

ACTIVATION BY HYDROGEN OF THE COMBUSTION OF HYDROCARBON FUELS

© 2012

L.N. Bortnikov, candidate of technical sciences,
associate professor of the chair of the chair «Energy machines and control systems»

M.M. Rusakov, doctor of technical sciences,
professor of the chair «Energy machines and control systems»

R.E. Petrov, postgraduate student
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: the combustion; the hydrocarbon fuel; the hydrogen; the fuel mixture; promotion; the factor of the excess of the air; DVS; the camera of combustion of the constant volume.

Annotation: It paper contain of a results of the studies of combustion homogeneous mixtures of benzine and octane with hydrogen in camera of the constant volume. It Is Received that hydrogen actuates the combustion hydrocarbon fuels when determined physical conditions.

УДК 621.314.21:51:550.385.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

© 2012

В.В. Вахнина, кандидат технических наук, доцент,
заведующая кафедрой «Электроснабжение и электротехника»

Д.А. Кретов, аспирант
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: геомагнитно-индуцированный ток; силовой трансформатор; математическая модель.

Аннотация: Разработана математическая модель силового трансформатора при одновременном намагничивании магнитной системы переменным и постоянным магнитными полями при протекании по обмоткам высокого напряжения трансформатора геомагнитно-индуцированного тока, возникающего при геомагнитных бурях.

ВВЕДЕНИЕ

В системах электроснабжения (СЭС) широко применяются силовые трансформаторы и автотрансформаторы различных мощностей и классов напряжения, выполненные как группа однофазных или трехфазные трансформаторы и автотрансформаторы. Они используются как повышающие на электрических станциях и понижающие на трансформаторных подстанциях.

Во время эксплуатации силовых трансформаторов в СЭС возможно насыщение магнитной системы по следующим причинам:

1. При включении силового трансформатора в режим холостого хода;

2. При перевозбуждении трансформатора при повышении напряжения на первичной обмотке и номи-

нальной частоте или при понижении частоты и номинальном напряжении;

3. При коротком замыкании во внешней СЭС, подключенной к вторичной обмотке силового трансформатора;

4. При одновременном намагничивании магнитной системы силового трансформатора переменным и постоянным магнитными полями.

Процессы насыщения магнитной системы силовых трансформаторов по причинам 1-3 достаточно описаны в работах [1,2]. Поведение ферромагнитных материалов при одновременном намагничивании переменным и постоянным магнитными полями рассмотрено в [3]. Не исследован вопрос насыщения магнитной системы силовых трансформаторов, входящих в СЭС, когда при геомагнитных бурях по обмоткам высокого напряжения одновременно протекают переменный и геомагнитно-индуцированные токи.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

В работе [4] дан общий подход к расчету режимов работы силовых трансформаторов (СТ) в СЭС. Математическая модель однофазного двухобмоточного силового трансформатора описывается системой дифференциальных уравнений напряжений:

$$\begin{aligned} u_1 &= r_1 i_1 + L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} + k_{12} M \frac{di_0}{dt}; \\ -u'_2 &= r'_2 i'_2 + L'_{\sigma 2} \frac{di'_2}{dt} + M \frac{di_0}{dt}, \end{aligned} \tag{1}$$

где r_1 – активное сопротивление первичной обмотки; $r'_2 = k_{12}^2 \cdot r_2$ – приведённое активное сопротивление вторичной обмотки; $L_{\sigma 1}$ – индуктивность рассеяния первичной обмотки; $L'_{\sigma 2} = k_{12}^2 \cdot L_{\sigma 2}$ – приведённая индуктивность рассеяния вторичной обмотки; M – взаимная индуктивность ветви намагничивания; $k_{12} = w_1/w_2$ – коэффициент трансформации; w_1 – число витков первичной обмотки; w_2 – число витков вторичной обмотки; u_1 – мгновенное значение напряжения первичной обмотки; u'_2 – мгновенное значение приведённого напряжения вторичной обмотки; i_1 – мгновенное значение тока первичной обмотки; i'_2 – мгновенное значение приведённого тока вторичной обмотки; i_0 – намагничивающий ток (ток холостого хода).

Математическая модель силового трансформатора, описываемая уравнениями (1), не учитывает насыщение магнитной системы СТ при одновременном намагничивании переменным и постоянным магнитными полями.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЯХ

Геомагнитно-индуцированные токи (ГИТ), возникающие при геомагнитных бурях, попадают в СЭС через заземления нейтралей силовых трансформаторов на напряжении 110 кВ и выше (рис. 1.) [5].

