

УДК 631.363

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ-РАБОЧАЯ МАШИНА» НА ТЕПЛОВЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПУСКЕ ДВИГАТЕЛЯ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Стойчев Д.В., аспирант*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – работа посвящена проведению анализа влияния параметров системы «электродвигатель - рабочая машина» на тепловые переходные процессы при пуске электродвигателя.

Ключевые слова – пуск электродвигателя, переходный процесс, электромеханическая постоянная времени, система «электродвигатель - рабочая машина».

Постановка проблемы. В условиях соизмеримой мощности самым неблагоприятным режимом работы асинхронного электродвигателя является пусковой, сопровождающийся затяжным пуском и, как следствие, повышенными температурными режимами.

Эти условия характеризуются, прежде всего, значительным понижением напряжения при пуске, что может привести к затяжным или несостоявшимся пускам. Поэтому исследование электромеханических и тепловых процессов при пуске асинхронных двигателей привода рабочих машин основных классов при пониженном напряжении представляет как теоретический, так и практический интерес.

Анализ последних достижений. Влиянию параметров системы «электродвигатель - рабочая машина» на переходные процессы уделено ещё недостаточное внимание [1,2,3].

Формулировка целей статьи. Поэтому в задачу проведения анализа входит нахождение зависимостей параметров переходного процесса от параметров системы «электродвигатель - рабочая машина» при пуске электродвигателя.

Основная часть. Исследуем зависимость электромеханической постоянной времени системы «электродвигатель - рабочая машина» T , времени пуска электродвигателя t , скольжения электродвигателя s ,

* Научный руководитель – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

© к.т.н. Овчаров С.В., аспирант Стойчев Д.В.

действующего значения силы пускового электрического тока I_{Π} , импульса квадрата действующего значения пускового электрического тока Π , максимального превышения температуры обмотки при пуске τ_m , скорости нарастания температуры обмотки $d\tau/dt$ в функции момента инерции системы I , технических данных электродвигателя: M_H , ω_M , ω_K , ω_H , M_{Π} , M_M , M_K ; технических данных рабочей машины: ω_H , $M_{с.н}$, M_0 ; кратности приложенного к электродвигателю напряжения k_U , кратности загрузки рабочей машины k_3 .

Количественный анализ проведем на примере электродвигателя типоразмера 4A100S2Y3 со следующими каталожными данными[4]:

$P_{2H} = 4$ кВт; $\eta_H = 0,865$; $\cos\varphi_H = 0,89$; $R_1' = 1,509$ Ом; $X_1' = 1,537$ Ом; $R_2'' = 1,006$ Ом, $X_2'' = 2,767$ Ом; $R_1 = 1,485$ Ом; $X_1 = 1,513$ Ом, $X_{\mu} = 95$ Ом; $U_H = 220$ В; $s_H = 0,033$; $s_K = 0,28$; $s_M = 0,8$; $m_{\Pi} = 2,0$; $m_M = 1,6$; $m_K = 2,5$.

Выражение электромеханической постоянной времени T_1 на первом участке разгона электродвигателя [5]

$$T_1 = \frac{I\omega_M}{k_U^2 M_H (m_{\Pi} - m_M)}, \quad (1)$$

где I – момент инерции системы «электродвигатель – рабочая машина», кг.м²;

ω_M – минимальная угловая скорость электродвигателя, рад/с;

k_U – кратность подводимого к электродвигателю напряжения;

M_H – номинальный момент электродвигателя, Н.м;

m_{Π} – относительный пусковой момент $\frac{M_{\Pi}}{M_H}$;

m_M – относительный минимальный момент $\frac{M_M}{M_H}$.

Анализ выражения (1) показывает, что она определяется как параметрами двигателя: M_H , ω_M , m_{Π} , m_M , так и параметром системы «электродвигатель-рабочая машина» I , а так же кратностью приложенного к двигателю напряжения k_U .

Исследуем количественно зависимости электромеханической постоянной времени T_1 и времени разгона электродвигателя на первом участке в функции параметра системы I/M_H и кратности приложенного напряжения k_U при заданном коэффициенте загрузки рабочей машины k_3 .

