ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
им. С. М. КИРОВА

Том 200 1974

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ УДАРНОГО ГЕНЕРАТОРА С ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

В. И. АНДРЕЕВ, К. А. ХОРЬКОВ

Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники

Эффективность преобразования кинетической энергии ротора ударного генератора в электромагнитную энергию, передаваемую нагрузке, в первую очередь определяется величиной магнитного потока возбуждения машины. С целью увеличения магнитного потока в ударных генераторах, как правило, производят форсировку возбуждения перед включением обмотки статора на нагрузку. Эффект форсировки можно усилить, если на роторе разместить дополнительную обмотку возбуждения в части полюсного деления, свободной от основной обмотки возбуждения. При этом ось дополнительной обмотки возбуждения оказывается смещенной на угол $\pi/2$ относительно продольной оси ротора. Дополнительная обмотка возбуждения питается от независимого источника напряжения импульсами напряжения большой амплитуды. С целью уменьшения потерь в стали и увеличения скорости нарастания потока возбуждения ротор необходимо выполнять шихтованным. Демпферная обмотка по поперечной оси ротора должна отсутствовать. Результирующий поток возбуждения Φ_0 складывается как геометрическая сумма основного Φ_d и дополнительного Φ_q потоков. По мере роста потока по поперечной оси результирующий поток Φ_0 смещается на некоторый угол в сторону вращения ротора или, напротив, в зависимости от направления потока Φ_q (рис. 1). При равенстве потоков Φ_d и Φ_q результирующий поток возрастает в $\sqrt{2}$ раз и смещается от оси d на угол $\pi/4$. Продольно-поперечное возбуждение позволяет формировать более крутой фронт импульса тока ударного генератора. В этом случае рабочий процесс осуществляется следующим образом. Возбуждается основной поток генератора Φ_d и в момент, когда поток Φ_d полностью сцеплен с обмоткой статора (обмотка статора однофазная), производится включение генератора на нагрузку и одновременно, или даже с некоторым опережением, подается питание на дополнительную обмотку возбуждения. Быстрое нарастание поперечного потока возбуждения, опережающего продольный поток основной обмотки, приводит к смещению амплитуды импульса тока нагрузки в сторону меньших

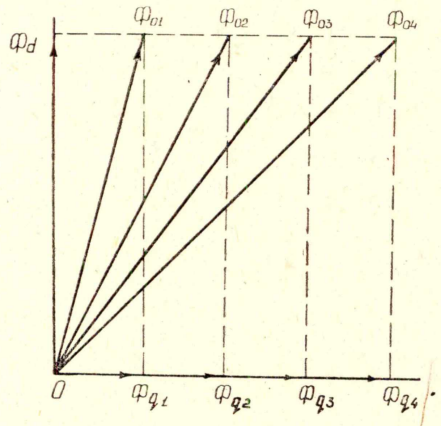

Рис. 1. Построение результирующего потока возбуждения

времен. На рис. 2 представлены кривые э. д. с. обмотки статора e_0 и тока согласованной индуктивной нагрузки при продольно-поперечном возбуждении $i_{но}$ в случае равенства потоков $\Phi_d = \Phi_q$. Для сравнения (пунктиром) показаны кривые э. д. с. E_d и тока нагрузки $i_{нd}$ только при одном продольном возбуждении машины. Увеличение амплитуды тока в $\sqrt{2}$ раз приводит к увеличению энергии, отдаваемой генератором нагрузке, в 2 раза. Крутизна фронта импульса возросла в 2,5 раза, причем фронт импульса приблизился к линейному виду, а импульс тока в целом носит квазитреугольную форму.

