

происходит максимальное количество потерь тепла, можно с уверенностью сделать вывод о том, что энергосберегающие технологии, не смотря на их высокую стоимость и индивидуальное изготовление, необходимо внедрять в гражданское и промышленное строительство, так как , внедрение современных энергосберегающих технологий должны стать ключевыми приоритетами осуществления политики Казахстана в этой сфере. Данные меры будут не только способствовать независимой позиции Казахстана на международной топливно-энергетической арене, обеспечению энергетической безопасности, но и общему поступательному развитию казахстанской экономики и повышению благосостояния граждан страны за счёт снижения расходов на оплату энергетических ресурсов, что на сегодняшний день является актуальным вопросом для нашего региона.

Список литературы:

1. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2014.- 99 с. – ISBN 978-5-91646-072-8
2. <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/energetika-kazahstana-20.html>
3. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана  
[https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses\\_of\\_president/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-1-sentyabrya-2020-g](https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-1-sentyabrya-2020-g)
4. [https://best--stroy-ru.turbopages.org/best-stroy.ru/s/news/3046?utm\\_source=turbo\\_turbo](https://best--stroy-ru.turbopages.org/best-stroy.ru/s/news/3046?utm_source=turbo_turbo)
5. <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/7812-solnechnye-steny-vmesto-fotoelektricheskikh-panelej-na-kryshe>
6. <https://stroyday.ru/kalkulyatory/sistemy-otopleniya/skolko-tepla-kvt-vam-trebuetsya-dlya-obogreva-doma-proveryaem-na-kalkulyatore.html>
7. СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология»
8. ГОСТ 30674-99«Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия»
9. СН РК 2.04-21-2004 «Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий»
10. СНиП РК 2.04-03-2002 «Строительная теплотехника»

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 10 КВ ПРИ МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ**

Шакин Виктор Михайлович, магистрант 1 курса

Гомельский государственный технический университет имени П.О.

Сухого, Республика Беларусь

E-mail: victorshakin1990@gmail.com

Научный руководитель: Добродей Александр Олегович, заведующий кафедрой «Электроснабжение», кандидат технических наук, доцент

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. Решение поставленной задачи предполагается решать при помощи модели ЭЭС, а также при помощи ЭВМ с использованием программного пакета NI Multisim 14.0 [1].

Для исследования перенапряжений в электрических сетях необходимо провести ряд экспериментов, чтобы получить данные о перенапряжениях, которые могут возникнуть в исследуемой сети. А также опробовать различные методы предупреждения и подавления перенапряжений [2].

### Моделирование перенапряжений в электрических сетях 10 кВ при металлическом замыкании на землю

Для исследования перенапряжения выберем воздушную линию электропередач длиной 40 км. Линия выполнена проводом АС-150. Диаметр провода  $d=17.1$  мм. Удельное активное сопротивление  $r_0 = 0,198$  Ом/км. Удельное индуктивное сопротивление  $x_0 = 0.406$  Ом/км. На рисунке 1 показаны применяемые изолирующие траверсы с обозначением расстояний между проводами [2].

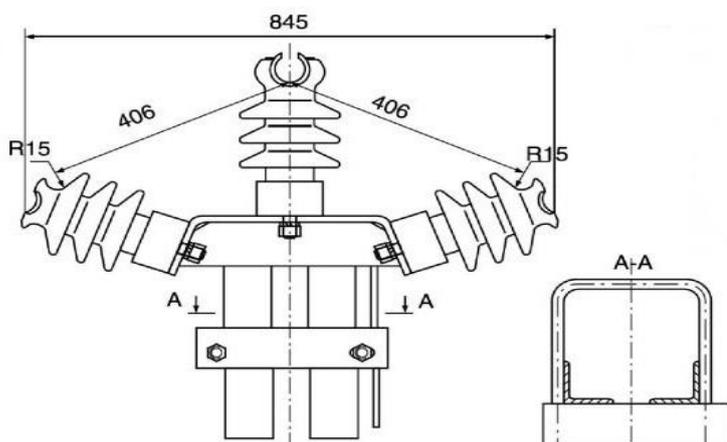


Рисунок 1 – Изолирующие траверсы для ЛЭП

Найдём активное и индуктивное сопротивление линии и ёмкостную проводимость [2].

Активное сопротивление линии будет равно:

$$R_{л} = r_0 \cdot l = 0.198 \cdot 40 = 7,92 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление линии равно:

$$X_{л} = x_0 \cdot l = 0.406 \cdot 40 = 16,24 \text{ Ом}$$

Индуктивность линии будет равна:

$$L = \frac{X}{2\pi \cdot f} = \frac{16,24}{2\pi \cdot 50} = 0.052 \text{ Гн}$$

Ёмкостная проводимость равна:

$$B_{л} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6} \cdot l}{\lg(D/r)}$$

где  $D$  – среднее геометрическое расстояние между проводами.  
В нашем случае среднее расстояние между проводами будет равно:

$$D = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}} = \sqrt[3]{0.406 \cdot 0.406 \cdot 0.845} = 0.517 \text{ м}$$

