

ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ЩЕТОК НА ВНЕШНЮЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ЭСГС

В. М. ФЕДЯКИН, В. Д. ЭСЬКОВ

(Представлена научным семинаром кафедры ТОЭ)

При теоретическом исследовании стержневых электростатических генераторов (ЭСГС) обычно рассматриваются конструкции, в которых индукторы расположены симметрично по окружности статора, причем предполагается, что коммутация транспортеров происходит против середины индукторов.

Цель настоящей статьи — оценить влияние смещения щеток (и соответственно места коммутации относительно середины индукторов) на выходные параметры машины при работе на линейной части внешней характеристики.

Для решения этой задачи можно воспользоваться методикой, основанной на применении метода электростатической аналогии к уравнениям с частичными емкостями, которая изложена в [1]. Там же приведены выражения потенциалов транспортеров ЭСГС с одной парой полюсов при отсутствии смещения щеток, перекрывающих по одному транспортеру, в момент прекращения коммутации одновременно в системе возбуждения и нагрузки.

Эти выражения учитывают значения основных частичных емкостей транспортера (относительно противолежащего элемента статора C_1 , соседнего транспортера C_2 , элемента статора, противолежащего соседнему транспортеру C_3 , заземленных элементов конструкции C_0), общее число транспортеров $2m$ и число транспортеров, перекрываемых каждым индуктором, s , схему возбуждения, величину напряжения возбуждения U_b и нагрузки U_n и местоположение транспортера (или точнее его номер, причем отсчет ведется в направлении вращения ротора от транспортера, только что прокоммутировавшего в системе возбуждения).

Если в соответствии с принципом наложения потенциал n -го транспортера представить в виде суммы двух составляющих:

$$U_n = U_{nc} + U_{np} \quad (1)$$

где U_{nc} определяется только полем статора при отсутствии зарядов на транспортерах,

а U_{np} — только зарядами транспортеров при заземленном статоре, то, сохраняя обозначения, принятые в [1], можно записать:

$$U_{np} = \frac{1}{2C_s} \left[q_s + \Delta q \frac{2f_i - 1}{\kappa_i} \right], \quad (2)$$

$$U_{nc} = \begin{cases} U_n F_c \text{ при кондукционной схеме возбуждения,} \\ (U_n + U_B) F_c - \left(1 - \frac{C_0}{C_3}\right) \text{ при индукционной схеме,} \end{cases} \quad (3)$$

где

$$\kappa_i = \left(\operatorname{th} \frac{m\gamma}{2} \operatorname{th} \frac{\gamma}{2} \right)^{-1} - \text{коэффициент естественной перезарядки,}$$

$$\gamma = f\left(\frac{C_2}{C_3}\right), \quad C_3 = C_0 + C_1 + 2C_3,$$

$q_2 = q + q'$, $\Delta q = q - q'$, q и q' — заряды транспортеров соответственно на пути от системы возбуждения к системе нагрузки и обратно

$$F_c = f_2 \left(1 - \frac{C_0}{C_3}\right) + \frac{f_4}{2} \left(\frac{1}{\kappa_u} - \frac{C_0}{C_3}\right),$$

$$\kappa_u = \left[\frac{C_0}{C_3} + \frac{2(C_1 + 2C_3 \operatorname{ch} \gamma) \operatorname{sh} \frac{m-s+1}{2} \gamma}{C_3(m-s+1) \operatorname{sh} \gamma \operatorname{ch} \frac{m\gamma}{2}} \right]^{-1} - \text{коэффициент уве-}$$

личения напряжения без смещения щеток,

f_1, f_2, f_4 — коэффициенты, зависящие от n , которые здесь не расшифровываются из-за громоздкости выражений, а в [1] сведены в таблицу.

Будем рассматривать смещение щеток на целое число транспортеров h одновременно в системах возбуждения и нагрузки и в одном и том же направлении. При этом отсчет n будем по-прежнему начинать с транспортера, только что прокоммутировавшего в системе возбуждения. В этом случае, очевидно, для определения U_{np} выражение (2) можно использовать без изменения, а для отыскания U_{nc} в формуле (3) нужно заменить n на $n' = n \pm h$ соответственно при смещении щеток в направлении вращения ротора и в противоположную.

Для определения зарядов транспортеров следует использовать граничные условия:

$$U_1 = \begin{cases} U_B \text{ при кондукционной схеме возбуждения,} \\ 0 \text{ при индукционной схеме.} \end{cases} \quad (4)$$

$$U_{m+1} = U_n$$

Совместное решение уравнений (1–4) с учетом вышеуказанной замены n и $0 \leq h \leq \frac{s-1}{2}$ дает: при кондукционной схеме возбуждения

$$q_2 = U_B C_3 + U_n C_0$$

$$\Delta q = U_B \kappa_i C_3 \left(1 - \frac{U_n \operatorname{ch} \gamma h}{\kappa_u U_B}\right) + U_n \kappa_i C_0 (\operatorname{ch} \gamma h - 1) \quad (5)$$

и индукционной

$$q_2 = U_B (C_3 - C_0) + U_n C_0$$

$$\Delta q = U_B \kappa_i C_3 \left[1 - \frac{(U_n + U_B) \operatorname{ch} \gamma h}{\kappa_u U_B}\right] + (U_n + U_B) \kappa_i C_0 (\operatorname{ch} \gamma h - 1), \quad (6)$$

Отсюда видно, что сумма зарядов транспортеров q и q' не изменяется при смещении щеток, в то время как заряд, отдаваемый в нагрузку Δq , и соответственно ток ЭСГС $I_n = 2mN\Delta q$ (N — число оборотов ро-

тора в минуту) уменьшаются с увеличением h независимо от направления смещения. Лишь в режиме короткого замыкания генератора с кондукционной схемой возбуждения Δq не зависит от h . Что касается режима холостого хода ($\Delta q = 0$), то коэффициент увеличения напряжения с увеличением h уменьшается. Так, при кондукционной схеме возбуждения

$$\kappa_{uh}^{-1} = \frac{U_{\text{в}}}{U_{\text{xx}}} = \text{ch } \gamma h \left(\frac{1}{\kappa_u} - \frac{C_0}{C_3} \right) + \frac{C_0}{C_3},$$

а при индукционной, как и в [1].

$$\kappa'_{uh} = \kappa_{uh} - 1.$$

Таким образом, при смещении места коммутации транспортеров относительно середины индукторов выходные параметры ЭСГС ухудшаются тем значительнее, чем больше это смещение.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Лукутин, В. Д. Эськов. К расчету электростатических генераторов с каскадным соединением транспортеров-проводников. Известия АН СССР, «Энергетика и транспорт», № 2, 1967.