

## МОДЕЛЬ МНОГОФАЗНОГО ДАТЧИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ТОКА ВО ВТОРИЧНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Курбаниязов Т.У

*Каракалпакский государственный университет имени Бердаха*

*E-mail: [kurbaniazoff@gmail.com](mailto:kurbaniazoff@gmail.com)*

**Ключевые слова:** *система электроснабжения, многофазный первичные токи, узел, модели датчиков тока источники гибридных энергии*

### Введение

Особое внимание уделяется разработке адаптивных моделей управления, алгоритмов и программных средств, технических средств и информационно-измерительных средств гибридного энергоснабжения, зависящих от параметров устойчивости, надежности и стагнации в обеспечении систем электроснабжения в мир. В этом направлении одной из важных задач считается разработка адаптивных систем управления гибридными источниками энергии, такими как солнечные, ветровые, аккумуляторные и дизельные (газовые) генераторы в системах электроснабжения развитых стран.

Построение и исследование комплексно-цепной модели изменения величины многофазного электрического тока гибридных источников энергии в выходной сигнал в виде унифицированного вторичного напряжения в системах электроснабжения (СЭС) осуществляется на основе следующего алгоритма [1]:

1. Моделирование различных физико-технических устройств, обеспечивающих преобразование гибридной электрической энергии во вторичный сигнал в СЭС - процесс изменения энергии и сигнала в источниках энергии, контроль и управление этим процессом. [5]:

2. Агрегатно-параметрическое моделирование процесса преобразования электрических величин в виде первичного электрического тока  $I_3$ , вырабатываемого гибридным источником энергии в СЭС, и сигнала в виде вторичного выходного напряжения  $U_{откр}$  с помощью электромагнитного преобразователя-датчика [1,5]:

3. Цепное моделирование связи между первичным током гибридных источников энергии СЭС -  $I_3$  и выходным напряжением датчика с распределенным параметром энергии и вторичным сигналом.

4. Трехмерное - трехмерное моделирование зависимости между первичным током  $I_3$  гибридных источников энергии СЭС и выходным напряжением датчика.

Магнитные токи, генерируемые многофазными токами  $I_{Ay}, I_{By}, I_{Cy}, I_{Ad}, I_{Bd}, I_{Cd}$  вырабатываемыми гибридными источниками энергии на основе приведенных выше сильно формализованных и наглядных графовых моделей, представляют собой  $F_{\mu}$ -магнитные движущие силы (м.д.с.), процесс изменения первичных токов на  $U_{Эвых}$  – вторичные напряжения и модель конструкции датчика

создается на основе генерируемых ими магнитных токов  $F_{\mu}$ , пересекающих чувствительные элементы (рис. 1).

$I_{AY}$	$K_{I\Delta F\mu}$	$F_{\mu 11}$	$\Pi_{11}$	$F_{\mu 12}$	$\Pi_{12}$	$F_{\mu 13}$	$\Pi_{13}$	$F_{\mu 14}$	$\Pi_{\mu 1}$	$\Phi_{\mu 11}$	$K_{\Phi\mu U\Delta}$	$U_{\text{Эчик1}}$
		ПО <sub>11</sub>	ПО <sub>12</sub>	ПО <sub>13</sub>	ПО <sub>14</sub>							
$I_{BY}$	$K_{I\Delta F\mu}$	$F_{\mu 21}$	$\Pi_{21}$	$F_{\mu 22}$	$\Pi_{22}$	$F_{\mu 23}$	$\Pi_{23}$	$F_{\mu 24}$	$\Pi_{\mu 2}$	$\Phi_{\mu 21}$	$K_{\Phi\mu U\Delta}$	$U_{\text{Эчик2}}$
		ПО <sub>21</sub>	ПО <sub>22</sub>	ПО <sub>23</sub>	ПО <sub>24</sub>							
$I_{CY}$	$K_{I\Delta F\mu}$	$F_{\mu 31}$	$\Pi_{31}$	$F_{\mu 32}$	$\Pi_{32}$	$F_{\mu 33}$	$\Pi_{33}$	$F_{\mu 34}$	$\Pi_{\mu 3}$	$\Phi_{\mu 31}$	$K_{\Phi\mu U\Delta}$	$U_{\text{Эчик3}}$
		ПО <sub>31</sub>	ПО <sub>32</sub>	ПО <sub>33</sub>	ПО <sub>34</sub>							
$I_{AD}$	$K_{I\Delta F\mu}$	$F_{\mu 41}$	$\Pi_{41}$	$F_{\mu 42}$	$\Pi_{42}$	$F_{\mu 43}$	$\Pi_{43}$	$F_{\mu 44}$	$\Pi_{\mu 4}$	$\Phi_{\mu 41}$	$K_{\Phi\mu U\Delta}$	$U_{\text{Эчик4}}$
		ПО <sub>41</sub>	ПО <sub>42</sub>	ПО <sub>43</sub>	ПО <sub>44</sub>							
$I_{BD}$	$K_{I\Delta F\mu}$	$F_{\mu 51}$	$\Pi_{51}$	$F_{\mu 52}$	$\Pi_{52}$	$F_{\mu 53}$	$\Pi_{53}$	$F_{\mu 54}$	$\Pi_{\mu 5}$	$\Phi_{\mu 51}$	$K_{\Phi\mu U\Delta}$	$U_{\text{Эчик5}}$
		ПО <sub>51</sub>	ПО <sub>52</sub>	ПО <sub>53</sub>	ПО <sub>54</sub>							
$I_{CD}$	$K_{I\Delta F\mu}$	$F_{\mu 61}$	$\Pi_{61}$	$F_{\mu 62}$	$\Pi_{62}$	$F_{\mu 63}$	$\Pi_{63}$	$F_{\mu 64}$	$\Pi_{\mu 6}$	$\Phi_{\mu 61}$	$K_{\Phi\mu U\Delta}$	$U_{\text{Эчик6}}$

