

К ВОПРОСУ О СРАВНЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДИСКОВОГО СТЕРЖНЕВОГО ЭСГ

А. Ф. КАЛГАНОВ, Э. А. ПОДПЛЕТНЕВА, Ю. Н. СИВКОВ

(Представлена научным семинаром кафедры теоретич. основ электротехники
и сектора роторных ЭСГ НИИ ЯФЭА)

Предложенный в [1] новый способ расчета линейных участков характеристик стержневых ЭСГ хорошо подтвердился для режима короткого замыкания дискового ЭСГ при эквипотенциальном (металлическом) статоре [2], т. е. в специфических, искусственных условиях.

Нами проведено сравнение расчетных по [1] и экспериментальных характеристик к. з. ЭСГ при наличии статора из слабопроводящего материала, удовлетворяющего рабочим условиям. Эксперименты проводились на экспериментальном однодисковом ЭСГ с двойным статором из стекла с удельным объемным сопротивлением $\rho_v = 3 \cdot 10^{12}$ ом/см. Генератор имел следующие геометрические параметры:

наружный рабочий диаметр ротора $D_n = 140$ мм;
внутренний рабочий диаметр ротора $D_{вн} = 78$ мм;
радиус транспортеров $r = 0,2$ мм;
расположение транспортеров — двухрядное;
количество транспортеров в одном ряду $2m = 149$;
расстояние между транспортерами по среднему диаметру ротора $a = 2,3$ мм;
глубина залегания транспортеров в диэлектрическом теле ротора $d_2 = 1$ мм;
толщина стеклянных дисков статора $d_4 = 3$ мм.

С наружных сторон статорных дисков располагались индукторы в виде дюралюминиевых секторов толщиной 4 мм. Генератор приводился во вращение асинхронным электродвигателем ДТ-75 ($n = 2870$ об/мин $= 47,6$ об/сек).

Исследования генератора проводились на воздухе при атмосферном давлении при контактной коммутации в условиях, когда относительная влажность воздуха не превышала 50 ÷ 60%.

Характеристики к. з. снимались как с узкими щетками, перекрывающими только один транспортер (когда проявлялось явление естественной перезарядки), так и с широкими щетками, перекрывающими несколько (3 и более) транспортеров, когда, согласно теории и опыта [1, 2], естественная перезарядка не проявляется или проявляется весьма слабо. Узкие щетки выполнялись из стальной сетки, широкие из тонкой медной проволоки. Настройка щеточно-коллекторной системы перед экспериментами с узкими щетками производилась до получения наибольшей крутизны характеристики к. з., т. е. по максимуму тока, тогда

как с широкими щетками — по минимуму тока. В последнем случае считалось, что естественная перезарядка отсутствует.

При исследовании характеристик к. з. в качестве переменного параметра была выбрана величина газового зазора ротор-статор d_1 .

На рис. 1 приведены экспериментально снятые характеристики к. з. при изменении величины d_1 от 0,2 до 4 мм. Была получена достаточно хорошая повторяемость результатов, которая оценивалась снятием каждой из характеристик не менее двух раз.

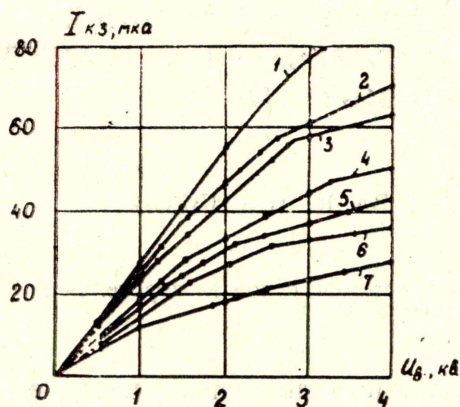


Рис. 1. Характеристики к. з., полученные при следующих величинах зазора ротор-статор: 1. 0,2 мм; 2. 0,4 мм; 3. 0,6 мм; 4. 0,8 мм; 5. 1,5 мм; 6. 3,0 мм; 7. 4,0 мм

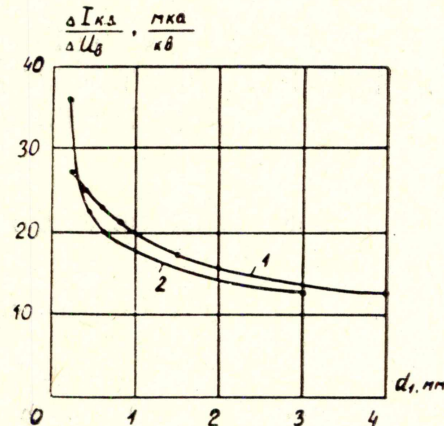


Рис. 2. Зависимость крутизны характеристик к. з. от величины воздушного зазора: 1 — экспериментальная; 2 — рассчитанная по формуле [1]

Качество характеристик оценивается их крутизной, определяемой отношением приращения тока к. з. $I_{кз}$ к приращению напряжения возбуждения U_B . Для линейных (начальных) участков характеристик к. з. их крутизна определяется отношением абсолютных значений $I_{кз}$ и U_B .

