

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ РАБОТЕ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ НА АКТИВНУЮ НАГРУЗКУ

А. В. ЛООС, Ю. А. РОМАНОВ, В. Ф. СЕРГЕЕВ, Г. А. СИПАЙЛОВ

Исследования работы асинхронного генератора в импульсном режиме на активную и индуктивную нагрузки, выполненные на экспериментальной установке и на АВМ по полной системе дифференциальных уравнений, показали, что анализ работы машины целесообразно вести без учета возбуждающей емкости по схеме замещения, состоящей из последовательно соединенных синусоидальных э. д. с. $E_m \sin \omega t$, активного сопротивления R_a , индуктивного сопротивления генератора x'_a [1, 2].

Выражение для тока в общем случае может быть найдено как

$$i_n = \frac{E_m}{\sqrt{(R_a + R_n)^2 + (x'_a + x_n)^2}} \left[\sin(\omega t - \varphi) + \sin \varphi \cdot e^{-\frac{t}{T'_a}} \right], \quad (1)$$

$$\text{где } \varphi = \arctg \frac{x'_a + x_n}{R_a + R_n}, \quad T'_a = \frac{x'_a + x_n}{\omega [R_a + R_n]}.$$

Одной из важнейших задач исследований работы асинхронного ударного генератора на нагрузку является определение согласованного сопротивления при активном ее характере. Анализ уравнения (1) и экспериментальные исследования показали, что выражение для тока может быть аппроксимировано следующей функцией:

$$i_n = \frac{E_m}{\sqrt{(x'_a)^2 + (R_a + R_n)^2}} \sin 0,835 \omega t. \quad (2)$$

Мгновенная мощность в нагрузке R_n :

$$P_n = i_n^2 R_n = \frac{E_m^2 R_n}{(x'_a)^2 + (R_a + R_n)^2} \sin^2 0,835 \omega t. \quad (3)$$

Определим оптимальное сопротивление нагрузки из условия передачи в нее максимальной мощности:

$$\frac{\partial P_n}{\partial R_n} = 0. \quad (4)$$

Решение уравнения (4) относительно R_n имеет вид:

$$R_n = \sqrt{R_a^2 + (x'_a)^2} = z'_a. \quad (5)$$

Следовательно, при равенстве сопротивления нагрузки и полного сопротивления генератора ударная мощность имеет максимальное значение:

$$P_{уд} = \frac{E_m^2 \cdot \kappa_E^2}{2z_a}, \quad (6)$$

где κ_E — коэффициент затухания э. д. с.
Габаритная мощность однофазной машины

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 0,5 U_{m1} \cdot I_{m1}. \quad (7)$$

Отношение ударной и габаритной мощностей машины:

$$\kappa_p = \frac{P_{уд}}{P_1} = \frac{E_m^2 \cdot \kappa_E^2}{2z_a} \cdot \frac{1}{0,5 U_{m1} \cdot I_{m1}}. \quad (8)$$

Принимая $U_{m1} = E_m$, что вполне допустимо, получаем:

$$\kappa_p = \kappa_E^2 \cdot \kappa_{уд}, \quad (9)$$

где $\kappa_{уд} = \frac{1}{z_a}$ — коэффициент кратности ударного тока.

Таким образом, связь между габаритной и ударной мощностью устанавливается выражением

$$P_{уд} = \kappa_p \cdot P_1 = \frac{\kappa_E^2}{z_a} P_1. \quad (10)$$

Сравним энергетические характеристики асинхронного генератора, работающего на активную и индуктивную нагрузки.

При внезапном коротком замыкании на зажимах статора ударный ток с учетом его апериодической составляющей можно выразить как

$$I_{уд} = \frac{2E_m \cdot \kappa_E}{x_a}. \quad (11)$$

При подключении согласованной нагрузки и достаточно малой емкости максимальный всплеск тока нагрузки может быть определен из соотношения

$$I_n = \frac{E_m \cdot \kappa_E}{x_a}, \quad (12)$$

при этом энергия нагрузки рассчитывается по выражению

$$W_L = 0,5 L_n \cdot I_n^2 = \frac{0,5 E_m^2 \cdot \kappa_E^2}{\omega x_a}. \quad (13)$$

Энергия, передаваемая в активную нагрузку за время импульса тока, равна:

$$W_R = \int_0^{\frac{\pi+\varphi}{\omega}} u \cdot i \cdot dt = \frac{E_m^2 \cdot R_n \cdot 0,6\pi}{[(x_a')^2 + (R_n + R_a)^2] \cdot \omega}, \quad (14)$$

Из полученных соотношений определяем кратность энергии, передаваемой генератором в активную и индуктивную нагрузки

$$\kappa_n = \frac{W_R}{W_L} = \frac{R_n \cdot x_a'}{(x_a')^2 + (R_n + R_a)^2} \cdot \frac{1,2\pi}{\kappa_E^2 \cdot \kappa_{уд}^2}. \quad (15)$$

Как показывает анализ выражения (15), возможные значения κ_n лежат в пределах (2÷2,5). Таким образом, при активной нагрузке использование генератора в два раза выше, чем при индуктивной.

