

УДК 621.311.031

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ОСТАТОЧНОМУ НАПРЯЖЕНИЮ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ

О. Г. Широков, Т. В. Алфёрова, А. В. Купава

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

Одним из типов кондуктивных электромагнитных помех, определяющих качество электрической энергии в электрических сетях, является провал напряжения. По ранее действовавшему ГОСТ 13109–97 [1] провал напряжения характеризовался показателем *длительности провала напряжения*  $\Delta t_{\text{п}}$ , а также вспомогательными параметрами – *глубиной провала напряжения*  $\delta U_{\text{п}}$  и *частотой появления провалов напряжения*  $F_{\text{п}}$ . Для длительности провалов напряжения  $\Delta t_{\text{п}}$  по [1] была установлена следующая норма: предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики [1].

Введенный в действие ГОСТ 32144–2013 [2] изменения характеристик напряжения, связанные с такими явлениями как провалы напряжения, уже не нормирует. Вместе с тем в соответствии с действующим ГОСТ 32144–2013 при заключении договоров на поставку или передачу электрической энергии следует учитывать статистические данные, относящиеся к характеристикам напряжения, связанным с такими явлениями, как провалы напряжения. Однако статистических данных о характеристиках провалов напряжения в электрических сетях конкретных районов практически нет. В такой ситуации актуальными являются работы, направленные на оценку характеристик провалов напряжения.

В настоящее время на подстанциях электрических сетей установлены цифровые средства регистрации аварийных событий, с помощью которых возможно определять параметры кратковременных нарушений электроснабжения. Например на линиях подстанций Оршанских электрических сетей установлены цифровые регистраторы электрических процессов «ПАРМА РП4.06М», укомплектованные программой Transcor. Программа Transcor предназначена для просмотра и печати файлов осциллограмм, полученных цифровыми регистраторами аварийных процессов. Пример провала напряжения, зарегистрированный регистратором электрических процессов «ПАРМА РП4.06М» и визуализированный программой Transcor, представлен на рис. 1.

Провал напряжения, как правило, связан с возникновением и окончанием короткого замыкания или иного резкого возрастания тока в системе или электроустановке, подключенной к электрической сети. Провал напряжения рассматривается по [2] как электромагнитная помеха, интенсивность которой определяется как напряжением, так и длительностью. Длительность провала напряжения может быть до 1 мин. В соответствии с [2] провалы напряжения классифицируются по остаточному напряжению и длительности.

Длительность провала напряжения – это интервал времени между моментом, когда напряжение в конкретной точке системы электроснабжения падает ниже порогового значения начала провала напряжения, и моментом, когда напряжение возрастает выше порогового значения окончания провала напряжения.

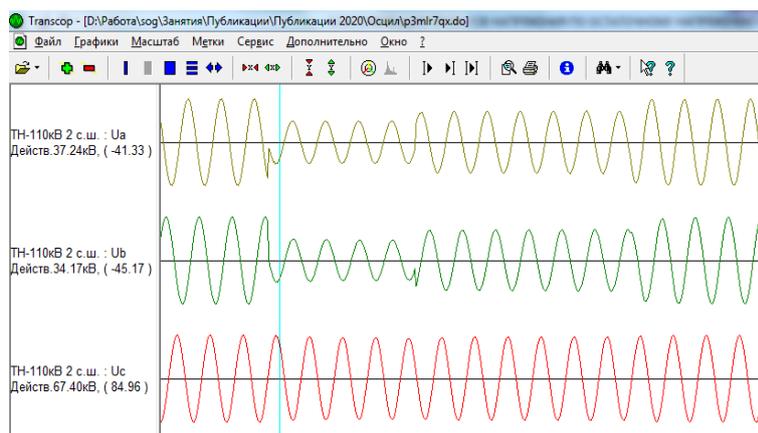


Рис. 1. Пример провала напряжения, зарегистрированный регистратором электрических процессов «ПАРМА РП4.06М» и визуализированный программой Transcor

Остаточное напряжение провала напряжения – это минимальное среднеквадратическое значение напряжения, отмеченное в течение провала напряжения. Остаточное напряжение провала напряжения выражают в процентах опорного напряжения. Опорное напряжение при оценке провалов напряжения считают равным номинальному или согласованному напряжению электропитания [2]. Однако использование номинального или согласованного напряжения при оценке остаточного напряжения провала напряжения в процентах опорного напряжения в общем случае не будет отражать действительное значение изменения напряжения в процессе его провала. Более точно остаточное напряжение провала напряжения в процентах при провале будет выражено при использовании скользящего опорного напряжения сравнения. Скользящее опорное напряжение сравнения (*sliding reference voltage*)  $U_{sr}$  – значение напряжения, усредненное за определенный интервал времени, предшествующий появлению провала напряжения, перенапряжения или быстрого изменения напряжения (ГОСТ 30804.4.30).

Для классификации провалов напряжения по остаточному напряжению и длительности необходимо учитывать следующее.

В трехфазных системах электроснабжения за начало провала напряжения принимают момент, когда напряжение хотя бы в одной из фаз падает ниже порогового значения начала провала напряжения, за окончание провала напряжения принимают момент, когда напряжение во всех фазах возрастает выше порогового значения окончания провала напряжения.

Провалы напряжения измеряют в соответствии с ГОСТ 30804.4.30 на основе измерений среднеквадратических значений напряжения, обновляемых для каждого полупериода.

В электрических сетях низкого напряжения, четырехпроводных трехфазных системах учитывают фазные напряжения; в трехпроводных трехфазных системах учитывают линейные напряжения; в случае однофазного подключения учитывают питающее напряжение (фазное или линейное в соответствии с подключением потребителя).

