

Стрюков А.Н.,

бакалавр

Институт Электроэнергетики

ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»

Россия, г. Москва

Хамдард Р.М.,

бакалавр

Институт Электроэнергетики

ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»

Россия, г. Москва

Теплов Г.А.,

бакалавр

Институт Электроэнергетики

ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»

Россия, г. Москва

Коньков Н.А.,

магистр

Институт Электроэнергетики

ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»

Россия, г. Москва

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ МАТЛАБ
ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНОГО ВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГОСЯ
НАПРЯЖЕНИЯ**

Аннотация: В статье разработана расчетная модель и проведено моделирование переходного восстанавливающегося напряжения (ПВН) в программном комплексе Matlab. Проведена верификация разработанной модели

с показателями ПВН рассчитанными с помощью метода, основанного на одночастотной форме кривой.

Ключевые слова: моделирование, высоковольтный выключатель, ток короткого замыкания, одночастотная форма кривой, переходное восстанавливающееся напряжение.

Annotation: The article develops a computational model and simulates the transient recovery voltage (TRV) in the Matlab software package. Verification of the developed model with TRV indicators calculated using the method based on the single-frequency voltage waveform.

Key words: simulation, circuit breaker, short circuit current, single-frequency voltage waveform, transient recovery voltage.

Моделирование ПВН может проводиться с использованием различных программных комплексов. Расчетная модель для определения максимального значения ПВН была составлена в программном комплексе *Matlab*. На рисунке 1 представлен фрагмент расчетной модели.

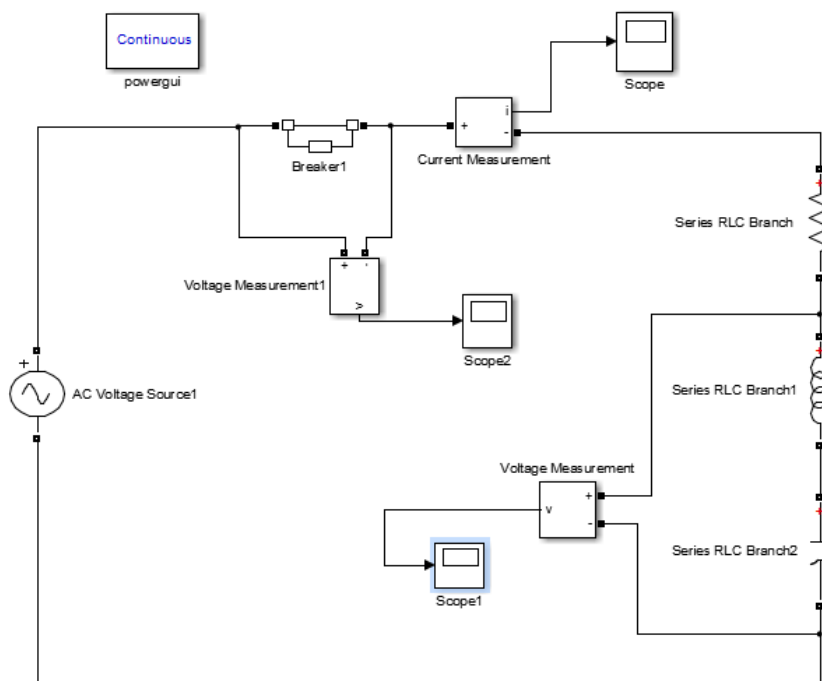


Рисунок 1. Расчетная схема замещения для моделирования ПВН

Расчет проводился для сети 10 кВ. Параметры сети приняты равными:

- индуктивность электрической сети $L = 1,5$ мГн
- емкость электрической сети $C = 0,17$ нФ
- сопротивление электрической сети $R = 30$ Ом

На рисунке 2 приведена расчетная осциллограмма напряжения на контактах выключателя после отключения КЗ, полученная с помощью программного комплекса *Matlab*.

