

Сиддиков Илхом Хакимович

Доктор технических наук, профессор

Ташкентский университет информационных технологий

Siddikov I.KH.

doctor of technologies, Professor

Tashkent university information technologies

Абубакиров Азизжан Базарбаевич

Стажёр-преподаватель

Каракалпакский государственный университет

Abubakirov A. B.

trainee teacher

Karakalpak State University

Шаулеметов Тимур Уринбекович,

Есенбеков Азамат Жолдасбаевич

ассистенты

Каракалпакский государственный университет

Shaulemetov T. U., Esenbekov A. J.

assistants

Karakalpak State University

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НЕСИММЕТРИИ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

THE CONSTRUCTIONS OF ELECTROMAGNETIC TRANSDUCER OF UNBALANCE OF THREE PHASES CURRENT

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы разработки электромагнитного преобразователя несимметрии трехфазного тока в напряжение (ЭМПНСТН) на основе усовершенствования магнитопровода, выполненного в виде противоположно расположенных двух симметричных частей, каждая из которых вдоль оси магнитопровода имеют три полукруглые выемки, образующих круглые отверстия для расположения фазных токопроводов трехфазной электрической сети. А в четырех воздушных зазорах между отверстиями расположены четыре плоские измерительные катушки на изоляционных линейках, позволяющие расширить функциональные возможности преобразователя.

Ключевые слова: несимметрия, электромагнит, преобразователь, магнитопровод, токопровод, трехфазная электрическая сеть, электроприемник, катушки, винт, гайка, изоляционная линейка.

Summary. In the paper given the materials of construction of electromagnetic transducer of asymmetry of the three-phase current to a voltage (EMPNSTN) based on magnetic circuit made in the form of oppositely disposed two symmetrical parts, each of which along the magnetic axis are three semi-circular recesses forming the round holes for arranging the phase conductors of three-phase mains, and four air gaps between the holes are four flat measuring coil on the insulating product lines, with the number of turns of the two outermost flat measuring coils is two times less than the number of turns of the two secondary flat measuring coils, and on the projections of the two ends of the yoke provided with holes for arrangement screws with nuts of a nonmagnetic material allowing to expand the functionality of the device of control unbalance in electric nets of communication objects.

Key words: asymmetry, electromagnet transducers, electromagnetic, conductive, three-phases electric nets, power equipment, coil, screw, nut, insulating line.

1. Введение. Несимметрия токов — явление в трехфазной электрической сети электроприемников коммуникации, при котором амплитуды фазных токов и/или углы между ними не равны между собой. Причины несимметрии токов могут быть разными, но основная из них — это несимметрия, обусловленная неравенством электрической нагрузки по фазам. В зависимости от схемы соединения вторичных обмоток трёхфазного трансформатора на питающей подстанции возможны различные последствия несимметрии [1–2].

2. Основная часть. В настоящее время в качестве преобразователя несимметрии применяется устройство состоящее из магнитопровода, выполненного трехлучевой звездообразной формы и выемками и торцов с образованием пары параллельных стержней каждого луча при этом в выемках размещены первичные обмотки трехфазных проводов электрической сети напротив каждой пары параллельных стержней магнитопровода расположен дополнительный сердечник на обращенной к параллельным стержням поверхности которого размещена плоская измерительная катушка на изоляционном основании.

Задачей данной работы является расширение функциональные возможности первичного измерительного преобразователя несимметрии трехфазного тока на основе регулирования параметров цепи преобразования.

Поставленная задача решается тем, что в электромагнитном преобразователе несимметрии трехфазного тока в напряжение (ЭМПНСТН), содержащее магнитопровод, три первичных токопровода, плоские измерительные катушки, нанесенные на изоляционные линейки и расположенные в воздушном зазоре магнитопровод выполнен в виде противоположно расположенных двух симметричных частей, каждая из которых вдоль оси магнитопровода имеют три по-

лукруглые выемки, образующих круглые отверстия для расположения фазных токопроводов трехфазной электрической сети, а в четырех воздушных зазорах между отверстиями расположены четыре плоские измерительные катушки на изоляционных линейках, при этом, число витков двух крайних плоских измерительных катушек в два раза меньше, чем число витков двух средних плоских измерительных катушек, а на выступах двух торцов магнитопровода выполнены отверстия для расположения винтов с гайками из немагнитного материала.

