

МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ГЛАДКИМ ЯКОРЕМ

Г. А. СИПАЙЛОВ, К. А. ХОРЬКОВ, В. Ф. КУЛАКОВ,
В. З. ХОРЬКОВА, В. И. АНДРЕЕВ, В. С. БАКЛИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и аппаратов и общей электротехники)

Использование в синхронных генераторах обмотки якоря, полностью или частично вынесенной в воздушный зазор, обещает ряд преимуществ. Исключение зубцов, компактное заполнение активной зоны статора медью приводят к уменьшению веса стали статора и изоляции примерно в два раза. Исчезают потери и шумы, связанные с зубцовыми пульсациями. Необходимый междужелезный зазор обеспечивает О.К.З. и устойчивую работу в системе. Переходная и сверхпереходная индуктивности падают ввиду уменьшения индуктивности рассеяния статора [1, 2].

Рациональным типом трехфазной обмотки будет однослойная концентрическая с 60-градусной фазной зоной. Здесь не требуется дополнительной междуфазной изоляции и мощных клиновых креплений для сдерживания радиальных электродинамических сил. Лобовые соединения невелики и выполняются в два слоя.

Имеются, однако, трудности, требующие своего разрешения. Если в зубчатом якоре обмотка была экранирована сталью зубцов от основного магнитного потока, то в обмотке на гладком якоре появляются дополнительные электрические потери, пропорциональные основному потоку, а не потоку рассеяния. Исключение стали зубцов существенно снижает индуктивность рассеяния активной части обмотки якоря и вызывает увеличение токов короткого замыкания.

Значительный интерес представляет использование генератора с гладким якорем в качестве импульсного (ударного) генератора. Низкое сверхпереходное сопротивление и возможности форсирования поля возбуждения создают предпосылки эффективного преобразования кинетической энергии ротора в мощные импульсы тока.

Для исследования параметров, потерь, электродинамических усилий и ряда других вопросов, связанных с проектированием синхронных генераторов с гладким якорем, создана экспериментальная установка, состоящая из модели генератора, нагрузки и блока управления.

Краткое описание модельного генератора с гладким якорем

На рис. 1 представлен обмотанный статор модели синхронного генератора с обмоткой, вынесенной в воздушный зазор машины. Пакет статора набран из листов электротехнической стали Э-21 толщиной 0,5 мм. Внешний диаметр и длина активной части пакета обусловлены

