

ВОПРОСЫ СТАБИЛЬНОСТИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ САМОВОЗБУЖДАЮЩЕГОСЯ ЭСГ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЕ

Ю. Г. ЛЕЛЕКО

(Представлена научным семинаром кафедры теоретических основ
электротехники и отделом РЭСГ НИИ ЯФ)

Малогабаритный самовозбуждающийся ЭСГ, конструктивное исполнение которого и основные характеристики описаны в [1, 2], предназначен для непрерывной работы в течение нескольких часов на активную или емкостную нагрузку, величина которой за это время меняется в широких пределах. Однако результаты, описанные в [2], получены при относительно кратковременных режимах работы генератора и дают представление только о предельных возможностях генератора.

В режиме непрерывной длительной работы, основной характеристикой, определяющей возможность практического применения самовозбуждающегося генератора, является стабильность выходных параметров, т. е. степень изменения напряжения и тока нагрузки в зависимости от времени работы генератора.

Целью настоящей работы и является выяснение степени стабильности выходных параметров в режиме непрерывной длительной работы и причин, вызывающих их изменение, что позволит уточнить рекомендации по конструированию самовозбуждающихся ЭСГ и определить оптимальный режим их работы.

Для решения поставленных вопросов были проведены испытания с несколькими опытными образцами, в конструкцию которых, описанную в [1], были внесены некоторые незначительные изменения. В частности, для уменьшения величины индуцированного заряда на транспортерах дополнительного ротора уменьшена их длина и увеличена глубина залегания в диэлектрике. В то же время ширина коллекторных пластин увеличена до 2 мм, что необходимо для более надежной работы щеток.

В испытываемых генераторах для создания равномерного распределения потенциала по статору вместо стеклянного цилиндра применялся цилиндр из эпоксидного компаунда, объемная проводимость которого сравнима с объемной проводимостью стекла. При этом возможность механической обработки статора позволила установить равномерный зазор ротор-статор в пределах 0,2-0,25 мм. При испытаниях все образцы генератора снабжались дополнительным острием-щеткой в системе дополнительного ротора, с помощью которого выходное напряжение стабилизировалось в пределах либо 30 кв, либо 40 кв.

В качестве рабочей среды в опытных образцах использовались водород и азот под давлением 6 атм, которое контролировалось по манометру. Питание двигателя осуществлялось как от выпрямителя постоянного тока типа ВСА-5, так и от аккумуляторных батарей.

Генераторы испытывались в условиях, максимально приближенных к режиму работы при промышленной эксплуатации. При этом значения выходных параметров снимались как при непрерывной работе в течение 10—12 часов с последующим отключением генератора и, без изменения условий работы, включением через 14—12 часов, так и при непрерывной работе без отключений в течение нескольких десятков часов. Значения выходных параметров контролировались при помощи киловольтметра С-100 и микроамперметра М-194, а также самописцем типа Н-373-3. Так как в качестве нагрузки генератора использовались активные сопротивления, величина которых составляла 16,6 *Гом* и 41,4 *Гом*, то достаточно было контролировать одну из выходных величин — напряжение или ток. На рис. 1 приведены результаты первых испытаний опытных образцов с

