

УДК 621.31

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*О.В. Милашкина, В.А. Злобин*

Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева  
Россия, 432071, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8

*Для анализа качества электроэнергии удобнее всего выделить наиболее часто встречающиеся ненормальные ситуации. Самыми распространенными являются: провалы и подъемы напряжения, временное пропадание напряжения, длительное искажение формы напряжения, переходные процессы. Проблема качества электроэнергии тесно связана с надежностью и долговечностью различного рода нагрузки; более того, особо требовательные нагрузки могут функционировать только при высоком качестве напряжения. Работа посвящена вопросу разработки устройств для повышения качества электроэнергии.*

**Ключевые слова:** датчик несимметрии, стабилизация напряжений, качество электроэнергии.

Проблема качества электроэнергии перекликается с задачей энергосбережения. Изменение структуры сети или обновление всех потребителей приведет к значительным затратам, так как необходимо вести учет современных требований к качеству электроэнергии и для обеспечения надежной работы уже имеющегося оборудования необходима разработка устройств для повышения качества электроэнергии различных типов.

Принцип построения современных устройств несимметрии напряжений, которые позволяют обеспечить повышение качества электроэнергии, имеет недостатки. Главный из них заключается в невозможности обеспечения высокой чувствительности датчиков к изменению степени несимметрии напряжений, требуемой для некоторых симметрирующих устройств. Для подтверждения этого проанализируем пути повышения чувствительности известных датчиков и возможности их практической реализации.

Предлагаемая разработка описывает способ построения системы симметрирования: датчик несимметрии напряжений трехфазного источника переменного тока (а.с. № 25658), с помощью которого предлагается другой путь построения высокочувствительных датчиков несимметрии напряжений источников переменного тока. Данное устройство относится к области электротехники, конкретно к устройствам измерения несимметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения, и предназначено главным образом для использования в установках автоматического симметрирования напряжений трехфазных источников. В данном устройстве сигналы, несущие информацию о несимметрии напряжений источника, формируются путем попарного сравнения линейного напряжения со вспомогательным напряжением, полученным в результате суммирования составляющих двух других линейных напряжений (перед сравнением указанные

---

*Ольга Владимировна Милашкина (к.т.н.), доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин.*

*Вадим Александрович Злобин (к.т.н.), доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин.*

напряжения выпрямляются). При этом за счет снижения фазовых сдвигов между попарно сравниваемыми напряжениями снижаются амплитуды переменных составляющих в выходных сигналах датчиков.

Цель работы с данным устройством – упрощение датчика. Достигается это тем, что в датчик несимметрии напряжений трехфазного источника переменного тока включаются измерительные трансформаторы, снабженные основными и дополнительными вторичными обмотками, выпрямители, резисторы и потенциометры.

Особенность разработки заключается в следующем. Каждая дополнительная вторичная обмотка измерительных трансформаторов выполнена в виде двух секций с равным числом витков. Секции каждой дополнительной обмотки различных измерительных трансформаторов соединяются попарно последовательно-согласно. В полученных соединениях секций одна пара разноименных выводов подключается к общей шине, а другая – ко входам дополнительных выпрямителей.

На рисунке представлена схема датчика несимметрии напряжений трехфазного источника переменного тока.

Секции каждой дополнительной обмотки различных трансформаторов попарно соединены последовательно и согласно. У полученных соединений секций дополнительных обмоток одна пара разноименных выводов подключена к общей точке схемы, а другая пара разноименных выводов подключена ко входам дополнительных выпрямителей. К выходным разноименным клеммам основного и дополнительного выпрямителей в каждом канале датчика при помощи резисторов подсоединены потенциометры, где движки являются выходами датчика.