На рис. 1 представлена общий вид конструкции разработанной конструкции ЭМПНСТН, на рис. 2 — схема соединения плоских измерительных обмоток и на рис. 3 — векторная диаграмма выходного трехфазного напряжения при симметричных первичных токах трехфазной электрической сети. ЭМПНСТН на фиг.1 содержит магнитопровод 1 и 2, выполненный в виде противоположно расположенных двух симметричных частей, каждая из которых вдоль оси магнитопровода имеют три полукруглые выемки 3, 4 и 5, образующих круглые отверстия 6, 7 и 8 для расположения фазных токопроводов А, В и С трехфазной электрической сети, а в четырех воздушных зазорах 9, 10, 11 и 12 между отверстиями расположены четыре плоские измерительные катушки 13, 14, 15 и 16 на изоляционных линейках 17, 18, 19 и 20, при этом, число витков двух крайних 13 и 16 плоских измерительных катушек в два раза меньше, чем число витков двух средних 14 и 15 плоских измерительных катушек, а на выступах двух торцов магнитопровода выполнены отверстия для расположения винтов 21 с гайками 22 из немагнитного материала.

ЭМПНСТН работает следующим образом

При протекании тока в А, В и С первичных токопроводах трехфазной электрической сети, в проти-

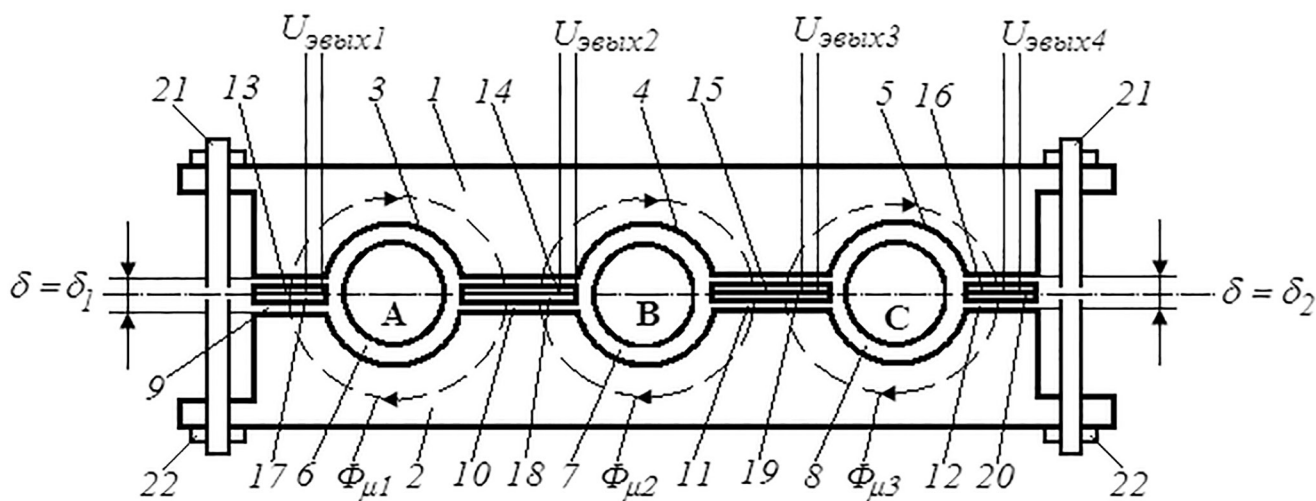


Рис. 1. Общий вид конструкции ЭМПНСТН

воположно расположенных симметричных магнитопроводах 1 и 2 появляются магнитные потоки Φ_1, Φ_2 и Φ_3 , которые в зазоре между торцами пересекают витки плоских измерительных катушек 13, 14, 15 и 16 изоляционных линеек 17, 18, 19 и 20 при этом:

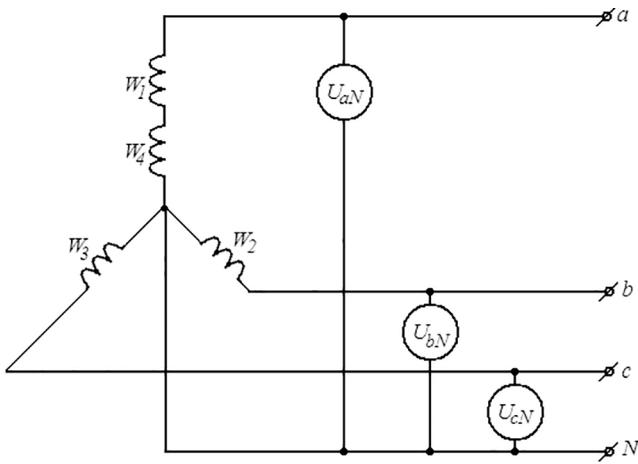


Рис. 2. Соединение плоских измерительных катушек

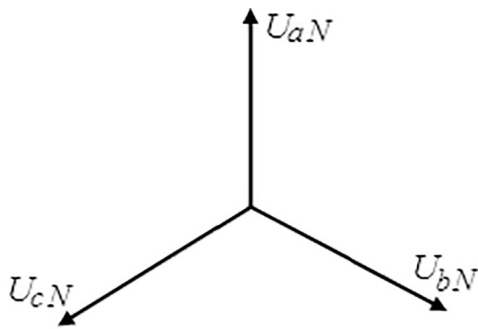


Рис. 3. Векторная диаграмма выходных напряжении при симметричных первичных токах трехфазной электрической сети

$$\Phi_1 = (I_A \cdot W_A) / R_{\mu 1}, \tag{1}$$

$$\Phi_2 = (I_B \cdot W_B) / R_{\mu 2}, \tag{2}$$

$$\Phi_3 = (I_C \cdot W_C) / R_{\mu 3}, \tag{3}$$

где: I_A, I_B, I_C — первичные токи, протекающие по первичной обмотке — токопроводам A, B и C трехфазной электрической сети; W_A, W_B, W_C — числа витков первичной обмотки, $R_{\mu 1} = R_{\mu 2} = R_{\mu 3}$ — суммарные магнитные сопротивления.

В ЭМПНСТН магнитные сопротивления участков магнитной цепи преобразования R_μ зависит от величины воздушного зазора, который в данном случае регулируется с помощью специальных винтов 21 с гайками 22 из немагнитного материала. Применение эффекта регулирования воздушного зазора позволяет увеличить диапазон контролируемой величины первичных токов I_A, I_B, I_C трехфазной электрической сети,

определяемые на основе геометрических размеров (сечение) первичного токопровода.

$$R_\mu = \rho / F, \tag{4}$$

где: ρ — удельное сопротивление участков цепи преобразования, $\delta = \delta_1 = \delta_2$ — регулируемый воздушный зазор между симметричными магнитопроводами, F — сечение участка цепи на пути магнитного потока. Напряжения на выходе каждой плоской измерительной катушки ЭМПНСТН $U_{\text{эвых1}}, U_{\text{эвых2}}, U_{\text{эвых3}}$ и $U_{\text{эвых4}}$ определяются в зависимости взаимовлияния магнитных потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 в отдельных частях симметричных магнитопроводов (фиг.1) и величины регулируемого воздушного зазора δ :

$$U_{\text{эвых1}} = 4,44 f \cdot W_1 \Phi_1, \tag{5}$$

$$U_{\text{эвых2}} = 4,44 f \cdot W_2 (\Phi_1 - \Phi_2), \tag{6}$$

$$U_{\text{эвых3}} = 4,44 f \cdot W_3 (\Phi_2 - \Phi_3), \tag{7}$$

$$U_{\text{эвых4}} = 4,44 f \cdot W_4 \Phi_3, \tag{8}$$

где: $2W_1 = W_2 = W_3 = 2W_4$ — число витков плоских измерительных катушек, ($W_1 = W_4$ и $W_2 = W_3$ — плоские измерительные катушки выполняются с одинаковым числом витков W), f — частота питающей электрической сети.

