

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НЕСИММЕТРИИ
ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ
ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

З. А. Мауленова

Нукусский государственный технический университет

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].

Introduction

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. Основная часть. В настоящее время в качестве преобразователя несимметрии применяется устройство, состоящее из магнитопровода, выполненного трехлучевой звездообразной формы с 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 [2].

Задачей данной работы является расширение функциональных возможностей 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 магнитопровода, выполнен в виде противоположно расположенных двух симметричных частей, каждая из которых вдоль оси магнитопровода имеет 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, 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 представлен 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 имеет 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 [2].

При протекании тока в А, В и С первичных токопроводах трехфазной электрической сети, в противоположно 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:

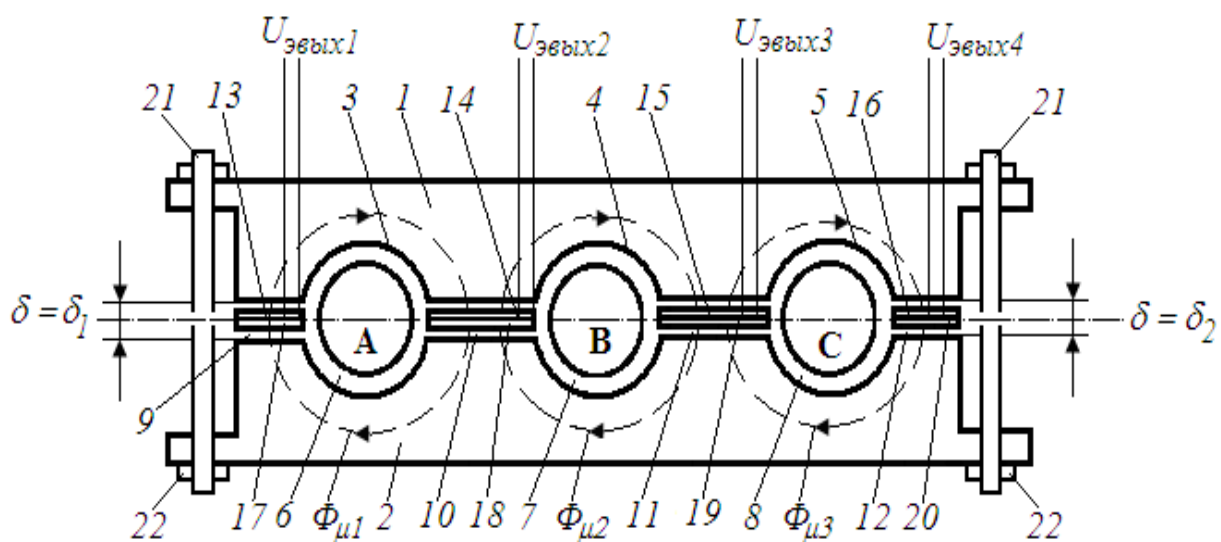


Рис.1. Общий вид конструкции ЭМПНСТН

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

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

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

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.

Магнитные сопротивления участков магнитной цепи преобразования R_μ зависит от величины воздушного зазора, которое регулируется винтами 21 с гайками 22.

Напряжения на выходе каждой плоской измерительной катушки ЭМПНСТН $U_{\text{вых1}}, U_{\text{вых2}}, U_{\text{вых3}},$ и $U_{\text{вых4}}$ 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 :

$$U_{\text{вых1}} = 4,44 f \cdot W_1 \Phi_1, \quad (4)$$

$$U_{\text{вых2}} = 4,44 f \cdot W_2 (\Phi_1 - \Phi_2), \quad (5)$$

$$U_{\text{вых3}} = 4,44 f \cdot W_3 (\Phi_2 - \Phi_3), \quad (6)$$

$$U_{\text{вых4}} = 4,44 f \cdot W_4 \Phi_3, \quad (7)$$

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 следующих соотношении:

$$U_{aN} = 4,44 f (W_1 I_{\text{BT1}} - W_4 I_{\text{BT4}}) / R_\mu \quad (8)$$

$$U_{bN} = U_{\text{вых2}} \quad (9)$$

$$U_{cN} = U_{\text{вых3}} \quad (10)$$

где $I_{\text{BT1}}, I_{\text{BT4}}$ - 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 $I_{\text{BT1}} - I_{\text{BT4}}$, как это представлено в формуле (7). При симметричном трехфазном токе электрических сетей электрооборудовании 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 , сумма выходных вторичных напряжении U_{aN} , U_{bN} , и U_{cN} 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 $\Phi_1 \neq \Phi_2 \neq \Phi_3$.

3. Заключение. Благодаря выполнению магнитопровода ЭМПНСТН в виде противоположно расположенных двух симметричных частей, каждая из которых вдоль оси магнитопровода имеет три полукруглые выемки, образующие круглые отверстия для расположения фазных токопроводов трехфазной электрической сети, обеспечивается эффективное преобразование сигнала в виде вторичного напряжения, пропорциональное как и по величине и так по фазе, а благодаря эффекту регулируемости зазора между магнитопроводами, появляется сигнал о несимметрии токов.

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 intelligent Manufacturing and Service Systems. 9-11 September 2019. Sakarya. Turkey. c.831-837.