

Установлено, что излучение лампы LED RGBW BUIB имеет заметно более низкий уровень пульсаций светового потока, которые происходят с частотой 1 кГц – коэффициент пульсаций в пределах 10–15 %, в случае же LED RGB BULB он достигает 90 % практически во всех цветовых режимах работы лампы, а пульсации наблюдаются с частотами 100 Гц и 2,5 кГц; больше и световой поток в зависимости от выбранного режима.

Параметры спектров излучения ламп LED RGB

Тип лампы	Наличие пульсаций	Цветовой режим	Максимум спектральной линии, нм,	Световой поток, Лм	
LED RGBW BUIB	–	зеленый	1	520	800
	+		2	450 и 530	
	+		3	450 и 530	
	+		4	450 и 530	
LED RGB BULB	+	зеленый	1	455 и 525	70–470
	+		2	450 и 540	
	+		3	450 и 525	
	+		4	450 и 525	

Областью применения исследуемых ламп является архитектурная подсветка и системы освещения типа MoodLighting (освещение для настроения), в которых цвет излучаемого света должен меняться в режиме реального времени и нет требований к пульсации и качеству цветопередачи. Однако наличие интенсивного излучения в сине-голубой области видимого диапазона и высокий уровень пульсаций ставит под сомнение использование данных источников света в жилых помещениях и общественных местах.

Литература

1. Савкова, Т. Н. Экспериментальная спектроскопическая установка на базе монохроматора МДР-6 / Т. Н. Савкова, А. М. Яцино, А. И. Кравченко // Естественные науки – базис подготовки специалиста для органов и подразделений по ЧС : материалы III Респ. науч.-практ. конф., Гомель, 1 апр. 2015 г. / ГИИ МЧС РБ, Гомел. фил. Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: П. В. Астахов [и др.]. – Гомель, 2015. – С. 50–56.
2. Получение и свойства люминофорных покрытий на основе наноструктурированного иттрий – алюминиевого граната и легкоплавкого стекла / О. В. Урецкая, Н. Е. Дробышевская, Е. Н. Подденежный [и др.] // Тонкие химические технологии. – 2015. – Т. 10, № 3. – С. 85–90.

УДК 621.3.018.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 10 кВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ УРОВНЕЙ

В. М. Шакин, А. О. Добродей

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

Моделирование в электроэнергетике позволяет заменить сложные, а иногда и невозможные эксперименты на реальных объектах экспериментированием на их моделях. Для

исследования перенапряжений в электрических сетях необходимо провести ряд экспериментов, чтобы получить данные о перенапряжениях, которые могут возникнуть в исследуемых сетях. В данной работе проведено исследование перенапряжений в электрической сети 10 кВ. Поставленная задача решена при помощи программного комплекса NI Multisim 14.0.

Ключевые слова: моделирование в электроэнергетике, исследования перенапряжений в электрических сетях, программный пакет NI Multisim 14.0.

MODELING OF OVERVOLTAGES IN A 10 KV ELECTRICAL NETWORK TO ASSESS THEIR LEVELS

V. M. Shakin, A. O. Dobrodey

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Modeling in the electric power industry makes it possible to replace complex and sometimes impossible experiments on real objects with experimentation on their models. To study overvoltages in electrical networks, it is necessary to conduct a number of experiments in order to obtain data on overvoltages that may occur in the studied networks. In this paper, a study of overvoltages in the 10 kV electrical network is carried out. The task was solved using the NI Multisim 14.0 software package.

Keywords: modeling in the electric power industry, studies of overvoltages in electric networks, NI Multisim 14.0 software package.

Перенапряжения, возникающие в электрических системах, оказывают влияние на надежность электроустановок. Несмотря на кратковременность воздействия, они характеризуются высокой кратностью по отношению к длительному рабочему напряжению, воздействием на все электрически связанные элементы системы независимо от места возникновения и усилением процессов возникновения и развития дефектов [1, 2].

Аварийность электрических сетей 6–35 кВ из-за воздействия перенапряжений довольно высока. Поэтому исследование перенапряжений и разработка мероприятий и устройств защиты от них является актуальной задачей для повышения надежности работы и обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей.

В рамках данной работы проведено исследование перенапряжений в электрической сети 10 кВ (секция шин с отходящими кабельными линиями).

Составлена схема замещения исследуемой сети и рассчитаны ее параметры [1].

С помощью программного продукта *NI Multisim 14.0* проведено моделирование перенапряжения в электрической сети с изолированной нейтралью при замыкании фазы *C* на землю (рис. 1). Для моделирования замыкания в схему добавлен генератор импульсов со скважностью 50 % и ключ, который через равные промежутки времени замыкает фазу *C* на землю. Для фиксации переходного процесса в модель сети добавлен осциллограф. Красным цветом отображается поврежденная фаза, синим – «здоровая» (рис. 2).