**1-рис. Процесс преобразования многофазных первичных токов во вторичные напряжения и модель сменной части датчика.**

В магнитном поле многофазные первичные токи создают магнитные движущие силы. Их взаимные отношения выражаются следующим образом (1) в зависимости от м.д.с. узлов графовой модели:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{\mu 11} - F_{\mu 12}}{\Pi_{\mu 11}} + \frac{F_{\mu 11} - F_{\mu 21}}{\Pi_{\mu 11}} = K_{I\Delta F\mu} I_{AY}; \\ \frac{F_{\mu 21} - F_{\mu 11}}{\Pi_{\mu 11}} + \frac{F_{\mu 21} - F_{\mu 22}}{\Pi_{\mu 21}} + \frac{F_{\mu 21} - F_{\mu 31}}{\Pi_{\mu 21}} = K_{I\Delta F\mu} I_{BY}; \\ \frac{F_{\mu 31} - F_{\mu 21}}{\Pi_{\mu 21}} + \frac{F_{\mu 31} - F_{\mu 32}}{\Pi_{\mu 31}} + \frac{F_{\mu 31} - F_{\mu 41}}{\Pi_{\mu 31}} = K_{I\Delta F\mu}; \\ \frac{F_{\mu 41} - F_{\mu 31}}{\Pi_{\mu 31}} + \frac{F_{\mu 41} - F_{\mu 42}}{\Pi_{\mu 41}} + \frac{F_{\mu 41} - F_{\mu 51}}{\Pi_{\mu 41}} = K_{I\Delta F\mu} I_{AD}; \\ \frac{F_{\mu 51} - F_{\mu 41}}{\Pi_{\mu 41}} + \frac{F_{\mu 51} - F_{\mu 52}}{\Pi_{\mu 51}} + \frac{F_{\mu 51} - F_{\mu 61}}{\Pi_{\mu 51}} = K_{I\Delta F\mu} I_{BD}; \\ \frac{F_{\mu 61} - F_{\mu 51}}{\Pi_{\mu 51}} + \frac{F_{\mu 61} - F_{\mu 62}}{\Pi_{\mu 61}} = K_{I\Delta F\mu} I_{CD}. \end{array} \right. \quad (1)$$

На основе модели созданы аналитические выражения для исследования общего магнитопровода (штургенгов) датчика и магнитных потоков  $\Phi_{(mi,j,k)}$ , протекающих через воздушные зазоры [2].

$i=1; j=2,3$  – для узлов:

$$\frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i-1,j}}{\Pi_{\mu ij}} + \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i+1,j}}{\Pi_{\mu i+1,j}} + \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i+1,j}}{\Pi_{\mu i+1,j}} = 0; \quad (2)$$

$i=6; j=2,3$  – для узлов:

$$\frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i-1,j}}{\Pi_{\mu ij}} - \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i-1,j}}{\Pi_{\mu i-1,j}} - \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i+1,j}}{\Pi_{\mu i+1,j}} = 0; \quad (3)$$

$i=\overline{1,6}; j=\overline{2,3}$  – для узлов:

$$\frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i-1, j}}{\Pi_{\mu ij}} + \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i j-1}}{\Pi_{\mu i j-1}} + \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i+1, j}}{\Pi_{\mu i+1, j}} + \frac{F_{\mu ij} - F_{\mu i+1, j}}{\Pi_{\mu i+1, j}} = 0; \quad (4)$$

$i=1 \div 6; j=1 \div 4$  – для узлов:

$$F_{\mu ij} = K_{I \Delta F \mu} I_i; \quad (5)$$

$$\Phi_{\mu i} = \Pi_{\mu i} F_{\mu i}; \quad (6)$$

$$U_{\text{Эввых}i} = K_{\Phi \mu U \Delta} \Phi_{\mu i}; \quad (7)$$

$$\Pi_{ij} = \frac{l_{\mu ij}}{\mu_{ij} S_{ij}}; \quad (8)$$

$$\Pi_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{\mu_{0ij} S \delta_{ij}}; \quad (9)$$

здесь  $\Pi_{ij} = \Pi_{\mu ij}$  – магнитное сердечник (стержень) и параметры магнита воздушного зазора - сопротивления.

