

ОБ УЧЕТЕ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗУБЦОВОЙ ЗОНЫ СТАТОРА УДАРНОГО ГЕНЕРАТОРА

К. А. ХОРЬКОВ, Л. О. ОГАНЯН

(Представлена объединенным семинаром кафедр электрических машин и аппаратов
и общей электротехники)

При внезапном коротком замыкании ударного генератора часть кинетической энергии ротора преобразуется в электромагнитную энергию полей рассеяния обмотки статора. Если короткое замыкание произошло в нуль э. д. с., то электромагнитная энергия будет равна

$$Q_{кз} = \frac{x_{уд} I_{уд}^2}{2 \omega}, \quad (1)$$

где

$X_{уд}$ — индуктивное сопротивление обмотки статора при внезапном коротком замыкании,

ω — угловая частота,

$I_{уд}$ — ударный ток (с учетом аperiodической составляющей).

$$I_{уд} = \frac{2 U_{m0} k_3}{x_{уд}}, \quad (2)$$

где

U_{m0} — амплитуда линейного напряжения,

k_3 — коэффициент затухания тока.

При замыкании обмотки статора ударного генератора на индуктивную нагрузку доля кинетической энергии, преобразуемой в электромагнитную, уменьшается. Величина энергии, которую ударный генератор может отдать за один импульс тока индуктивной нагрузке, в сильной степени зависит от параметров нагрузки.

$$Q_n = \frac{x_n I_n''^2}{2 \omega}, \quad (3)$$

где

x_n — индуктивное сопротивление нагрузки,

I_n'' — амплитуда сверхпереходного тока при замыкании обмотки статора на нагрузку.

$$I_n'' = \frac{2 U_{m0} k_3}{x_{уд} + x_n}. \quad (4)$$

Величина коэффициента затухания тока остается без изменения, если отношение индуктивного сопротивления нагрузки к ее активному сопротивлению будет равно отношению X_y к активному сопротивлению обмотки статора.

Это допущение можно принять без каких-либо существенных погрешностей. Тогда энергию, передаваемую ударным генератором нагрузке, можно выразить в долях энергии внезапного короткого замыкания генератора. Отношение

$$k_n = \frac{Q_n}{Q_{кз}} = \frac{x_n x_{уд}}{(x_n + x_{уд})^2} \quad (5)$$

назовем коэффициентом нагрузки. Наибольшее значение коэффициент нагрузки принимает при равенстве индуктивного сопротивления нагрузки сопротивлению $X_{уд}$, то есть при работе ударного генератора на согласованную индуктивную нагрузку. В этом случае нагрузке передается энергия, равная 0,25 энергии внезапного короткого замыкания. С уменьшением или увеличением индуктивного сопротивления нагрузки величина электромагнитной энергии, передаваемой нагрузке, уменьшается. Зависимость коэффициента нагрузки от отношения $k_x = \frac{x_n}{x_{уд}}$,

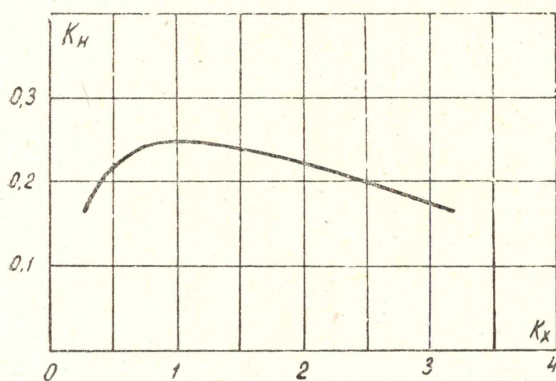


Рис. 1. Зависимость k_n в функции от k_x

построенная согласно выражению (5), представлена на рис. 1.

При этом предполагается, что параметры ударного генератора, в том числе геометрия зубцовой зоны, остаются неизменными для различных нагрузок.

