

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
МНОГОФАЗНЫХ ТОКОВ В НАПРЯЖЕНИЕ**

А. Б. Абубакиров

З. А. Мауленова

У. О. Мухаммеддинова

1Нукусский горный институт при Навоийском государственном горно-технологическом университете, Нукус, Узбекистан. aziz1306@mail.ru

Abstract

В работе представлена структура датчика преобразования многофазных первичных токов во вторичные напряжения реактивной мощности сетей электроснабжения, алгоритм моделирования процессов в датчике, подающем сигнал на устройства контроля и управления первичными токами, обеспечивает высокоформализованную графовую модель на основе аналитического выражения, статических характеристик и погрешностей датчика, изучаемых на основе его аналитического выражение.

Ключевые слова: Многофазность, мощность, первичные токи, датчик, управление, сигнал, статическая характеристика, графовая модель.

Introduction

1. ВВЕДЕНИЕ

Новые конструкции, принципы работы и алгоритмы, программное обеспечение первичных датчиков, определяющих точность, быстродействие, надежность, величину и параметры реактивной мощности (РМ) и управление энергопотреблением, которые сложно производить в электроснабжении на базе систем электроснабжения (СЭС), программное обеспечение и особое внимание уделяется разработке технологических инструментов. В развитых странах, включая США, Германию, Францию, Швецию, Италию, Японию, Китай, Корею и Россию, одной из важных задач является разработка моделей первичных датчиков реактивной величины и параметров систем электроснабжения, изучение конструкции принципы и применять их на практике.

Изучить процессы преобразования реактивной мощности многофазного первичного тока во вторичное напряжение в системах электроснабжения в настоящее время. Проводятся обширные исследования по разработке принципов их устройства и работы, поиску решений задач эффективного, качественного и надежного электроснабжения на основе многофазных датчиков первичного тока во вторичное напряжение, используемых при управлении показателями качества электроэнергетики.

Анализ показал, что комплексное применение современных методик и технологий при исследовании моделей датчиков преобразования многофазных первичных токов во вторичные напряжения реактивной мощности систем электроснабжения, моделирование, алгоритмы и исследование устройств управления и контроля и их процессов, идентификация, вопросы структурно-параметрического исследования

устройств контроля и управления, разработки и внедрения новых принципов проектирования датчиков контроля и управления реактивной мощностью и устройств, определяющих качество электроэнергии, недостаточно изучены.

СЭС источников реактивной мощности многофазный первичный датчик тока, как и другие первичные измерительные приборы, характеризуется погрешностями: в реальном датчике величина первичных токов отличается от величины, генерируемой преобразованием во вторичные величины. Магнитная восприимчивость переменного тока, геометрические размеры, влияние внешних магнитных полей и другие факторы, являющиеся характеристиками переменных токов переменного тока, так или иначе обуславливают процесс преобразования сигнала в датчике, отличаться от реальности. Эти условия определяют ошибки преобразования сигнала в датчике [1].

При анализе источников ошибок, негативно влияющих на процесс преобразования сигналов, необходимо разделить их на первичные и вторичные источники ошибок на основе функции определения точности датчика. Известно, что основные источники ошибок выявляются при нормальных условиях использования первичных измерительно-переменных датчиков [2-5].

Основные и дополнительные источники ошибок многофазного первичного датчика тока делятся на регулярные и случайные ошибки. Зависимость процесса изменения от диапазона регулирования регулируемых первичных многофазных токов, нелинейность характеристики магнитного сопротивления стали, неопределенность характеристики магнитной проницаемости магнитопровода и штоков являются источниками конструктивных погрешностей многофазного первичного датчика тока. Эти ошибки могут быть полностью устранены или сведены к минимуму различными способами [3].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Процесс преобразования сигнализации. Исследование динамических характеристик датчиков преобразования источников реактивной мощности СЭС первичных токов во вторичные напряжения необходимо определить, I_0 - датчика с первичными токами, $U_{гн}$ - генерация выходных напряжений, Φ_{μ} - магнитные чувствительные элементы, $S_{СЭ}$ - площадь поперечного сечения, $w_{сэ}$ - количество витков чувствительного элемента, зависят ли геометрические размеры сечения $l_{х.о}$ где расположены чувствительные элементы в магнитной сменной части, от допустимых диапазонов изменения и переменных геометрических размеров магнитопровода [1-3].