Определяем номинальный момент, развиваемый электродвигателем, а также минимальную угловую скорость:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H}, \quad (2)$$

$$\omega_H = \omega_0(1 - s_H), \quad (3)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60}, \quad (4)$$

$$\omega_M = \omega_0(1 - s_M), \quad (5)$$

где n_0 – синхронная скорость вращения вала электродвигателя, об/мин.

Подставив значения физических величин, находим:

$$\omega_0 = 314 \text{ рад/с}; \omega_H = 304 \text{ рад/с}; \omega_M = 62,8 \text{ рад/с}; M_H = 13,17 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Принимаем значения параметра I/M_H в пределах от 0,05 до 0,5 с^2 значения коэффициента приложенного напряжения k_U в пределах от 1,1 до 0,8, значение коэффициента загрузки рабочей машины k_3 принимаем равным единице. Рассчитываем значения электромеханической постоянной времени T_1 по формуле (1).

Рассчитываем значения времени разгона электродвигателя на первом участке t_1 по формуле [5]:

$$t_1 = T_1 \ln \frac{k_U^2 m_{II} - k_3}{k_U^2 m_M - k_3}, \quad (6)$$

где k_3 – коэффициент загрузки рабочей машины.

Результаты расчетов заносим в таблицу 1 и представляем графически (рис. 1, рис. 2).

Таблица 1 – Результаты расчетов

$\frac{I}{M_H}, \text{с}^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	k_U	k_3
$T_1, \text{с}$	12,3	24,5	36,8	49,0	61,3	73,6	85,9	98,1	110,4	122,6	0,8	1
$\ln \frac{k_U^2 m_{II} - k_3}{k_U^2 m_M - k_3}$	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	0,8	1
$t_1, \text{с}$	32,4	64,8	97,1	129,5	161,9	194,3	266,7	259,0	291,4	323,8	0,8	1
$T_1, \text{с}$	10,9	21,7	32,6	43,5	54,3	65,2	76,1	86,9	97,8	108,7	0,85	1

Продолжение таблицы 1

$\frac{I}{M_H}, c^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	K_U	K_3
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	0,85	1
t_1, c	11,9	23,7	35,5	47,4	59,2	71,1	82,9	94,7	106,6	118,4	0,85	1
T_1, c	9,7	19,4	29,1	38,8	48,2	58,1	67,8	77,5	87,2	96,9	0,9	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,9	1
t_1, c	7,1	14,1	21,2	28,3	35,2	42,5	49,5	56,6	63,7	77	0,9	1
T_1, c	8,7	17,4	26,1	34,8	43,5	52,2	60,9	69,6	78,3	80,7	0,95	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,95	1
t_1, c	5,2	10,4	15,7	20,9	26,1	31,3	36,5	41,8	47	52,2	0,95	1
T_1, c	7,9	15,7	23,6	31,4	39,3	47,8	55	62,8	70,7	78,5	1	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	1	1
t_1, c	4	8	12	16	20	24,4	28	32	36	40	1	1
T_1, c	7,1	14,2	21,4	28,5	35,6	42,7	49,8	57	64,1	71,2	1,05	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	1,05	1
t_1, c	3,3	6,6	9,8	13,1	16,4	19,7	22,9	26,2	29,5	32,8	1,05	1
T_1, c	6,5	13	19,5	26	32,5	38,9	45,4	51,9	58,4	64,9	1,1	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	1,1	1
t_1, c	2,7	5,3	8	10,6	13,3	16	18,8	21,3	23,9	26,6	1,1	1
T_1, c	5,9	11,9	17,8	23,7	29,7	35,6	41,5	47,5	53,4	59,4	1,15	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	1,15	1
t_1, c	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,1	1,15	1