Исследования оптимальной геометрии зубцовой зоны статора ударного генератора из условия получения максимальной энергии в согласованной индуктивной нагрузке выполне-

ны достаточно полно [1, 2]. Представляет интерес рассмотреть, как изменяется оптимальная геометрия зубцовой зоны генератора при отклонении нагрузки от согласованного значения.

С этой целью были выполнены расчеты ряда вариантов исполнения зубцовой зоны статора ударного генератора при изменении отношения ширины зубца к зубцовому шагу $\xi = 0,5 \div 0,8$; высоты паза к его ширине $k_1 = 2 \div 3$, числа пазов на полюс и фазу $q = 4 \div 10$. Величина индуктивного сопротивления нагрузки изменялась от согласованного значения до $2,5x_{уд}$. Геометрия активной части генератора определялась размерами: диаметром рашетки статора 3,9 м, длиной активной части 6 м. Скорость вращения ротора принята постоянной — 750 об/мин; число пар полюсов изменялось от $2p = 8$ до $2p = 2$ и соответственно частота напряжения генератора от 50 гц до 12,5 гц. В качестве примера на рис. 2 представлены зависимости Q и плотности тока в обмотке статора от ξ при $k_1 = 2$ и $q = 6$ для 8- и 2-полюсных ударных генераторов.

Знаком (*) на кривых энергии отмечены точки, в которых плотность тока в обмотке статора достигает 400 а/мм², принятых нами за максимально допустимые. Очевидно, что кривые $Q = f(\xi)$ имеют явно выраженные экстремумы. Для 8-полюсного генератора экстремальные

точки находятся на прямой $\xi=0,69$, а для 2-полюсного на прямой $\xi=0,83$. Если принять для каждого случая экстремальное значение энергии для согласованной нагрузки ($k_x=1$) за единицу, то экстремальные значения энергии при других k_x в долях энергии, принятой за единицу, укладываются на кривой 1 (рис. 3). Характер этой кривой полностью соответствует зависимости $k_H=f(k_x)$ рис. 1.

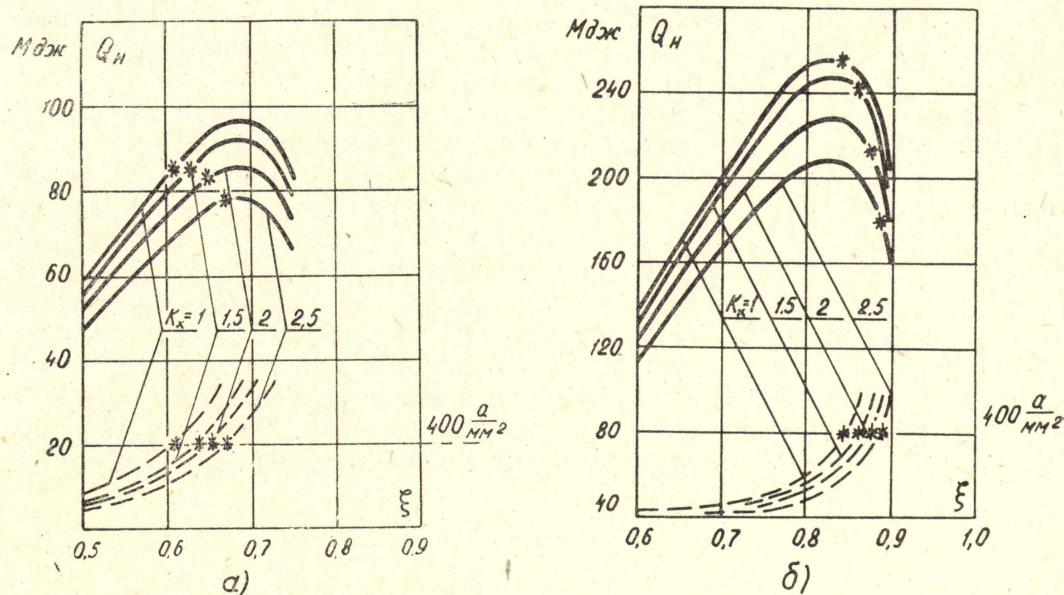


Рис. 2. Зависимость энергии и плотности тока в функции при $k_1=2$ и $q=6$: а) для 8-полюсной машины с $f=50$ гц; б) для 2-полюсной машины с $f=12,5$ гц