Работа устройства осуществляется следующим образом. На первичные обмотки измерительных трансформаторов 1–3 в симметричном режиме работы источника поступают его линейные напряжения, равные по амплитуде и сдвинутые по фазе друг относительно друга на  $60^\circ$ . Сигналы, пропорциональные указанным линейным напряжениям, снимаются с вторичных обмоток 7–9 измерительных трансформаторов (обмотки выполнены с выводами средних точек – общая точка схемы 10). Каждый из этих сигналов попарно сравнивается со вспомогательным напряжением, полученным в результате суммирования соответствующим образом трансформированных двух других линейных напряжений источника. Формирование вспомогательных напряжений осуществляется при помощи вторичных обмоток измерительных трансформаторов 14–25 путем последовательно-согласного включения секций 14–18–15–19, 16–22–17–23, 20–24–21–25 (точки соединений разноименных выводов секций 15–18, 17–22, 21–24 соединены с общей точкой схемы). Напряжения, снимаемые со вторичных обмоток 7–9 и с крайних выводов соединений вторичных обмоток 14–18–15–19, 16–22–17–23, 20–24–21–25, выпрямляются выпрямителями 11–13 и 26–28. Выходные напряжения выпрямителей 11 и 26, 12 и 27, 13 и 28 подаются при помощи ограничительных резисторов 29–34 на потенциометры 35–37. Выходные сигналы датчика снимаются с движков 38–40 потенциометров. При этом за счет снижения фазовых сдвигов между попарно сравниваемыми напряжениями снижаются переменные составляющие в выходных сигналах датчика. Секционирование вторичных обмоток измерительных трансформаторов и их соответствующее соединение позволяют получить общие точки, по отношению к которым осуществляется съем выходных сигналов датчика (см. рисунок).