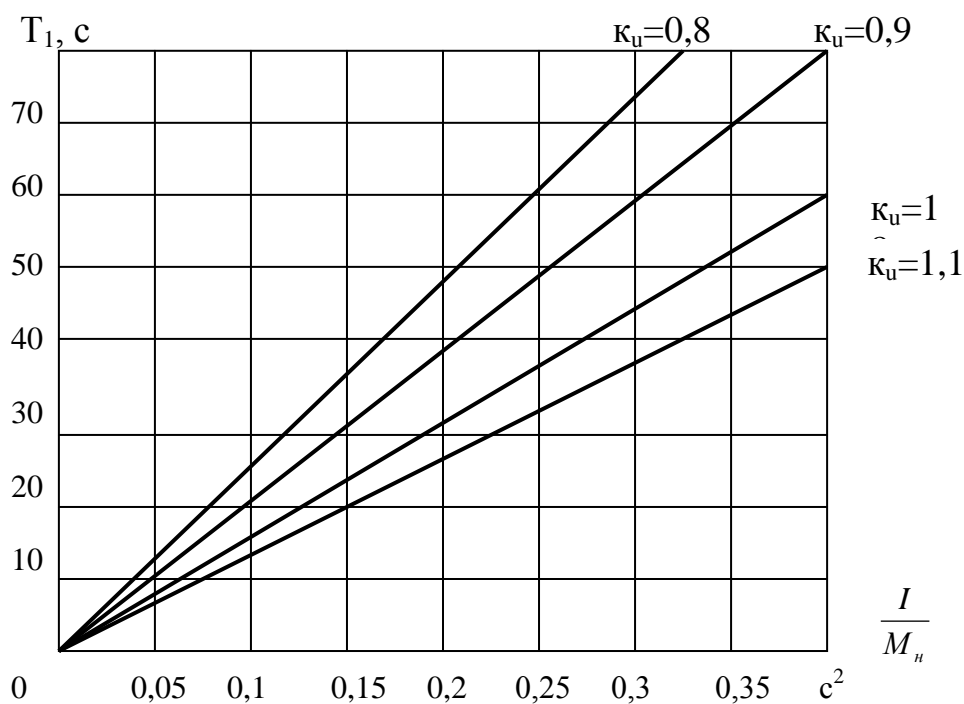


Рис. 1. Зависимость электромеханической постоянной времени T_1 в функции $\frac{I}{M_n}$ при $k_3 = 1$

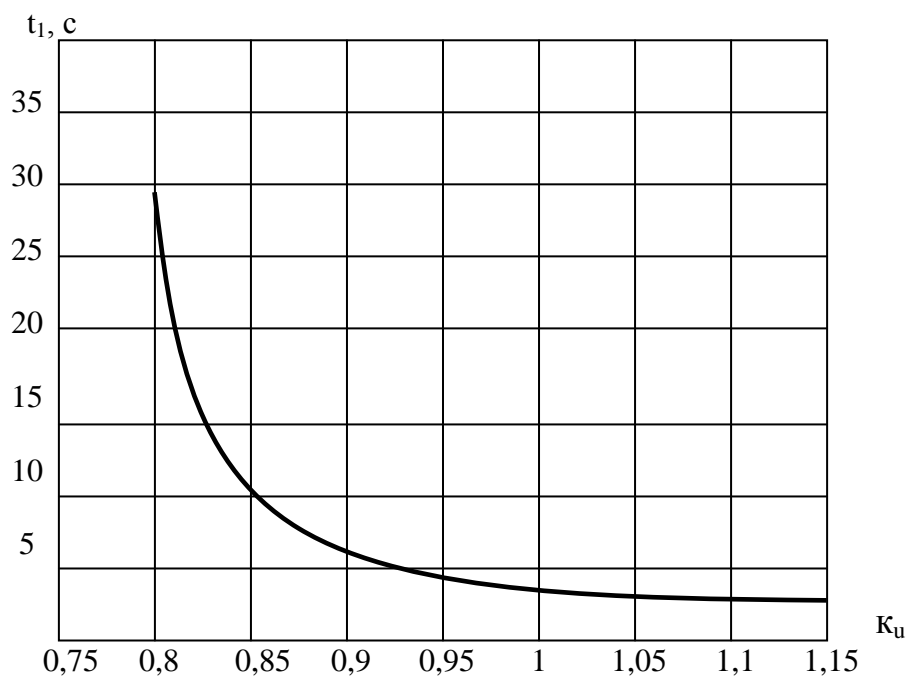


Рис. 2. Зависимость времени разбега электродвигателя на первом участке в функции k_u при $\frac{I}{M_n} = 0,05$ и $k_3 = 1$

Исследуем переходный процесс на втором участке разгона электродвигателя.

