

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СИНХРОННЫХ МАШИН

Ю. Н. КРОНЕБЕРГ, В. Г. МОСИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Экспериментальному определению индуктивных сопротивлений по продольной и поперечной осям (параметров x_d и x_q) давно уже уделяется большое внимание, но и сейчас эта проблема остается в числе актуальных. Она существенно осложняется при исследовании насыщенных машин, так как значения x_d и x_q становятся зависимыми от тока возбуждения, величины и характера нагрузки. В математической теории электрических машин и особенно крупных электроэнергетических систем в подавляющем большинстве случаев вынуждены использовать уравнения, куда параметры x_d и x_q входят в качестве постоянных, но необходимо, чтобы принятые значения обеспечивали наилучшее приближение для реальных режимов.

Следовательно, вначале необходимо определить величины x_d и x_q как функций внешних параметров, а затем, используя математические методы обработки, перейти к усредненным значениям. К сожалению, большинство известных экспериментальных методов не позволяют определять параметры в произвольных режимах [1, 2, 3]. В последнее время появились методы, свободные от этого недостатка [4, 5], но имеющие повышенную сложность инструментальной реализации.

Ниже предлагается метод, по своим идеям близкий к описанному в [4], но менее трудоемкий и требующий меньшего числа измерительной аппаратуры, особенно нестандартной.

Основой измерительной системы является четырехфазный генератор опорных напряжений (ГОН), жестко сочлененный с валом исследуемого синхронного генератора (СГ) и имеющий одинаковую с ним полярность. Для упрощения последующих операций необходимо, чтобы вектора эдс одной из фаз ГОНа и СГ совпадали по направлению (рис. 1). Практически это несложно сделать, например, с помощью муфты (М), допускающей регулировку углового положения валов.

В схеме измерений (рис. 2) используются фазочувствительные вольтметры, серийно выпускаемые промышленностью, например, типа В5-2. Такие приборы предназначены для измерения комплексных составляющих вектора поданного напряжения относительно системы опорных напряжений, сдвинутых на 90° . Иными словами, каждый из двух вольтметров, которыми укомплектован прибор В5-2, измеряет проекции поданного напряжения на временные оси опорных напряжений. В соответствии с рис. 1, 2 вольтметр V (0° , 180°) показывает значение U_d , а V (90° , 270°) — U_q . Такой же прибор (или даже тот же самый при соответствующем переключении входа), включенный через безиндуктив-

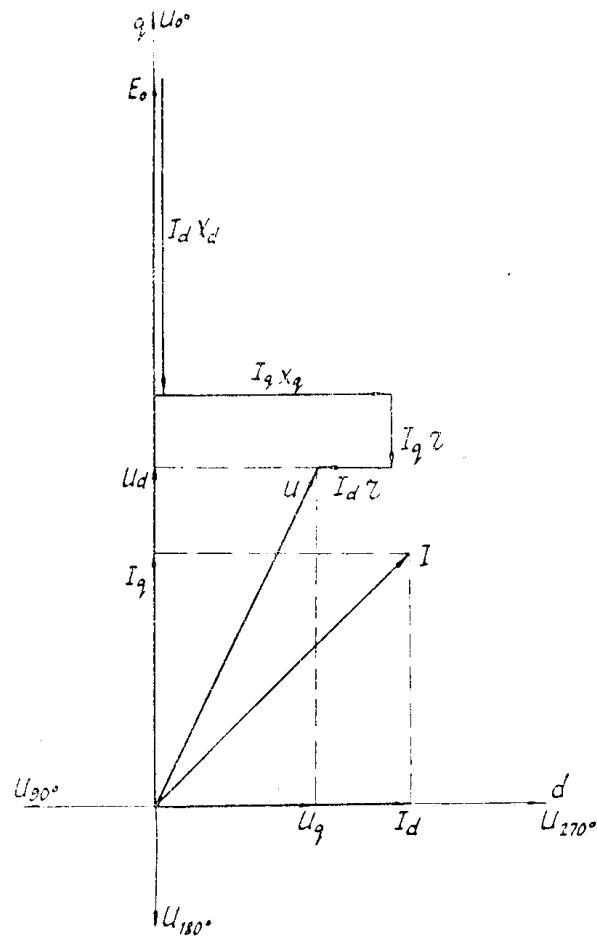


Рис. 1. Векторная диаграмма синхронного генератора

ный шунт (Ш) как милливольтметр, используется для измерения составляющих I_q —mV (0° , 180°) и I_d —mV (90° , 270°).