Формы участков магнитного преобразования – магнитопроводов датчика многофазных первичных токов - $I_{АУ}, I_{ВУ}, I_{СУ}, I_{АД}, I_{ВД}, I_{СД}$ – от источника реактивной мощности СЭС, показаны на рис.1

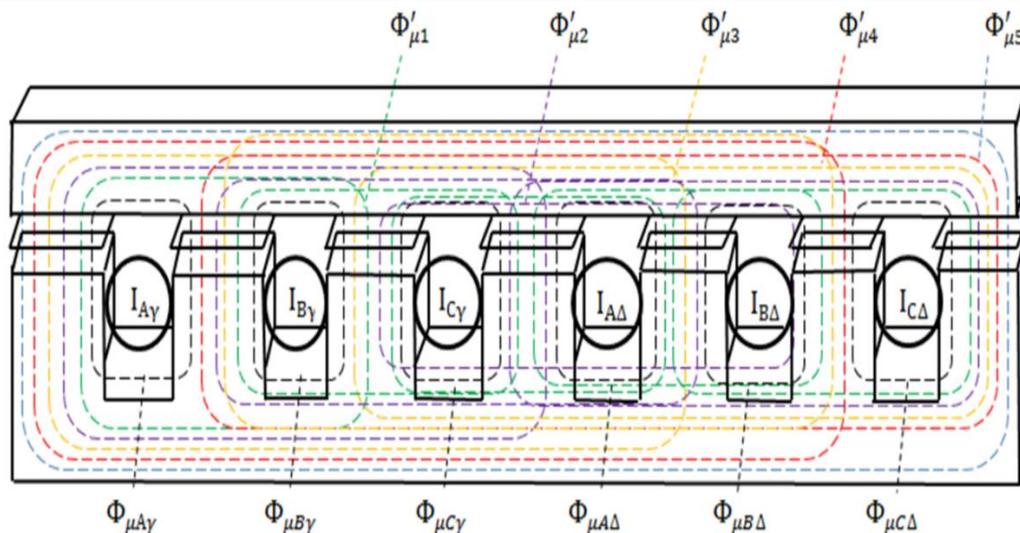


Рис.1. Формы участков магнитного преобразования – магнитопроводов датчика многофазных первичных токов

Первичные токи источников реактивной мощности СЭС - первый $I_{A\gamma}$, второй $I_{B\gamma}$, третий $I_{C\gamma}$, четвертый $I_{A\Delta}$, пятый $I_{B\Delta}$, или шестой $I_{C\Delta}$ при протекании через катушки возбуждения в общем магнитопроводе и параллельных сердечниках образуются магнитные потоки $\Phi_{\mu A\gamma}$, $\Phi_{\mu B\gamma}$, $\Phi_{\mu C\gamma}$, $\Phi_{\mu A\Delta}$, $\Phi_{\mu B\Delta}$ и $\Phi_{\mu C\Delta}$ которые также протекают через воздушный зазор между сердечниками.

Магнитные токи $\Phi_{\mu A\gamma}$, $\Phi_{\mu B\gamma}$, $\Phi_{\mu C\gamma}$, $\Phi_{\mu A\Delta}$, $\Phi_{\mu B\Delta}$ и $\Phi_{\mu C\Delta}$ коммутационного датчика, выдающие сигнал в виде вторичного напряжения для контроля и управления первичными токами источников реактивной мощности СЭС, источники реактивной мощности, соединенные звездой однофазные $I_{A\gamma}$, двухфазные $I_{A\gamma}$, $I_{B\gamma}$ или $I_{B\gamma}$, $I_{C\gamma}$ и трехфазные $I_{A\gamma}$, $I_{B\gamma}$, $I_{C\gamma}$ и соединенные треугольником однофазные $I_{A\Delta}$, двухфазные $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$ или $I_{B\Delta}$, $I_{C\Delta}$ и трехфазных $U_{a\gamma}$, $U_{b\gamma}$, $U_{c\gamma}$, $U_{a\Delta}$, $U_{b\Delta}$, и $U_{c\Delta}$ - выходные напряжения в величинах, соответствующих токам источников реактивной мощности на выходах чувствительного элемента (простой или плоской измерительной ленты, геркое и т. д.) путем создания токов $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$, $I_{C\Delta}$ формирует сигналы в вид.

