

Значительное упрощение проектирования и монтажа энергетических объектов, комплекс РЗА которых построен с применением оптоволоконных связей контрастирует с усложнением эксплуатации, увеличением интеллектуальной составляющей в работу обслуживающего персонала, расширением диапазона специфических знаний, необходимых для эксплуатации комплекса РЗА.

2) наличие нормативной базы, позволяющей внедрять рассматриваемые технологии.

Применяемые подходы к решению задач, возложенных на комплекс РЗА энергообъекта, не всегда соответствуют действующим технологическим нормам проектирования, правилам устройства электроустановок, действующим техническим нормативным правовым актом ТНПА. В Республике Беларусь внедрен СТП 33240.20.117-18 «Цифровые подстанции. Требования к проектированию», однако, данный нормативный акт требует постоянной усовершенствования с учетом опыта, получаемого при проектировании, монтаже, и эксплуатации реальных энергообъектов;

3) наличие у эксплуатирующей организации современных испытательных и диагностических средств, устройств и приборов для монтажа и ремонта применяемых линий связи.

Таким образом, применение оптоволоконных каналов связи в качестве средства передачи информации на подстанциях является перспективной технологией на ближайшее будущее, и каждый, кто занимается эксплуатацией комплексов РЗА, построенных с применением оптоволокна, должен обладать специфическими знаниями в этой области. При этом оптоволокно более надежно, чем многие другие каналы связи и, следовательно, оно будет востребовано до тех пор, пока не появятся более совершенные виды связи.

#### Л и т е р а т у р а

1. Substation Communications. – Режим доступа: <https://clck.ru/39sS3C>. – Дата доступа: 04.04.2024.
2. RF over Fiber Guides. – Режим доступа: <https://clck.ru/39sS2H>. – Дата доступа: 04.04.2024.

## ПОМЕХОГЕНЕРИРУЮЩЕЕ СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ВКЛАД В ИСКАЖЕНИЕ КРИВЫХ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

**М. А. Вегера**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. Г. Широков

*Рассмотрены проблемы искажения формы напряжения, вызванные гармоническими составляющими тока, потребляемого сварочными аппаратами.*

**Ключевые слова:** сварочные аппараты, качество электроэнергии, помехогенерирующее оборудование.

В современном мире в промышленности широко используются различные электроприемники, например, сварочные аппараты, которые генерируют высшие гармоники в сеть.

В настоящее время сварка плавлением, (электродуговая сварка), является одним из наиболее распространенных технологических процессов сварочного производства. Существует много предприятий, которые применяют установки дуговой и контактной сварки с инверторными и выпрямительными источниками питания.

Нелинейные нагрузки генерируют в электрическую сеть высшие гармоники тока, которые приводят к потерям в сетевых проводах, оборудовании и нагрузках, а также к ухудшению электромагнитной совместимости.

Трансформаторные сварочные источники имеют относительно низкую цену, высокую надежность, простоту конструкции, возможность модернизировать их для повышения технических, эксплуатационных и экономических характеристик. Из недостатков таких источников: низкий КПД, большой вес и габариты, сильная просадка напряжения сети, возможность варить только черные металлы.

Выпрямительные источники питания конструктивно почти такие же, как и трансформаторные но имеют выпрямительный блок, за счет которого получается постоянный ток. Достоинством таких источников является простота в обслуживании, высокая мощность, стабильная дуга, но так же, в свою очередь, имеет такие недостатки как большая масса и габариты, вызывает просадку напряжения сети и потребляет большое количество электроэнергии.

Было проведено исследование гармоник тока и напряжения однофазных сварочных источников питания, питающихся от сети переменного тока частотой 50 Гц:

– однофазного сварочного источника питания с конденсаторным умножителем напряжения ВДУ-201;

– трехфазного сварочного выпрямителя ВДУ-305;

– универсального трехфазного транзисторного инверторного источника питания TransPulsSynergicTPS 5000 фирмы Fronius.

На рис. 1, приведена диаграмма гармонических составляющих тока и напряжения для однофазного сварочного источника питания с конденсаторным умножителем напряжения ВДУ-201.