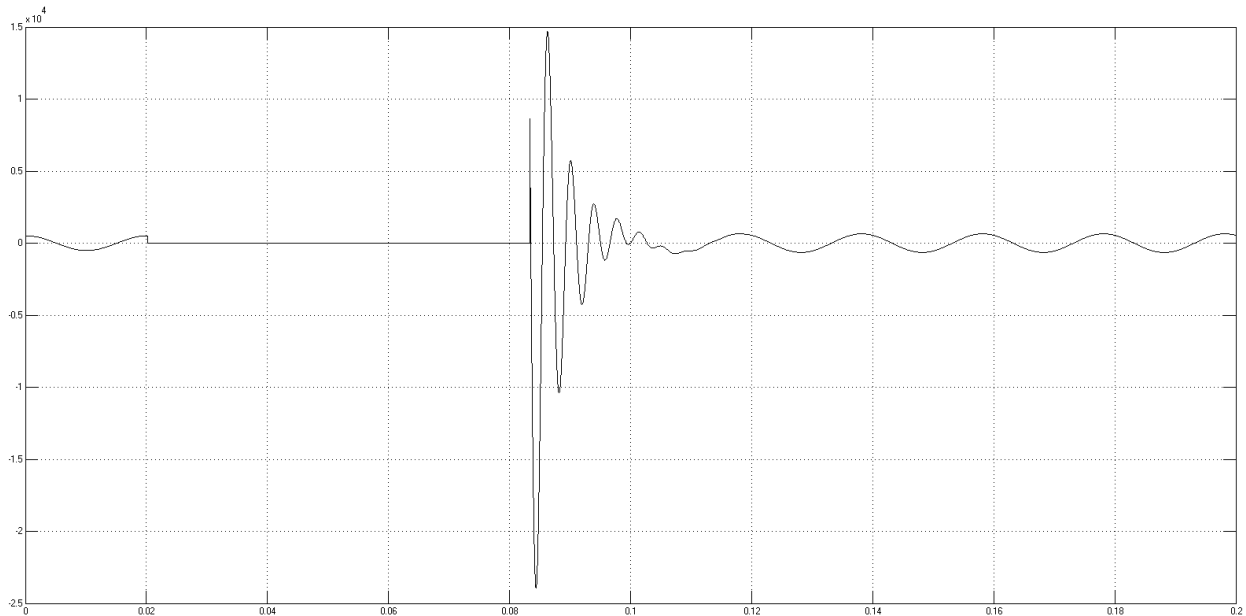


Рисунок 2. Расчетная осциллограмма напряжения сети 10 кВ

Из рисунка 2 видно, что отключение выключателя происходит в 0,085 с. Длительность ПВН составляет 0,025 с. Амплитуда ПВН равняется 23,75 кВ.

Для расчета полученной модели воспользуемся методом, основанным на одночастотной форме кривой.

В качестве расчетного вида КЗ принято трехфазное КЗ. Начальное действующее значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ на выводах выключателя принято равным $I_{п0} = 12$ кА.

Емкость электрической цепи принята равной $C = 0,17$ нФ.

Индуктивность электрической сети равна $L_c = 1,5$ мГн. Определим эквивалентную индуктивность цепи:

$$L_{\text{ЭК}} = 1,5 \cdot L_c = 1,5 \cdot 1,5 = 2,3 \text{ мГн.}$$

Определим ПВН на контактах выключателя:

$$U_{\text{ПВН}} = E_1 \cdot (1 - \cos \omega_0 t) = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 314 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - \cos \sqrt{\frac{1}{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}}} t).$$

На рисунке 3 приведена расчетная одночастотная кривая ПВН для полученной модели.

