

УДК 621.313

## УСЛОВИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ковалев Ю.З., Ковалев А.Ю., Солодянкин А.С., Ряхина Е.Ю.  
НОУ ВПО Академический институт прикладной энергетики  
Нижевартовск, Россия

**Рассматривается задача согласования каталожных данных на асинхронные двигатели из условия физической реализуемости механической характеристики, построенной применительно к Т-образной схеме замещения с последовательным контуром намагничивания.**

**Ключевые слова:** асинхронные двигатели, схемы замещения, каталожные данные.

Механическая характеристика как зависимость момента двигателя  $M$  от скольжения  $S$  для Т – образной схемы замещения имеет следующий общий вид

$$\frac{M}{M_n} = \frac{k_m S_k S(2+I)}{S^2 + I S_k S + S_k^2} \quad (1)$$

Здесь  $M_n$  - номинальный момент,  $k_m$  - кратность максимального момента,  $S_k$  - критическое скольжение,  $I$  - параметр. Критическое скольжение  $S_k$  и параметр  $I$  определяются выражениями

$$S_k = \frac{S_n k_m (1 - k_p) + (1 - S_n) \sqrt{S_n k_p (k_m - 1)(k_m - k_p)}}{(k_m - k_p) - S_n k_p (k_m - 1)}, \quad (2)$$

$$I = \frac{(1 + S_k^2) k_p - 2 S_k k_m}{S_k (k_m - k_p)}, \quad (3)$$

где  $k_p$  - кратность пускового момента,  $S_n$  - номинальное скольжение.

Из уравнений (1), (2), (3) следует, что механическая характеристика может быть построена на основании трех каталожных данных:  $S_n$ ,  $k_p$ ,  $k_m$ . При этом возникает вопрос – может ли быть построена физически реализуемая Т – образная схема замещения (т.е. имеющая не отрицательные и не бесконечно большие параметры  $r_0$ ,  $x_0, r_1$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $r_2$ ) по каталожным данным? Для ответа на этот фундаментальный вопрос установим область определения механической характеристики (1).

Из (1) следует, что числитель выражения (1)  $k_m S_k S(2+I)$  обращается в ноль при единственном значении скольжения  $S=0$ , знаменатель при этом не равен нулю  $S_k^2 \neq 0$  и поэтому момент обращается в ноль  $M=0$ ,  $S=0$ . При других значениях скольжения модуль числителя (1) ограничен по величине  $|k_m S_k S(2+I)| < +\infty$ ,  $S \neq \infty$  и поэтому условие физической реализуемости сводится к установлению условий, при которых знаменатель (1) имеет комплексно-сопряженные корни. Известно, что в таком случае дискриминант уравнения

$$S^2 + I \cdot S_k \cdot S + S_k^2 = 0$$

должен быть отрицательным

$$D = (IS_k)^2 - 4S_k^2 = S_k^2(I^2 - 4) < 0 \tag{4}$$

Уравнение границы, отделяющей область значений  $S_n, k_p, k_m$ , в которой условие физической реализуемости выполняется, от области значений каталожных данных, в которых условие физической реализуемости не выполняется, вытекает из неравенства (4)

$$(I^2 - 4) = (I - 2)(I + 2) = 0, I = 2. \tag{5}$$

Рассматривая (3) и (5) совместно, получаем выражение

$$k_p < \frac{4S_n}{4S_n + ((1 - S_n)\sqrt{k_m} - (1 + S_n)\sqrt{k_m - 1})^2} \tag{6}$$

которое и есть суть условие физической реализуемости механической характеристики.

Результаты анализа условия (6) для двигателей единой серии асинхронных взрывозащищенных электродвигателей ВАО [1] показаны на рис.1 – рис. 5. На рис.1 указаны механические характеристики для двух случаев – условие физической реализуемости выполняется (ВАО01-2) и не выполняется (ВАО51-2). В первом слу-

чае механическая характеристика определена на всей оси скольжений  $S$  и трех режимов работы – генераторного, двигательного и тормозного. Во втором случае механическая характеристика имеет разрывы непрерывности второго рода (что является следствием невыполнимости условия физической реализуемости (6)), определена на полуоси скольжений  $S \geq 0$  и двух режимов работы – двигательного и тормозного.

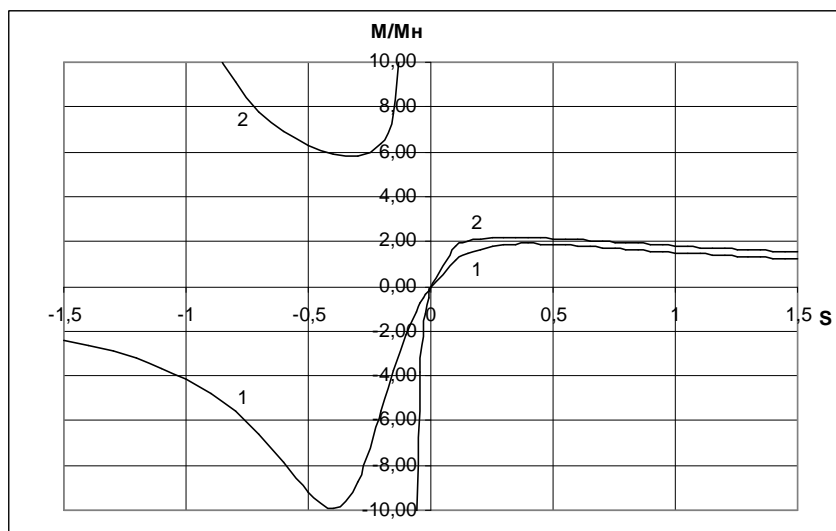
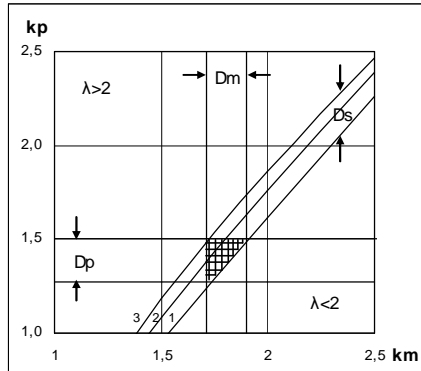
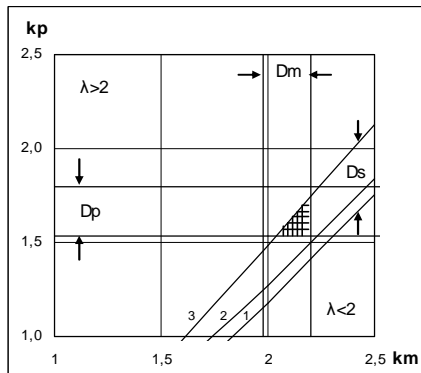