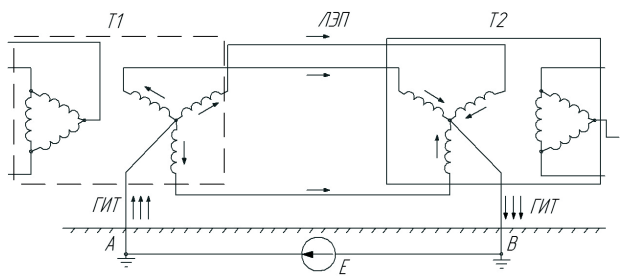


Рис. 1. Протекание ГИТ по обмоткам высокого напряжения трансформаторов СЭС (E – квазипостоянная ЭДС между точками заземления нейтралей обмоток ВН силовых трансформаторов при геомагнитной буре; T1 и T2 – силовые трансформаторы, ЛЭП – линия электропередач).

Протекая по обмоткам высокого напряжения силового трансформатора, ГИТ создает постоянное магнитное поле с напряженностью H . Ферромагнитный сердечник из электротехнической стали трансформатора одновременно намагничивается переменным и постоянным магнитными полями. В этом случае рабочая точка A_1 на кривой намагничивания холоднокатанной электротехнической стали $B = f(H)$, которая в нормальном режиме работы силового трансформатора находится, как правило, на колене кривой намагничивания, смещается в зоны намагничивания (точка A_2 рис.2) и насыщения (точка A_3 рис. 2.).

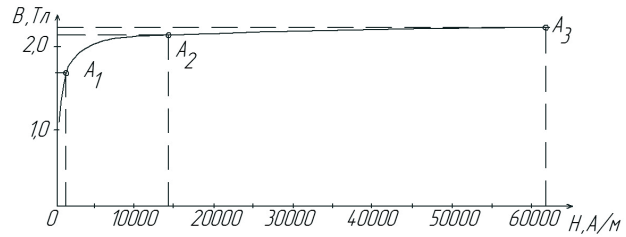


Рис. 2. Зависимость $B = f(H)$ для электротехнической стали Э330.

Определяя в каждой точке кривой намагничивания среднюю магнитную проницаемость $\mu_{cp} = \frac{B}{\mu_0 H_{ГИТ}}$, можно построить зависимость средней магнитной проницаемости для переменного магнитного поля от величины напряженности постоянного магнитного поля (рис. 3).

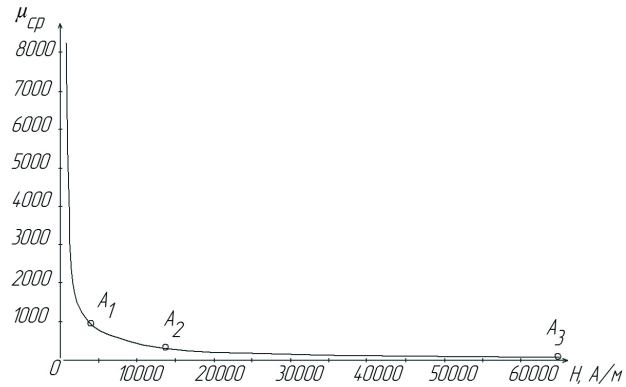


Рис. 3. Зависимость $\mu_{cp} = f(H_{ГИТ})$.

Зависимость $\mu_{cp} = f(H_{ГИТ})$ имеет нелинейный вид. При увеличении ГИТ от 0 до максимального значения, средняя магнитная проницаемость для переменного магнитного потока силового трансформатора вначале резко снижается при переходе в зону намагничивания ферромагнитного сердечника на кривой намагничивания, а затем при переходе в зону насыщения изменяется незначительно. При увеличении напряженности постоянного магнитного поля от 0 до максимального значения магнитная проницаемость ферромагнитного сердечника уменьшается в десятки раз, и при насыщении стремится к единице.

Амплитуда магнитного потока переменного магнитного поля, определяется как

$$\Phi_m = \frac{U_m}{2\pi f w_1}, \tag{2}$$

и практически остается неизменной при различных режимах работы силового трансформатора, так как амплитуда напряжения питания первичной обмотки U_m , частота питающей сети f и количество витков первичной обмотки w_1 не меняются.

Взаимная индуктивность ветви намагничивания при протекании ГИТ по обмоткам высокого напряжения силового трансформатора определяется по формуле:

$$M_{ГИТ} = k \frac{w_1^2 \cdot S}{l_{cp}} \mu_0 \cdot \mu_{cp}(H_{ГИТ}), \tag{3}$$

где $S_{сер}$ – сечение стержня сердечника магнитопровода; l_{cp} – длина средней магнитной линии в магнитопровode; μ_0 – магнитная постоянная.

Из выражения (3) следует, что величина взаимной индуктивности прямо пропорциональна средней магнит-

ной проницаемости для переменного магнитного поля, то есть зависит от расположения рабочей точки на кривой намагничивания для электротехнической стали. Так как рабочая точка на кривой намагничивания определяется величиной геомагнитно-индуцированного тока, протекающего по обмоткам высокого напряжения трансформатора и создающего постоянное магнитное поле, то взаимная индуктивность ветви намагничивания $M_{ГИТ}$ так же зависит от величины ГИТ, возникающего при геомагнитных бурях и протекающего по элементам СЭС через заземления нейтральных точек силовых трансформаторов.