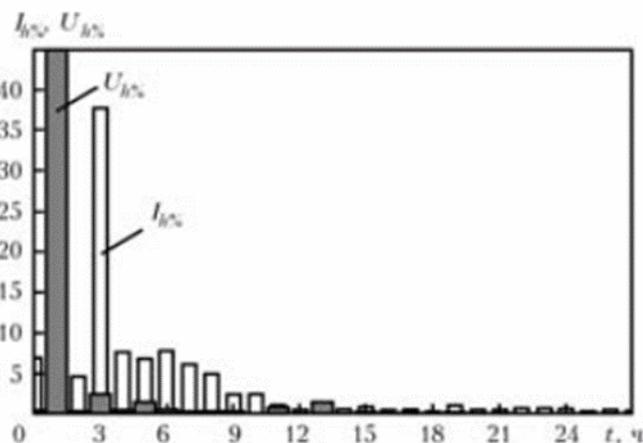


Рис. 1. Гармонический состав тока и напряжения однофазного сварочного источника питания с конденсаторным умножителем напряжения ВДУ-201

Оценка диаграммы показывает, что в питающей сети при работе однофазного сварочного источника питания с конденсаторным умножителем напряжения выражены практически все нечетные гармоники тока, в частности, 3-я гармоника тока, составляющая 75,1 от 1-й гармоники, 5-я – 39,6 %, 7-я – 10,6 %, 9-я – 8,4 %, 11-я – 7,3 %, 13-я – 1,3 %, 15-я – 3 %, 17-я – 2,5 %, 21-я – 2 %, 27-я – 1,2 %.

Нечетные номера гармоник напряжения более 1 % от 1-й гармоники 3-я – 5,3 %, 5-я – 2,3 %, 7-я – 1,5 %. Постоянная составляющая тока и напряжения отсутствует. Четные гармоники тока выражены незначительно. Коэффициенты нелинейных ис-

кажений тока и напряжения источника питания ВДИ-200 составляют  $\text{THD}_I = 87,3 \%$ ,  $\text{THD}_U = 6 \%$ ,  $K = 7,3$ .

На рис. 2, приведена диаграмма гармонических составляющих тока и напряжения для сварочного выпрямителя ВДУ-305

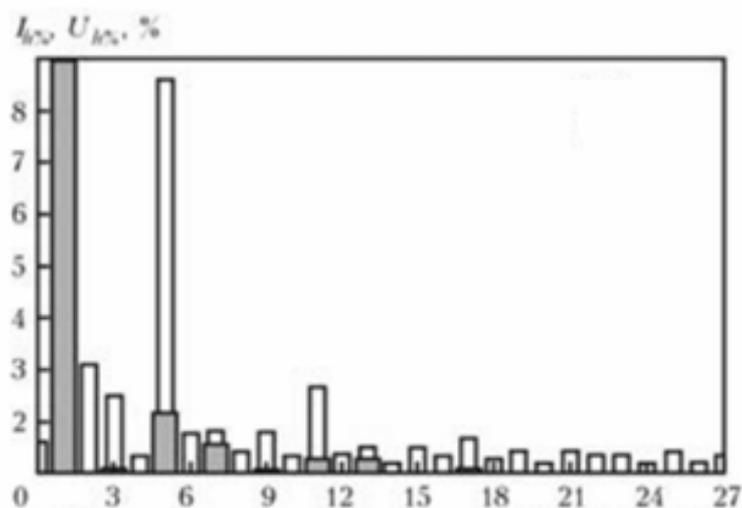


Рис. 2. Гармонический состав тока и напряжения трехфазного сварочного выпрямителя ВДУ-305

Оценка диаграммы показывает, что в питающей сети при работе трехфазного сварочного выпрямителя ВДУ-305 выражены 3-я гармоника тока, составляющая 3 % от 1-й, 5-я – 15,3 %, 7-я и 9-я – 1,5 %, 11-я – 3,5 %, 13-я – 1,1 %, 17-я – 1,4 %, остальные нечетные гармоники тока не превышают 1 %.

На рис. 3 приведена диаграмма гармонических составляющих тока и напряжения для универсального трехфазного транзисторного инверторного источника питания TransPulsSynergicTPS 5000 фирмы Fronius.