В результате получим:

$$B_{л} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6} \cdot 40}{\lg(0.517/0.00855)} = 1,702 \cdot 10^{-4} \text{ См}$$

Ёмкость линии будет равна:

$$C_{л} = \frac{B_{л}}{2\pi \cdot f} = \frac{1,702 \cdot 10^{-4}}{2\pi \cdot 50} = 0.542 \text{ мкФ}$$

Проведём моделирование перенапряжений в электрических сетях для системы заземления TN-C [3]. На рисунке 2 показана схема для моделирования однофазного замыкания на землю в системе TN-C. Для этой системы функциональный ноль и защитный проводник объединены на всём протяжении – используется четырёхпроводная система. Нейтраль генератора при этом глухо заземлена [3].

Запустим моделирование в программном пакете NI Multisim 14.0 и получим осциллограмму напряжений в фазе, в которой произошло замыкание и в одной из рабочих фаз [1]. Полученная осциллограмма показана на рисунке 3.

Коэффициент перенапряжения будет равен:

$$K = \frac{18148}{14277} = 1.27$$

Длительность перенапряжения будет равна 0,063 с.

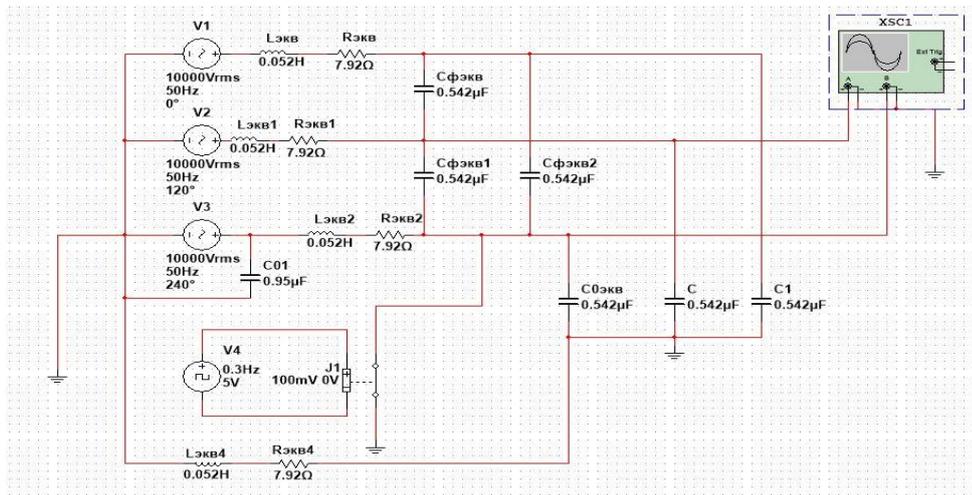


Рисунок 2 – Схема для моделирования перенапряжений при системе заземления TN-C

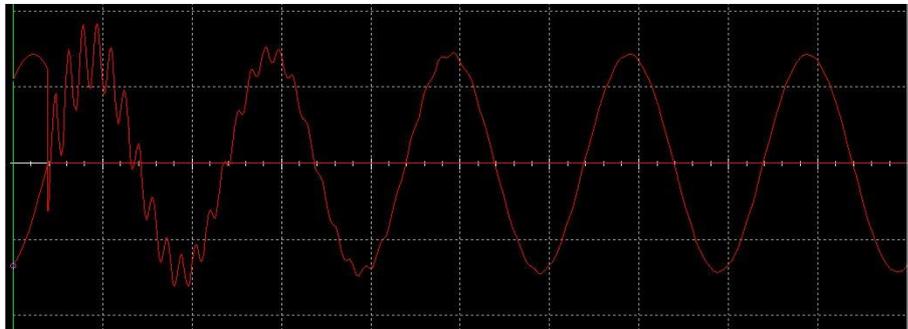


Рисунок 3 – Осциллограмма перенапряжений для системы TN-C

Для защиты от перенапряжения применим резистивное заземление нейтрали генератора. Для сопротивления, равного 20 Ом получим осциллограмму, показанную на рисунке 4.

Коэффициент перенапряжения будет равен:

$$K = \frac{16858}{14254} = 1.18$$

Коэффициент перенапряжения снизился, но при этом величина перенапряжения остаётся стабильной на всё время замыкания.

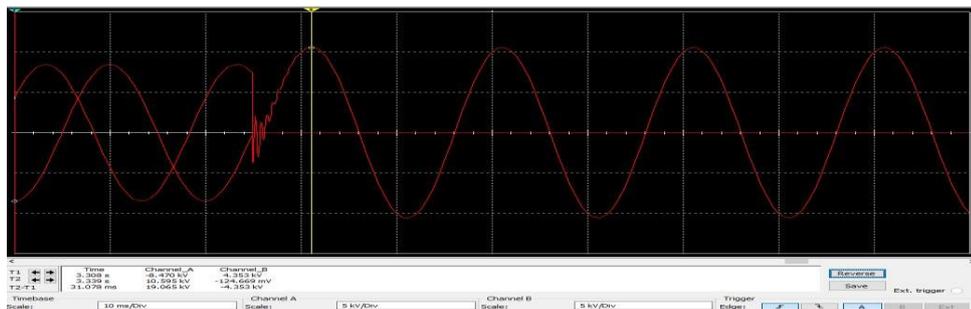


Рисунок 4 – Осциллограмма перенапряжений для системы TN-C при

заземлении нейтрали через резистор 20 Ом

Для сопротивления, равного 5 Ом получим осциллограмму, показанную на рисунке 5.

