

УДК 621.316.97

В.Е. Митрохин, Д.А. Федотов

## Влияния коммутационных перенапряжений на устойчивость функционирования и информационную безопасность систем телекоммуникаций

Перенапряжения оказывают опасные воздействия на жизнь людей и работоспособность аппаратуры связи. Коммутационные перенапряжения в системах телекоммуникации приводят к нарушению передачи информации и, как следствие, оказывают угрозу информационной безопасности.

**Ключевые слова:** телекоммуникации, информационная безопасность, коммутация, напряжение.

Согласно ГОСТу 350922–96 защита информации – это деятельность, направленная на предотвращение утечки защищаемой информации, *несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию*. Под информационной безопасностью понимается защищенность информации и поддерживающей ее инфраструктуры от случайных или преднамеренных воздействий естественного или искусственного характера, которые могут нанести ущерб владельцам или пользователям информации.

Коммутационные перенапряжения оказывают угрозу информационной безопасности. В свою очередь эти угрозы могут возникать как при естественных перенапряжениях, так и при намеренном выводе из строя телекоммуникационной сети с последующим доступом к защищаемой информации. В настоящее время имеется ряд возможностей в приборном и технологическом исполнении, при использовании которых можно реализовать искусственное коммутационное перенапряжение в сети телекоммуникации.

Внутренние перенапряжения могут возникать в результате коммутаций, как аварийных, так и нормальных, оперативных. Внутренние перенапряжения возникают при включении и отключении воздушных и кабельных линий; отключении ненагруженных трансформаторов; отключении двойного короткого замыкания (КЗ) на землю; отключении двухфазных КЗ; одновременном включении фаз при пуске электродвигателей; включении электродвигателей при автоматическом вводе резерва (АВР) или автоматическом повторном включении (АПВ); отключении электродвигателей; коммутации нагрузки вакуумными выключателями; дуговых замыканиях на землю; резонансных повышениях напряжения.

В табл. 1 приведены результаты оценки максимальных уровней внутренних перенапряжений в сетях [1]. Как следует из этой таблицы, максимальные уровни внутренних перенапряжений имеют место при коммутации нагрузки вакуумными выключателями (до  $7,0 U_{\phi}$ ).

Таблица 1

### Максимальные уровни внутренних перенапряжений

Режимы	Величина перенапряжения, $U_{\phi}$
1. Включение воздушных и кабельных линий	3,5
2. Отключение воздушных и кабельных линий	4,0–4,3
3. Отключение ненагруженных трансформаторов	5,0–6,0
4. Отключение двойного к.з. на землю	3,3
5. Отключение двухфазных к.з.	2,0–3,0
6. Одновременное включение фаз при пуске электродвигателей	3,0–3,4
7. Включение электродвигателей при АВР или АПВ	4,2
8. Отключение электродвигателей	4,0–6,0
9. Коммутация нагрузки вакуумными выключателями	2,6–7,0
10. Дуговые замыкания на землю	2,3–3,20
11. Резонансные повышения напряжения	2,0

Усредненные значения коммутационных импульсных напряжений при их длительности 1000–5000 мкс приведены в табл. 2 [1].

Усредненные значения коммутационных импульсных напряжений

Номинальное напряжение сети, кВ	6	10	35
Коммутационное импульсное напряжение, кВ	27	43	148

Подобные перенапряжения можно вызвать с помощью специальных установок, которые содержат реактивные элементы.

Чтобы оценить воздействие коммутационных перенапряжений, рассмотрим и смоделируем случай отключения установки, схема замещения которой приведена на рис. 1. После размыкания выключателя наступает переходный процесс, который можно рассчитывать разными способами. Переходный процесс рассчитывается относительно тока в нагрузке  $R_1$ . При заданных параметрах установки установившееся напряжение на нагрузке  $R_1$  до отключения линии составляет 220 В. Операторное изображение этого тока после отключения принимает вид

$$I_1(p) = \frac{p^2 \cdot u_{C1}(0-) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L_2 \cdot R_2 + p(u_{C1}(0-) \cdot C_1 \cdot L_2 - i_{L2}(0-) \cdot L_2 \cdot R_2 \cdot C_2) + p^3 \cdot R_1 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L_2 \cdot R_2 + p^2 (R_1 \cdot C_1 \cdot L_2 + L_2 \cdot R_2 \cdot C_2) + u_{C1}(0-) \cdot C_1 \cdot R_2 + u_{C1}(0-) \cdot C_2 \cdot R_2 - L_2 \cdot i_{L2}(0-)}{+ p(L_2 + R_1 \cdot C_2 \cdot R_2 + R_1 \cdot C_1 \cdot R_2) + R_1 + R_2}, \quad (1)$$

где  $u_{C1}(0-)$  и  $i_{L2}(0-)$  – начальные условия.

