**Контрольная работа по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, СЕТИ, ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ,ИХ РЕЖИМЫ, УСТОЙЧИВОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ»**

«Расчет переходного процесса при включении напряжения на ЛЭП»

Задание: На рис.1 изображена простейшая однолинейная схема замещения ЛЭП при подаче на нее напряжения. Необходимо, следуя нижеприведенным выкладкам, построить графики поведения тока и напряжения на сопротивлении, индуктивности и емкости после включения ключа. Численные значения параметров по вариантам приведены в Таблице. На графике отображать мнимую составляющую комплексного сигнала.

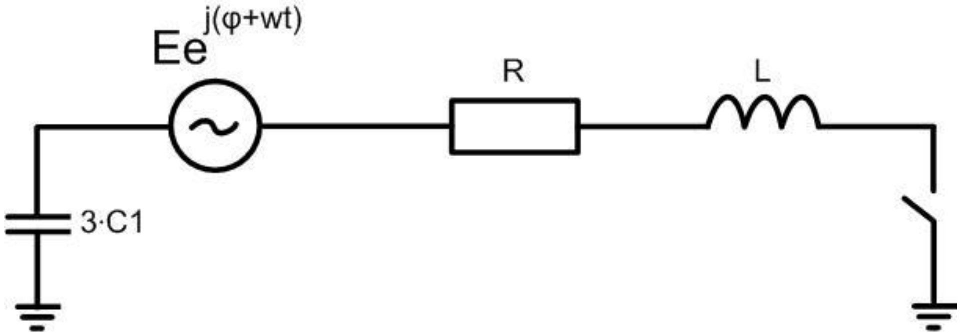


Рис.1. Контур протекания тока переходного процесса

Запишем уравнение Кирхгофа для данной схемы в дифференциальной форме:

$$E \cdot e^{j(wt+\varphi)} = \dot{I} \cdot R + L \cdot \frac{d\dot{I}}{dt} + \frac{1}{c} \cdot \int \dot{I} \cdot dt$$

$$\frac{d^2\dot{I}}{dt} + \frac{R}{L} \cdot \frac{d\dot{I}}{dt} + \frac{\dot{I}}{c \cdot L} = \frac{jw \cdot E}{L} \cdot e^{j(wt+\varphi)} \qquad (2.2)$$

Общим решением линейного дифференциального уравнения является сумма двух составляющих:

$$\dot{I}(t) = \dot{I}_{\text{св}}(t) + \dot{I}_{\text{ус}}(t)$$

Первая составляющая называется свободной или собственной и определяется как общее решение соответствующего однородного уравнения, которое получается из (2.2) путем приравнивания нулю правой части.

$$\frac{d^2\dot{I}}{dt} + \frac{R}{L}\cdot\frac{d\dot{I}}{dt} + \frac{\dot{I}}{c\cdot L} = 0 \qquad (2.3)$$

Общим решением однородного дифференциального уравнения второго порядка является функция вида

$$\dot{I}_{св}(t) = \dot{A}_1\cdot e^{\dot{p}_1\cdot t} + \dot{A}_2\cdot e^{\dot{p}_2\cdot t}$$

Заменив в (2.3) $\dot{I}$ на $\dot{I}(t) = \dot{A}\cdot e^{\dot{p}\cdot t}$, получим характеристическое уравнение и найдем его корни, которые определяют общее решение однородного дифференциального уравнения:

$$(\dot{A}\cdot e^{\dot{p}\cdot t})'' + \frac{R}{L}\cdot\left(\dot{A}\cdot e^{\dot{p}\cdot t}\right)' + \frac{(\dot{A}\cdot e^{\dot{p}\cdot t})}{c\cdot L} = 0$$

$$(\dot{A}\cdot\dot{p}^2\cdot e^{\dot{p}\cdot t}) + \frac{R}{L}\cdot\left(\dot{A}\cdot\dot{p}\cdot e^{\dot{p}\cdot t}\right) + \frac{(\dot{A}\cdot e^{\dot{p}\cdot t})}{c\cdot L} = 0$$

$$\dot{p}^2 + \frac{R}{L}\cdot\dot{p} + \frac{1}{c\cdot L} = 0$$

$$\dot{p}_{1,2} = \frac{-\frac{R}{L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{L^2} - \frac{4}{C\cdot L}}}{2}$$

Вторая составляющая решения $I_{уст}$ называется установившейся и определяется как установившаяся функция для искомой переменной в цепи после коммутации.

$$\dot{I}_{уст}(t) = \frac{E\cdot e^{j(wt+\varphi)}}{R + jwL - \frac{j}{wC}}$$

Таким образом, ток в схеме после коммутации определяется следующим выражением

$$\dot{I}(t) = \dot{I}_{\text{св}}(t) + \dot{I}_{\text{уст}}(t) = \dot{A}_1 \cdot e^{\dot{p}_1 \cdot t} + \dot{A}_2 \cdot e^{\dot{p}_2 \cdot t} + \frac{E \cdot e^{j(wt+\varphi)}}{R + jwL - \frac{j}{wC}},$$

где $\dot{A}_1$ и $\dot{A}_2$ определяются начальными условиями. Из законов коммутации известно, что напряжение на емкости и ток в индуктивности не могут изменяться скачком, и остаются неизменными в первый момент времени после коммутации.