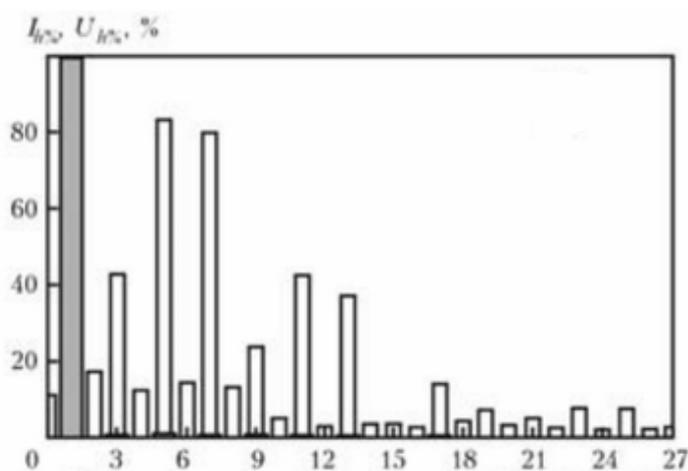


Рис. 3. Гармонический состав тока и напряжения универсального трехфазного транзисторного инверторного источника питания TransPulsSynergicTPS 5000 фирмы Fronius

Оценка диаграммы показывает, что в питающей сети при работе универсально-трехфазного транзисторного инверторного источника питания выражены 3-я гармоника тока, составляющая 24,4 % от 1-й гармоники, 5-я – 6,6 %, 7-я – 8,8 %, 9-я – 2,5 %, 11-я – 2,2 %, 13-я – 1,5 %, 15-я – 2,5 %, 17-я – 1,4 %, 23-я – 1,2 %, остальные нечетные гармоники тока не превышают 1 %.

Таким образом, сварочные аппараты оказывают пагубное влияние на качество электроэнергии из-за высоких пусковых токов и импульсов, которые они генерируют. Это может привести к перегрузкам и перегреву электросетей, а также вызвать скачки напряжения и нестабильность в энергосистеме. Более того, использование сварочных аппаратов без регулярной проверки и обслуживания может привести к повреждениям оборудования и авариям. Поэтому важно соблюдать все меры предосторожности при работе с такими устройствами и обеспечивать правильное обслуживание оборудования для предотвращения возможных проблем с качеством электроэнергии.

#### Литература

1. Оценка потерь электрической энергии, вызванных несинусоидальными режимами, при расчете небалансов системных подстанций 10 кВ / Широков, О. Г. [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – 2015. – Т. 1, № 1 (60). – С. 81–90.
2. Электромагнитная совместимость источников питания сварочной дуги / И. В. Пентегов [и др.] // Электротехника и Электромеханика. – 2012. – № 3. – С. 34–40.
3. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок: / А. Н. Миронова, Ю. М. Миронов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 470 с.
4. Рымар С. В. Влияние сварочных источников питания на трехфазную электрическую сеть / С. В. Рымар, А. М. Жерносеков, В. Н. Сидорец // Автомат. сварка. – 2011. – № 10. – С. 49–55.

### АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

**М. А. Вегера, К. Е. Коршунов, И. Д. Костюченко**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

*Представлены основные документы, регламентирующие заземление конструкций, расположенных вдоль электрических железных дорог в странах Евросоюза и Республики Беларусь. Дано описание основных заземляющих систем, применяемых за рубежом на участках постоянного тока, а также описана конструкция системы заземления с применением дополнительного заземлителя, которая используется на высокоскоростном электрофицированном железнодорожном транспорте, работающий на переменном токе.*

**Ключевые слова:** блуждающие токи, дренаж, электрофицированные железные дороги.

Основной проблемой электрифицированного железнодорожного транспорта является блуждающие токи и влияние их на сооружения находящиеся рядом с железной дорогой. Величина блуждающих токов и степень их влияния на конструкции контактной сети напрямую зависит от способа их заземления.

В Беларуси ведется исследование инновационных заземляющих устройств постоянного и переменного тока. Основной идеей этих заземляющих устройств является применение протяженного заземлителя дренажного типа и отказ от заземления опор на рельсовую сеть.

В настоящее время на территории Беларуси функционируют достаточно много