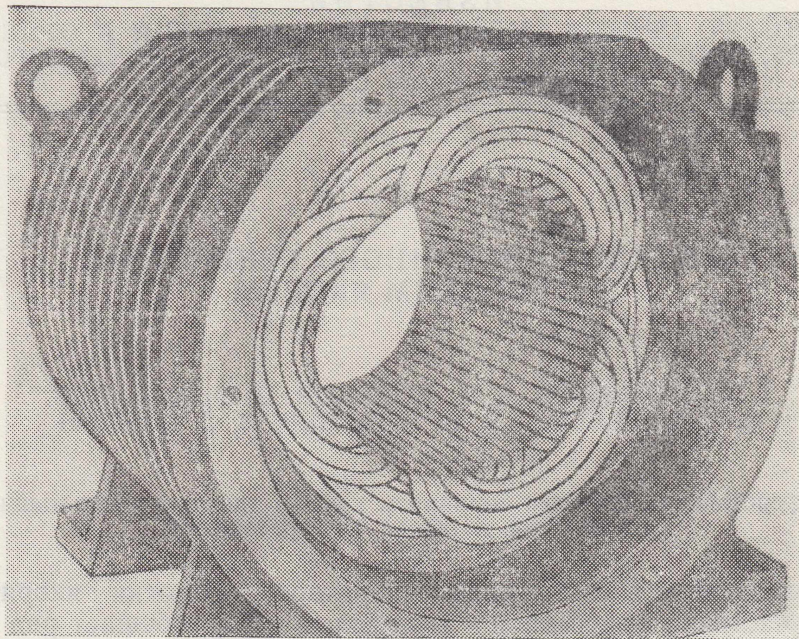


Рис. 1. Статор модели

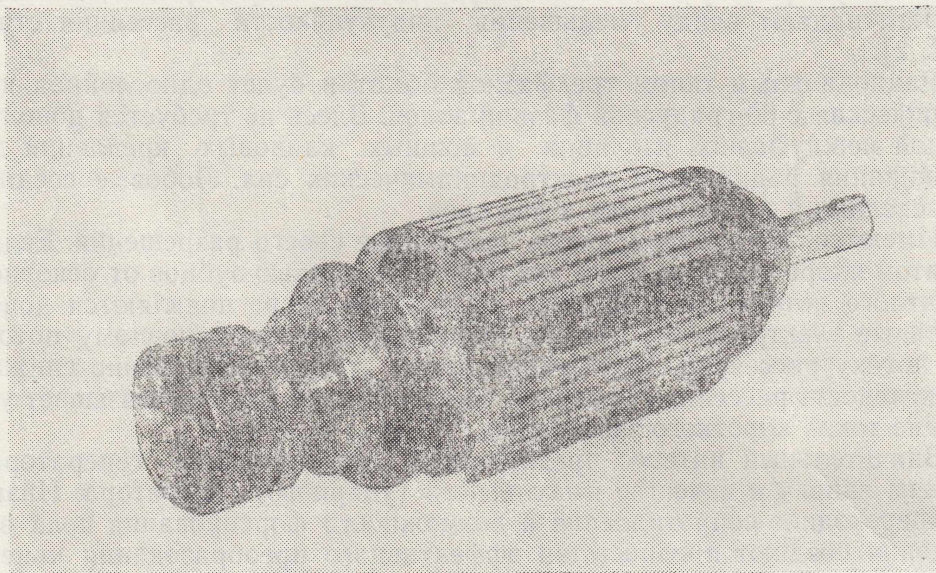


Рис. 2. Ротор модели

размерами станины двигателя АР-7, в габаритах которого изготовлена модель: диаметр $D_1=368$ мм, длина $l_1=273$ мм. Внутренний диаметр пакета статора $D=242,7$ мм. Пакет статора набран без радиальных вентиляционных каналов. По расточке статора уложена корпусная изоляция обмотки. Изоляция хлопчатобумажная, пропитанная эпоксидной смолой ЭД-5. В расточке статора размещена трехфазная четырехполюсная однослойная обмотка с подразделенными лобовыми частями. Число витков в фазе равно 10. Размеры медной шинки обмотки равны $2,63 \times 10$ мм. Лобовые части обмотки отогнуты под углом 90° к оси ма-

шины в двух плоскостях. От торцевой поверхности статора лобовые части закрапированы медными дисками общей толщиной по 12 мм на сторону. С внешней стороны лобовые части также заключены в медные диски, осуществляющие кроме функции крепления лобовых частей еще экранирование потоков лобового рассеяния к подшипниковым щитам.

Расчетный воздушный зазор машины, т. е. зазор между ферромагнитными поверхностями статора и ротора составляет 7 мм. Односторонний воздушный зазор между поверхностью изолированной меди обмотки статора и ротором равен 2 мм.

Ротор модели генератора выполнен с четырьмя явно выраженными полюсами. Пакет ротора выполнен шихтованным из листов электромагнитической стали Э-21 толщиной 0,5 мм. В полюсных наконечниках выштампованы пазы под стержни демпферной обмотки; диаметр латунных стержней 6 мм, число стержней на полюс равно восьми. Стержни замкнуты медными сегментами. Обмотка возбуждения намотана круглым проводом диаметром 1,81 мм с изоляцией ПЭВ. Внешний диаметр ротора $D_p = 228,7$ мм. Общий вид обмотанного ротора представлен на рис. 2.

Ротор генератора приводится во вращение асинхронным двигателем мощностью 7 квт. Обмотка возбуждения генератора питается от выпрямительной установки с регулируемым напряжением возбуждения.

Некоторые результаты испытаний

В связи с тем, что явнополюсный ротор выполнен с равномерным зазором под полюсами, форма поля в зазоре машины носит трапециевидальный характер. Э.д.с. фазы содержит высшие гармонические, из которых наибольшее значение имеет третья гармоническая. Линейные э.д.с. практически синусоидальны. Кривые тока и напряжения не имеют зубцовых пульсаций. Данные характеристик холостого хода и одно-, двух- и трехфазного короткого замыкания обмотки статора модельного генератора представлены в табл. 1. Номинальное линейное напряжение генератора равно 65 в, номинальный ток 92 а, габаритная мощность 10,5 квт. Основные параметры модельного генератора, найденные экспериментально согласно общепринятой методике [3], приведены в табл. 2.

Таблица 1

i_B (а)	0	2	3	5	10	15	20
U_{ϕ} (в)	0	8	15	24	37	41	43,5
I_{K1} (а)	0	260	400				
I_{K2} (а)	0	160	240	400			
I_{K3} (а)	0	120	180	300			

Таблица 2

r	x_s	x_2	x_d''	x_q''	T_b	T_{go}
%	%	%	%	%	сек	сек
2,0	1,25	5,16	4,12	9,75	0,38	0,06

При исследовании режима внезапного короткого замыкания обмотка статора закорачивалась накоротко с помощью тиристора. Момент пода-

чи сигнала на поджиг тиристора согласуется с положением ротора генератора с помощью фотоэлектрического датчика положения ротора. На рис. 3 представлены осциллограммы э.д.с. и тока внезапного короткого замыкания генератора. Короткое замыкание произведено в момент прохождения э.д.с. генератора через нуль.

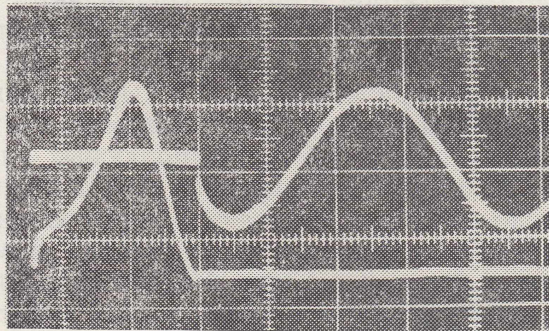


Рис. 3. Кривые напряжения и тока короткого замыкания генератора

Экспериментальные исследования модельного генератора с гладким якорем дали хорошее совпадение с проведенными расчетами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Large generators with air gap windings Technical survey, Electrical Times, 14, March., 1968.
2. Towards better machines, Technical survey Electrical Times. 7 March., 1968.
3. Г. К. Жерве. Промышленные испытания электрических машин. ГЭИ, 1959.