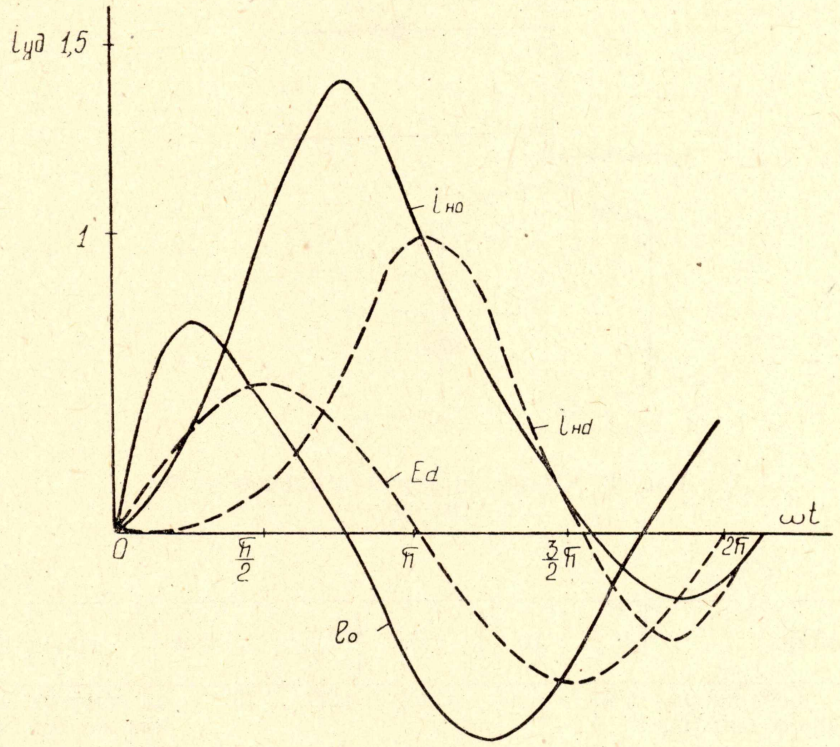

Рис. 2. Кривые э. д. с. обмотки статора e_0 и тока согласованной индуктивной нагрузки $i_{но}$ при продольно-поперечном возбуждении, в случае равенства потоков по продольной и поперечной осям (сплошные линии). Кривая э. д. с. E_d и тока нагрузки $i_{нd}$ только при одном продольном возбуждении машины (пунктир)

Изложенные теоретические положения были проверены на модели ударного генератора, выполненной на базе асинхронного двигателя с фазным ротором типа МТО-12-6. В качестве однофазной обмотки якоря были использованы две фазы трехфазной роторной обмотки.

Напряжение якоря с контактных колец подается на индуктивную нагрузку через быстродействующий коммутирующий аппарат T_1, рис. 3. Выбор роторной обмотки за якорную обмотку генератора обусловлен тем, что на фазном роторе серийного асинхронного двигателя не делается вывода нулевой точки и имеется три контактных кольца, в связи с чем возникают трудности в формировании двух независимых обмоток возбуждения. В качестве основной обмотки возбуждения принята фаза обмотки статора C_1—C_4, а в качестве дополнительной обмотки возбуждения — последовательно соединенные фазы C_2—C_3. Положения обмоток статора и ротора на рис. 3 соответствуют моменту включения нагрузки.

Привод генератора осуществляется асинхронным двигателем. Параметры обмоток модельного генератора и результаты экспериментов представлены в табл. 1.