При принятом ограничении допустимой плотности тока в обмотке статора для 8-полюсного ударного генератора достижение максимальной энергии невозможно и оптимальная геометрия статора генератора будет определяться значениями, значительно меньшими экстремального,

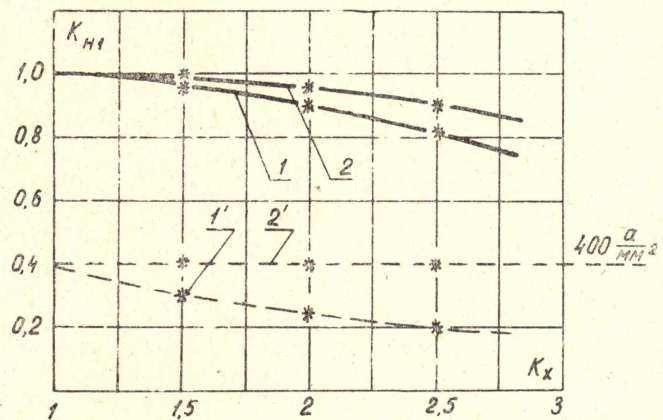


Рис. 3. Зависимость коэффициента

$$k_{H1} = \frac{Q_{H \max}}{Q_{H \max}_{k_x=1}}$$

(кривые 1, 2) и плотности тока (кривые 1' 2') от значения k_x : 1, 1' — для 2-полюсной машины с $f=12,5$ гц; 2, 2' — для 8-полюсной машины с $f=50$ гц

особенно для $k_x = 1$. Уменьшение Q_n для различных значений x_n различно: для согласованной нагрузки оно велико, с увеличением x_n — незначительно. Это приводит к тому, что отношения энергии Q_n при $x_n > x_{уд}$ к энергии при согласованной нагрузке будут лежать выше — кривая 2, рис. 3. Следовательно, оптимальная геометрия зубцовой зоны статора для различных нагрузок будет различна. Для согласованной нагрузки значение $\xi = 0,61$ будет наименьшим. С увеличением x_n оптимальное ξ возрастает, достигая при $x_n = 2,5 x_{уд}$ значения $\xi = 0,67$. В соответствии с этим, например, для $x_n = 2,5 x_{уд}$ энергия увеличивается от 70 Мдж при $\xi = 0,61$ до 79 Мдж при $\xi = 0,67$, то есть на 13%.

При уменьшении частоты генератора картина распределения $Q_n = f(\xi)$ и $j = f(\xi)$ постепенно меняется. При наименьшей частоте $f = 12,5$ гц ($2p = 2$), при выполнении генератора в габаритах восьмиполюсного, точки $Q_{n(*)}$ с допустимой плотностью тока перемещаются за экстремальное ξ . Поэтому оптимальная геометрия зубцовой зоны статора будет определяться для всех k_x одним и тем же значением экстремального ξ , равного в данном случае 0,83. Отношение энергий, как указывалось выше, лежит на кривой 1 (рис. 3). Однако плотность тока в обмотке статора при $x > x_{уд}$ значительно уменьшается, кривая 1', рис. 3. Например, при $k_x = 2,5$ плотность тока снижается вдвое относительно допустимой (достигая всего 200 а/мм²). Это позволяет увеличить число циклов работы ударного генератора в единицу времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Сипайлов, К. А. Хорьков, В. З. Хорькова, В. С. Баклин, В. И. Андреев. К выбору геометрии зубцовой зоны статора ударного генератора. Изв. ТПИ, т. 211, 1970.

Г. А. Сипайлов, К. А. Хорьков, В. З. Хорькова, В. С. Баклин, В. И. Андреев. К выбору геометрии зубцовой зоны статора многополюсного ударного генератора. Изв. ТПИ, т. 229, 1972.