

## ВЛИЯНИЕ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ НА ТОК УДАРНОГО ГЕНЕРАТОРА

Г. А. СИПАЙЛОВ, А. В. ЛООС

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин  
и общей электротехники)

Переменное насыщение участков магнитной цепи вызывает изменение индуктивных сопротивлений генератора. Изменение индуктивных сопротивлений вследствие насыщения происходит по двум причинам [1, 2]:

1. Насыщение магнитной цепи основным магнитным потоком.
2. Насыщение участков магнитной цепи потоками рассеяния.

В ударном генераторе первая зависимость определяется напряжением на выводах и приводит в основном к уменьшению взаимоиндуктивности и снижению проводимостей путей рассеяния непосредственно перед коротким замыканием. При условии сохранения основного магнитного потока практически постоянным в первый момент короткого замыкания эта зависимость может быть учтена для заданного напряжения выбором насыщенных значений параметров.

Более существенным для ударного генератора является необходимость учета насыщения участков магнитной цепи потоками рассеяния. В первый момент короткого замыкания значительная часть потока генератора устремляется по путям рассеяния генератора и вызывает дополнительное насыщение участков этих путей, что обуславливает соответствующее уменьшение переходных и сверхпереходных параметров машины и приводит к дополнительному увеличению тока короткого замыкания.

Основное влияние на индуктивности рассеяния генератора оказывает величина тока короткого замыкания. Зависимость индуктивности рассеяния генератора от величины тока короткого замыкания может быть определена по распределению магнитных полей рассеяния индивидуально для каждой конструкции. Однако эта задача трудоемка, так как характеристики намагничивания отдельных частей машины настолько различны, что вряд ли имеет смысл стремиться к точному учету конкретных характеристик насыщения каждой машины [2]. Более целесообразно использовать для расчетов экспериментально полученные характеристики. Коэффициент насыщения для сверхпереходной, переходной индуктивностей и индуктивности обратного следования фаз определяется отношением насыщенного значения при данном токе статора к значению, определенному без учета насыщения:

$$K_H'' = \frac{x_{dH}''}{x_d''}, \quad K_H' = \frac{x_{dH}'}{x_d'}, \quad K_H^2 = \frac{x_{2H}}{x_2}.$$

На рис. 1 приведены зависимости коэффициентов насыщения  $K_H''$ ,  $K_H'$ ,  $K_H^2$  и индуктивных сопротивлений  $x_d''$ ,  $x_d'$ ,  $x_2$  в функции тока статора для выполненных ударных генераторов.

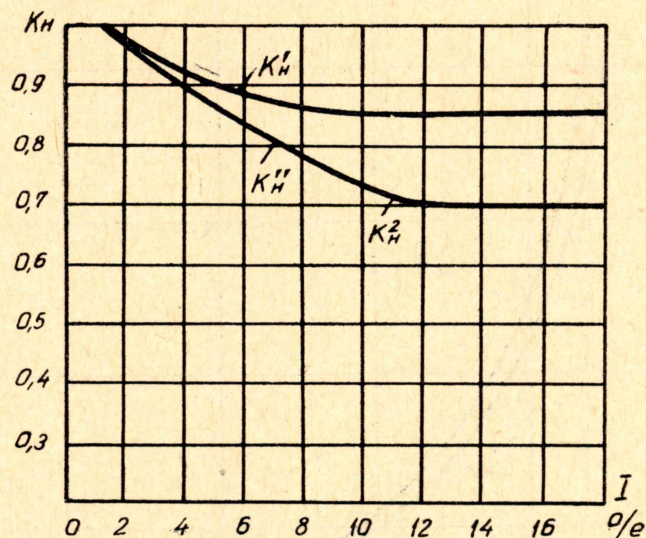


Рис. 1. Зависимость параметров ударного генератора от насыщения.

Исследования влияния переменного насыщения на ток ударного генератора были проведены на аналоговой вычислительной машине МНБ-1 по специально разработанной методике [3]. По приведенным на рис. 1 зависимостям можно найти зависимость

$$\frac{1}{(x_{s1} + x_2) 0,5} = F(\Psi_{s1}^2),$$

которую необходимо ввести в схему решения. Полученная зависимость набирается на блоке нелинейности методом кусочнолинейной аппроксимации при помощи диодных элементов.