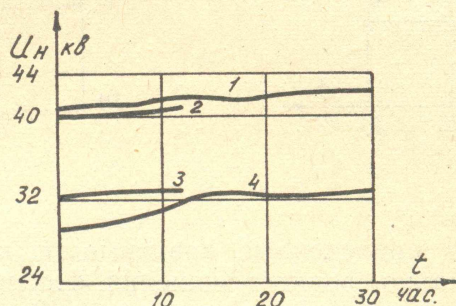


Рис. 1

различными газами в качестве рабочей среды. Два генератора работали непрерывно в течение 12 часов, после чего отключались и тщательно осматривались (кривые 2, 3). При этом один из генераторов отрегулирован на выходное напряжение 40 кВ, второй на 34 кВ и оба работали на сопротивление нагрузки, равное 16,6 *Гом*. Генератор, отрегулированный на 40 кВ, работал в среде водорода под давлением 6 атм и имел средние параметры двигателя $U_{дв} = 16$ в $I_{дв} = 75$ ма. Второй генератор работал в среде азота под давлением 6 атм и $U_{дв} = 16$ в $I_{дв} = 75$ ма. Два других образца после отключения не разбирались и через 12 часов вновь включались в работу. При этом напряжение нагрузки восстанавливалось до значений, при которых происходило отключение в первые 1—2 мин. Генераторы работали в атмосфере водорода (кривая 1) и азота (кривая 4) под давлением 6 атм на сопротивление нагрузки $R_n = 41,4$ *Гом*. Напряжение питания двигателя 16 в, ток, потребляемый двигателем под нагрузкой, составлял в среднем для первого генератора 65 ма, для второго — 55 ма.

Как показывают данные зависимости, среднее значение выходного напряжения генераторов возрастает в первые часы работы в среднем на 10% от начального значения и только после 10—12 часов работы прекращается его рост. Внешний осмотр деталей генератора после 12 и 28—30 часов работы показал, что в системе дополнительного ротора, особенно в области расположения дополнительного острья-щеткой, на роторе и на пластинах коллектора имеется слой пыли, образовавшийся, по-видимому, при трении щеток о компаунд ротора. На элементах основного ротора также наблюдался слой пыли, но в значительно меньшем количестве. Как известно из литературных данных [3], появление пыли в объеме генератора снижает его выходные параметры, но в проведенных испытаниях этого не наблюдалось. Для проверки полученных результатов генераторы испытывались в более длительных режимах работы. На рис. 2 и 3 в качестве примера приведены результаты испытаний двух образцов

генераторов с параметрами $U_H = 30 \text{ кВ}$, $U_{\text{дв}} = 16 \text{ в}$, $I_{\text{дв}} = 65 \text{ ма}$ и $U_H = 40 \text{ кВ}$, $U_{\text{дв}} = 16 \text{ в}$, $I_{\text{дв}} = 75 \text{ ма}$, работавших в атмосфере водорода под давлением 6 *ати* на активную нагрузку $R_H = 41,4 \text{ Гом}$. При проведении данной серии опытов часть результатов фиксировалась с помощью самопишущего микроамперметра, что позволило уточнить колебания напряжения и тока в каждый момент времени.

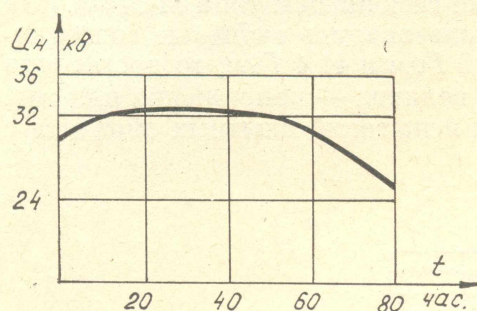


Рис. 2

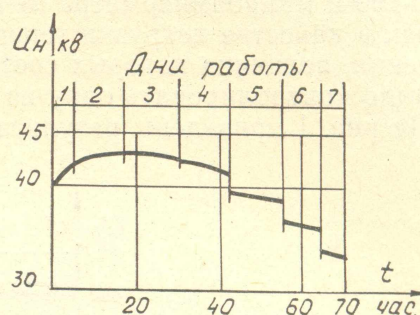


Рис. 3

Как показывают приведенные зависимости, колебания выходного напряжения относительно среднего значения, фиксировавшиеся по показаниям киловольтметра, составляют примерно $\pm 3-4\%$. Однако среднее значение выходного напряжения во всех случаях уменьшалось за время испытаний на 30—40% от начального значения. При этом скорость снижения среднего значения напряжения возрастает с ростом числа часов работы генератора. Максимальное значение напряжения наступает после 8—12 часов работы и в дальнейшем падает до значений, составляющих всего 60—70% от начального. Как показали испытания, стабильность выходных параметров в каждый момент времени обеспечивается в пределах $\pm 2\%$.

Таким образом, проведенные испытания показали, что выходные параметры генератора, оставаясь практически постоянными в каждый момент времени, с ростом числа часов работы уменьшают свои средние значения по сравнению с первоначальными. И только в первые часы работы выходные параметры генератора возрастают по величине.