Расчет взаимной индуктивности $M_{ГИТ}$ может быть реализован с помощью математического пакета Matlab. Алгоритм расчета $M_{ГИТ}$ и зависимости $M(i_{ГИТ})$ приведены в [6].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ ВЕТВИ НАМАГНИЧИВАНИЯ ПРИ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЯХ

T-образная схема замещения, учитывающая нелинейность ветви намагничивания, при протекании ГИТ для однофазного двухобмоточного силового трансформатора, приведена на рис. 4.

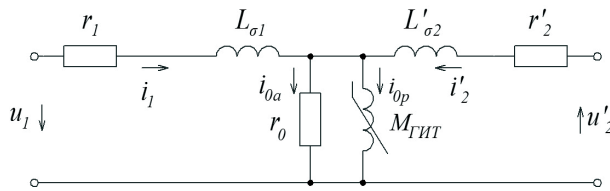


Рис. 4. T-образная схема замещения однофазного двухобмоточного силового трансформатора при одновременном намагничивании переменным и постоянным магнитными потоками (r_0 – активное сопротивление ветви намагничивания; i_{0p} – реактивная составляющая намагничивающего тока; i_{0a} – активная составляющая намагничивающего тока).

Математическая модель однофазного двухобмоточного силового трансформатора при одновременном намагничивании переменным и постоянным магнитными полями при геомагнитных бурях для рассмотренной схемы замещения может быть описана следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} u_1 &= r_1 i_1 + L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} + k_{12} M_{ГИТ} \frac{di_{0p}}{dt}; \\ -u_2' &= r_2' i_2' + L_{\sigma 2}' \frac{di_2'}{dt} + M_{ГИТ} \frac{di_{0p}}{dt}. \end{aligned} \quad (4)$$

Математическая модель для фазы A-a или любой другой фазы трёхфазного двухобмоточного трансформатора при геомагнитных бурях:

$$\begin{aligned} u_A &= r_A i_A + L_{\sigma A} \frac{di_A}{dt} + k_{12} M_{ГИТ} \frac{di_{0pA}}{dt}; \\ -u_a' &= r_a' i_a' + L_{\sigma a}' \frac{di_a'}{dt} + M_{ГИТ} \frac{di_{0pA}}{dt}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $u_A, i_A, L_{\sigma A}$ – параметры первичной обмотки фазы A-a; $u_a', i_a', L_{\sigma a}'$ – параметры вторичной обмотки фазы A-a.

Математическая модель для однофазного трёхобмоточного силового трансформатора или автотрансформатора при геомагнитных бурях имеет вид:

$$\begin{aligned} u_1 &= r_1 i_1 + L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} + M_{ГИТ} \frac{di_{0p}}{dt}; \\ -u_2' &= r_2' i_2' + L_{\sigma 2}' \frac{di_2'}{dt} + \frac{M_{ГИТ}}{k_{12}} \frac{di_{0p}}{dt}; \\ -u_3' &= r_3' i_3' + L_{\sigma 3}' \frac{di_3'}{dt} + \frac{M_{ГИТ}}{k_{13}} \frac{di_{0p}}{dt}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $r_3' = k_{13}^2 \cdot r_3$ – приведённое активное сопротивление третьей обмотки; $L_{\sigma 3}' = k_{13}^2 \cdot L_{\sigma 3}$ – приведённая индуктивность рассеяния третьей обмотки; $k_{13} = w_1/w_3$ – коэффициент трансформации; u_3' – мгновенное значение приведённого напряжения третьей обмотки; i_3' – мгновенное значение первичного тока третьей обмотки.

Математическим уравнениям для однофазного трёхобмоточного трансформатора или автотрансформатора (6) соответствует трёхлучевая схема замещения (рис. 5).

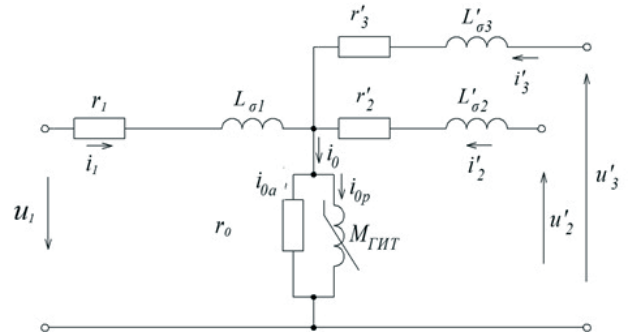


Рис. 5. Схема замещения однофазного трёхобмоточного трансформатора или автотрансформатора.