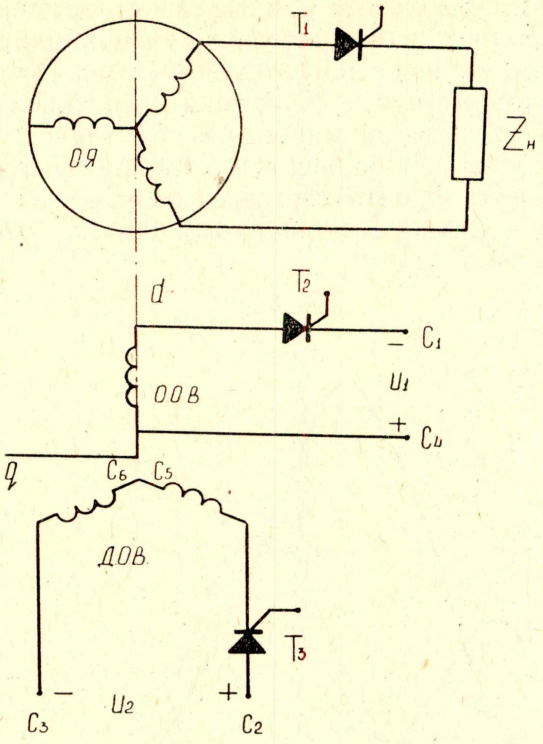

Рис. 3. Схема экспериментальной установки

Таблица 1

Параметры	U *в*	i *а*	r *ом*	x_{fd} *ом*	T_0 *мсек*	Примечание
Обмотка возбуждения по продольной оси (одна фаза)	41,7	14	2,92	22,9	25	а) обмотка возбуждения по оси q разомкнута
	223	75	2,92	4,59	5	б) обмотка якоря разомкнута
Обмотка возбуждения по поперечной оси (две фазы)	41	7	5,85	49	26,7	а) обмотка возбуждения по оси d разомкнута
	260	44,5	5,85	9,2	5	б) обмотка якоря разомкнута
	260	44,5	5,85	4,29	2,33	а) по обмотке возбуждения по оси d протекает ток $i_{вd}=30$ *а* б) обмотка якоря разомкнута
Обмотка якоря	300	116	1,24	2,27	5,84	а) по обмотке возбуждения по оси d протекает ток $i_{вd}=30$ *а* б) обмотка возбуждения по оси q включена в момент короткого замыкания $i_{вд}=44,5$ *а* в) индуктивное сопротивление соответствует x_d'. г) постоянная времени соответствует T_d'

Примечание. $x_{fd}=x_f+x_{ad}$.

Показательна зависимость постоянной времени добавочной обмотки возбуждения, а следовательно, скорости нарастания потока по поперечной оси от насыщения магнитной цепи машины. При одном и том же напряжении ток в добавочной обмотке возбуждения достигает установившегося значения за 15 *мсек* с момента подачи напряжения на обмотку при разомкнутой основной обмотке возбуждения и за 7 *мсек*, если по основной обмотке возбуждения протекает ток 30 *а*. Экспериментальные исследования показывают возможность быстрого нарастания потока возбуждения по поперечной оси.

На рис. 4 представлены осциллограммы ударного тока генератора при продольно-поперечном возбуждении ($i_{вd}=30$ *а*, $i_{вq}=42{,}5$ *а*). Импульс тока имеет квазитреугольную форму с крутым передним фронтом.

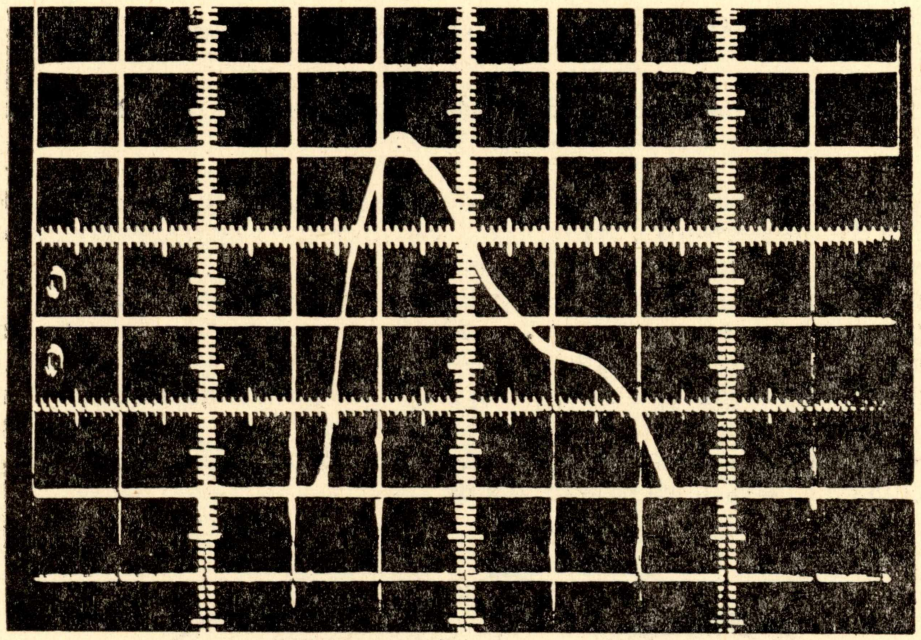

Рис. 4. Осциллограмма ударного тока при продольно-поперечном возбуждении

На основании проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Продольно-поперечное возбуждение позволяет более полно использовать ротор ударного генератора и тем самым увеличить его мощность.

2. Продольно-поперечное возбуждение позволяет формировать импульсы тока квазитреугольной формы с крутым передним фронтом.