Исследовательская модель. На рис. 2 представлена графовая модель, соответствующая структуре магнитной части коммутационного датчика, выдающая сигнал в виде вторичного напряжения для контроля и управления первичными токами источников реактивной мощности СЭС и процессами, происходящими в них, магнитная переключающая часть [1-5,12,13].

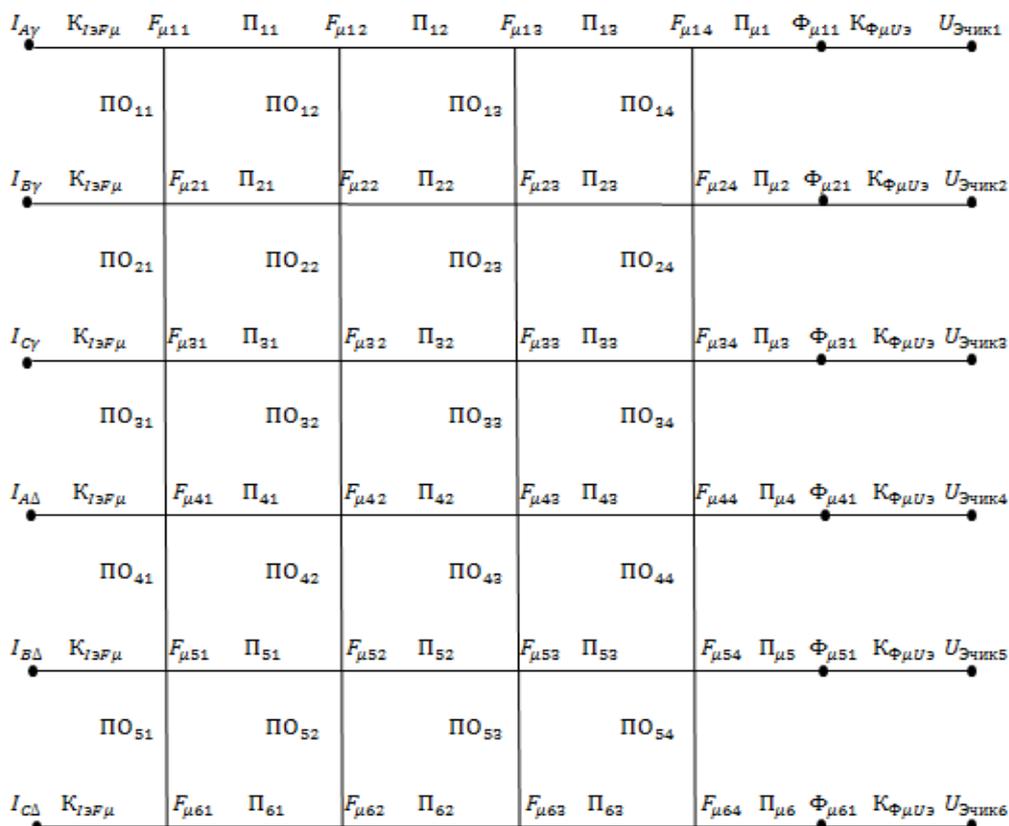


Рис.2. Процесс преобразования многофазных первичных токов во вторичное напряжение и модель структуры преобразования датчика

В графовой модели, соответствующей структуре магнитной части датчика и отражающей процессы, происходящие в части магнитного преобразования, можно принять $K_{\Phi\mu U\epsilon} = w_{2ч} \cdot \Phi_{\mu}$ - коэффициент взаимосвязи между магнитными потоками и U_{ϵ} -выходными напряжениями. значения до $w_{2ч}=1\div 20$ витков по мере необходимости [2-6].