Выходные напряжения между фазным напряжением и нулевым проводом U_{aN}, U_{bN} и U_{cN} определяются на основе соединения плоских измерительных катушек. При соединении плоских измерительных катушек ЭМПНСТН по схеме звезда с нулевым проводом (рис. 2), выходные напряжения определяются на основе следующих соотношении:

$$U_{aN} = 4,44 f (W_1 I_{\text{вт1}} - W_4 I_{\text{вт4}}) / R_\mu \tag{9}$$

$$U_{bN} = U_{\text{эвых2}} \tag{10}$$

$$U_{cN} = U_{\text{эвых3}} \tag{11}$$

где $I_{\text{вт1}}, I_{\text{вт4}}$ — вторичные токи, протекающие по измерительным катушкам 1 и 4.

Выходное напряжение ЭМПНСТН U_{aN} определяется на основе встречного соединения плоских измерительных катушек W_1 и W_4 , обеспечивающий сигнал, пропорциональный разности вторичных токов, протекающие по этим катушкам как $I_{\text{вт1}} - I_{\text{вт4}}$, как это представлено в формуле (8). Такое соединение плоских измерительных катушек ЭМПНСТН 1 и 4 обуславливается необходимостью определения и обеспечения зависимости выходного напряжения U_{cN} от разности магнитных потоков Φ_1 и Φ_3 в регулируемом воздушном зазоре $\delta = \delta_1 = \delta_2$. При симметричном трехфазном токе электрических сетей электрооборудования коммуникации из-за равенства первичных токов I_A, I_B, I_C — протекающих по первичной обмотке — токопроводам A, B и C трехфазной электрической сети и создаваемые ими магнитных потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 ,

векторная сумма выходных вторичных напряжений U_{aN} , U_{bN} и U_{cN} (рис. 3) равна нулю. В ЭМПНСТН магнитные потоки Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 , в зависимости от величины регулируемого воздушного зазора $\delta = \delta_1 = \delta_2$ позволяют получить сигнал о несимметрии токов в виде выходного напряжения, которые появляются при неравенстве магнитных потоков $\Phi_1 \neq \Phi_2 \neq \Phi_3$, наведённые первичными токами I_A , I_B и I_C .

3. Заключение. Благодаря выполнению магнитопровода ЭМПНСТН в виде противоположно расположенных двух симметричных частей, каждая из которых вдоль оси магнитопровода имеют три полукруглые выемки, образующие круглые отверстия для расположения фазных токопроводов трехфазной

электрической сети, а в четырех воздушных зазорах между отверстиями расположены четыре плоские измерительные катушки, на изоляционных линейках, при этом, число витков двух крайних плоских измерительных катушек в два раза меньше, чем число витков двух средних плоских измерительных катушек, обеспечивается эффективное преобразование сигнала в виде вторичного напряжения, пропорциональное как и по величине и так по фазе, а благодаря эффекта регулируемости зазора между магнитопроводами, появляется возможность преобразования сигнал о несимметрии токов в большом диапазоне изменения первичных токов электрических сетей.

Литература

1. Под ред. Ю. В. Шарова. Управление качеством электроэнергии / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов и др. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
2. К. Р. Аллаев, Р. К. Азимов, И. Х. Сиддиков и др. Электромагнитный преобразователь несимметричности трехфазного тока в напряжение, Патент РУз IAP 2014 0509 Официальный бюллетень № 4, 2016 г.