Рассчитываем значения электромеханической постоянной времени T_2 по формуле [5]:

$$T_2 = \frac{I(\omega_k - \omega_M)}{\kappa_U^2 M_H (m_k - m_M)}, \quad (7)$$

где ω_k – критическая угловая скорость, рад/с;

m_k – относительный критический момент $\frac{M_k}{M_H}$.

Рассчитываем значения времени разгона электродвигателя на втором участке t_2 по формуле [5]:

$$t_2 = T_2 \ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3} \quad (8)$$

Принимаем значения параметра I/M_H в пределах от 0,05 до 0,5 с², значения коэффициента приложенного напряжения κ_u в пределах от 1,1 до 0,8, значение коэффициента загрузки рабочей машины κ_3 принимаем равным единице. Результаты расчетов заносим в таблицу 2 и представляем графически (рис. 3, рис. 4).

Таблица 2 – Результаты расчетов

$\frac{I}{M_H}, \text{с}^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_u	κ_3
$T_2, \text{с}$	14,2	28,4	42,5	56,7	70,1	85,1	99,2	113,4	127,5	141,8	0,8	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	0,8	1
$t_2, \text{с}$	45,7	91,3	137	182,6	228,2	273,9	319,5	365,2	410,6	456,4	0,8	1
$T_2, \text{с}$	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,3	87,9	100,5	113	125,6	0,85	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	0,85	1
$t_2, \text{с}$	20,6	41,2	61,8	82,4	103	123,6	144,2	164,7	185,3	205,9	0,85	1
$T_2, \text{с}$	11,2	22,4	33,6	44,8	56	67,2	78,4	89,6	100,8	112	0,9	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	0,9	1
$t_2, \text{с}$	13,9	27,8	41,7	55,6	69,4	83,3	97,2	111,1	125	138,9	0,9	1

Продолжение таблицы 2

$\frac{I}{M_H}, c^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_u	κ_3
T_2, c	10,1	20,1	30,2	40,2	50,3	60,3	70,4	80,4	90,5	100,5	0,95	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	0,95	1
t_2, c	10,5	20,9	31,4	41,8	52,3	62,7	73,2	83,6	94,1	104,5	0,95	1
T_2, c	9,1	18,1	27,2	36,3	45,4	54,4	63,5	72,6	81,7	90,7	1	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	1	1
t_2, c	8,4	16,7	25	33,4	41,8	50	58,4	66,8	75,2	83,4	1	1
T_2, c	8,2	16,5	24,7	32,9	41,1	49,4	57,6	65,8	74,1	82,3	1,05	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	1,05	1
t_2, c	6,8	13,7	20,5	27,3	34,1	41	47,8	54,6	61,5	68,3	1,05	1
T_2, c	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	1,1	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	1,1	1
t_2, c	5,8	11,6	17,3	23,1	28,9	34,7	40,4	46,2	52	57,8	1,1	1
T_2, c	6,9	13,7	20,6	27,4	34,3	41,2	48	54,9	61,7	68,6	1,15	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	1,15	1
t_2, c	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	1,15	1

Исследуем переходный процесс на третьем участке разгона электродвигателя.