Проведенные теоретические исследования хорошо согласуются с результатами экспериментов. Испытуемый асинхронный генератор имел параметры в относительных единицах:

$$x_a = 1; \quad x'_a = 0,047; \quad R_a = 0,026; \quad x_{cs} = 0,035; \quad T_r = 56,5 \text{ рад.}$$

На рис. 1 приведены зависимости энергии в активной и индуктивной нагрузках при различных ее сопротивлениях. Из сравнения кривых 1 и

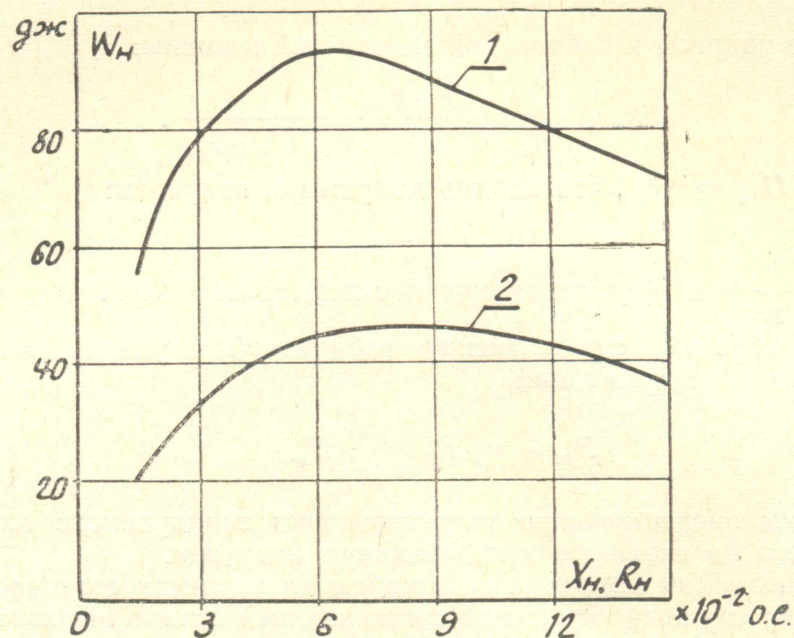


Рис. 1

2, соответствующих активной (1) и индуктивной (2) нагрузкам, видно, что в активной нагрузке энергия в два раза больше, чем в индуктивной.

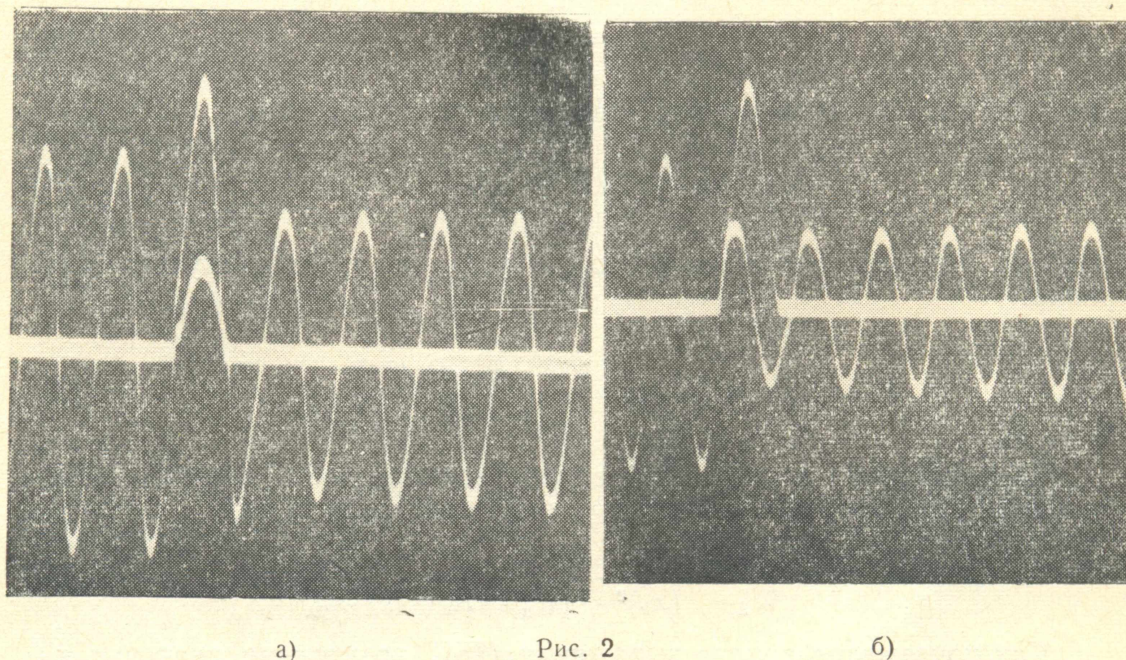


Рис. 2

На рис. 2 приведены осциллограммы напряжения генератора и тока в активной (а) и индуктивной (б) нагрузках.

Таким образом, данные эксперимента находятся в соответствии с теоретическими выводами. Выражения, полученные для тока, мощности и энергии асинхронного генератора, позволяют определить габаритную мощность машины для создания требуемой энергии в нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Романов, Г. А. Сипайлов. Анализ работы асинхронного ударного генератора с применением АВМ. «Известия ТПИ», т. 212, 1970.
 2. Ю. А. Романов, Г. А. Сипайлов, А. В. Лоос, В. Ф. Сергеев. Импульсный режим работы асинхронного генератора на активную нагрузку. «Известия ТПИ», настоящий сборник.
-