Аналитические выражения статических описаний. При анализе статических характеристик датчиков, преобразующих значение тока в выходной сигнал в виде напряжения U_{ϵ} , выходные напряжения в виде сигналов I_{ϵ} многофазных в первичные входные токи, поверхности сечений чувствительных элементов - $S_{C\epsilon}$, количество витков чувствительных элементов (простых или плоских измерительных катушек) - $w_{C\epsilon}$ необходимо определить, зависят ли геометрические размеры воздушного зазора между магнитным стержнем, т.е. чувствительным элементом, от диапазона изменения $l_{x.o}$ и параметры магнитопровода [6-8].

Статистические, динамические и метрологические характеристики источников реактивной мощности СЭС на основе процессов преобразования, протекающие в структуре датчика многофазных первичных токов во вторичный сигнал в виде напряжения исследуются на основе графовой модели с распределенными параметрами (рис.2) и следующего аналитического выражения:

$$\begin{cases}
 U_{ay} = K_{\Phi\mu U_3} \Pi_{\mu 1} (W(F_{\mu 11}, F_{\mu 14}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\gamma} + W(F_{\mu 21}, F_{\mu 14}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 31}, F_{\mu 14}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\gamma} + W(F_{\mu 41}, F_{\mu 14}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\Delta} + \\
 + W(F_{\mu 51}, F_{\mu 14}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\Delta} + W(F_{\mu 61}, F_{\mu 14}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\Delta}); \\
 U_{by} = K_{\Phi\mu U_3} \Pi_{\mu 2} (W(F_{\mu 21}, F_{\mu 24}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\gamma} + W(F_{\mu 11}, F_{\mu 24}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 31}, F_{\mu 24}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\gamma} + W(F_{\mu 41}, F_{\mu 24}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\Delta} + \\
 + W(F_{\mu 51}, F_{\mu 24}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\Delta} + W(F_{\mu 61}, F_{\mu 24}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\Delta}); \\
 U_{cy} = K_{\Phi\mu U_3} \Pi_{\mu 2} (W(F_{\mu 31}, F_{\mu 34}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\gamma} + W(F_{\mu 11}, F_{\mu 34}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 21}, F_{\mu 34}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\gamma} + W(F_{\mu 41}, F_{\mu 34}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\Delta} + \\
 + W(F_{\mu 51}, F_{\mu 34}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\Delta} + W(F_{\mu 61}, F_{\mu 34}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\Delta}); \\
 U_{a\Delta} = K_{\Phi\mu U_3} \Pi_{\mu 2} (W(F_{\mu 41}, F_{\mu 44}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\Delta} + W(F_{\mu 11}, F_{\mu 44}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 21}, F_{\mu 44}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\gamma} + W(F_{\mu 31}, F_{\mu 44}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 51}, F_{\mu 44}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\Delta} + W(F_{\mu 61}, F_{\mu 44}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\Delta}); \\
 U_{b\Delta} = K_{\Phi\mu U_3} \Pi_{\mu 5} (W(F_{\mu 51}, F_{\mu 54}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\Delta} + W(F_{\mu 11}, F_{\mu 54}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 21}, F_{\mu 54}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\gamma} + W(F_{\mu 31}, F_{\mu 54}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 41}, F_{\mu 54}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\Delta} + W(F_{\mu 61}, F_{\mu 54}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\Delta}); \\
 U_{c\Delta} = K_{\Phi\mu U_3} \Pi_{\mu 5} (W(F_{\mu 61}, F_{\mu 64}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\Delta} + W(F_{\mu 11}, F_{\mu 64}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 21}, F_{\mu 64}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\gamma} + W(F_{\mu 31}, F_{\mu 64}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{C\gamma} + \\
 + W(F_{\mu 41}, F_{\mu 64}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{A\Delta} + W(F_{\mu 51}, F_{\mu 64}) K_{I_{\Phi\mu}} I_{B\Delta});
 \end{cases} \quad (1)$$