До замыкания ключа ток в контуре и напряжение на емкости равнялось нулю. Напряжение на емкости определяется функцией

$$\dot{U}_c(t) = \frac{1}{C} \cdot \int \dot{I} dt$$

$$\dot{U}_c(t) = \frac{1}{C} \cdot \left( \int \frac{E}{\dot{Z}} \cdot e^{j(wt+\varphi)} dt + \int \dot{A}_1 \cdot e^{\dot{p}_1 t} dt + \int \dot{A}_2 \cdot e^{\dot{p}_2 t} dt \right),$$

где $\dot{Z} = R + jwL - \frac{j}{wC}$

Поэтому получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \dot{I}(0) = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dfrac{E \cdot e^{j\varphi}}{\dot{Z}} = 0 \\ \dot{U}_c(0) = \dfrac{\dot{A}_1}{C\dot{p}_1} + \dfrac{\dot{A}_2}{C\dot{p}_2} + \dfrac{E \cdot e^{j\varphi}}{jC\dot{Z}w} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{A}_2 = \dfrac{E \cdot \dot{p}_1 \cdot \dot{p}_2}{\dot{Z} \cdot (\dot{p}_1 - \dot{p}_2)} \cdot \left( \dfrac{1}{\dot{p}_1} - \dfrac{1}{jw} \right) \cdot e^{j\varphi} \\ \dot{A}_1 = -\dfrac{E}{\dot{Z}} \cdot e^{j\varphi} - \dfrac{E \cdot \dot{p}_1 \cdot \dot{p}_2}{\dot{Z} \cdot (\dot{p}_1 - \dot{p}_2)} \cdot \left( \dfrac{1}{\dot{p}_1} - \dfrac{1}{jw} \right) \cdot e^{j\varphi} \end{cases}$$

Окончательно,

$$\dot{I}(t) = \dot{I}_{св}(t) + \dot{I}_{уст}(t) =$$

$$= \frac{E}{\dot{Z}} \cdot e^{\dot{p}_1 \cdot t + j\varphi} \cdot \left(-1 - \frac{\dot{p}_1 \cdot \dot{p}_2}{(\dot{p}_1 - \dot{p}_2)} \cdot \left(\frac{1}{\dot{p}_1} - \frac{1}{jw}\right)\right) + \frac{E}{\dot{Z}} \cdot e^{\dot{p}_2 \cdot t + j\varphi} \cdot$$

$$\cdot \frac{\dot{p}_1 \cdot \dot{p}_2}{\dot{p}_1 - \dot{p}_2} \cdot \left(\frac{1}{\dot{p}_1} - \frac{1}{jw}\right) + \frac{E \cdot e^{j(wt+\varphi)}}{\dot{Z}},$$

$$\dot{U}_C(t) = \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{E}{\dot{Z} \cdot \dot{p}_1} \cdot e^{\dot{p}_1 \cdot t + j\varphi} \cdot \left(-1 - \frac{\dot{p}_1 \cdot \dot{p}_2}{(\dot{p}_1 - \dot{p}_2)} \cdot \left(\frac{1}{\dot{p}_1} - \frac{1}{jw}\right)\right) + \frac{E}{\dot{Z} \cdot \dot{p}_2} \cdot e^{\dot{p}_2 \cdot t + j\varphi} \right.$$

$$\left. \cdot \frac{\dot{p}_1 \cdot \dot{p}_2}{\dot{p}_1 - \dot{p}_2} \cdot \left(\frac{1}{\dot{p}_1} - \frac{1}{jw}\right) + \frac{E \cdot e^{j(wt+\varphi)}}{jw\dot{Z}}\right)$$

## ОТЧЕТ

Отчет содержит:

– титульный лист с названием учебного заведения, кафедры и лабораторной работы; номер варианта контрольного задания; ф.и.о. студента и преподавателя; год и место выполнения работы;

– краткое описание задания с указанием численных параметров схемы;

– графическое оформление полученных результатов;

– выводы о соответствии величин сигналов переходного процесса прогнозируемых результатов с полученными.

Таблица соответствия номера контрольного задания и численных параметров системы. 0,4/314 1мг и 10 мг 1мкф и 0,1мкф

| № варианта | E, кВ | φ, град | R, Ом | L, мГн | C, мкф |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 30 | 1 | 1 | 0,1 |
| 2 | 10 | 30 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 10 | 30 | 1 | 10 | 0,1 |
| 4 | 10 | 30 | 1 | 10 | 1 |
| 5 | 10 | 30 | 10 | 1 | 0,1 |
| 6 | 10 | 30 | 10 | 1 | 1 |
| 7 | 10 | 30 | 10 | 10 | 0,1 |
| 8 | 10 | 30 | 10 | 10 | 1 |
| 9 | 10 | 90 | 1 | 1 | 0,1 |
| 10 | 10 | 90 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 10 | 90 | 1 | 10 | 0,1 |
| 12 | 10 | 90 | 1 | 10 | 1 |
| 13 | 10 | 90 | 10 | 1 | 0,1 |
| 14 | 10 | 90 | 10 | 1 | 1 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 10 | 90 | 10 | 10 | 0,1 |
| 16 | 10 | 90 | 10 | 10 | 1 |