

**ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО
САМОВОЗБУЖДАЮЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО
ГЕНЕРАТОРА**

Ю. Г. ЛЕЛЕКО

(Представлена научным семинаром кафедры теоретических основ электротехники
и лаборатории роторных ЭСГ НИИ ЯФ)

Создание промышленного образца малогабаритного самовозбуждающегося ЭСГ связано с решением целого ряда вопросов как теоретического, так и технологического характера. К последним можно отнести вопросы, связанные с обеспечением электрической прочности между высоковольтными элементами генератора и заземленными частями, и выбором конструктивного исполнения системы стабилизации выходного напряжения генератора. Решение данных проблем для конструкции самовозбуждающегося ЭСГ в малогабаритном исполнении представляется наиболее актуальной задачей. Принципиальная возможность создания малогабаритного самовозбуждающегося ЭСГ и основные характеристики отдельно для каждого из роторов подробно описаны в [1]. Испытания опытных образцов в режиме самовозбуждения как на воздухе, так и в атмосфере сжатого до 6 *ати* газа показали, что величина максимального выходного напряжения ограничивается электрической прочностью промежутка: транспортеры дополнительного ротора—высоковольтный индуктор. Электрический разряд в данном промежутке наиболее вероятен в те моменты времени, когда транспортеры дополнительного ротора соединяются с заземленной щеткой в зоне высоковольтного индуктора. Именно в этот момент к промежутку, состоящему из слоя эпоксидного компаунда толщиной ≈ 2 мм и газового зазора ротор—статор, величиной приблизительно 0,5 мм, прикладывается полное напряжение нагрузки генератора. При значительной неоднородности электрического поля по торцам транспортеров дополнительного ротора в компаунде и сравнительно небольшой величине газового зазора электрическая прочность промежутка при работе генератора в среде сжатого до 6 *ати* газа оказывается недостаточной, что и приводит к появлению электрических разрядов, ограничивающих выходное напряжение генератора.

Устранить разряды в промежутке транспортер дополнительного ротора—высоковольтный индуктор при номинальном напряжении на индукторе возможно либо при улучшении однородности электрического поля между электродами, либо за счет конструктивных изменений, увеличивая общую длину промежутка, либо за счет уменьшения разности потенциалов, прикладываемой к промежутку.

Существенным образом улучшить однородность электрического поля в эпоксидном компаунде ротора практически невозможно. При увеличении зазора между ротором и статором существенным образом сни-

жаются общие и удельные энергетические показатели генератора [2] и, кроме того, с увеличением зазора возрастает время установления номинального рабочего напряжения, что является весьма нежелательным для некоторых видов потребителей.

Уменьшить разность потенциалов в промежутке транспортеры дополнительного ротора — высоковольтный индуктор, не изменяя геометрических размеров элементов генератора, можно путем включения в цепь заземленной щетки дополнительного ротора омического сопротивления, которое при работе генератора повышает потенциал щетки, и, следовательно, транспортеров. В период запуска генератора, когда напряжение на высоковольтном индукторе незначительно, величина индуцированного тока в цепи заземленной щетки и напряжение на омическом сопротивлении соответственно малы. С ростом напряжения на высоковольтном индукторе будет возрастать ток в цепи заземленной щетки, увеличивая величину падения напряжения на сопротивлении и тем самым потенциал щетки. Знак потенциала заземленной через омическое сопротивление щетки всегда совпадает со знаком потенциала высоковольтного индуктора и, следовательно, чем выше будет потенциал щетки, тем меньше разность потенциалов в промежутке.

Введение омического сопротивления влияет и на условия коммутации транспортеров со щеткой, увеличивая постоянную времени переходного процесса в цепи, образуемой подходящим транспортером и щеткой [3]. Эта постоянная времени должна быть больше промежутка времени, необходимого для того, чтобы со щеткой прокоммутировал следующий транспортер. При этих условиях на заземленной через сопротивление щетке дополнительного ротора всегда будет некоторый потенциал, одноименный с потенциалом высоковольтного индуктора, величина которого достигает 30% от номинального рабочего напряжения генератора. На рис. 1 приведены зависимости напряжения на щетке от напряжения на высоковольтном индукторе при нескольких значениях омического сопротивления. Испытания генератора при наличии сопротивления в цепи щетки дополнительного ротора показали, что величина напряжения на высоковольтном индук-

