Условия непрерывности плотности электрического тока:

$$-\gamma_{т}\frac{\partial\overset{o}{\varphi}_{т}(x;h;p)}{\partial y} = --\gamma_{э}\frac{\partial\overset{o}{\varphi}_{т}(x;h;p)}{\partial y},$$

скачка электрического потенциала – уравнения Нернста – на границе раздела фаз:

$$\overset{o}{\varphi}_{т}(x;h;p)-\overset{o}{\varphi}_{э}(x;h;p)=g_{10}+g_{11}\overset{o}{C}(x;h;p),$$

где $g_{10}>0,\ g_{11}>0$ – коэффициенты линейной аппроксимации уравнений Нернста.

После определения всех коэффициентов разложения можно найти распределение плотности тока на границе раздела фаз по закону Ома.

$\overset{o}{\delta}(x;p)=-\gamma_{э}\dfrac{\partial\overset{o}{\varphi}_{э}(x;h;p)}{\partial y}$, где $\overset{o}{\varphi}_{э}(x;h;p)$ – определяется из (17).

Конкретно получим $\overset{o}{\delta}(x;p)=\dfrac{\overset{o}{I}_{э}(p)}{l\,s}-\sum\limits_{k=1}^{\infty}\overset{o}{\omega}_{k}(p)X_{k}(x)$.

Найденное распределение плотности тока позволяет найти распределение осажденного металла на поверхности угольного электрода и тем самым оценить влияние управляющего тока $\overset{o}{J}_{э}(p)$ на величину УЭХС.

Перечень ссылок

1. Герасименко Ю.Я. Математическое моделирование физических полей в электрохимических системах.– Новочеркасск: НПИ. –1980. 88 с.

УДК 621.321.7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ С АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Герасименко Ю.Я., д.т.н., профессор; Герасименко Е.Ю., Микитинский А.П., доценты к.т.н.
(Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), г. Новочеркасск, Россия)

Электрический кабель представляет собой длинную линию, электрические процессы в которой описываются следующей системой дифференциальных уравнений в частных производных [1]

$$\frac{\partial u}{\partial x}+L\frac{\partial i}{\partial t}+Ri=0, \quad (1) \qquad \frac{\partial i}{\partial x}+C\frac{\partial u}{\partial t}+Gu=0, \quad (2)$$

где x - координата отсчитываемая вдоль линии; t - время; $u(x;t)$ - напряжение между жилами кабеля; $i(x;t)$ - ток в точке x в момент времени t; L, R, C, G - погонные параметры (индуктивность, омическое сопротивление, электрическая емкость, сопротивление утечки) длинной линии.
На одном конце кабеля $(x=0)$ к нему подключен источник электрической энергии с э.д.с. $e(t)$, на другом $(x=l)$ - известное сопротивление нагрузки. Будем считать, что в начальный момент времени выполняются условия
$u(x;0)=0$ и $i(x;0)=0$.
Для решения поставленной задачи применим к системе (1)-(2) интегральное преобразование Лапласа [2]

$$\frac{d\overset{\circ}{U}(x;p)}{dx}+pL\overset{\circ}{I}(x;p)+R\overset{\circ}{I}(x;p)=0, \qquad (3) \qquad \frac{d\overset{\circ}{I}(x;p)}{dx}+pC\overset{\circ}{U}(x;p)+G\overset{\circ}{U}(x;p)=0, \qquad (4)$$

где p - параметр преобразования Лапласа; $\overset{\circ}{U}(x;p)$, $\overset{\circ}{I}(x;p)$ - изображения по Лапласу $u(x;t)$ и $i(x;t)$ соответственно.
Для корректного решения системы (3)-(4) к ней необходимо добавить краевые условия в виде:

$$\overset{\circ}{U}(0;p)=\overset{\circ}{E}(p), \qquad (5) \qquad \overset{\circ}{U}(l;p)=Z_H(p)\overset{\circ}{I}(l;p), \qquad (6)$$

где $\overset{\circ}{E}(p)$ - изображение входной э.д.с. $e(t)$; $Z_H(p)$ - операторное сопротивление нагрузки.