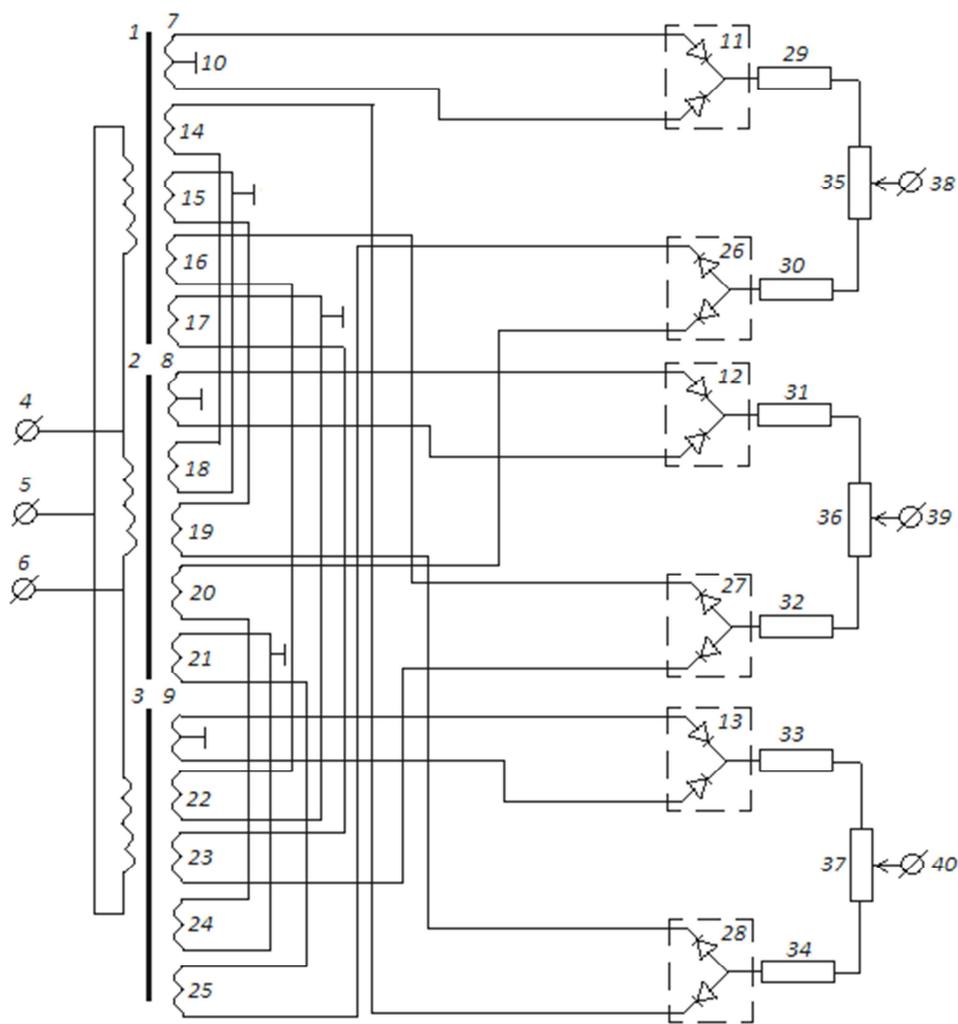


Схема датчика несимметрии напряжений трехфазного источника переменного тока:  
 1–3 – измерительные трансформаторы; 4–6 – фазы источника; 7–9 – основные вторичные обмотки измерительных трансформаторов, выполненные с выводом средних точек; 10 – общая точка схемы; 11–13 – входы выпрямителей; 14–25 – дополнительная вторичная обмотка измерительных трансформаторов в виде двух секций с равным числом витков; 26–28 – входы дополнительных выпрямителей; 29–34 – резисторы; 35–37 – потенциометры, 38–40 – движки

Датчик несимметрии напряжений трехфазного источника переменного тока, включающий измерительные трансформаторы, снабженные основными и дополнительными вторичными обмотками, выпрямители, резисторы и потенциометры, отличается тем, что каждая дополнительная вторичная обмотка измерительных трансформаторов выполнена в виде двух секций с равным числом витков, причем секции каждой дополнительной обмотки различных трансформаторов попарно соединены последовательно и согласно, а у полученных соединений секций дополнительных обмоток одна пара разноименных выводов подключена к общей шине, а другая – к входам дополнительного выпрямителя.

Практическое применение описанного выше датчика несимметрии трехфазного источника переменного тока должно согласовываться с особенностями объекта регулирования, условиями его работы, требованиями, предъявляемыми к точности регулирования, быстродействию, помехозащищенности в аварийных ситуациях.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Милашкина О.В. Повышение качества электроэнергии, вырабатываемой автономными дизель-генераторными установками: дисс. ... канд. тех. наук: 05.09.03. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т им. И.Н. Ульянова, 2010. – 143 с.
2. А.с. 25658. Датчик несимметрии напряжений трехфазного источника переменного тока / М.А. Боровиков, В.Е. Быстрицкий, О.В. Милашкина // Открытия, изобретения, полезные модели 2001. – Бюл. № 35.
3. Дмитриев В.Н., Милашкина О.В., Борисов И.А. Применение симметрирующих устройств для повышения качества электроэнергии автономных источников питания // Проблемы энергетики: науч.-техн. производственный журнал. – № 3–4. – Казань: КГЭУ, 2009. – С. 59–64.
4. Милашкина О.В. Построение системы симметрирования для автономных источников питания // Электротехнические комплексы и системы управления: науч.-техн. журнал. – № 3 (35). – Воронеж: ВИТЦ, 2014. – С. 73–76.
5. Милашкина О.В. Особенности работы симметрирующих и регулирующих устройств в автономных источниках питания // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – Вып. 5 (100). – С. 162–167.

*Статья поступила в редакцию 24 августа 2017 г.*

## MODERN METHODS OF IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY

***O.V. Milishkina, V.A. Zlobin***

UI GA them. Chief Marshal B.P. Bugayeva  
8/8, ul. Mozhaiskogo, 8/8432071, Ulyanovsk, Russian Federation

*For the analysis of the quality of electricity, it is most convenient to identify the most frequent abnormal situations. The most common are: voltage dips and rises, temporary voltage drop, long distortion of the voltage waveform, transients. The problem of the quality of electricity is closely related to the reliability and durability of a different kind of load, moreover, particularly demanding loads can function only at high voltage quality. A lot of work has been devoted to the analysis and development of devices for improving the quality of electricity.*

***Key words:*** asymmetry sensor, voltage stabilization, power quality.

---

*Olga V. Milashkina (Dr. Sci. (Techn.)), Associate Professor of the Department of Internal Affairs.*

*Vadim A. Zlobin (Dr. Sci. (Techn.)), Associate Professor of the Department of Internal Affairs.*