Рис. 1. Механические характеристики АД. 1 – ВАО01-2; 2 - ВАО51-2

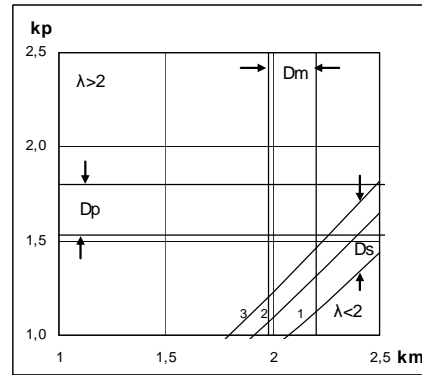
На рис.2 – рис. 5  $D_s, D_p, D_m$  - области допустимых значений  $S_n, k_p, k_m$  по стандартам ГОСТ28 – 173 (МЭК 60034–1). Пересечение этих областей определяет область (на рисунках заштрихована), в которой любые по выбору соотношения  $S_n, k_p, k_m$  удовлетворяют условию физической реализуемости (6).



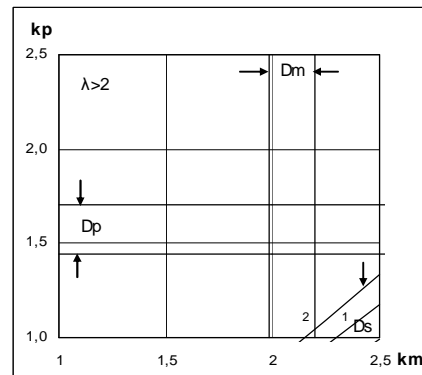
**Рис. 2.** Области физической реализуемости механических характеристик двигателей BAO01-2, BAO02-2. 1 –  $S_n = 0,067$ ; 2 –  $S_n = 0,083$ ; 3 –  $S_n = 0,1$ .  $D_m, D_p$  – диапазоны допустимого изменения  $k_m, k_p$  по ГОСТ 28 – 173 (МЭК 60034 - 1)



**Рис. 3.** Области физической реализуемости механических характеристик двигателей BAO11-2, BAO12-2, BAO21-2, BAO22-2 1 –  $S_n = 0,139$ ; 2 –  $S_n = 0,170$ ; 3 –  $S_n = 0,20$ .  $D_m, D_p$  – диапазоны допустимого изменения  $k_m, k_p$  по ГОСТ 28 – 173 (МЭК 60034 - 1)



**Рис. 4** Области физической реализуемости механических характеристик двигателей BAO31-2, BAO32-2, BAO41-2, BAO42-2. 1 –  $S_n = 0,101$ ; 2 –  $S_n = 0,125$ ; 3 –  $S_n = 0,15$ .  $D_m, D_p$  – диапазоны допустимого изменения  $k_m, k_p$  по ГОСТ 28 – 173 (МЭК 60034 - 1)



**Рис. 5.** Области физической реализуемости механических характеристик двигателя BAO51-2. 1 –  $S_n = 0,062$ ; 2 –  $S_n = 0,077$ ; 3 –  $S_n = 0,090$ .  $D_m, D_p$  – диапазоны допустимого изменения  $k_m, k_p$  по ГОСТ 28 – 173 (МЭК 60034 - 1)

### Выводы

1. Как правило, каталожные данные на асинхронные двигатели не согласованы между собой и не отвечают физической реализуемости по отношению к линейной T – образной схеме замещения (условие (6) не выполняется).

2. Допускаемые стандартами ГОСТ 28 – 173 (МЭК 60034 - 1) отклонения от каталожных данных расширяют набор двигателей, модели которых удовлетворяют условиям физической реализуемости (6).

Однако и в этом случае для ряда двигателей каталожные данные не согласуются.

3. Поскольку условия согласования всегда выполняются для  $S > 0$ , т.е. для двигательного и тормозного режимов, применение Т – образной схемы замещения для этих режимов обосновано. Моделирование

же генераторного режима требует отдельного обоснования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волкова Н.Н., Каик В.В. Единая серия асинхронных взрывозащищенных электродвигателей ВАО. – М., «Энергия», 1968. 208 с. с илл.

### THE CONDITION OF PHYSICAL REALIZATION OF ASYNCHRONOUS MOTORS MATHEMATICAL MODELING

Kovalev Yu.Z., Kovalev A.Yu., Solodyankin A.S., Ryakhina E.Yu.

*Academic institute of applied energy, Nizhnevartovsk  
Nizhnevartovsk, Russia*

This article dwells on the agreement of the asynchronous motor catalogue data from the condition physical realization of the mechanical description, founded on the applied Т – replacement scheme with the consecutive magnetizing contour.

Keywords: asynchronous motors, replacement scheme, catalogue data.