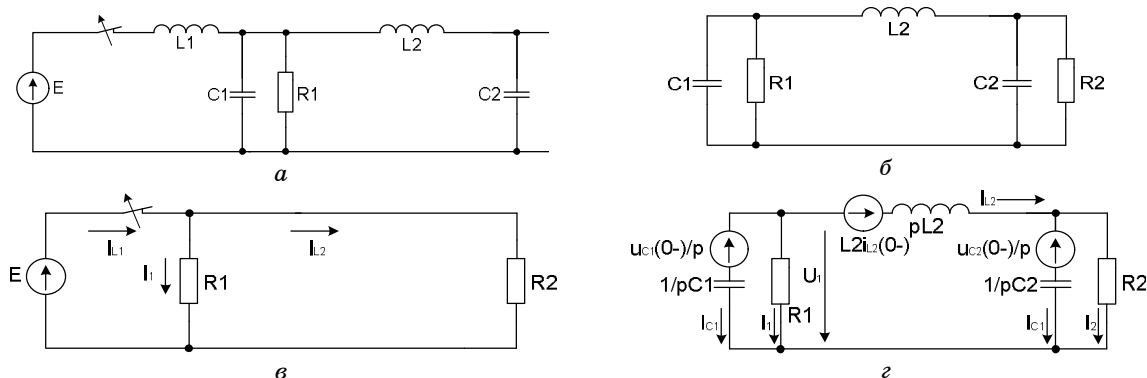


Рис. 1. Схемы для расчета переходного процесса при выключении установки: схема установки до (а) и после (б) коммутации; схемы замещения установки до (в) и после (г) коммутации

Операторное изображение напряжения на нагрузке  $R_1$  примет вид

$$U_1(p) = I_1(p) \cdot R_1. \quad (2)$$

Частотная зависимость реальной и мнимой части напряжения на нагрузке  $R_1$  приведена на рис. 2.

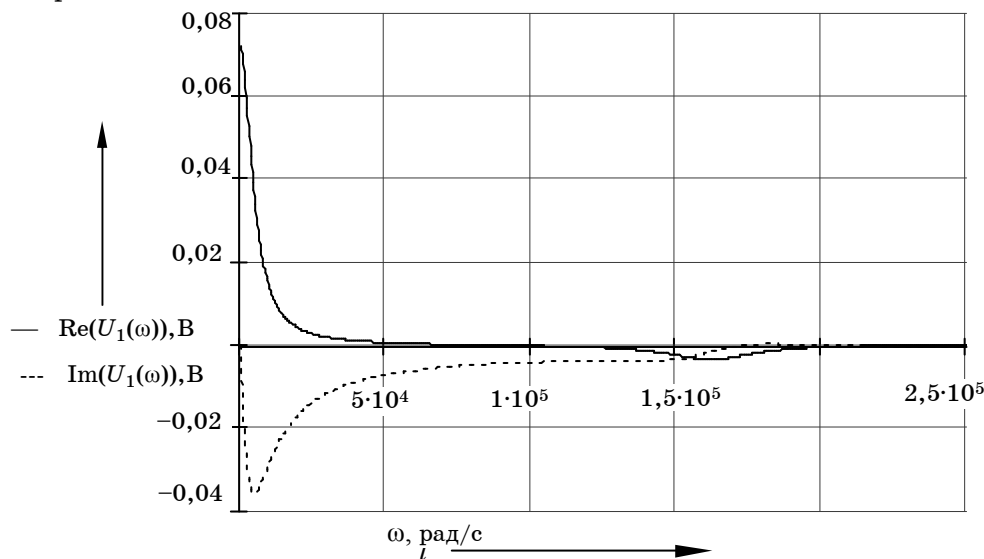


Рис. 2. Частотная зависимость напряжения на нагрузке  $R_1$

После отыскания оригинала от изображения напряжения на нагрузке  $R_1$  (2) операторным методом уравнение переходного процесса принимает вид [2]

$$u_1(t) = R_1 \cdot \left( \frac{N(p1)}{M'(p1)} \cdot e^{p1 \cdot t} + \frac{N(p2)}{M'(p2)} \cdot e^{p2 \cdot t} + \frac{N(p3)}{M'(p3)} \cdot e^{p3 \cdot t} \right), \quad (3)$$