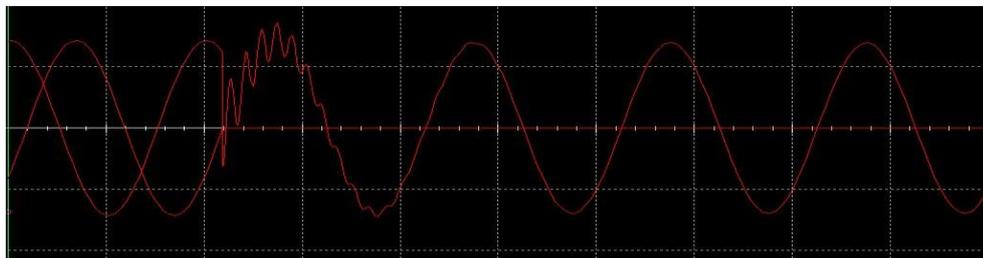


Рисунок 5 – Осциллограмма перенапряжений для системы TN-C при заземлении нейтрали через резистор 5 Ом

Коэффициент перенапряжения будет равен:

$$K = \frac{16927}{13919} = 1.21$$

Коэффициент перенапряжения снизился, длительность перенапряжения 0,04 с.

Для сопротивления, равного 1 Ом получим осциллограмму, показанную на рисунке 6.

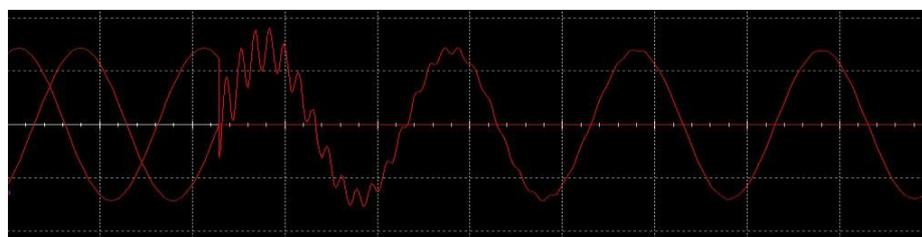


Рисунок 6 – Осциллограмма перенапряжений для системы TN-C при заземлении нейтрали через резистор 1 Ом

Коэффициент перенапряжения будет равен:

$$K = \frac{17876}{13844} = 1.29$$

Длительность перенапряжения будет равна 0,061 с.

Исследование перенапряжений и разработка мероприятий для защиты от перенапряжений в электрооборудовании и в электрических сетях напряжением 6–35 кВ является важной проблемой по причине высокой аварийности электрических сетей из-за воздействия грозовых и внутренних перенапряжений [2].

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.

Список литературы:

1. Руководство Multisim/National Instruments Corporation. – 2007. – 491с.
2. Халилов, Ф.Х. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений / Г.А. Евдокунин, В.С. Поляков и др.; Под ред. Ф.Х. Халилова, Г.А. Евдокунина, А.И. Таджибаева. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 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.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ И РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

Бондаренко Евгений Витальевич, студент 2 курса  
Таразский региональный университет им. М.Х.Дулати  
E-mail: Zhanna\_er\_ai@mail.ru

Научный руководитель: Джанаева Ж.М., магистр «Геоэкологии и УП»,  
старший преподаватель  
Таразский региональный университет им. М.Х.Дулати

Выражение «геотермальная энергия» буквально означает, что это энергия тепла Земли («гео» – земля, «термальная» – тепловая). Основным источником этой энергии служит постоянный поток теплоты из раскаленных недр, направленный к поверхности Земли. Земная кора получает теплоту в результате трения ядра, радиоактивного распада элементов (подобно торию и урану), химических реакций. Постоянные времени этих процессов настолько велики относительно времени существования Земли, что невозможно оценить, увеличивается или уменьшается ее температура.

Высокая сейсмическая активность является признаком близости геотермальных месторождений, и этот признак используется при поиске ресурсов. Однако интенсивность землетрясений в зоне тепловых явлений, вызванных вулканами, обычно значительно ниже, чем интенсивность землетрясений, вызванных большими сдвигами земной коры по оползнию. Поэтому нет оснований полагать, что разведка и разработка геотермальных ресурсов повысит сейсмическую активность.

Пар из геотермальной скважины в основном представляет собой водяной пар. Газовые смеси содержат небольшие количества метана, водорода, азота, аммиака и сероводорода, состоящие на 80% из углекислого газа. Наиболее