Рассчитываем значения электрохимической постоянной времени T_3 по формуле [5]:

$$T_3 = \frac{I(\omega_H - \omega_K)}{\kappa_U^2 M_H (m_K - 1)}. \quad (9)$$

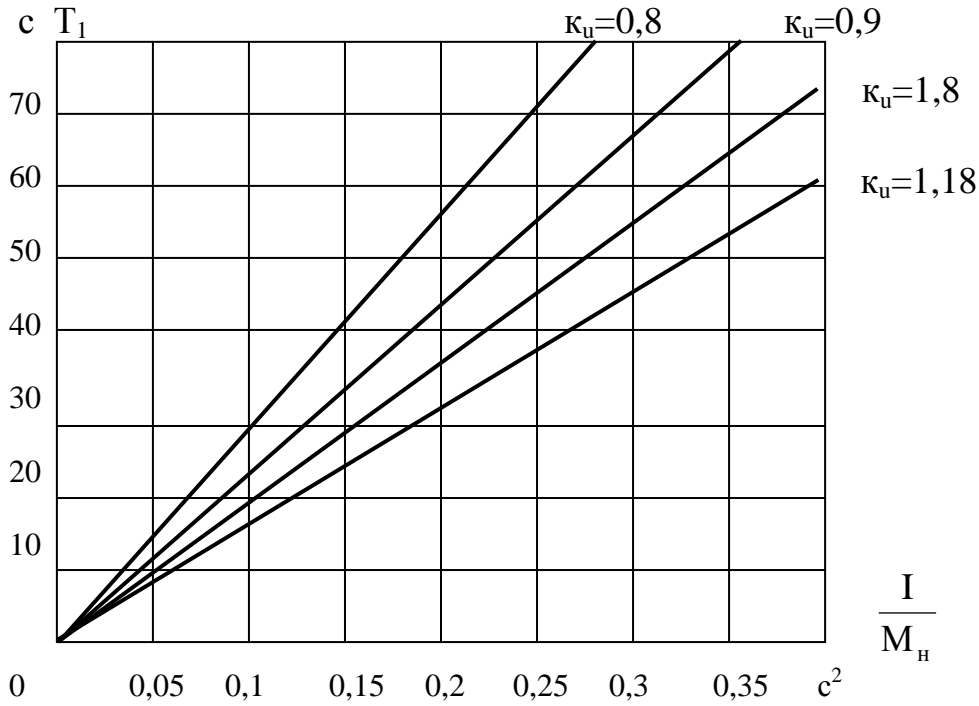


Рис. 3. Зависимость электромеханической постоянной времени T_2 в функции $\frac{I}{M_H}$ при $\kappa_3 = 1$