Пороговое значение начала провала напряжения принимают равным 90 % опорного напряжения.

При измерениях в многофазных системах рекомендуется определять и записывать число фаз, затрагиваемых каждым событием.

## Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика 197

Для электрических сетей трехфазных систем следует использовать многофазное сведение данных, которое заключается в определении эквивалентного события, характеризующегося одной длительностью и одним остаточным напряжением.

Пример необходимой информации для классификации провалов напряжения по остаточному напряжению и длительности в соответствии с требованиями [2] на примере Оршанских электрических сетей с учетом вышеизложенного представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры провалов напряжения в Оршанских электрических сетях**

№ п/п	Дата	Время	Подстанция	ВЛ	$U_{ном}$ , кВ	Файл события	Количество фаз	Количество провалов	Фаза А				Фаза В				Фаза С			
									$\Delta t_n$ , с	$U_{ост}$ , кВ	$U_{ост}$ , кВ	$U_{ост}$ , %	$\Delta t_n$ , сек	$U_{ост}$ , кВ	$U_{ост}$ , кВ	$U_{ост}$ , %	$\Delta t_n$ , с	$U_{ост}$ , кВ	$U_{ост}$ , кВ	$U_{ост}$ , %
120	24.04.2013	13:59	Орша-Северная	№ 2 Орша-330	110	p3mlr7qx.do	2	2	0,219	68,53	33,44	49	0,219	68,97	33,35	48	0,219	68,83	65,94	96
156	12.05.2014	18:40	Орша-Северная	№ 1 Орша-330	110	p3n5gwvp.do	2	2	0,216	69,45	36,71	53	0,216	69,9	31,92	46	0,216	69,59	67,88	98
371	12.08.2019	15:34	Орша-КС	КС-2	110	p3pw4iwy.do	3		0,917	67,72	60,79	90	0,787	69,3	61,52	89	0,787	69,32	61,64	89
372	14.08.2019	23:09	Орша-Северная	Задне-провье	110	p3pw8tb9.do	1		0,135	67,36	65,6	97	0,135	68,3	38,3	56	0,135	68,05	66,77	98

В процессе сбора данных по результатам работы цифровых регистраторов «ПАРМА РП4.06М» в Оршанских электрических сетях было получено и обработано 388 аварийных событий, зафиксированных данными регистраторами за период с 14.02.2008 по 02.11.2019. По этим событиям были определены ключевые данные, что позволило классифицировать провалы напряжения по остаточному напряжению и длительности в Оршанских электрических сетях с 14.02.2008 по 02.11.2019 в соответствии с требованиями ГОСТ 32144–2013 (табл. 2).

Таблица 2

**Классификация провалов напряжения по остаточному напряжению и длительности в Оршанских электрических сетях с 14.02.2008 по 02.11.2019**

Остаточное напряжение $u$ , % опорного напряжения	Длительность провала (прерывания) напряжения $\Delta t_n$ , с					
	$0,01 < \Delta t_n \leq 0,2$	$0,2 < \Delta t_n \leq 0,5$	$0,5 < \Delta t_n \leq 1$	$1 < \Delta t_n \leq 5$	$5 < \Delta t_n \leq 20$	$20 < \Delta t_n \leq 60$
$90 > u \geq 85$	48	5	2	9	–	–
$85 > u \geq 70$	43	17	3	10	–	–
$70 > u \geq 40$	110	16	1	–	–	–
$40 > u \geq 10$	17	9	3	1	–	–
$10 > u \geq 0$	3	–	–	2	1	–

Литература

1. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Минск : Меж. гос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 31 с. – (Взамен ГОСТ 13109–87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. – М. : Изд-во стандартов, 1988).
2. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160:2010, NEQ). – Минск : Госстандарт, 2015. – 16 с. – (Взамен ГОСТ 13109–97).

УДК 628.984

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНОГО  
РЕСУРСА СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА**

**Т. Н. Савкова, Д. И. Зализный, Г. И. Селиверстов, А. И. Кравченко**

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

Светодиодные светильники (СДС) обеспечивают ряд функций, которые не могут быть реализованы с другими источниками света. В первую очередь это возможность управления яркостью или диммирование с сохранением спектра излучения во всем диапазоне регулировки яркости для освещения помещений [1], [2]. А возможность изменения спектрального состава света в зависимости от фазы роста растения используется для теплиц и парников. СДС для архитектурной подсветки и оформления дизайнерских решений, кроме управления яркостью, могут изменять цвет. Светильники для ЖКХ оснащаются фотоакустическими датчиками или датчиками движения. Все драйверы СДС имеют защиту от перегрева и токовых перегрузок, а использование коррекции коэффициента мощности позволяет повысить КПД преобразования драйвера и уменьшить уровень сетевых помех.

С расширением сфер применения СДС они получают ряд дополнительных возможностей за счет более совершенных систем управления источниками света. Добавление различных датчиков, камер и громкоговорителей расширяет возможности системы освещения и помогает различным службам вести свою работу, заменяя ведомственные узкоспециализированные сенсорные системы. Такие комбинации позволяют не только управлять включением освещения, поддерживать заданный уровень освещенности, экономить электроэнергию, но и одновременно следить за качеством воздуха, дорожным движением и загруженностью парковок, своевременно оповещать коммунальные службы о начавшемся снегопаде, делать звуковые сообщения о чрезвычайных ситуациях и т. д. [3].

В настоящее время в известных источниках нет никакой информации об автоматической системе контроля остаточного ресурса СДС.

В данной работе предлагается усовершенствованная схема СДС, которая позволит в режиме реального времени рассчитывать его остаточный ресурс. Основные составляющие аппаратной части такого светильника приведены на рис. 1.