УДК 621.316.11
DOI: 10.47336/0131-7393-2023-9-36-37

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКА В НУЛЕВОМ РАБОЧЕМ ПРОВОДЕ

М.А. ЮНДИН,
кандидат технических наук, профессор,
А.М. ИСУПОВА,
кандидат технических наук, доцент,
Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО «Донской государственный
аграрный университет»
К.М. ЮНДИН,
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет»
E-mail: Alsite1@rambler.ru

Исследовано влияние способов включения разработанных компенсирующих устройств на величину тока в нулевом рабочем проводе при нелинейной несимметричной нагрузке.

Ключевые слова: *компенсатор; нелинейная несимметричная нагрузка; нулевой рабочий провод.*

Проблема снижения тока в нулевом рабочем проводе четырехпроводной электрической сети напряжением 0,38 кВ продолжает оставаться актуальной особенно для электрических сетей, получающих питание от силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулем». Причины, по которым значение этого тока в ряде случаев бывает соизмеримо со значениями фазных токов, достаточно хорошо изучены и освещены во многих научных публикациях [1–3]. Главные причины – присутствие в сети нелинейных и несимметричных потребителей.

На сегодняшний день предложен ряд технических решений, позволяющих в определенной степени снижать величину тока в нулевом рабочем проводе за счет компенсации токов нулевой последовательности и гармонических составляющих тока с частотой кратной третьей [4, 5]. Ниже представлены результаты экспериментальных исследований предлагаемых устройств.

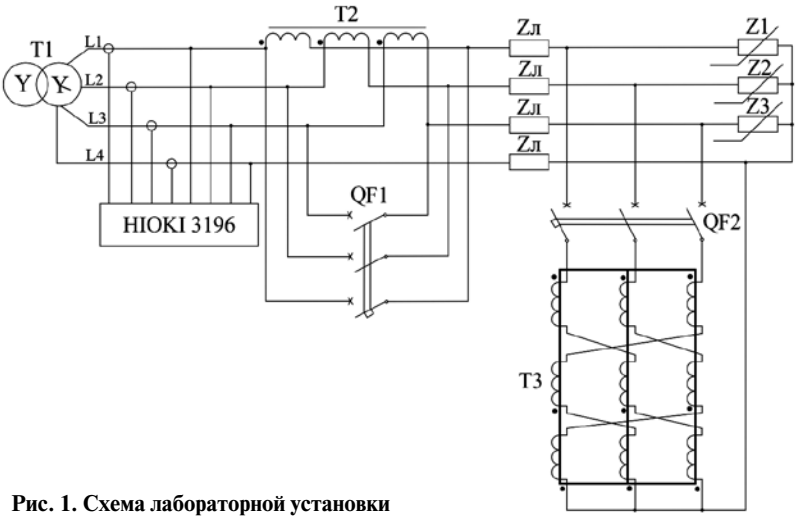


Рис. 1. Схема лабораторной установки

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Измеряемая величина	Числовые значения измеряемых величин		
	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Суммарная активная мощность, кВт	1,089	1,076	1,130
Среднее фазное напряжение, В	217,67	217,75	217,09
Ток в нулевом проводе, А	1,777	1,129	0,111
Ток нулевой последовательности основной гармоники, А	0,571	0,295	0,008
Ток нулевой последовательности третьей гармоники, А	0,176	0,121	0,029
Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока, % THD-I1 THD-I2 THD-I3 THD-I4	 6,63 7,66 8,23 31,18	 6,28 6,35 8,10 45,44	 4,94 4,04 6,74 431,25

Схема лабораторной установки для исследования влияния способа включения компенсирующих устройств на величину тока в нулевом рабочем проводе при нелинейной несимметричной нагрузке показана на **рис. 1**.

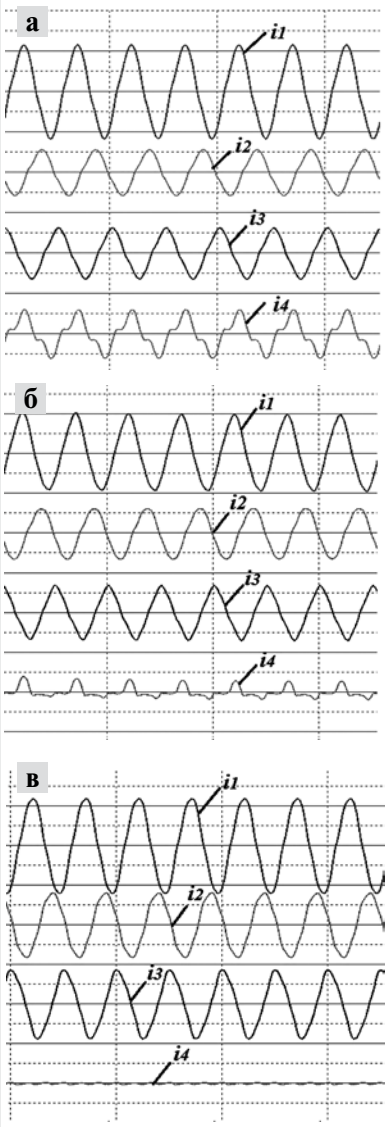


Рис.2. Осциллограммы токов фаз и тока в нулевом проводе: а – без подключения компенсирующих устройств; **б** – при подключении компенсатора Т2; **в** – при подключении компенсаторов Т2 и Т3

