

О КОЭФИЦИЕНТЕ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ШУНТОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Л. И. ГАНДЖА

Одним из наиболее распространённых методов определения коэффициента полезного действия шунтовых двигателей постоянного тока является метод холостого хода. Являясь достаточно точным, этот метод имеет перед прочими то несомненное преимущество, что обладает наибольшей простотой.

Если шунтовой двигатель вращается вхолостую, то вся подводимая к нему мощность (рис. 1) расходуется на потери в нем, равные потерям холостого хода:

$$P_{xx} = U_n \cdot I_0. \quad (1)$$

С другой стороны, потери холостого хода или подводимую к двигателю мощность при холостом ходе его можно выразить следующим образом:

$$P_{xx} = P_{мех} + P_{желез} + U_n i_{вн} + I_{ао}^2 \cdot r_d, \quad (2)$$

где

$P_{мех}$ — механические потери,

$P_{желез}$ — то же железные,

$U_n i_{вн}$ — потери в обмотке возбуждения при номинальном токе возбуждения и номинальном напряжении сети,

$I_{ао}^2 r_d$ — джаулевы потери при холостом ходе в цепи якоря двигателя, сопротивление которой равно полному внутреннему сопротивлению двигателя.

Поскольку естественная механическая характеристика шунтового двигателя жесткая, можно считать, что при мало изменяющейся при изменении нагрузки скорости двигателя сумма первых трех членов в выражении (2) практически остается постоянной. Обозначая эту сумму через

$$P_c = P_{мех} + P_{желез} + U_n \cdot i_{вн} = const, \quad (3)$$

где P_c — постоянные потери, получим из выражения (2):

$$P_{xx} = P_c + I_{ао}^2 \cdot r_d. \quad (4)$$

При всякой иной нагрузке, отличной от холостого хода, потери в двигателе будут равны:

$$P_{нагр} = P_c + I_a^2 \cdot r_d. \quad (5)$$

Тогда коэффициент полезного действия шунтового двигателя будет равен:

$$\eta = \frac{U_n \cdot I - P_{нагр}}{U_n \cdot I} = \frac{U_n \cdot I - (P_c + I_a^2 \cdot r_d)}{U_n \cdot I}; \quad (6)$$

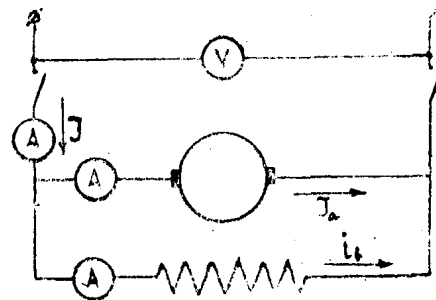


Рис. 1

здесь:

$U_n \cdot I$ — подведенная к двигателю мощность при нагрузке и номинальном напряжении сети,

I_a — ток в якоре при нагрузке двигателя.

Подсчёт к. п. д. по выражению (6) требует знания постоянных потерь P_c , которые определяются при опыте холостого хода из выражения (4):

$$P_c = P_{xx} - I_{a0}^2 r_{\partial} = U_n \cdot I_0 - I_{a0}^2 r_{\partial}. \quad (7)$$

В ряде случаев бывает необходимо быстро получить значение к. п. д. двигателя.

Путем незначительных преобразований выражения (6) может быть получена формула для к. п. д. двигателя, обладающая той же степенью

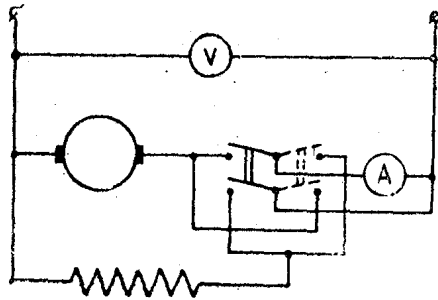


Рис. 2

точности, позволяющая построить кривую к. п. д. двигателя в функции тока якоря и требующая знания только показаний амперметра. При этом схема опыта, представленная на рис. 1, может быть упрощена путём применения только одного амперметра для измерения тока якоря и тока возбуждения и двухполюсного переключателя вместо рубильника (рис. 2). Нетрудно видеть, что при одном положении переключателя измеряется ток в якоре двигателя, а при другом — ток в его об-

мотке возбуждения. Преобразуем выражение (6), заменив в нем P_c согласно уравнению (7).

$$\eta = \frac{U_n \cdot I - (P_c + I_a^2 r_{\partial})}{U_n \cdot I} = \frac{U_n \cdot I - [P_{xx} - I_{a0}^2 r_{\partial} + I_a^2 r_{\partial}]}{U_n \cdot I};$$

подставляя, далее, вместо P_{xx} ее значение из уравнения (1) и имея в виду, что $I_0 = I_{a0} + i_{вн}$,

получим:

$$\eta = \frac{U_n \cdot I - [U_n (I_{a0} + i_{вн}) - I_{a0}^2 r_{\partial} + I_a^2 r_{\partial}]}{U_n \cdot I} \quad \text{или, так как}$$

$$I = I_a + i_{вн},$$

$$\eta = \frac{U_n (I_a + i_{вн}) - U_n I_{a0} - U_n \cdot i_{вн} + I_{a0}^2 r_{\partial} - I_a^2 r_{\partial}}{U_n (I_a + i_{вн})} =$$

$$= \frac{U_n \cdot I_a + U_n \cdot i_{вн} - U_n I_{a0} - U_n \cdot i_{вн} + I_{a0}^2 r_{\partial} - I_a^2 r_{\partial}}{U_n (I_a + i_{вн})} = \frac{U_n (I_a - I_{a0}) - (I_a^2 - I_{a0}^2) r_{\partial}}{U_n (I_a + i_{вн})} =$$

$$= \frac{U_n \cdot (I_a - I_{a0}) - (I_a - I_{a0}) (I_a + I_{a0}) r_{\partial}}{U_n (I_a + i_{вн})},$$