В соответствии с векторной диаграммой (рис. 1) искомые значения синхронных индуктивных сопротивлений

$$x_d = \frac{E_0 - U_d - I_q r}{I_d},$$

$$x_q = \frac{U_q + I_d r}{I_q},$$

где

r — активное сопротивление фазы,

E_0 — эдс холостого хода (при отключенной нагрузке ее значение показывает вольтметр V (0° , 180°)).

Экспериментальная проверка предлагаемого метода производилась на маломощном генераторе ($P=1$ ква. $U=150$ в, $f=200$ гц). Кроме предлагаемого, для определения параметров x_d и x_q использовались также методы холостого хода короткого замыкания, скольжения, индуктивной и емкостной нагрузок. Все методы дали практически совпадающие значения ненасыщенного сопротивления x_q , кроме того, было установлено, что в исследуемой машине насыщение не оказывает на него существенного влияния. Данные по ненасыщенному значению x_d также совпадают (рис. 3), но при увеличении насыщения, о чем

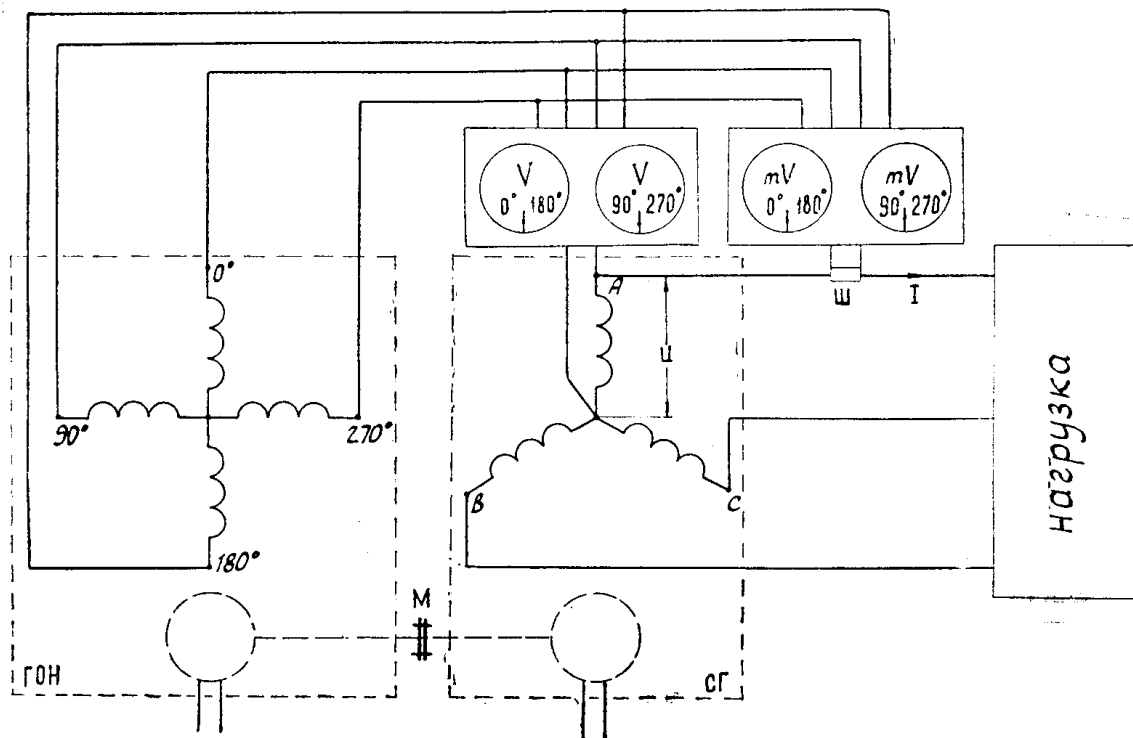


Рис. 2. Схема измерения x_d и x_q .