Расчетная характеристика к. з. определялась по [1] как

$$I_{кз} = \kappa_i 2\pi n C_3 U_B = A U_B, \quad (1)$$

где $A = \kappa_i 2\pi n C_3$ — крутизна характеристики.

При этом коэффициент естественной перезарядки подсчитывался по выражению

$$\kappa_i = \sqrt{1 + 4 \frac{d_{пр}}{\kappa r} \left(Sc \frac{\pi r}{a} - 1 \right)^{0.8}}, \quad (2)$$

а суммарная емкость одного транспортера относительно всех элементов системы ротор-статор по выражению

$$C_3 = \frac{4\pi l \varepsilon_0 \varepsilon_r}{\ln \left[2 \left(\frac{d_{пр}}{r} + 1 \right) \right]} \left[1 - e - \frac{a}{2r} \left(\frac{0.9r}{d_{пр} + r} + 0.02 \right) \right], \quad (3)$$

где $l = \frac{D_H - D_{ВН}}{2}$ — длина транспортеров,

ε_r — относительная диэлектрическая проницаемость материала ротора, $d_{пр} = d_2 + \varepsilon_r d_1$ — так называемый приведенный зазор ротор-статор, κ — коэффициент, равный $4/3$ при двухрядном расположении транспортеров 2, 3.

На рис. 2 приведены зависимости крутизны A линейных участков характеристик к. з. от величины d_1 , как по экспериментальным (кривая 1), так и по расчетным данным (кривая 2).

Из данных, приведенных на рис. 1 и 2, следует, что ход экспериментальной зависимости $A = f(d_1)$ аналогичен ходу расчетной зависимости, а их расхождение почти во всем диапазоне изменения зазора d_1 сравнительно невелико. При этом расчетные значения для зазоров $d_1 > 0,3$ мм оказываются меньше экспериментальных, тогда как для зазоров $d_1 < 0,3$ мм они резко возрастают и становятся больше экспериментальных.

Из выражения для A следует, что при постоянных значениях m и n величина A определяется произведением $k_i \cdot C_3$. В соответствии с (2) и (3) с изменением d_1 величины k_i и C_3 изменяются в различных направлениях: с уменьшением, например, k_i величина C_3 увеличивается, и наоборот.

Для понимания причин расхождения кривых (рис. 2) необходимо было бы выяснить характер расхождения экспериментальных и расчетных зависимостей $k_i = f(d_1)$ и $C_3 = f(d_1)$.

На рис. 3 проведены экспериментальная (кривая 1) и расчетная (кривая 2) зависимости $k_i = f(d_1)$. Каждое экспериментальное значение k_i определялось как отношение крутизны линейной части характеристики к. з., снятой при узких щетках, к крутизне линейной части характеристики к. з., полученной при широких щетках. Как видно, и здесь наблюдается пересечение расчетных и экспериментальных кривых. Однако это пересечение происходит в средней части диапазона изменения d_1 (в области порядка 1,6 мм) при слабом изменении наклона кривых во всем диапазоне изменения d_1 . Отсюда следует, что характер изменения $A = f(d_1)$ в большей степени зависит от характера изменения $C_3 = f(d_1)$. Для теоретической зависимости $A = f(d_1)$ это подтверждается ходом расчетной зависимости $C_3 = f(d_1)$. К сожалению, экспериментальное определение зависимости $C_3 = f(d_1)$ на действующем генераторе не представляется возможным. Из качественной оценки такой зависимости следует, что действительные значения C_3 должны быть несколько меньше расчетных, поскольку материал статора не является проводником. С учетом этого экспериментальная кривая-1 (рис. 2) должна проходить ниже расчетной кривой 2. Практически для большей части диапазона изменения d_1 наблюдается обратная картина.

Однако сравнительно небольшое расхождение кривых (рис. 2, 3), которое может быть отнесено как за счет недостаточной точности эмпирических формул (2) и (3), так и за счет ошибок определения экспериментальных значений крутизны A и которое изменяется от 0 до $\pm 20\%$ для различных значений d_1 , должно быть оценено как удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных. Этот результат позволяет сделать вывод о возможности использования методики по [1—3] для прикидочных расчетов характеристик к. з. ЭСГС и со слабопроводящим статором.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Лукутин, В. Д. Эськов. Изв. ТПИ, т. 149, стр. 21, 1966.
2. А. П. Кононов, В. В. Пацевич, В. Д. Эськов. «Энергетика и транспорт», № 4, 1967.
3. В. В. Пацевич, В. С. Соколов, В. Д. Эськов. Электронные ускорители. Изд-во «Энергия», стр. 410, 1968.

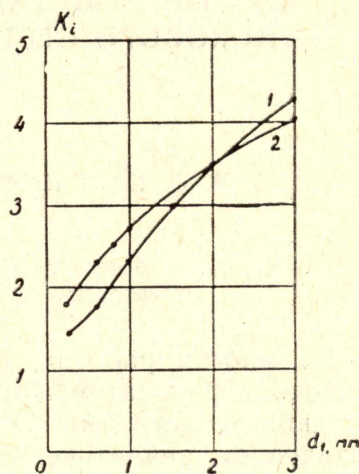


Рис. 3. Зависимость коэффициента естественной перезарядки от величины воздушного зазора: 1 — экспериментальная; 2 — расчетная