или окончательно:

$$\eta = \frac{(I_a - I_{a0}) [U_n - (I_a + I_{a0}) r_{\partial}]}{U_n (I_a + i_{вн})}. \quad (8)$$

Придадим формуле (8) еще другой вид, выражая все величины, входящие в нее, в процентах, тогда

$$\eta = \frac{(I_a - I_{a0}) [U_n - (I_a + I_{a0}) r_{\partial}]}{U_n (I_a + i_{вн})} = \frac{(I_a - I_{a0}) [1 - \frac{I_a + I_{a0}}{U_n} r_{\partial}]}{I_a + i_{вн}}.$$

Вводя в полученное выражение номинальное сопротивление, принимаемое за 100% и равное

$$R_n = \frac{U_n}{I_n},$$

получим:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{(I_a - I_{a0}) \left[1 - \frac{(I_a + I_{a0})}{U_n} r_{\partial} \frac{R_n}{R_n} \cdot \frac{100}{100} \right]}{I_a + i_{вн}} \\ &= \frac{(I_a - I_{a0}) \left[1 - \frac{(I_a + I_{a0})}{I_n} \frac{r_{\partial}^{0\%}}{100} \right]}{I_a + i_{вн}} = \frac{(I_a - I_{a0}) \left[1 - \frac{(I_a + I_{a0})}{I_n} \frac{r_{\partial}^{0\%}}{100} \cdot \frac{100}{100} \right]}{I_n + i_{вн}} \\ &= \frac{\frac{I_a - I_{a0}}{I_n} \cdot \frac{100}{100} \left[1 - (I_a^{0\%} + I_{a0}^{0\%}) \frac{r_{\partial}^{0\%}}{10^4} \right]}{\frac{I_a + i_{вн}}{I_n} \cdot \frac{100}{100}} \\ &= \frac{(I_a^{0\%} - I_{a0}^{0\%}) \left[\frac{1}{10^6} \left[10^4 - (I_a^{0\%} + I_{a0}^{0\%}) r_{\partial}^{0\%} \right] \right]}{\left(\frac{I_a + i_{вн}}{I_n} \right) \frac{100}{100}} \\ &= \frac{(I_a^{0\%} - I_{a0}^{0\%}) [10^4 - (I_a^{0\%} + I_{a0}^{0\%}) r_{\partial}^{0\%}]}{(I_a^{0\%} + i_{вн}^{0\%}) 10^4} \end{aligned}$$

или окончательно:

$$\eta^{0\%} = \frac{(I_a^{0\%} - I_{a0}^{0\%}) [10^4 - (I_a^{0\%} + I_{a0}^{0\%}) r_{\partial}^{0\%}]}{(I_a^{0\%} + i_{вн}^{0\%}) \cdot 10^4} \quad (9)$$

Выражением (9) удобнее пользоваться при расчёте электропривода, где обычно все величины выражаются в процентах от номинальных значений.

Величина $r_{\partial}^{0\%}$ может быть измерена, взята из каталожных данных или, наконец, может быть определена из естественной характеристики двигателя (рис. 3), как

$$r_{\partial}^{0\%} = \Delta n^{0\%}$$

при номинальном моменте. В подтверждение правильности полученной формулы (9) на рис. 4 приведена кривая $\eta^{0\%} = f(I_a^{0\%})$, снятая по опыту холостого хода для машины:

№ 1376 тип НПЗО

Динамо	Мотор
115 в	110 в
30,5 а	31 а
1730 об/м	1180 об/м
3,5 квт	3,7 л. с.

Внутреннее сопротивление этой машины равно $r_d = 0,154 \text{ ома}$. Кривая (рис. 4) была получена методом, описанным в начале данной работы и в литературе [1], предполагающим определение постоянных потерь P_c . Расчёты, проведенные по (9), дали ту же кривую, что и на рис. 4.

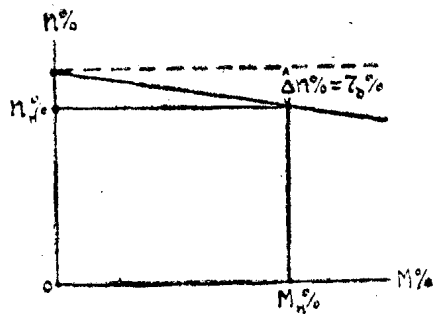


Рис. 3

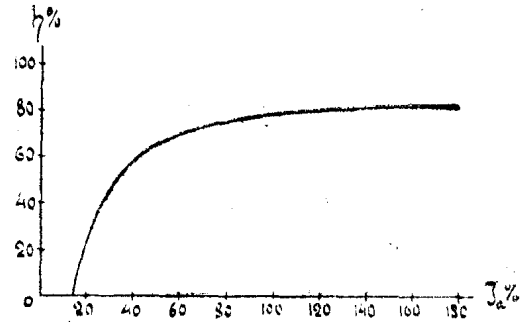


Рис. 4

Очевидно, что формула (9) может быть использована и в том случае, если режим двигателя отличается от номинального. В этом случае вместо U_n и i_{0n} должны быть подставлены их действительные значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов М. Ф. — Краткое руководство к лабораторным занятиям по курсу электрических машин, Томск, 1940.