Внешние факторы, к которым можно отнести величину сопротивления, на которое работает генератор, давление внутри корпуса генератора и химический состав газа, применяемого в качестве рабочей среды, напряжение питания двигателя, которое влияет на скорость вращения ротора, при наличии дополнительного острья-щеткой и постоянном давлении в корпусе генератора, практически не оказывают влияния на изменение выходных параметров генератора. В связи с этим можно предположить, что на стабильность выходного напряжения оказывает значительное влияние изменение газового разряда в коммутающих узлах и у дополнительного острья-щеткой генератора. Это изменение может быть обусловлено целым рядом причин, основные из которых, по-видимому, следующие:

1. Изменение геометрии электродов под воздействием разрядов в процессе работы генератора. При этом возможно упрочнение промежутков в процессе «тренировки» электродов в начальный период их работы с последующим ослаблением из-за эрозии под воздействием разрядов при длительной работе.

2. Запыление объема генератора пылью от щеточно-коллекторной системы.

3. Появление продуктов разложения материала ротора под воздействием газового разряда в щеточно-коллекторной системе.

Наблюдения за работой опытных образцов и внешний осмотр основных элементов генератора после различных часов работы подтверждают данные предположения о влиянии нестабильности газового разряда на величину среднего выходного напряжения. Так, например, внешний осмотр генератора, проработавшего 180 часов в атмосфере водорода, показал, что на дополнительном роторе по внешней стороне коллекторных пластин имеется слой пыли темно-серого цвета шириной 1,5—2 мм. На остальной части дополнительного ротора отмечалась слабая запыленность. На фланце дополнительного ротора пыль такого же цвета сконцентрирована в основном вокруг дополнительного острия-щеточки. Со стороны основного ротора как на коллекторе, так и на прилегающих частях статоров — слабый налет пыли светло-серого цвета. Генератор при данном испытании проработал исправно 140 часов на внешнее активное сопротивление нагрузки, равное 16,6 Гом. После этого величина сопротивления нагрузки была увеличена до 41,4 Гом и генератор проработал еще 40 часов непрерывно, но существенного увеличения напряжения, по сравнению с напряжением в момент отключения, не произошло. После разборки генератора и внешнего осмотра все элементы генератора были протерты спиртом, генератор собран и снова запущен в работу. Напряжение нагрузки поднялось до начальных значений, т. е. до 40 кв и в дальнейшем повторяло ранее полученную характеристику.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что снижение среднего значения напряжения в процессе длительной непрерывной работы генератора происходит за счет запыления рабочего объема генератора от щеточно-коллекторной системы, причем в основном это происходит за счет материала ротора, так как щетки генератора после длительной работы практически не деформировались и не разрушались. Образовавшаяся пыль разлагается за счет ионизационных процессов у щеток генератора и ухудшает изоляционные свойства рабочей среды генератора. Необходимо отметить, что наиболее интенсивно ионизационные процессы происходят в системе дополнительного ротора, который работает в наиболее напряженном режиме как по току, так и по напряжению.

В связи с вышеизложенным для устранения указанных недостатков и, следовательно, увеличения числа часов работы генератора с номинальными выходными параметрами можно рекомендовать следующие изменения в конструкции генератора:

1. Увеличить зазор дополнительный ротор-статор и уменьшить длину транспортеров дополнительного ротора, что приведет к уменьшению параметров, вырабатываемых дополнительным ротором.

2. Изменить конструкцию коллектора дополнительного ротора с тем условием, чтобы при трении щетки на большем пути контактировали с пластинами коллектора, а коммутация транспортеров со щетками происходила внутри металлических поверхностей.

3. По крайней мере вокруг коллекторных пластин материал ротора должен быть термостойким и не истираться при трении щеток.

4. Улучшить систему вентиляции дополнительного ротора.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Пацевич, Ю. Г. Лелеко. Малогабаритный самовозбуждающийся ЭСГ. Изв. ТПИ, № 210. В печати.
2. Ю. Г. Лелеко. Вопросы исследования малогабаритного самовозбуждающегося электростатического генератора. Изв. ТПИ, № 232. В печати.
3. Н. Ж. Фелиси. «Электричество», № 1, 61, 1962.