

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_{μ} представлена в графовой модели, в которой многофазные токи F_{μ} 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_{μ} и Φ магнитные движущие силы F_{μ} преобразуются в магнитный поток Φ_{μ} в сегментах модификации, передаточная функция его фрагментов модификации W_{μ} и P_{μ} 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 σ_{Σ} 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 σ_{Σ} 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_{μ} , 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_{μ} - м.д.с. в распределенных фрагментах изменения параметров Φ_{μ} - 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 Φ_{μ} 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 -

Δ », 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.