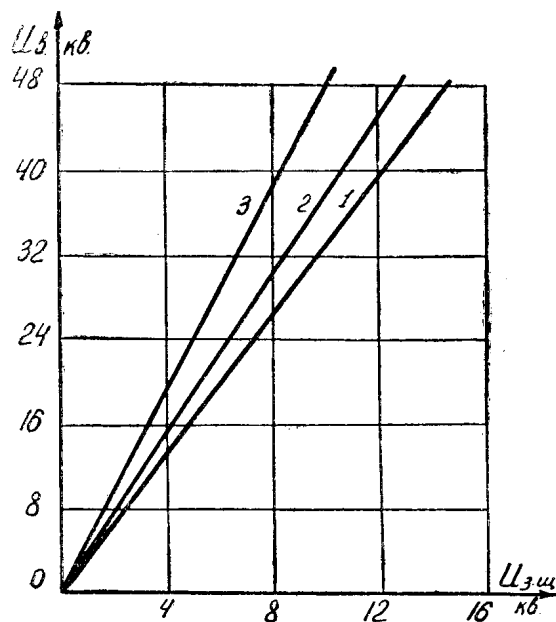


Рис. 1. Зависимости $U_{з.щ} = f(U_{в.и})$
 1 — $R_{з.щ} = 3,3 \text{ Гом}$
 2 — $R_{з.щ} = 2,5 \text{ Гом}$
 3 — $R_{з.щ} = 1,5 \text{ Гом}$

торе может превышать оптимальную величину на 20—25% без возникновения электрических разрядов в промежутке транспортеры дополнительного ротора — высоковольтный индуктор. Однако при таких высоких значениях выходного напряжения работа генератора является также неудовлетворительной из-за возникновения разрядов по коллектору основного ротора. Причиной возникновения данных разрядов является, очевидно, следующее. Из принципа работы самовозбуждающегося ЭСГ следует, что его выходное напряжение стабилизируется токами утечки

с элементов генератора, находящихся под высоким потенциалом. В рассматриваемой конструкции генератора, особенно при применении омического сопротивления в цепи заземленной щетки дополнительного ротора, величина токов утечки очень незначительна, что приводит к увеличению потенциалов высоковольтного индуктора и индуктора возбуждения до величин, значительно превышающих оптимальные [4]. При этом основной ротор работает в режиме глубокого насыщения, определяемого интенсивными ионизационными процессами в зазоре ротор — статор, что и является основной причиной разрядов по коллектору основного ротора.

Для ограничения напряжения возбуждения в пределах оптимального при неизменной геометрии элементов генератора необходимо искусственно увеличить величину токов утечки в генераторе, т. е. стабилизировать напряжение нагрузки в определенных пределах.

Это возможно сделать, подключив к одному из высоковольтных элементов генератора коронный промежуток, вольт-амперная характеристика которого стабилизируется при определенном значении напряжения на электродах в зависимости от геометрии последних и рабочей среды. Однако, как показали проведенные опыты, коронирующий промежуток целесообразно включать только к элементам дополнительного ротора, так как при включении в систему основного ротора стабилизирующий эффект промежутка сказывается при токе через него порядка 10—15 мка, что в несколько раз больше тока нагрузки.

Возможность стабилизации выходного напряжения самовозбуждающегося ЭСГ посредством включения коронирующего промежутка в цепь дополнительного ротора вытекает из принципа работы данного типа ЭСГ. Стабилизируя напряжение индуктора возбуждения при помощи коронирующего промежутка, мы там самым создаем в самовозбуждающемся ЭСГ для основного ротора условия, подобные условиям при его работе с посторонним источником возбуждения, т. е. стабилизируем величину выходного напряжения. Однако, как показали исследования, включение коронирующего промежутка непосредственно в цепь индуктора возбуждения является также нежелательным ввиду того, что при этом снижается коэффициент полезного действия генератора и требуется увеличение размеров дополнительного ротора.

Задача может быть решена более просто, если установить дополнительную заземленную щетку на некотором расстоянии от коллекторных пластин, против тех транспортеров, которые перемещаются от заземленной щетки к щетке, соединенной с индуктором возбуждения. Таким образом, мы получаем коронирующий промежуток: дополнительная заземленная щетка — коллектор дополнительного ротора. Такое конструктивное выполнение коронирующего промежутка выгодно отличается от ранее рассмотренных тем, что не требует увеличения размеров других элементов генератора и незначительно влияет на к. п. д. генератора, так как через дополнительную щетку протекает незначительный ток. Работа генератора при наличии дополнительной щетки происходит следующим образом. В период запуска, когда напряжение нагрузки значительно меньше номинального, потенциал транспортеров дополнительного ротора настолько мал, что утечки заряда с транспортеров через дополнительную щетку практически отсутствуют и потенциал индуктора возбуждения повышается. При достижении потенциалом транспортеров некоторого значения, зависящего от геометрии щетки, от расстояния до коллектора и от электрической прочности окружающей среды, в промежутке между пластинами коллектора и щеткой возникает коронный разряд, посредством которого с транспортеров снимается избыточный заряд. Величина заряда передаваемого транспортерами индуктору воз-

буждения ограничивается, таким образом, утечками зарядов через дополнительную щетку, стабилизируя величину потенциала индуктора возбуждения и выходного напряжения генератора в определенных пределах.