Получим вначале дифференциальное уравнение для $\overset{\circ}{U}(x;p)$. Для этого продифференцируем (3) по x.

$$\frac{d^2\overset{\circ}{U}(x;p)}{dx^2}+pL\frac{d\overset{\circ}{I}(x;p)}{dx}+R\frac{d\overset{\circ}{I}(x;p)}{dx}=0, \qquad (7)$$

Из (4) можно получить

$$\frac{d\overset{\circ}{I}(x;p)}{dx}=-pC\overset{\circ}{U}(x;p)-G\overset{\circ}{U}(x;p), \qquad (8)$$

Подставим (8) в (7).

$$\frac{d^2\overset{\circ}{U}(x;p)}{dx^2}-\left(LCp^2+(LG+RC)p+RG\right)\overset{\circ}{U}(x;p)=0, \qquad (9)$$

Для поиска $\overset{\circ}{U}(x;p)$к уравнению (9) следует добавить краевые условия (5), (6).
Для отыскания $\overset{\circ}{I}(x;p)$ аналогичным образом из (3), (4) получают уравнение

$$\frac{d^2\overset{\circ}{I}(x;p)}{dx^2}-\left(LCp^2+(LG+RC)P+RG\right)\overset{\circ}{I}(x;p)=0, \qquad (10)$$

Общим решение дифференциального уравнения (9) является функция

$$\overset{\circ}{U}(x;p)=A(p)sh\gamma x+B(p)ch\gamma x,$$

(11)

где $\gamma=\sqrt{LCp^2+(LG+RC)P+RG},$

(12)

Постоянные интегрирования $A(p)$ и $B(p)$, входящие в (11), могут быть найдены из краевых условий (5), (6). Для этого подставим $x=0$ в (11).

$$\overset{\circ}{U}(0;p)=B(p).$$

(13)

Сопоставляя (5)и (13), получаем $B(p)=\overset{\circ}{E}(p)$. Для определения $A(p)$ вначале продифференцируем (11) по x с учетом найденного значения $B(p)$.

$$\frac{d\overset{\circ}{U}(x;p)}{dx}=\gamma A(p)ch\gamma x+\gamma\,\overset{\circ}{E}(p)sh\gamma x. \qquad (14)$$

Из (3) можно получить

$$\frac{d\overset{\circ}{U}(x;p)}{dx}=-(pL+R)\overset{\circ}{I}(x;p)=0,$$

(15)

Подставим $x=l$ в (15).

$$\frac{d\overset{\circ}{U}(l;p)}{dx}=-(pL+R)\overset{\circ}{I}(l;p)=0,$$

(16)

Из краевого условия (6) имеем

$$\overset{\circ}{I}(l;p),=\frac{\overset{\circ}{U}(l;p)}{Z_{Н}(p)}.$$

(17)

Подставим (17) в (16).

$$\frac{d\overset{\circ}{U}(l;p)}{dx}=-(pL+R)\frac{\overset{\circ}{U}(l;p)}{Z_{Н}(p)}=0,$$

(18)

Для непосредственного отыскания $A(p)$ подставим $x=l$ в уравнения (11) и (14) с учетом значения $B(p)$.

$$\overset{\circ}{U}(l;p)=A(p)sh\gamma l+\overset{\circ}{E}(p)ch\gamma l, \qquad (19) \qquad \frac{d\overset{\circ}{U}(l;p)}{dx}=\gamma A(p)ch\gamma l+\gamma\,\overset{\circ}{E}(p)sh\gamma l.$$

(20)

Подстановка (19) и (20) в (18) приводит к такому результату:

$$A(p)=-\overset{\circ}{E}(p)\frac{\gamma sh\gamma l+\dfrac{pL+R}{Z_{Н}(p)}ch\gamma l}{\gamma ch\gamma l+\dfrac{pL+R}{Z_{Н}(p)}sh\gamma l}.$$

(21)

С учетом найденных значений $A(p)$ и $B(p)$ формула (11) после алгебраических преобразований приобретает вид:

$$\dot{U}(x;p)=\dot{E}(p)\frac{\dfrac{pL+R}{Z_H(p)}sh\gamma(l-x)+\gamma ch\gamma(l-x)}{\gamma ch\gamma l+\dfrac{pL+R}{Z_H(p)}sh\gamma l}, \qquad (22)$$