где  $p1$ ,  $p2$  и  $p3$  – корни знаменателя выражения (1);  $N(p)$  – числитель выражения (1);  $M'(p)$  – первая производная знаменателя выражения (1).

Временная зависимость напряжения на нагрузке  $R_1$  после переходного процесса, найденная операторным методом, представлена на рис. 3 [3].

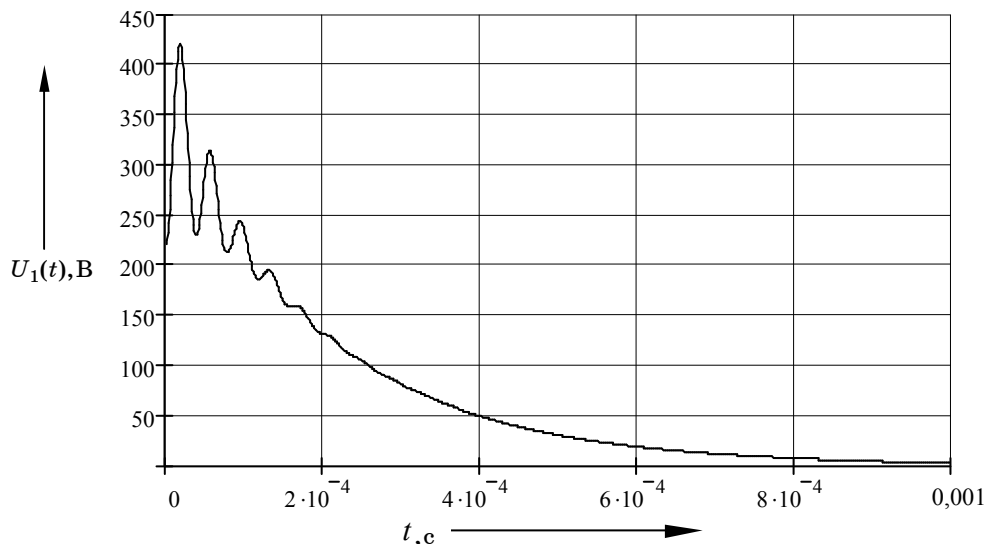


Рис. 3. Напряжение на нагрузке  $R_1$  (операторный метод)

Как видно из зависимости на рис. 3, при отключении ранее заряженной установки имеют место перенапряжения, превышающие установившееся напряжение до отключения 220 В, которые негативно сказываются на работе устройств автоматики и связи, вызывая их выход из строя и, как следствие, угрозы информационной безопасности и опасные ситуации для движения подвижного состава и безопасности людей.

*Литература*

1. <http://www.news.elteh.ru/arh/2002/17.php>
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. – М.: Гардарики, 2000. – 638 с.
3. Левинштейн М.Л. Операционное исчисление в задачах электротехники: Учебник. – Л.: Энергия, 1972. – 360 с.

**Митрохин Валерий Евгеньевич**

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»,  
 зав. каф. «Системы передачи информации», д.т.н., профессор  
 Эл. адрес: mitrokhin@list.ru

**Федотов Дмитрий Анатольевич**

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»,  
 преподаватель каф. «Системы передачи информации»  
 Эл. адрес: fedotoff-dm@list.ru

V.E. Mitrokhin, D.A. Fedotov

**Impact switching overvoltage on stability functioning and information security telecommunications system**

Overvoltage is not only dangerous phenomena for peoples life and for efficiency communication equipment, but also it is a threat for information security telecommunications system. Switching overvoltage in telecommunications system reduce to violation information transfer and properly is threating for information security.

**Keywords:** telecommunications, information security, switching, pressure.