$\Phi_{(mi,j)}$  МДС в узлах процесса преобразования и структура куска определяются на основании известных в электротехнике уравнений законов Ома и Кирхгофа в зависимости от геометрических размеров датчика магнитопровод (осетр) и воздушный зазор и магнитопоглощение [3].

Величины магнитопровода (стержня) и воздушных зазоров системы смены датчиков определяются следующим образом, а в чувствительных элементах формируются соответствующие выходные сигналы - напряжения (10) и (11) [4]:

$i=\overline{1,6}$  – для узлов:

$$\Phi_{\mu i} = \Pi_{\mu i} F_{\mu i4}; \quad (10)$$

$$U_{\text{Эввых}i,j} = K_{\Phi \mu U \Delta} \Phi_{\mu i} = 4,44 f w_i \Phi_{\mu i}; \quad (11)$$

здесь  $w_i$ - число витков обмоток чувствительного элемента.

Сформированная графовая модель и ее аналитическое выражение позволяют исследовать распределение магнитных токов  $\Phi_{(mi,j)}$  и магнитных токов  $\Phi_{mi}$  между магнитопроводом и воздушным зазором в зависимости от строения частей датчика. Магнитные потоки  $\Phi_{mi,j}$ , характеризующие столбец  $i=1$  модели, исходят из общей части магнитопровода, токи во 2-м столбце определяют ток растекания, во 2-м и 3-м столбцах - магнитные потоки, пересекающие чувствительный элемент, и 4-й столбец, определяющий магнитные потоки, пересекающие чувствительный элемент датчика.

### Вывод

Созданные графовые модели агрегированных и распределенных параметров гибридных источников питания многофазных токов сигналов контроля и управления на основе вторичного сигнала электромагнитных датчиков  $U_{\text{Эввых}}$  -  $F_{(mi,j)}$  МДС, позволили сформировать аналитические выражения потоков на основе высокой формализации.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ:

[1] Сиддиков И.Х., Абубакиров А.Б., Шаулеметов Т.У., Есенбеков А.Ж. «Разработка электромагнитного преобразователя несимметрии трехфазного тока с

расширенными функциональными возможностями» //Международный научный журнал «Интернаука».№10. Киев, Украина. 2017.- С. 59-63.

[2] Abubakirov, A. B., Najmatdinov, Q. M., Kurbaniyazov, T. U., & Kumatova, S. B. (2021). Sensor characteristics monitoring and control of single and three-phase currents in electric networks. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(3), 2282-2287.

[3] Abubakirov, A. B., Tanatarov, R. J., Kurbaniyazov, T. U., & Kumatova, S. B. (2021). Application of automatic control and electricity measurement system in traction power supply system. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(3), 180-186.

[4] Kh, Siddikov I. "Permissible Voltage Asymmetry for Asynchronous Motor Control in Non-Nominal Operating Situations." *American Journal of Social and Humanitarian Research* 3.9 (2022): 55-64.

[5] INTER, F. L. I. (2017). *An International Multidisciplinary Research Journal. An International Multidisciplinary Research Journal*, 41(43).

[6] Kurbaniyazov, T. U. (2022). Distributed Active and Reactive Power Control With Smart Microgrid Demonstration. *Middle European Scientific Bulletin*, 30,1-9.

[8] Siddikov I.Kh., Sattarov Kh.A., Khujamatov H.E. Research of the Influence of Nonlinear Primary Magnetization Curves of Magnetic Circuits of Electromagnetic Transducers of the Three-phases Current // *Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering*. Horizon Research Publishing Corporation, USA. 2016, Vol.4(1), pp. 29 – 32.

[9] Беляков П.Ю. Особенности преобразования энергии и задачи управления в электроэнергетических установках на базе возобновляемых источников энергии / Беляков П.Ю. // *Электротехнические комплексы и системы управления*, 2007. - С. 24-29.

[10] Bazarbayevich A. A., Urunbayevich K. T., Pirnazarovich N. M. Reactive power and voltage parameters control in network system // *innovative achievements in science* 2022. – 2022. – т. 2. – №. 13. – с. 16-20.