

О РАСЧЕТЕ ПОТЕНЦИАЛОВ ТРАНСПОРТЕРОВ ЭСГС ПЕРЕД КОММУТАЦИЕЙ

В. М. ФЕДЯКИН, В. Д. ЭСЬКОВ

(Представлена научным семинаром кафедры теоретических основ электротехники)

Для расчета коммутационных процессов в стержневых электростатических генераторах (ЭСГС) необходимо знать распределение потенциалов по транспортерам непосредственно перед коммутацией.

Ниже излагается один из вариантов расчета на примере ЭСГС с одной парой полюсов, равномерным распределением потенциала по статору, коммутация в котором осуществляется при прохождении соответствующими транспортерами середины индукторов (одновременно в системах возбуждения и нагрузки).

В установившемся режиме работы генератора все процессы, в нем происходящие, повторяются с периодом коммутаций T , поэтому достаточно рассмотреть один такой период, приняв за $t=0$ момент завершения очередной коммутации, а за $t=T$ — момент начала следующей. В первом приближении длительностью коммутации можно пренебречь ввиду ее кратковременности [1].

Если в рабочем объеме машины градиенты потенциала не достигли критических значений, то ЭСГС можно считать линейной системой и представить потенциал n -го транспортера в виде суммы двух составляющих:

$$U_n = U_n^p + U_n^c, \quad (1)$$

первая из которых определяется только зарядами транспортеров при заземленном статоре (полем ротора), а вторая — только полем статора при отсутствии зарядов на транспортерах.

Поскольку переменная составляющая поля статора значительно меньше его постоянной составляющей [2], то в интервале $0 \leq t < T$ U_n^c зависит только от местоположения транспортера. Составляющая U_n^p , напротив, в этом интервале не зависит от перемещения транспортера, поскольку заряды всех транспортеров остаются без изменения.

Поэтому, присваивая номер $n=1$ транспортеру, только что прокоммутированному в системе возбуждения, и продолжая отсчет в направлении вращения ротора, можно записать

$$U_n(T) = U_n^p(0) + U_{n+1}^c(0), \quad (2)$$

так как n -й транспортер в момент $t=T$ занимает положение, которое при $t=0$ занимал $n+1$ -й транспортер.

Методика определения потенциалов транспортеров в момент прекращения коммутации ($t=0$) достаточно подробно изложена в [3]. Там же приведены выражения $U_n(0)$, которые в общем виде учитывают значения основных частичных емкостей транспортера (относительно противоположащего элемента статора C_1 ; соседнего транспортера C_2 ; элемента статора, противоположащего соседнему транспортеру C_3 ; заземленных элементов конструкции C_0), общее число транспортеров $2m$ и число транспортеров, перекрытых каждым индуктором S , схему возбуждения, величину напряжения возбуждения U_B и нагрузки U_H .

Выделяя в этих выражениях составляющие поля ротора и поля статора, имеем при кондукционной схеме возбуждения

$$U_n^p(0) = U_B K_1 \left(1 - \frac{U_H}{K_u U_B} \right) + \frac{U_H}{2} \left(\frac{C_0}{C_3} + \frac{1}{K_u} \right), \quad (3)$$

где

$$K_1 = \begin{cases} \frac{\operatorname{sh} \frac{m-n+1}{2} \gamma \cdot \operatorname{sh} \frac{n\gamma}{2}}{\operatorname{sh} \frac{m\gamma}{2} \cdot \operatorname{sh} \frac{\gamma}{2}} & 1 \leq n \leq m \\ \frac{\operatorname{sh} \frac{m-n+1}{2} \gamma \cdot \operatorname{sh} \frac{2m-n}{2} \gamma}{\operatorname{sh} \frac{m\gamma}{2} \cdot \operatorname{sh} \frac{\gamma}{2}} & m+1 \leq n \leq 2m \end{cases}$$

$$\frac{1}{K_u} = \frac{C_0}{C_3} + \frac{2(C_1 + 2C_3 \cdot \operatorname{ch} \gamma) \cdot \operatorname{sh} \frac{m-s+1}{2} \gamma}{C_3(m-s+1) \cdot \operatorname{sh} \gamma \cdot \operatorname{ch} \frac{m\gamma}{2}};$$

Таблица

Границы	K_2	K_3
$1 \leq n \leq \frac{s-1}{2}$	0	$\operatorname{ch} n \gamma$
$\frac{s-1}{2} \leq n \leq m - \frac{s+1}{2}$	$\frac{2n-s+1}{m-s+1}$	$\frac{\operatorname{ch} \frac{s-1}{2} \gamma \cdot \operatorname{sh} \frac{m-2n}{2} \gamma}{\operatorname{sh} \frac{m-n+1}{2} \gamma}$
$m - \frac{s+1}{2} \leq n \leq m + \frac{s-1}{2}$	2	$\operatorname{ch}(m-n)\gamma$
$m + \frac{s-1}{2} \leq n \leq 2m - \frac{s-1}{2}$	$\frac{4m-2n-s+1}{m-s+1}$	$\frac{\operatorname{ch} \frac{s-1}{2} \gamma \cdot \operatorname{sh} \frac{2n-3m}{2} \gamma}{\operatorname{sh} \frac{m-n+1}{2} \gamma}$
$2m - \frac{s-1}{2} \leq n \leq 2m$	0	$\operatorname{ch}(2m-n)\gamma$

$$C_3 = C_1 + 2C_2 + C_0;$$

$$\gamma = \ln \frac{\sqrt{1 + \frac{4C_2}{C_3} + 1}}{\sqrt{1 + \frac{4C_2}{C_3} - 1}};$$

$$U_{n+1}^c(0) = \frac{U_n}{2} \left[K_2 \left(1 - \frac{C_0}{C_3} \right) + K_3 \left(\frac{1}{K_u} - \frac{C_0}{C_3} \right) \right], \quad (4)$$

а значения коэффициентов K_2 и K_3 в зависимости от расположения транспортера сведены в таблицу.

Подстановка (3,4) в (2) дает выражение потенциала любого транспортера непосредственно перед коммутацией в генераторе с кондукционной схемой возбуждения. Чтобы получить аналогичное выражение для ЭСГС с индукционной схемой возбуждения, достаточно из (3) вычесть величину $U_B \cdot C_0 / C_3$, а из (4) — $U_B (1 - C_0 / C_3)$ и в обеих формулах заменить U_n на $U_n + U_B$.

Полученные выражения могут быть использованы при расчете коммутационных процессов в качестве независимых начальных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Купцов, В. В. Пацевич. Анализ коммутации в электростатических генераторах. «Электричество», 1968, № 7.
2. А. М. Купцов, В. А. Лукутин, В. М. Федякин. Зависимость пульсаций тока ЭСГ от ширины индукторов. Известия ТПИ, т. 227, 1972.
3. В. А. Лукутин, В. Д. Эськов. К расчету электростатических генераторов с каскадным соединением транспортеров-проводников. Изв. АН СССР, «Энергетика и транспорт», 1967, № 2.