На рис. 2 приведены нагрузочные характеристики дополнительного ротора при его работе с посторонним источником питания и при введении дополнительной щетки с двумя промежутками различной длины. Данные характеристики показывают, что при напряжении на индукторе возбуждения примерно 10 кВ линейная зависимость между током и напряжением нарушается, т. е. возникают токи утечки.

Напряжение, при котором начинается коронный разряд, остается для данной геометрии промежутка постоянной величиной, не зависящей от напряжения нагрузки. В то же время предел стабилизированного напряжения изменяется в соответствии с вольт-амперной характеристикой коронного разряда.

На рис. 3 приведены внешние характеристики генератора в режиме самовозбуждения, причем характеристика 2 снята при включенной дополнительной щетке со стороны дополнительного ротора. При этом вы-

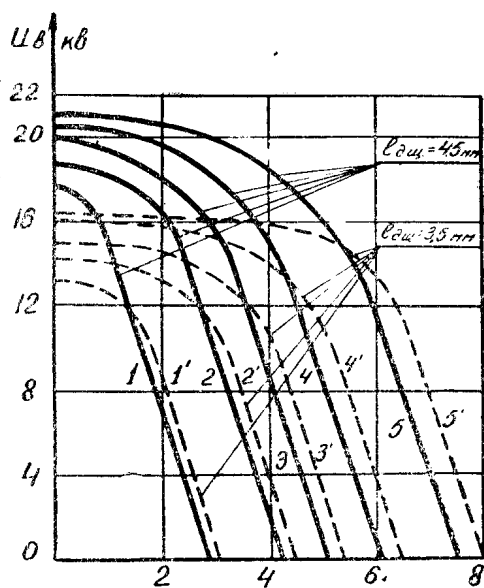


Рис. 2. Зависимости $U_b = f(I_n)$ для дополнительного ротора: 1,1' — $U_b = 18$ кВ; 2,2' — $U_b = 24$ кВ; 3,3' — $U_b = 30$ кВ; 4,4' — $U_b = 34$ кВ; 5,5' — $U_b = 40$ кВ

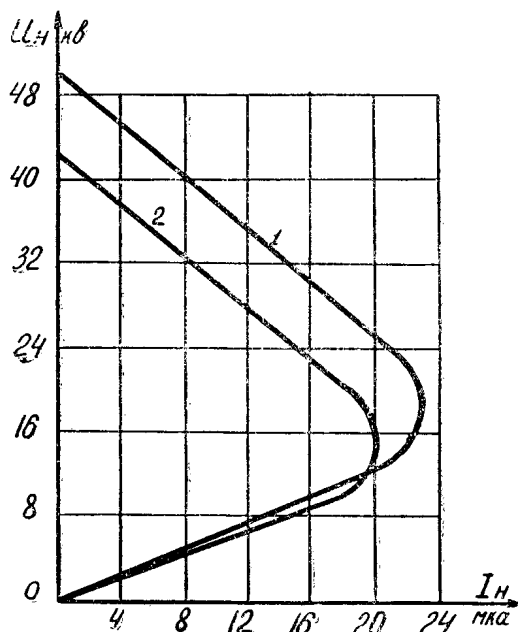


Рис. 3. Характеристики генератора в режиме самовозбуждения: 1 — без стабилизации, 2 — генератор стабилизирован на напряжение 40 кВ

ходное напряжение генератора колебалось в пределах ± 2 кВ от напряжения 40 кВ, принятого за номинальное при работе генератора непрерывно в течение нескольких часов.

Таким образом, испытания, проверенные на опытном образце генератора, позволили сделать следующие выводы:

1. Для увеличения электрической прочности промежутка транспортеры дополнительного ротора — высоковольтный индуктор можно использовать омическое сопротивление, включаемое в цепь заземленной щетки.

2. Для работы в оптимальном режиме необходимо увеличить утечки заряда с транспортеров дополнительного ротора.

3. Включение дополнительного коронирующего промежутка в цепь дополнительного ротора стабилизирует выходное напряжение генератора в определенных пределах, которые можно заранее установить.

4. Включение дополнительного коронирующего промежутка незначительно влияет на к. п. д. генератора и его выходную мощность.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Пацевич, Ю. Г. Лелеко. Малогабаритный самовозбуждающийся ЭСГ, Изв. ТПИ, т. 210 (в печати).

2. В. И. Левитов, А. Г. Ляпин. Электростатические генераторы с жестким ротором, ч. I. ЦИНИЭлектропром, М., 1963.

3. А. М. Купцов. Физические процессы в ЭСГ с транспортерами-проводниками, запеченными в твердый диэлектрик. Диссертация, Томск, 1967.

4. Труды III Межвузовской конференции по электронным ускорителям, раздел I, Томск, 1961.