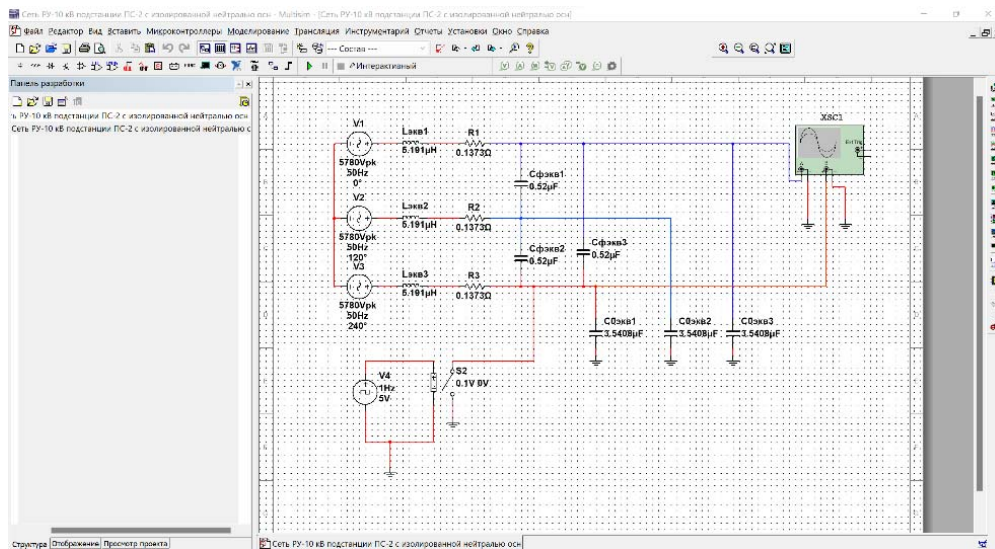


Рис. 1. Модель исследуемой сети при замыкании фазы *C* на землю в NI Multisim 14.0

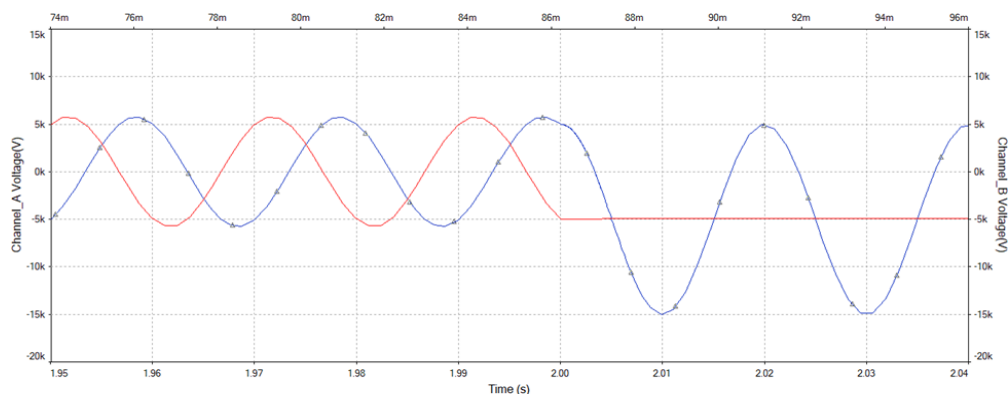


Рис. 2. Осциллограмма переходного процесса при замыкании фазы *C* на землю

По осциллограмме переходного процесса (рис. 2) при замыкании фазы *C* на землю в сети 10 кВ с изолированной нейтралью зафиксирована амплитуда максимального перенапряжения $U_{\max} = 14,85$ кВ. При амплитуде наибольшего рабочего напряжения $U_{\text{раб}} = 5,78$ кВ, кратность перенапряжения составляет: $K_{\Pi} = U_{\max}/U_{\text{раб}} = 14,85/5,78 = 2,57$. Длительность перенапряжения составляет 0,427 с.

В настоящее время происходит модернизация системы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ путем заземления ее через резистор [3]. При однофазном замыкании на землю в сетях с заземленной через резистор нейтралью во всех присоединениях протекают собственные емкостные токи, однако в поврежденном присоединении, кроме суммарного емкостного тока, протекает активный ток. Это позволяет определить поврежденное присоединение и использовать простую токовую защиту, действующую на сигнал, или на отключение поврежденного присоединения. Кроме того, заземление нейтрали через резистор позволяет снижать уровень дуговых, феррорезонансных и коммутационных перенапряжений [1, 2].

Для заземления нейтрали сети через резистор необходимо рассчитать величину сопротивления данного резистора. Заземляющий резистор выбирается, исходя из режима длительного протекания тока [2].

Модель сети и осциллограмма переходного процесса представлены на рис. 3 и 4.

Кратность перенапряжения при переходном процессе составляет: $K_{\Pi} = 12,99/5,78 = 2,247$. Длительность импульса составляет 0,364 с.

