

Коэффициент перенапряжения будет равен:

$$K = \frac{16927}{13919} = 1,21.$$

Коэффициент перенапряжения снизился, длительность перенапряжения – 0,04 с.

С целью исследования влияния и ограничения перенапряжений был проведен ряд экспериментов в программном пакете NI Multisim 14.0 [1]. При переходных процессах в момент замыкания одной из фаз на землю получены осциллограммы перенапряжений в различных режимах работы моделируемой сети. По полученным осциллограммам рассчитаны кратности перенапряжения и длительности перенапряжений. В качестве мероприятия по уменьшению уровня перенапряжения при однофазном замыкании на землю предложено резистивное заземление нейтрали [3].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в системе заземления TN-C имеет смысл использовать заземление нейтрали через резистор. При этом сопротивление резистора должно быть меньше сопротивления линии.

Литература

1. Руководство Multisim / National Instruments Corporation. – 2007. – 491 с.
2. Защита сетей 6–35 кВ от перенапряжений / Г. А. Евдокунин [и др.] ; под ред. Ф. Х. Халилова, Г. А. Евдокунина, А. И. Таджибаева. – СПб. : Энергоатомиздат. С.-Петербург. отд-ние, 2002. – 272 с.
3. СТП 09110.20.187–09. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6–35 кВ через резистор. – ГПО «Белэнерго», 2009. – 69 с.

УДК 621.316.99:621.3.052.32:621.316.1:621.3.027.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

М. В. Каминский, А. О. Добродей

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

Приведены результаты моделирования перенапряжений в сети 10 кВ в программном комплексе Multisim для различных режимов работы нейтрали. Получены осциллограммы фазных напряжений для сетей с изолированной и заземленной через резистор нейтралью. Произведен расчет кратности перенапряжений в сети 10 кВ. Наглядно показана необходимость применения резистивного заземления нейтрали для снижения кратности перенапряжений в сети.

Ключевые слова: изолированная нейтраль, однофазное замыкание на землю, перенапряжения, резистивное заземление нейтрали, моделирование перенапряжений.

MODELING OF OVERVOLTAGES

M. V. Kaminsky, A. O. Dobrodey

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The results of modeling overvoltages in a 10 kV network in the Multisim software package for various neutral operating modes are presented. Waveforms of phase voltages for networks with isolated and grounded through a resistor neutral are obtained. The multiplicity of overvoltages in the 10 kV network has been calculated. The necessity of resistive grounding of the neutral to reduce the multiplicity of overvoltages in the network is clearly shown.

90 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика

Keywords: isolated neutral, single-phase earth fault, overvoltage, resistive grounding of neutral, overvoltage modeling.

Режим заземления нейтрали сетей 6–35 кВ определяет ток в месте повреждения и перенапряжения при однофазном замыкании на землю (ОЗЗ), схему построения релейной защиты, бесперебойность электроснабжения потребителей, безопасность персонала и электрооборудования при ОЗЗ [1].

До настоящего времени для сетей 6–35 кВ Республики Беларусь широко применялись системы с изолированной нейтралью и системы с компенсированной через дугогасящий реактор нейтралью, однако в соответствии с [2, 3] на вновь вводимых и реконструируемых подстанциях необходимо применять резистивное заземление нейтрали.

Целью данной работы является моделирование перенапряжений в сети 10 кВ для различных режимов работы нейтрали.

В данной работе моделирование проводилось для сети изображенной на рис. 1 в программном комплексе Multisim, схема замещения в программном комплексе Multisim представлена на рис. 2.