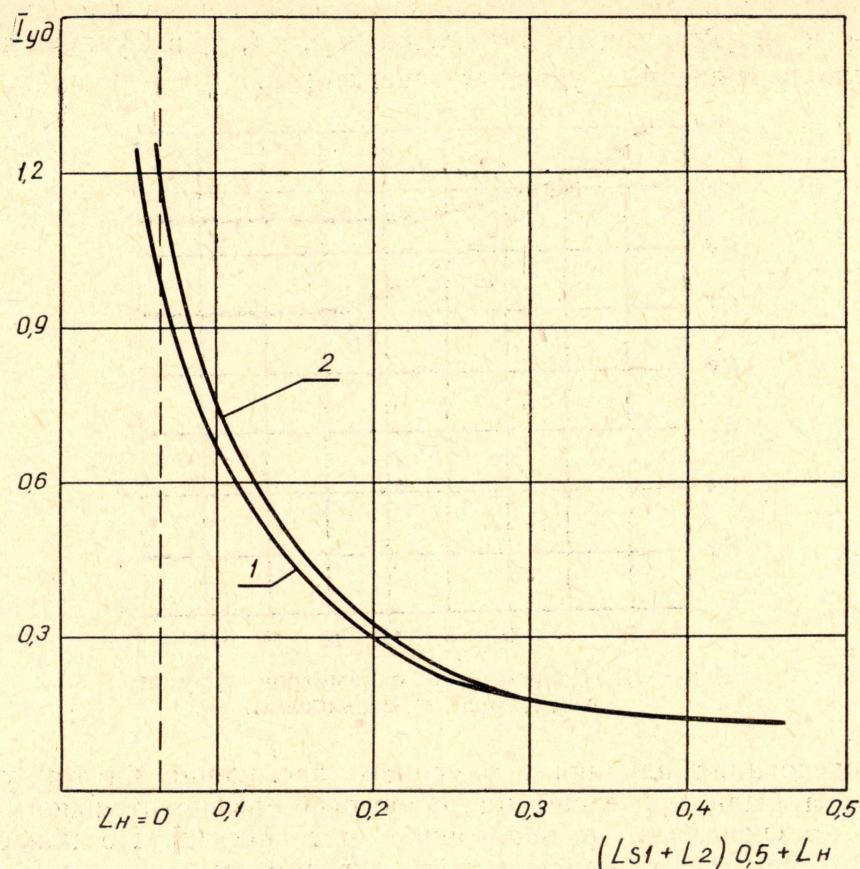
По данной методике были проведены расчеты кривой тока для различных значений  $(x_{s1} + x_2) 0,5 + x_H$  без учета насыщения. Результаты этих расчетов представлены на рис. 2 (кривая 1). За единицу тока принято максимальное значение тока при  $x_H = 0$ .

Затем были проведены расчеты кривой тока с учетом переменного насыщения для различных значений  $(x_{s1} + x_2) 0,5 + x_H$ . Результаты этих расчетов представлены в виде кривой 2 на рис. 2. Сравнение этих двух кривых дает возможность оценить влияние насыщения на максимальное значение тока при различных значениях индуктивности нагрузки.

При сравнительных расчетах различных вариантов схем питания, при расчетах тока ударного генератора, работающего в системе с другими накопителями энергии, при приближенном определении максимального значения тока при работе на индуктивную нагрузку и т. д. обычно не пользуются полной системой дифференциальных уравнений контуров ударного генератора, так как это довольно затруднительно и нецелесообразно. По аналогии с трехфазными машинами внезапное короткое замыкание ударного генератора принято рассматривать как включение некоторой эквивалентной индуктивности  $L_r$  и сопротивления  $r_r$  на синусоидальную э. д. с.  $E_m \sin(\omega t + \psi)$  [4]:

$$E_m \sin(\omega t + \psi) = L_r \frac{di_r}{dt} + i_r r_r \quad (1)$$

где  $L_r = \frac{L_d'' + L_2}{2}$  — эквивалентная индуктивность генератора в



Р и с. 2. Результаты расчетов на АВМ.

сверхпереходном режиме с учетом экранирующего влияния обмотки возбуждения и демпферной системы ротора;

$r_r$  — активное сопротивление обмотки статора.