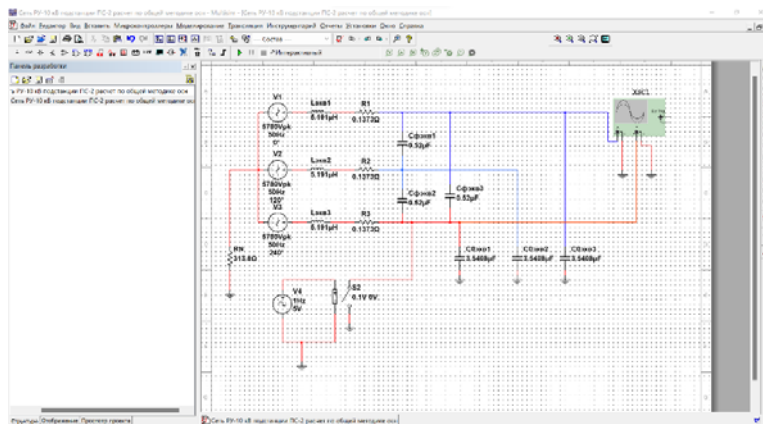


Рис. 3. Модель исследуемой сети с нейтралью заземленной через резистор

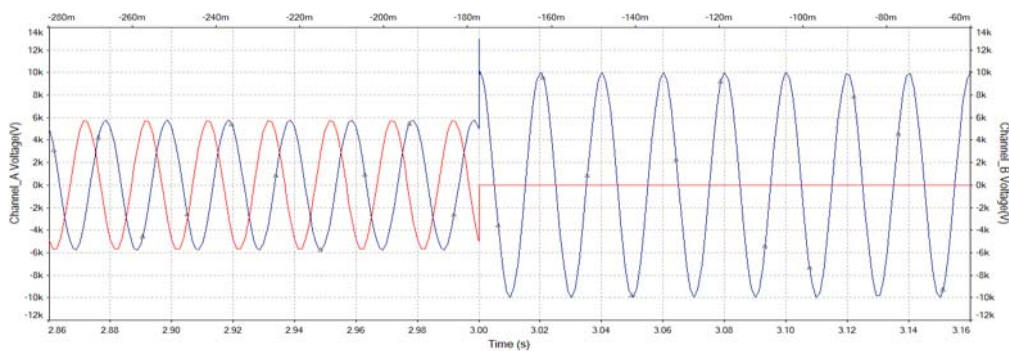


Рис. 4. Осциллограмма переходного процесса в сети с нейтралью, заземленной через резистор

Применение резистивного заземления нейтрали снизило величину перенапряжения в сети, а также уменьшило время его воздействия на изоляцию.

Для сетей напряжением 6–35 кВ возможно применение двух режимов резистивного заземления нейтрали: низкоомного и высокоомного. Расчет резистивного заземления нейтрали сети произведен согласно рекомендациям «Белэнерго» [3].

Кратность перенапряжения в момент коммутации при применении низкоомного резистора составила: $K_{\Pi} = 13,19/5,78 = 2,282$. Длительность протекания перенапряжения при применении низкоомного резистора заземлении нейтрали составляет 0,366 с.

Кратность перенапряжения в момент коммутации при применении высокоомного резистора составила: $K_{\Pi} = 12,8/5,78 = 2,214$. Длительность протекания перена-

пряжения при применении высокоомного резистора заземлении нейтрали составляет 0,354 с.

Значения кратности и длительности протекания перенапряжений

Вид сети	K_{Π} , о. е.	T_{Π} , с
Сеть с изолированной нейтралью	2,57	0,427
Сеть, заземленная через резистор, рассчитанный по общей методике	2,247	0,364
Сеть, заземленная через низкоомный резистор	2,282	0,366
Сеть, заземленная через высокоомный резистор	2,212	0,354

Таким образом, с помощью компьютерного моделирования в программном комплексе NI Multisim 14.0 проведен ряд экспериментов, в ходе которых получены осциллограммы переходных процессов при замыкании фазы на землю в сети 10 кВ при различных режимах работы ее нейтрали. Наибольшие кратности перенапряжений наблюдались в сети с изолированной нейтралью $K_{\Pi} = 2,57$. Применение резистивного заземления нейтрали позволило снизить кратность перенапряжения до 2,247. Также уменьшилась и длительность протекания перенапряжения с 0,427 с до 0,364 с.

Применение низкоомного и высокоомного резистора также уменьшили величину перенапряжения и составили: при низкоомном резистивном заземлении нейтрали: $K_{\Pi} = 2,282$, при высокоомном: $K_{\Pi} = 2,212$.

Применение резистивного заземления нейтрали при однофазном замыкании на землю уменьшает уровень перенапряжения, тем самым уменьшая вероятность повреждения изоляции кабелей.

Литература

1. Титенков, С. С. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю / С. С. Титенков, А. А. Пугачев // Энергоэксперт. – 2010. – № 2. – С. 18–25.
2. Добродей, А.О. Дуговые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях : пособие по одной дисциплине для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» днев. формы обучения / А. О. Добродей. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 110 с.
3. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6–35 кВ через резистор: СТП 09110.20.187-09 Белэнерго, 2009. – 69 с.

УДК 621.317.353.018.3

ПОКАЗАТЕЛИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА SPO-6-36-4K-P

Т. В. Алферова, О. Г. Широков, И. Д. Костюченко

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

Рассмотрены показатели несинусоидальности тока и напряжения при работе светодиодного светильника SPO-6-36-4K-P. Дано определение коэффициента гармонических составляющих тока и напряжения.