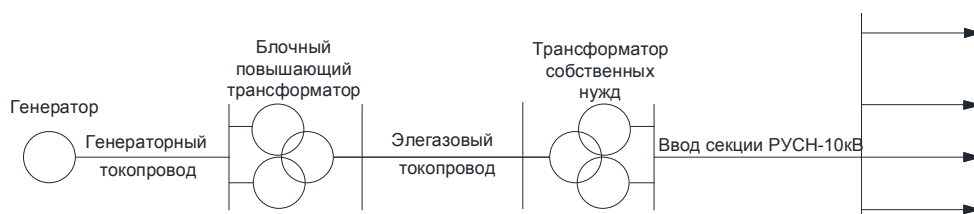


Рис. 1. Схема исследуемой сети

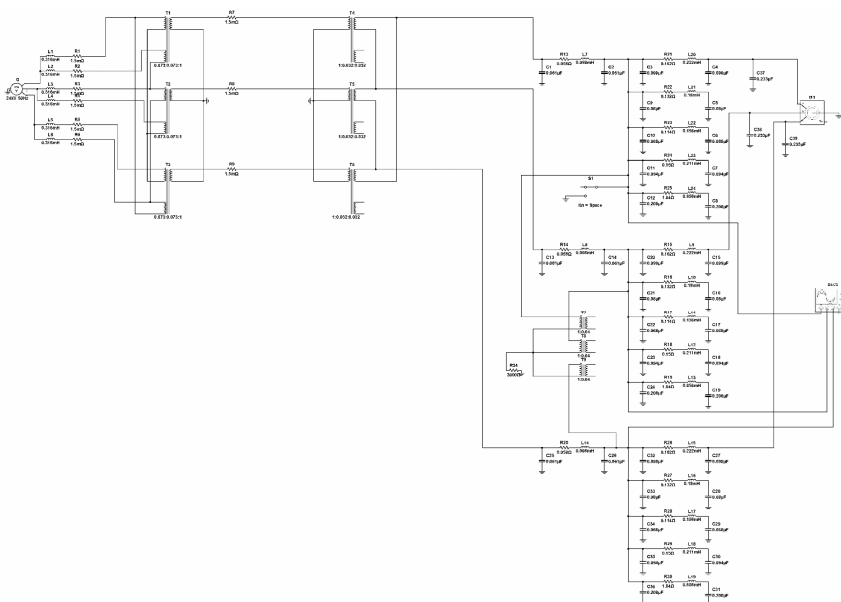


Рис. 2. Схема замещения в программном комплексе Multisim

Для схемы замещения были рассчитаны все параметры, в том числе сопротивление резистора для заземления нейтрали (расчетное значение – 2737 Ом, выбранное

Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика 91

из ряда стандартных – 3000 Ом) и мощность заземляющего трансформатора. Результаты моделирования в сети с изолированной нейтралью представлены на рис. 3.

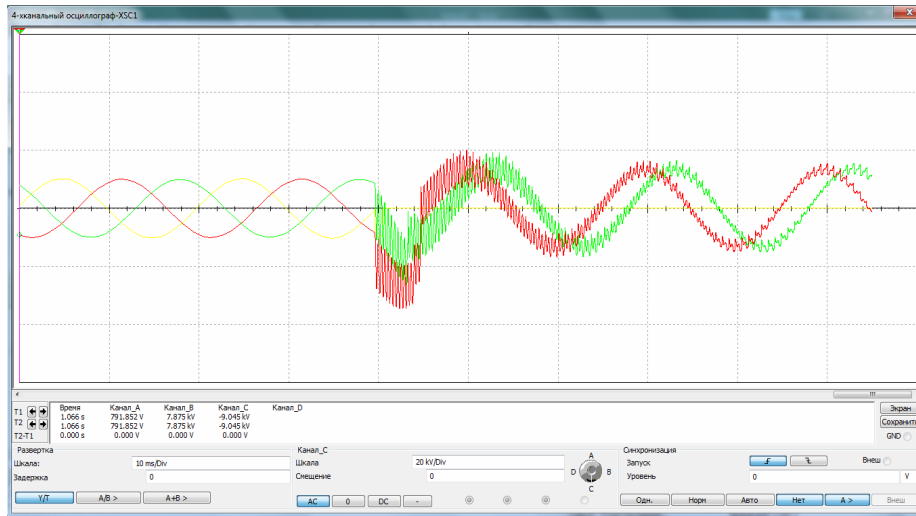


Рис. 3. Осциллограммы фазных напряжений в сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю фазы *A*

Результаты моделирования в сети с нейтралью, заземленной через резистор, представлены на рис. 4. Общие результаты моделирования сведены в таблицу.