В качестве нелинейной нагрузки Z1–Z3 включались газоразрядные лампы, в фазу L1 – ДРЛ400 параллельно с ДРЛ250, а в фазы L2 и L3 – ДРЛ250. Питание лабораторной установки осуществлялось от силового трансформатора Т1 типа ТС-1,5 со схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулем». Измерения параметров режима выполнялись сертифицированным прибором HIOKI 3196. При проведении экспериментальных исследований компенсатор Т2 [4] включался продольно на головном участке сети, а компенсатор Т3 – поперечно вблизи нелинейных нагрузок.

Вначале автоматическим выключателем QF1 шунтировали компенсатор Т2, а автоматическим выключателем QF2 отключали устройство Т3. Осциллограммы токов фаз и тока в нулевом проводе для этого случая показаны на **рис. 2, а**. Результаты измерений электрических величин при отсутствии каких-либо компенсирующих устройств в сети приведены в столбце «режим 1» **таблицы**.

Затем автоматическим выключателем QF1 подключался к сети компенсатор Т2. Полученные для этого режима осциллограммы токов в линейных проводах и нулевом проводе показаны на **рис. 2, б**, измеренные электрические величины – в столбце «режим 2» таблицы.

При отключении автоматического выключателя QF1 и включении QF2 оба устройства Т2 и Т3 были подключены к модели сети. Соответствующие данному режиму осциллограммы токов фаз и тока в нулевом проводе изображены на **рис. 2, в,** а электрические величины приведены в столбце «режим 3» таблицы.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Продольное включение только одного компенсатора Т2 на головном участке линии приводит к снижению действующего значения тока в нулевом рабочем проводе по сравнению с «режимом 1» в 1,6 раза. Токи нулевой последовательности основной и третьей гармоник при этом снизились в 1,9 и 1,5 раза соответственно. Также снизился суммарный коэффициент гармонических составляющих тока в каждой из фаз, что свидетельствует об улучшении формы тока в проводах электрической сети.

2. Наилучшие результаты по уровням несимметрии и несинусоидальности получены при совместном включении компенсаторов Т2 и Т3. В этом режиме действующее значение тока в нулевом рабочем проводе снизилось в 16 раз, токи нулевой последовательности основной и третьей гармоник снизились соответственно в 71 и 6 раз. Более значительно, по сравнению с «режимом 2» снизился суммарный коэффициент гармонических составляющих тока по фазам.

Литература

1. Вагин, Г.Я. Анализ влияния нелинейной однофазной нагрузки на значение тока в нулевом проводе / Г.Я. Вагин, А.А. Севостьянов, Е.Б. Солнцев [и др.] // Промышленная энергетика. – 2013. – № 12. – С. 17–19.

2. Дед, А.В. Результаты измерений показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий и организаций / А.В. Дед, С.П. Сикорский, П.С. Смирнов // Омский научный вестник. – 2018. – №2 (158). – С. 60–64.

3. Юндин, М.А. Результаты исследования нагрузочного режима работы нулевого рабочего провода сети 0,38 кВ / М.А. Юндин, В.В. Лукин, Е.В. Рудь // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – №1 (45). – С. 18–24.

4. Пат. РФ на полезную модель №159155, МПК H02H7/09. Устройство для снижения тока в нулевом проводе четырехпроводной сети / М.А. Юндин, О.В. Кобзистый, А.М. Исупова. – №2015142577; заявлено 06.10.2015; опубл. 10.02.2016, Бюл. №4. – 4с.

5. Пат. РФ на полезную модель №218514, МПК H02H9/02. Устройство для ограничения тока в нулевом рабочем проводе трехфазной четырехпроводной сети / М.А. Юндин, А.М. Исупова, К.М. Юндин. – №2023107457, заявлено 27.03.2023, опубл. 29.05.2023, Бюл. №16. – 5с.

Annotation. The influence of the methods of switching on the developed compensating devices on the magnitude of the current in the zero working wire with a non-linear asymmetric load is studied.

Keywords: *compensator; non-linear asymmetrical load; zero working wire.*