Полученное выражение (22) для $\dot{U}(x;p)$ дает возможность рассчитать напряжение в любой точке линии. В частности на конце линии $(x=l)$ имеем

$$\dot{U}(l;p)=\frac{\gamma}{\gamma ch\gamma l+\dfrac{pL+R}{Z_H(p)}sh\gamma l}\dot{E}(p). \qquad (23)$$

Если рассматривать $R-C$ - кабель с подключенной к нему активно-индуктивной нагрузкой то изображение напряжения на этой нагрузке приобретает вид

$$\dot{U}(p)=\frac{\sqrt{RCp}\cdot\dot{E}(p)}{\sqrt{RCp}ch\sqrt{RCp}l+\dfrac{R}{R_H+pL_H}sh\sqrt{RCp}l}, \qquad (24)$$

где R_H и L_H - омическое сопротивление и индуктивность нагрузки соответственно. Будем считать, что включение кабеля происходит на постоянную э.д.с. E_0 т.е.

$$\dot{E}(p)=\frac{E_0}{p}. \qquad (25)$$

Представляя в (24) гиперболические функции несколькими членами степенных рядов, можно с учетом (25) получить

$$\dot{U}(p)=\frac{E_0(R_H+pL_H)}{L_H\left(p+\dfrac{R_H+Rl}{L_H}\right)p}. \qquad (26)$$

Правая часть (26) является правильной рациональной дробью. Поэтому разлагая эту дробь на простейшие [2], имеем

$$\dot{U}(p)=\frac{E_0R_H}{R_H+Rl}\cdot\frac{1}{p}+\frac{E_0Rl}{(R_H+Rl)\left(p+\dfrac{R_H+Rl}{L_H}\right)}.$$

Изображению $\dot{U}(p)$ соответствует [2] оригинал

$$u(t)=\frac{E_0 R_н}{R_н+Rl}+\frac{E_0 Rl}{R_н+Rl}e^{-\frac{R_н-Rl}{L_н}t}.$$
(27)

Как видно из (27), пиковое значение напряжения на нагрузке будет наблюдаться в начальный момент времени:

$u_{max}=u(0)=E_0$.

В установившимся режиме напряжение на нагрузке снизится до уровня

$$u_{min}=u(\infty)=E_0\frac{R_н}{R_н+Rl}$$

Если задаться типовыми исходными данными $R_н=0{,}5\ Ом$; $R=0{,}005\ Ом/м$; $l=100\ м$, то окажется, что начальное напряжение будет превосходить установившиеся ровно в 2 раза.

Настоящая модель была использована для исследовании работы асинхронного двигателя погружного типа в газовых скважинах, при его питании импульсным напряжением.

Перечень ссылок

1. Шимони К. Теоретическая электротехника. М.: Мир, 1964. – 774с.
2. Деч Г. Руководство по практическому применению преобразований Лапласа и Z – преобразования. – М.: Наука, 1971. – 288с.

УДК 62-83

ДО ОЦІНКИ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ПРИВОДНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІЙ СИСТЕМІ КОМПРЕСОРУ GA-132-7.5 ФІРМИ ATLAS COPCO

Головін О.В., студент; Борисенко В.П., професор, к.т.н.
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

В процесі експлуатації двигуна компресору GA-132-7.5 новим того ж типу (№3392333) спостерігався постійний його перегрів. Виходячи з цього, було запропоновано оцінити умови вентиляції двигуна, виміряти значення струму та тиску, навантаження двигуна та умови його пуску. На базі цього необхідно розробити заходи щодо ефективного охолодження двигуна та їх реалізацію.

Привід компресору M2CA315SMB4 має наступні вихідні дані: $P_н$=132кВт;$U_н$=380В,$I_н$=250А;$n_н$=1488об/хв.;$I_п/I_н$=7.0,$M_п/M_н$=2.5; $\eta_н$=95,5%; $\cos\varphi_н$=0.85; $J_{дв}$=2.9кг*м^2,ізоляція класу F.