При включении генератора на индуктивную нагрузку параметры нагрузки  $L_n$ ,  $r_n$  прибавляются к  $L_r$  и  $r_r$ :

$$E_m \sin(\omega t + \psi) = (L_r + L_n) \frac{di_n}{dt} + i_n (r_r + r_n). \quad (2)$$

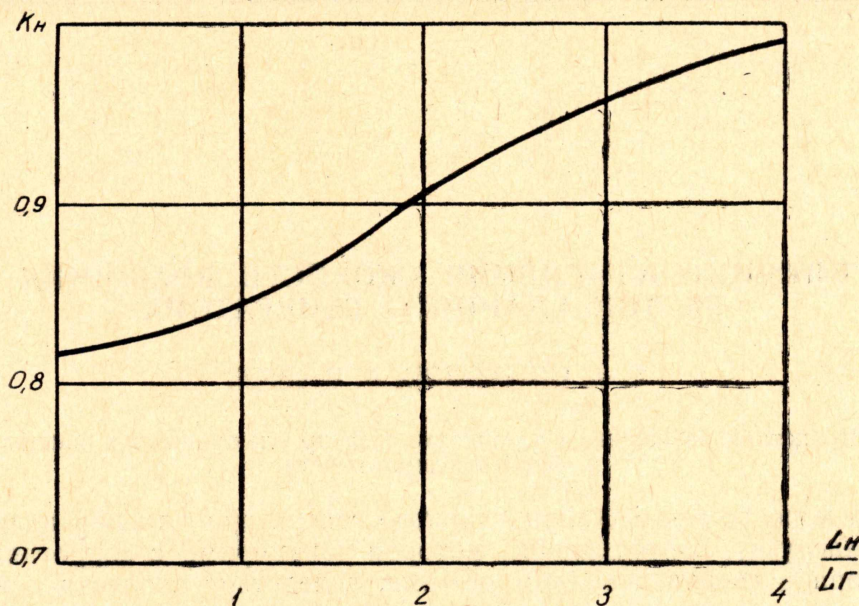
Расчет тока по уравнениям (1) и (2) дает приемлемое для практических расчетов совпадение с результатами полных расчетов для первой полуволны тока.

Проведенные исследования влияния изменения насыщения дают возможность ввести в уравнения (1) и (2) поправочный коэффициент, учитывающий изменение индуктивности генератора при насыщении магнитной цепи:

$$E_m \sin(\omega t + \psi) = (L_{rK_n} + L_n) \frac{di_n}{dt} + i_n (r_r + r_n). \quad (3)$$

Максимальное значение тока, рассчитанное по уравнению (3), совпадает с результатами полных расчетов с учетом переменного насыщения. Значения коэффициента насыщения  $K_n$  можно найти из рис. 2 путем сравнения значений индуктивностей, соответствующих одному и тому же току с учетом и без учета насыщения. График зависимости коэффициента насыщения  $K_n$  в функции от отношения индуктивности нагрузки к индуктивности генератора представлен на рис. 3. Пользуясь этим графиком, можно определять значения индуктивности генера-

тора, которую нужно выбрать при данной нагрузке, чтобы получить максимальное значение тока, соответствующее учету переменного насыщения.



Р и с. 3. Зависимость коэффициента насыщения индуктивности генератора от  $\frac{L_n}{L_r}$ .

В результате выполненных исследований можно заключить, что, с достаточной для большинства практических задач точностью, влияние переменного насыщения, определяемого потоками рассеяния вокруг пазов, на амплитуду тока ударного генератора можно учитывать выбором такой величины индуктивности генератора, которая соответствует максимальной величине тока. В работе дана зависимость коэффициента насыщения в функции от соотношения индуктивностей нагрузки и генератора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р. А. Лютер. Параметры синхронных машин с учетом насыщения. Сб. электросила, 1951, № 10.
2. А. И. Воронцов, Г. М. Хуторецкий. Испытательный генератор для аппаратных лабораторий. Труды ВНИИ электромеханики, 1963, т. 14.
3. А. В. Лоос, Г. А. Сипайлов. Математическое моделирование ударного генератора с учетом насыщения и изменения скорости вращения. Известия ТПИ, т. 160, 1966.
4. Г. А. Сипайлов, К. А. Хорьков. Мощность, энергия и машинная постоянная ударного генератора. Известия ТПИ, т. 132, 1965.