где $K_{\Phi\mu U_3} = \omega_{2ч}$ – коэффициент межцепной связи между взаимовлияющими магнитными потокам – Φ_{μ} и выходным напряжением $U_{Эч}$;

$\Pi_{\mu j} = \frac{\mu_0 F_j}{\delta_{\mu j}}$ ($j=\overline{1,6}$) – магнитный параметр изменяющейся части датчика, формирующий выходные напряжения $U_{Эч}$ (μ_0 – магнитное поглощение воздушных зазоров с чувствительным элементом);

$$\mu_0 = 1,25 * 10^{-6} \text{ Г/м};$$

Принимает значения до $\omega_{2ч}=1\div 20$ витков исходя из требования моделирования выходного напряжения при номинальных значениях первичных токов (20 В);

F- площадь поперечного сечения воздушных зазоров, где установлены чувствительные элементы, например: $ab=0.01*0.01 \text{ м}^2$;

δ_{μ} – высоты воздушных зазоров с чувствительными элементами (м);

$W(F_{\mu ij}, F_{\mu in})$ – определяется на основании решения сигнальной функции магнитного коммутационного элемента;

$K_{I_{\Phi\mu}} = \omega_{jk} = I_3 = \text{СЭС } F_{\mu}$ – межцепной коэффициент между, обычно $\omega_{jk} = 1$;

$I_{A\gamma}, I_{B\gamma}, I_{C\gamma}, I_{A\Delta}, I_{B\Delta}, I_{C\Delta}$ – многофазные первичные реактивные токи, питаемые источниками реактивной мощности, подключенными к сетям по схемам γ и Δ [5-9].

В частности, величина выходных напряжений $U_{a\gamma}, U_{b\gamma}, U_{c\gamma}, U_{a\Delta}, U_{b\Delta}, U_{c\Delta}$ зависит в основном от токов $I_{A\gamma}, I_{B\gamma}, I_{C\gamma}, I_{A\Delta}, I_{B\Delta}, I_{C\Delta}$ которые получают от фаз сети их соответствующих реактивных мощностей:

$$\begin{cases} U_{a\gamma} = K_{\Phi\mu U\Delta} \Pi_{\mu 1} (W(F_{\mu 11}, F_{\mu 14}) K_{I\Delta F \mu} I_{A\gamma}); \\ U_{b\gamma} = K_{\Phi\mu U\Delta} \Pi_{\mu 2} (W(F_{\mu 21}, F_{\mu 24}) K_{I\Delta F \mu} I_{B\gamma}); \\ U_{c\gamma} = K_{\Phi\mu U\Delta} \Pi_{\mu 3} (W(F_{\mu 31}, F_{\mu 34}) K_{I\Delta F \mu} I_{C\gamma}); \\ U_{a\Delta} = K_{\Phi\mu U\Delta} \Pi_{\mu 4} (W(F_{\mu 41}, F_{\mu 44}) K_{I\Delta F \mu} I_{A\Delta}); \\ U_{b\Delta} = K_{\Phi\mu U\Delta} \Pi_{\mu 5} (W(F_{\mu 51}, F_{\mu 54}) K_{I\Delta F \mu} I_{B\Delta}); \\ U_{c\Delta} = K_{\Phi\mu U\Delta} \Pi_{\mu 6} (W(F_{\mu 61}, F_{\mu 64}) K_{I\Delta F \mu} I_{C\Delta}). \end{cases} \quad (2)$$

На основании приведенных выше формул (1 и 2) зависимость между однофазным током источника РМ сети СЭС и выходным напряжением датчика представлена на рис. 3 в виде статического описания.