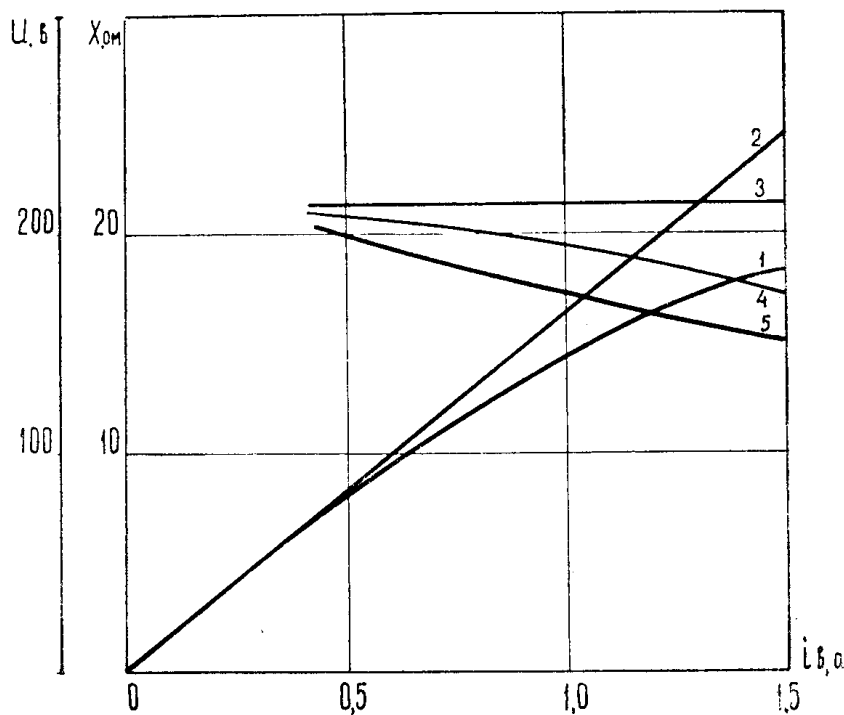


Рис. 3. Характеристики синхронного генератора: 1 — характеристика холостого хода; 2 — спрямленная характеристика холостого хода; 3 — x_d , снятое по спрямленной характеристике холостого хода и короткого замыкания и методом скольжения; 4 — x_d , определенное по характеристике холостого хода и короткого замыкания; 5 — x_d , определенное предлагаемым методом

можно судить по характеристике холостого хода, x_d заметно снижается и, кроме того, наблюдаются расхождения в данных, полученных разными методами. Поскольку насыщение оказывает принципиальное влияние на точность всех использованных методов, кроме предлагаемого, то его данные и следует считать наиболее достоверными.

Таким образом, предлагаемый метод определения параметров x_d и x_q , основанный на использовании четырехфазного ГОНа и фазочувствительных вольтметров, достаточно прост и позволяет производить измерения при любых режимах работы синхронной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Бертинов, В. Г. Андреев. Определение параметров магнитоэлектрических генераторов с ротором типа «звездочка». Труды МАИ, вып. 133, Оборонгиз, 1961.
2. М. Н. Голоднов. Определение опытным путем синхронного реактивного сопротивления трехфазных явнополюсных генераторов с постоянными магнитами. «Электричество», 1958, № 6.
3. И. Е. Родионов. Сравнение методов определения насыщенных параметров синхронных явнополюсных машин. Труды УПИ, сб. 157, Свердловск, 1967.
4. Г. В. Карпов. Метод экспериментального исследования синхронной машины в двух осях магнитной симметрии. «Электричество», 1970, № 9.
5. Ю. Г. Бухгольц, В. В. Жуловян, Ю. П. Рыбкин, Г. А. Шаншуров. Определение параметров путем оценки магнитных полей в воздушном зазоре синхронной машины. Известия ТПИ, том 212, изд-во Томского университета, 1971.