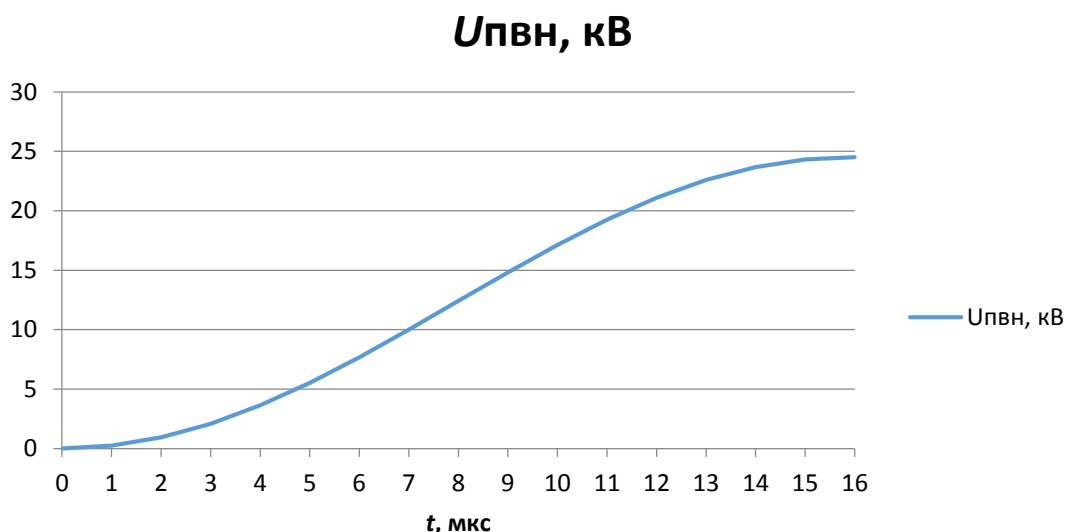


Рисунок 3. Расчетная одночастотная кривая ПВН

Из рисунка 3 видно, что максимальное значение ПВН составляет $U_{\text{ПВН}} = 24,5$ кВ при времени $t = 16$ мкс.

В таблице 1 приведены результаты максимального значения ПВН $U_{\text{ПВН}}$, полученные в программном комплексе *Matlab* и с помощью расчета по известной методике.

Таблица 1. Значение ПВН, полученное в программном комплексе *Matlab* и с помощью расчета по известной методике

Значение, полученное в программном комплексе <i>Matlab</i> $U_{\text{ПВН}}$, кВ	23,75
Значение, полученное с помощью расчета по известной методике $U_{\text{ПВН}}$, кВ	24,5
Погрешность, %	3

Из таблицы 1 видно, что значение, полученное в программном комплексе *Matlab*, отличается от значения, полученного с помощью расчета по известной методике на 3 %.

Расхождение в полученных результатах объясняется тем, что разработанная модель содержит активное сопротивление R , которое приводит к уменьшению амплитудного значения.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 52565 – 2006: Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия. – Введ. 2007 – 04 – 01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 91 с.

2. Рахимов Д. Б. Оценка соответствия отключающей способности выключателей токам коротких замыканий и переходным восстанавливающимся напряжениям в энергосистеме Республики Таджикистан: дис. канд. техн. наук: 05.14.02: защищена 08.06.2018: утв. 15.06.2018 / Рахимов Джамшед Бобомуродович – Москва, 2018.

3. РД 153 – 34.3 – 35.125 – 99. Руководство по защите электрических сетей 6 – 1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / Под научной редакцией Н.Н. Тиходеева. – 2 – е изд. – СПб: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999. – 355 с.

4. Электрическая часть станций и подстанций: учебник для вузов / А.А. Васильев и др.; под ред. А.А. Васильева. – 2 – е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

5. Волков М.С., Гусев Ю.П. Оценка влияния характеристик токоограничивающего реактора на переходные восстанавливающиеся напряжения на контактах выключателя при отключении токов короткого замыкания. Наука и образование. 2013. Стр. 329 – 334.

6. Denis D. Transient Recovery Voltages (TRVs) for High-Voltage Circuit Breakers Part 1. Chair CIGRE WG A3.28 & IEEE WG C37.011, Fellow IEEE San Antonio (USA), 19/09/2013. – 186 p.