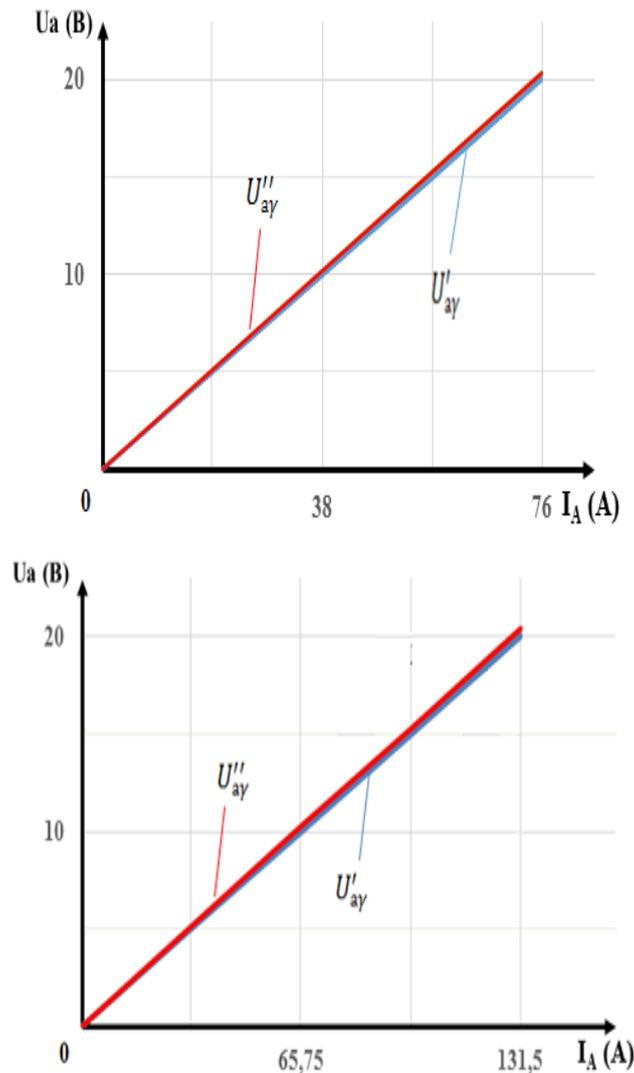


Рис.3. Статические характеристики связей между однофазными первичными токами реактивных токов сети СЭС и выходным напряжением датчика а) Источник реактивной мощности включен звездой. б) Источник реактивной мощности подключен треугольником

где $U'_{a\gamma}$ - описание изменения выходного напряжения, полученное на основе собранной параметрической модели (исходя из системы уравнений 1 $I_{A\gamma}$, $I_{A\Delta}$ - изменение выходного

напряжения, соответствующее токам, т.е. источник реактивной мощности подключен в звезду и треугольник), U''_{ay} - описание изменения выходного напряжения на основе распределенной параметрической модели (статические характеристики изменения выходного напряжения, соответствующие токам I_{Ay} , $I_{\Delta\Delta}$ на основе системы уравнений). На основе статических характеристик, представленных на рисунках (3а) и (3б), исследованы метрологические характеристики многофазного датчика преобразования первичного тока во вторичное напряжение СЭС РМ: точность изменения, линейность выходной характеристики, равномерность датчика. чувствительность во всем диапазоне изменения.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

К источникам погрешностей вводно-коммутиционной части многофазного первичного датчика тока источников реактивной мощности СЭС, $I_{\Sigma k}$ - многофазные первичные токи под воздействием температуры, влажности, внешних магнитных полей и других факторов, ω - частота электрического тока, $W[I_{\Sigma}, F_{\mu}]$ связи различной природы, коэффициенты, а также физические свойства материалов проводников и катушки возбуждения.

Для оценки кумулятивной погрешности многофазного датчика первичного тока источника реактивной мощности СЭС измените I_{Σ} первичных токов на м.д.с. который представляет собой величину коэффициента магнитного преобразования F_{μ} , т.е. $I_{\Sigma} \rightarrow F_{\mu}$ погрешности преобразования, т.е. $\delta_1 = 0,1$ - (отклонение электрических и магнитных величин от начального номинального значения на $\pm 0,1$ % от предельных значений [5].

