

## **ПОТЕРИ В РОТОРЕ БЫСТРОХОДНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА СЕТЬ ЧЕРЕЗ ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ**

В настоящее время получили большое развитие быстроходные электрические машины. Это связано с возможностью уменьшения массогабаритных показателей при увеличении частоты вращения и более высокой их эффективностью.

В связи с большими успехами в преобразовательной технике создаются турбоблоки на оптимальные частоты вращения при нестандартной частоте тока статора с последующим преобразованием тока и напряжения к стандартной частоте с использованием статического тиристорного преобразователя. Применение статического тиристорного преобразователя дает возможность регулирования на выводах частоты, реактивной мощности и напряжения, что позволяет применить для энергоустановок более дешевые и надежные асинхронные генераторы. Отсутствие на роторе обмоток возбуждения позволяет выполнять генераторы на любую частоту вращения, определяемую турбиной, при этом роторы выполняются массивными из цельных поковок по аналогии с синхронными турбогенераторами.

Форма тока и напряжения на выходе тиристорных преобразователей частоты принципиально отличается от синусоиды, причем в большинстве случаев это отличие носит периодический характер и может быть проанализировано при помощи рядов Фурье. Каждая из гармоник тока создает в генераторе поле с тем же числом полюсов, но вращающееся со скоростью, превышающей номинальную. Эти вращающиеся поля создают добавочные потери, наиболее важными составляющими которых являются потери в роторе.

Для асинхронных генераторов весьма важной является также величина потерь и от основной гармоники тока статора, которая связана с величиной скольжения ротора.

Данная работа посвящена анализу влияния различных конструктивных мероприятий на величину потерь в массивном роторе асинхронного турбогенератора.

Математическая модель электромагнитных процессов в роторе рассматриваемого турбогенератора представляет собой систему уравнений Максвелла в дифференциальной форме без учета токов смещения, дополненную материальными уравнениями, определяющими электрофизические свойства материалов.

В настоящей работе использована методика компьютерного моделирования нестационарных электромагнитных процессов в роторе турбогенератора в двухмерной постановке в декартовой системе координат, разработанная на основе следующих предположений:

- ток во всех участках ротора протекает в осевом направлении, что обосновывается большим отношением длины к диаметру роторов турбогенераторов;
- ток в обмотке статора моделируется поверхностным, поскольку предполагается, что сердечник статора изготовлен из стали с бесконечной магнитной проницаемостью;
- не учитывается существенно нелинейная зависимость магнитной проницаемости стали ротора от напряженности магнитного поля и используется постоянное среднее значение магнитной проницаемости.

Расчет электромагнитного поля выполняется в терминах векторного магнитного потенциала, который в решаемой задаче имеет одну осевую компоненту, пространственно-временное распределение которой описывается нестационарным уравнением в частных производных:

$$\gamma \frac{\partial A}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{\mu} \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{\mu} \frac{\partial A}{\partial y} \right) + J_0, \quad (1)$$

где  $A$  – осевая компонента векторного магнитного потенциала, Вб·м<sup>-1</sup>;  $\gamma$  – удельная электрическая проводимость, См·м<sup>-1</sup>;  $\mu$  – магнитная проницаемость, Гн·м<sup>-1</sup>;  $J_0$  – плотность тока стороннего источника, А·м<sup>-2</sup>.

Уравнение (1) решается методом конечных элементов в системе координат, вращающейся синхронно с ротором, применительно к  $j$  части конструкции с соответствующими граничными условиями.

Решение уравнения (1) представляет собой пространственно-временное распределение векторного магнитного потенциала  $A(x,y,t)$ , которое позволяет определить распределение плотности вихревых токов  $J$  и добавочных потерь  $Q$  от токов статора, создающем в зазоре несинхронные поля.

$$J = -\gamma \frac{\partial A}{\partial t}; \quad Q = \frac{1}{\gamma} J^2. \quad (2)$$

В работе показано влияние аксиальных прорезей на поверхности массивного ротора, а также медного покрытия поверхности сплошного массивного ротора на снижение потерь в роторе асинхронного турбогенератора, работающего на сеть через тиристорный преобразователь частоты.

*Повідомлення надійшло до редколегії 21.05.09.*