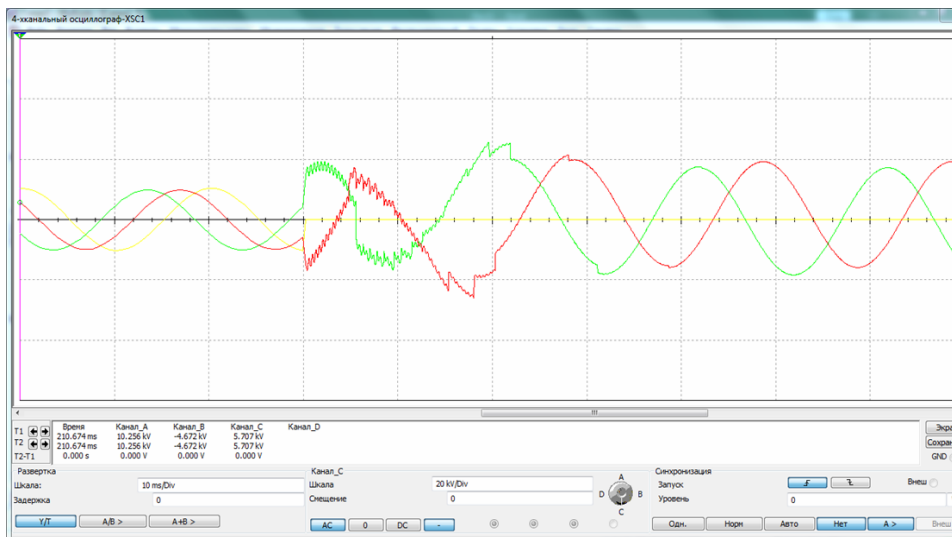


Рис. 4. Осциллограммы фазных напряжений при при однофазном замыкании на землю фазы *A* в сети с заземленной через резистор 3000 Ом нейтралью

Результаты моделирования

Параметр	K_{Π}	U_{\max} , кВ	U_{\min} , кВ	$U_{\max \text{ устр}}$, кВ	$U_{\min \text{ устр}}$, кВ
Изолированная нейтраль	3,28	20	-34,4	10,5	-10,5
Нейтраль, заземленная через резистор 3000 Ом	2,6	20	25,98	9,7	-9,7

Выполнено моделирование перенапряжений в сети 10 кВ в программном комплексе Multisim для различных режимов работы нейтрали. Получены осциллограммы фазных напряжений для сетей с изолированной и заземленной через резистор нейтралью. Произведен расчет кратности перенапряжений для исследуемой сети в различных режимах работы. Экспериментально получено, что применение резистора заземления нейтрали, выбранного из стандартного ряда (как наиболее близкого к рассчитанному значению), позволяет снизить кратность перенапряжений до допустимых значений, вследствие чего снижается износ изоляции и уменьшается возможность зарождения частичных разрядов в кабельных линиях.

Л и т е р а т у р а

1. Евминов, Л. И. Резистивное заземление нейтрали в распределительных сетях 6–35 кВ / Л. И. Евминов, Т. В. Алферова // Агротехника и энергообеспечение. – 2019. – № 4 (25). – С. 94–109.
2. Правила устройства электроустановок / Изд. шестое, перераб. и доп. – Минск : Дизайн ПРО, 2007. – 703 с.
3. ТКП 181–2009. (02230). Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Минск : Минэнерго. – 325 с.
4. СТП 09110.20187.09–55. Методические указания по заземлению нейтралей сетей 6–35 кВ. – Минск. : Белэнергосетьпроект, 2009.

УДК 536.24

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ТЕРМОСИФОНАХ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

А. В. Шаповалов, Н. М. Кидун, Т. Н. Никулина, В. В. Чернявская
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Проанализированы возможные кризисы теплопереноса в замкнутых двухфазных термосифонах с организованной циркуляцией теплоносителя, а также максимальные тепловые потоки в термосифонах.

Ключевые слова: термосифоны, кризис, циркуляция, промежуточный, максимальный, теплоноситель.

ANALYSIS OF STUDIES OF MAXIMUM HEAT FLOWS IN THERMOSYPHONS WITH CIRCULATION OF INTERMEDIATE COOLANT

A. V. Shapovalov, N. M. Kidun, T. N. Nikulina, V. V. Chernyavskaya
Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The article analyzes possible heat transfer crises in closed two-phase thermosyphons with organized coolant circulation, maximal heat fluxes in thermosyphons.

Keywords: thermosyphons, crisis, circulation, intermediate, maximum, coolant.

Так же как и при исследовании обычных термосифонов максимальные тепловые потоки определялись в момент наступления кризисных явлений, фиксируемых по резкому изменению температуры стенки трубы на обогреваемом участке.