F_{μ} - м.д.с. в рассеянных фрагментах изменения параметров F_{μ} - конверсионные частицы генерируют магнитные потоки - т.е. $F_{\mu} \rightarrow \Phi_{\mu}$ - ошибки преобразования, т.е. $\delta_2 = 0,1$ - (в этой части изменения отклонение магнитных величин от номинального значения на $\pm 0,1\%$ исходя из распределения параметров) т.е. изменение магнитных потоков частиц изменения Φ_{μ} на $U_{\Sigma ch}$ - выходное напряжение, т.е. $F_{\mu} \rightarrow U_{\Sigma ch}$, - определяются исходя из малых погрешностей, т.е. $\delta_3 = 0,1$ и $\delta_4 = 0,1$ [3, 5,13].

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2} = 0,2. \quad (3)$$

Все составляющие погрешностей многофазных первичных датчиков тока СЭС подразделяют на виды аддитивных и мультипликативных погрешностей, а вероятность возникновения находят по их стандартному отклонению по закону распределения.

Энтропийное отклонение погрешности датчика многофазного тока источников реактивной мощности СЭС определяется на основании следующей формулы [13].

$$\Delta = K_{\Sigma} \delta_{\Sigma} = 2,07 \times 0,2 = 0,41. \quad (4)$$

В результате расчетов и экспериментов энтропийная погрешность электромагнитного датчика $\Delta = 0,41$, т. е. $\pm 0,41\%$, а нормируемое значение точности датчика может быть выбрано из цифр, указанных в стандарте. Стандартный класс точности многофазного

датчика первичного тока этой серии источников реактивной мощности составляет 0,5, т.е. $\pm 0,5\%$ [3, 13].

В связи с широким внедрением микропроцессорных приборов и электронных счетчиков в контроль и управление СЭС реактивной мощности важно подавать на датчики и электронные устройства обработки данных нормированное напряжение (20 В) и ток (0,1 А) и обеспечивать их точность.

Аналитические выражения (1) и (2) изменения сигнала для однофазного тока в графовой модели датчика и данные рисунков 3а и 3б рекомендуется использовать для анализа и оценки погрешностей реактивного источника энергии многофазный первичный датчик преобразования тока СЭС.

По величинам I_{Ay} , U'_{ay} , U''_{ay} на основании рисунка 3а показателями погрешностей изменения датчика многофазных токов источников реактивной мощности СЭС, соответствующих точкам статических характеристик, являются:

$$I_{Ay} = 38 \text{ A}; \quad U'_{ay} = 10 \text{ В}; \quad U''_{ay} = 10,18 \text{ В};$$

$$\Delta = \frac{(U''_{ay} - U'_{ay})}{U'_{ay}} * 100\% = \frac{(10,18 - 10)}{10} * 100\% = 1,8\%. \quad (4)$$

$$I_{Ay} = 76 \text{ A}; \quad U'_{ay} = 20 \text{ В}; \quad U''_{ay} = 20,37 \text{ В};$$

$$\Delta = \frac{(U''_{ay} - U'_{ay})}{U'_{ay}} * 100\% = \frac{(20,37 - 20)}{20} * 100\% = 1,81\%. \quad (5)$$

На основании расчетных данных можно сделать вывод, что распределенная параметрическая графовая модель многофазного первичного датчика тока реактивной мощности СЭС, сформированное на ее основе аналитическое выражение и полученные из них графические описания являются адекватными, по результатам исследования сенсорной структуры позволили увеличить на 1,8 % [11-13].

Для случая, когда конденсаторы источников реактивной мощности СЭС соединены треугольной формы, показатели погрешностей преобразования, соответствующие точкам статических характеристик, рассчитывались исходя из величин размеров $I_{a\Delta}$, $U'_{a\Delta}$, $U''_{a\Delta}$:

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

$$\Delta = \frac{(U''_{a\Delta} - U'_{a\Delta})}{U'_{a\Delta}} * 100\% = \frac{(10,184 - 10)}{10} * 100\% = 1,8\%; \quad (6)$$

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

$$\Delta = \frac{(U''_{a\Delta} - U'_{a\Delta})}{U'_{a\Delta}} * 100\% = \frac{(20,369 - 20)}{20} * 100\% = 1,8\%; \quad (7)$$

Полученные здесь результаты также показывают, что распределенная параметрическая графовая модель многофазного датчика первичного тока, генерируемая источниками реактивной мощности СЭС, и аналитическое выражение на ее основе адекватны реальным линейным выходным характеристикам датчика, что позволяет повысить точность датчика на 1,8%.

