.  $\pm 0,5\%$ .

Для анализа и оценки погрешностей датчика преобразования многофазного тока источников реактивной мощности (РМ) СЭС и  $I_{A\gamma}, I_{B\gamma}, I_{C\gamma}, I_{A\Delta}, I_{B\Delta}, I_{C\Delta}$  - используем аналитические выражения

изменения сигнала для однофазного тока в графовой модели датчика и данные в статическом, динамическом описаниях РМ СЭС, приведенные в секция магнитного преобразования многофазного датчика преобразования тока[1-6]:

Исходя из величин размеров  $I_{A\gamma}$ ,  $U'_{a\gamma}$ ,  $U''_{a\gamma}$  индикаторами ошибок изменения, соответствующими точкам статических описаний, являются:

$$I_{A\gamma} = 38 \text{ A}; \quad U'_{a\gamma} = 10 \text{ B}; \quad U''_{a\gamma} = 10,18 \text{ B}$$

$$\Delta = \frac{(U'_{a\gamma} - U''_{a\gamma})}{U'_{a\gamma}} * 100\% = \frac{(10 - 10,18)}{10} * 100\% = 1,8\% \quad (3)$$

$$I_{A\gamma} = 76 \text{ A}; \quad U'_{a\gamma} = 20 \text{ B}; \quad U''_{a\gamma} = 20,37 \text{ B}$$

$$\Delta = \frac{(U'_{a\gamma} - U''_{a\gamma})}{U'_{a\gamma}} * 100\% = \frac{(20 - 20,37)}{20} * 100\% = 1,81\% \quad (4)$$

где  $I_{A\gamma}$  - первичный ток в фазе А.  $U'_{a\gamma}$ -в сосредоточенными и  $U''_{a\gamma}$  - описания изменения выходного напряжения, полученные на основе распределенной параметрической модели. ( $I_{A\gamma}$  — изменение выходного напряжения, соответствующее току, т. е. источник реактивной мощности подключен звездой).

На основании расчетных данных можно сделать вывод, что аналитическое выражение и графические описания, полученные из распределенной параметрической графовой модели датчика многофазных токов сетей реактивного электроснабжения СЭС, адекватны результатам исследований структуры датчика.

Исходя из величин типоразмеров  $I_{A\gamma}$ ,  $U_{a\gamma}$ ,  $U'_{a\gamma}$  для случая соединения конденсаторов источников реактивной мощности треугольной формы, показатели погрешностей изменения, соответствующие точкам статических характеристик, составляют:

$$I_{A\gamma} = 65,75 \text{ A}; \quad U'_{a\gamma} = 10 \text{ B}; \quad U''_{a\gamma} = 10,184 \text{ B}$$

$$\Delta = \frac{(U'_{a\gamma} - U''_{a\gamma})}{U'_{a\gamma}} * 100\% = \frac{(10 - 10,184)}{10} * 100\% = 1,84\% \quad (5)$$

$$I_{A\gamma} = 131,5 \text{ A}; \quad U'_{a\gamma} = 20 \text{ B}; \quad U''_{a\gamma} = 20,369 \text{ B}$$

$$\Delta = \frac{(U'_{a\gamma} - U''_{a\gamma})}{U'_{a\gamma}} * 100\% = \frac{(20 - 20,369)}{20} * 100\% = 1,84\% \quad (6)$$

Здесь также полученные результаты представляют собой параметрическую графовую модель датчика многофазного тока в виде источников реактивной мощности СЭС, а аналитическое выражение на ее основе адекватно реальным линейным выходным характеристикам датчика и они показали возможность повысить точность преобразования датчика на 1,84%.

### Заключение.

1. Установлено, что преобразование многофазных первичных токов источников реактивной мощности во вторичное напряжение является энтропийная погрешность электромагнитного датчика составил  $\Delta = 0,41$ , т.е.  $\pm 0,41\%$ , что обеспечивает предусмотренную стандартом класса точности для данных типов датчика, который составляет менее 0,5.
2. Разработаны модели датчиков многофазных первичных токов, генерируемые источниками реактивной мощности, с возможностью соединения по схемам “звезда – Y” и “треугольник -

$\Delta$ », которые дают возможность управления генерируемой реактивной мощностью, сопоставить характеристики входного тока от выходного напряжения, линейный выходной сигнал, что увеличивает точность датчика на 1,8%.

### Использованная литература.

1. I.Kh.Siddikov, P.D.Chelyshkov, A.B.Abubakirov, N.M.Nazhimatdinov, R.Zh.Tanatarov. Structure of control sensors of multi-phase reactive power currents in power supply systems// Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 839 (5), 052045. pp. 1-9. doi:10.1088/1755-1315/839/5/052045. (AGRITECH-V - 2021). Publication Year: 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/839/5/052045/pdf>.
2. A. Djalilov, O. Matchonov, A. Abubakirov, J. Abdunabiev, A. Saidov. System for measuring and analysis of vibration in electric motors of irrigation facilities // Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 868, International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions (AEGIS 2021) 12th-14th May 2021, Tashkent, Uzbekistan. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/868/1/012032>
3. I.Siddikov, A.B.Abubakirov, R.Seytimbetov, Sh.Kuatova, Yu.Lezhnina. Analysis of current conversion primary sensors dynamic characteristics of a reactive power source with renewable energy sources into secondary voltage //Part 1. E3S Web of Conferences 281, 09028.CATPID-2021. Publication Year: 2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128109028>.
4. Патент РУз. № 04475. Преобразователь тока в напряжение /Амиров С.Ф., Азимов Р.К., Сиддиков И.Х., Хакимов М.Х., Хушбоков Б.Х., Назаров Ф.Д., Рустамов Д. // Расмийахборотнома. – 2012. № 2.
5. Азимов Р.К., Чориев А.А., Химматкулов Ш.А., Саидакбаров О.Х. Информационно – вероятностные методы оценки погрешностей датчиков различных величин // STANDART. – Ташкент: 2010. - №3. – С. 29-31.
6. Schaumburg H. Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik. Sensoren. Stuttgart: B.G. Teubner, 1992.– 517 p.