Математическая модель для одной фазы трёхобмоточного трансформатора или автотрансформатора при геомагнитных бурях имеет вид:

$$\begin{aligned} u_B &= r_B i_B + L_{\sigma B} \frac{di_B}{dt} + M_{ГИТ} \frac{di_{0p}}{dt}; \\ -u_C' &= r_C' i_C' + L_{\sigma C}' \frac{di_C'}{dt} + \frac{M_{ГИТ}}{k_{BC}} \frac{di_{0p}}{dt}; \\ -u_H' &= r_H' i_H' + L_{\sigma H}' \frac{di_H'}{dt} + \frac{M_{ГИТ}}{k_{BH}} \frac{di_{0p}}{dt}, \end{aligned} \quad (7)$$

где индексы В, С, Н у параметров трансформатора или автотрансформатора соответствуют обмоткам высоко-го (ВН), среднего (СН) и низкого напряжения (НН); k_{BC} и k_{BH} – коэффициенты трансформации.

Параметры схем замещения силовых трансформаторов и автотрансформаторов определяются по паспортным данным ($S_{ном}, U_{ном}, \Delta P_x, \Delta P_k, I_k(\%), U_k(\%)$) и расчетным формулам, приведенным в [4]. Взаимная индуктивность ветви намагничивания силового трансформатора $M_{ГИТ}$ определяется по формуле (3) и зависит от величины ГИТ при геомагнитной буре.

ВЫВОДЫ

Разработанные математические модели силовых трансформаторов и автотрансформаторов отличаются от принятых математических моделей для расчетов симметричных режимов введением нелинейной зависимости взаимной индуктивности ветви намагничивания от геомагнитно-индуцированного тока для учета насыщения магнитной системы при моделировании процессов в СЭС при геомагнитных бурях. Разработанные математические модели силовых трансформаторов и автотрансформаторов позволяют исследовать и оценивать негативные влияния геомагнитно-индуцированных токов на системы электроснабжения при геомагнитных бурях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бамдас А.М., Сомов В.А., Шмидт А.О. Трансформаторы и стабилизаторы, регулируемые подмагничиванием шунтов. М.: Госэнергоатомиздат, 1959. 144 с.
2. Розенблат М. А., Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники: М.: Наука, 1966. 720 с.
3. Кифер И.И., Пантюшин В.С. Испытание ферромагнитных материалов. М.: Госэнергоиздат, 1955. 240 с.

4. Петров Г.Н. Электрические машины. В 3-х частях: учебник для вузов. М.: Энергия, 1974. 240 с.
5. Albertson V.D. Geomagnetic disturbance cause and power system effects. IEEE PES Meeting, Long Beach, CA, July 1989. P. 3–9.
6. Вахнина В.В., Черненко А.Н., Кузнецов В.А. Влияние геоиндуцированных токов на насыщение магнитной системы силовых трансформаторов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. №3(21). С.65 – 69.

MATHEMATICAL MODEL OF THE POWER TRANSFORMER AT INFLUENCE OF GEOMAGNETIC STORMS ON POWER SUPPLY SYSTEMS

© 2012

V.V. Vahnina, candidate of technical sciences, associate professor,
head of the chair «Power supply and electrical»

D.A. Kretov, postgraduate student
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: geomagnetically induced current; power transformer; mathematical model.

Annotation: A mathematical model of the power transformer at the same time magnetized the magnetic system by variable and constant magnetic fields during the flow of the high voltage winding transformers geomagnetically induced current arising during geomagnetic storms.

УДК 621.719.048.4

ЭЛЕКТРОЛИТНО - ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

© 2012

А.П. Воленко, доктор физико-математических наук,
доцент кафедры «Общая и теоретическая физика»

О.В. Бойченко, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

Н.В. Чиркунова, ассистент кафедры «Общая и теоретическая физика»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: электролитная плазма; электролитно-плазменная обработка; электролитно-плазменное полирование; имплантанты медицинского назначения.

Аннотация: в работе проанализированы технологические возможности электролитно-плазменной обработки. Представлены результаты электролитно-плазменного полирования металлических имплантантов применяемых в травматологии и хирургии.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новых экологически чистых технологий, направленных на совершенствование традиционных и создание новых методов воздействия на поверхность для придания ей требуемых условиями эксплуатации свойств, бесспорно, одна из актуальных задач современной науки и техники. В последнее время проявляется значительный интерес к электролитно-плазменной

обработке, основанной на электроразрядных явлениях в системе «металл-электролит».

Сущность процесса электролитно-плазменной обработки (ЭПО) состоит в следующем. При малых напряжениях в электрохимической ячейке, содержащей водный раствор электролита, наблюдается классический электрохимический процесс. При повышении напряжения начинается интенсивное электродное газовыделение,