Входная цепь многофазного первичного датчика тока источников реактивной мощности СЭС представлена в графовой модели I_{Σ}, U_{μ} (рис. 2.2), в которой I_{Σ} (I_A, I_B, I_C) многофазные токи F_{μ} преобразуются в магнитные движущие силы. Заданная доля изменения сигнала $K [I_{\Sigma}, F_{\mu}]$ отражается коэффициентом контакта между электрической и магнитной цепями [10-13]. В модификациях F_{μ} и Φ магнитные движущие силы F_{μ} преобразуются в магнитные потоки F_{μ} в модификациях, его передаточная функция модификаций W_{μ} и Π_{μ} отражает параметры структуры магнитной модификации.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ процессов преобразования сигналов и чувствительных элементов в электромагнитных датчиках контроля многофазного тока и управления источниками реактивной мощности СЭС определен для удовлетворения основных требований, таких как преобразование многофазных первичных токов во вторичные напряжения и скорости.
2. 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.
3. 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. I.Kh.Siddikov, M.A.Anarbaev, A.A.Abdumalikov, A.B.Abubakirov, M.T.Maxsudov, I.M.Xonturaev. «Modelling of transducers of nonsymmetrical signals of electrical nets» // International Conference On Information Science And Communications Technologies Applications, Trends And Opportunities // Publication Year: 2019, Page(s): 1–6. <http://WWW.ICISCT2019.Org>
5. I.X.Siddikov, A.B.Abubakirov, A.J.Allanazarova, R.M.Tanatarov, Sh.B.Kuatova // Modeling the secondary strengthening process and the sensor of multiphase primary currents of reactive power of renewable electro energy supply // Solid State Technology, Volume: 63 Issue: 6, Publication Year: 2020, pp: 13143-13148.
6. Abubakirov A.B., Yo'ldashev A.A., Baymuratov I.Q., Sharipov M.T., Utemisov A.D. «Study of conversion circuits and design of the electromagnetic primary current and voltage transducer of monitoring and control systems» // EPRA International Journal of Research and Development. Volume: 5 India. 2020. - C. 214-218. (SJIF Impact Factor: 6.260| ISI I.F.Value:1.241| Journal DOI: 10.36713/epra2016 ISSN: 2455-7838(Online)).
7. I.Siddikov, Kh.Sattarov, A.B.Abubakirov, M.Anarbaev, I.Khonturaev, M.Maxsudov. «Research of transforming circuits of electromagnets sensor with distributed parameters» // 10 th International Symposium on intelegent Manufacturing and Service Systems. 9-11 September 2019. Sakarya. Turkey. c.831-837.
8. Abubakirov A.B. «Research of the electromagnetic transducers for control of current of three phases nets» // European science review, Scientific journal № 5–6 Vienna, Austria. 2018.- pp. 269-273.
9. Siddikov I.KH., Abubakirov A.B., Yo'ldashov A.A., Babaxova G.Z., Xontoraev I.M., Mirzoev N.N. «Methodology of calculation of techno-economic indices of application of sources of reactive power» // European science review, Scientific journal № 1–2 Vienna, Austria. 2018.- pp. 248-251.
10. Сиддиков И.Х., Саттаров Х.А., Абубакиров А.Б., Есенбеков А.Ж., Сарсенбаев Д.Б. «Применение управляемых компенсирующих устройств в системах электроснабжения» // Вестник ККОАНРУз. №2. Нукус, 2018.- С. 27-32.
11. Сиддиков И.Х., Абубакиров А.Б., Нажматдинов К.М., Есенбеков А.Ж. «Электромагнитные преобразователи несимметрии трехфазного тока с расширенными функциональными возможностями» // Вестник ККОАНРУз. №2. Нукус, 2017.- С. 66-68.
12. Лукашкин В.Г., Гарипов В.К., Слепцов В.В., Вишнеков А.В. Автоматизация измерений, контроля и управления. – М.:Машиностроение, 2005.– 663 с.