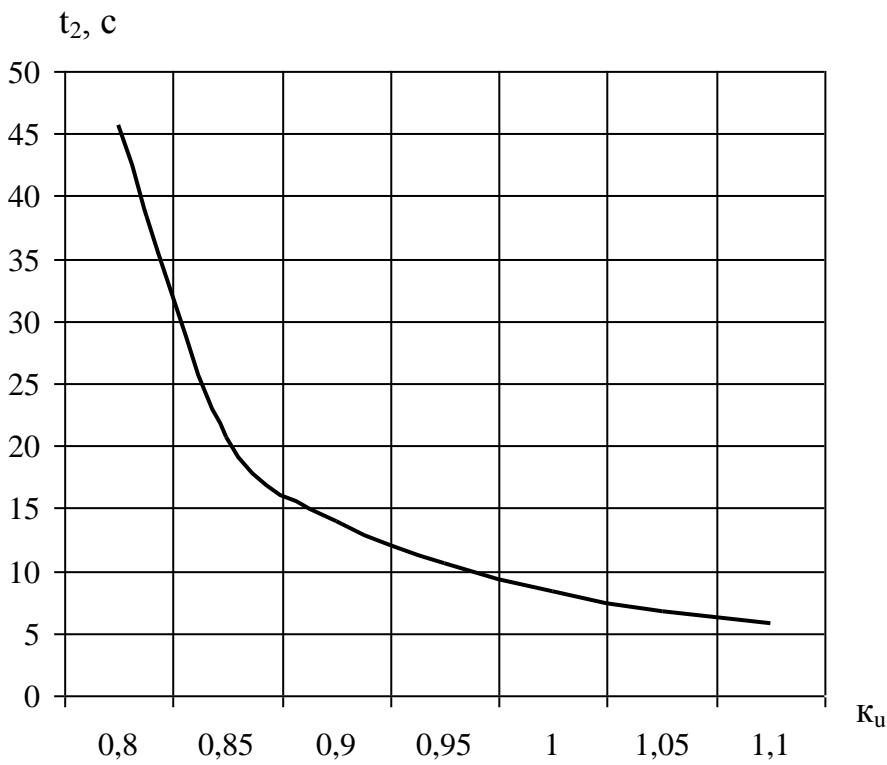


Рис. 4. Зависимость времени разбега электродвигателя на втором участке в функции κ_u при $\frac{I}{M_H} = 0,05$ и $\kappa_3 = 1$

Рассчитываем значения времени разгона электродвигателя на третьем участке t_3 по формуле [5]:

$$t_3 = T_3 \ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}. \quad (10)$$

Принимаем значения параметра I/M_H в пределах от 0,05 до 0,5 с², значения коэффициента приложенного напряжения κ_U в пределах от 1,1 до 0,8, значение коэффициента загрузки рабочей машины κ_3 принимаем равным $\kappa_3 = 0,9$. Результаты расчетов заносим в таблицу 3 и представляем графически (рис. 5, рис. 6).

Таблица 3 – Результаты расчетов

$\frac{I}{M_H}, \text{с}^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_U	κ_3
$T_3, \text{с}$	4,1	8,1	12,2	16,2	20,3	24,3	28,4	32,5	36,5	40,6	0,8	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	0,8	1
$t_3, \text{с}$	15,2	30,1	45,3	60,1	75,3	90,2	105,4	120,6	135,4	150,6	0,8	1
$T_3, \text{с}$	3,6	7,2	10,8	14,4	18	21,6	25,2	28,8	32,3	35,9	0,85	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	0,85	1
$t_3, \text{с}$	6,2	12,3	18,5	24,6	30,8	36,9	43,6	49,2	55,2	61,4	0,85	1
$T_3, \text{с}$	3,2	6,4	9,6	12,8	16	19,2	22,4	25,6	28,9	32	0,9	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	0,9	1
$t_3, \text{с}$	4,1	8,2	12,3	16,4	20,5	24,6	28,7	32,8	37	41	0,9	1
$T_3, \text{с}$	2,9	5,8	8,6	11,5	14,4	17,3	20,1	23	25,9	28,8	0,95	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,95	1
$t_3, \text{с}$	3,1	6,2	9,2	12,3	15,4	18,5	21,5	24,6	27,7	30,8	0,95	1

Продолжение таблицы 3

$\frac{I}{M_H}, c^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_U	κ_3
T_3, c	2,6	5,2	7,8	10,4	13	15,6	18,2	20,8	23,4	26	1	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	1	1
t_3, c	2,4	4,9	7,3	9,8	12,2	14,7	17,1	19,6	22	24,4	1	1
T_3, c	2,4	4,7	7,1	9,4	11,8	14,1	16,5	18,8	21,2	23,6	1,05	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,05	1
t_3, c	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	1,05	1
T_3, c	2,1	4,3	6,4	8,6	10,7	12,9	15	17,2	19,3	21,5	1,1	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	1,1	1
t_3, c	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,2	17	1,1	1
T_3, c	2	3,9	5,9	7,9	9,8	11,8	13,7	15,7	17,7	19,6	1,15	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	1,15	1
t_3, c	1,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,7	10,1	11,6	13,1	14,5	1,15	1

Вывод. В результате проведения аналитическим путем анализа влияния параметров системы «электродвигатель-рабочая машина» на переходные процессы были получены зависимости электромеханической постоянной времени системы «электродвигатель-рабочая машина» T от параметра системы I/M_H , а также зависимости времени пуска электродвигателя t от кратности приложенного к электродвигателю напряжения κ_U для случая привода рабочей машины с независимой от скорости механической характеристикой рабочей машины.

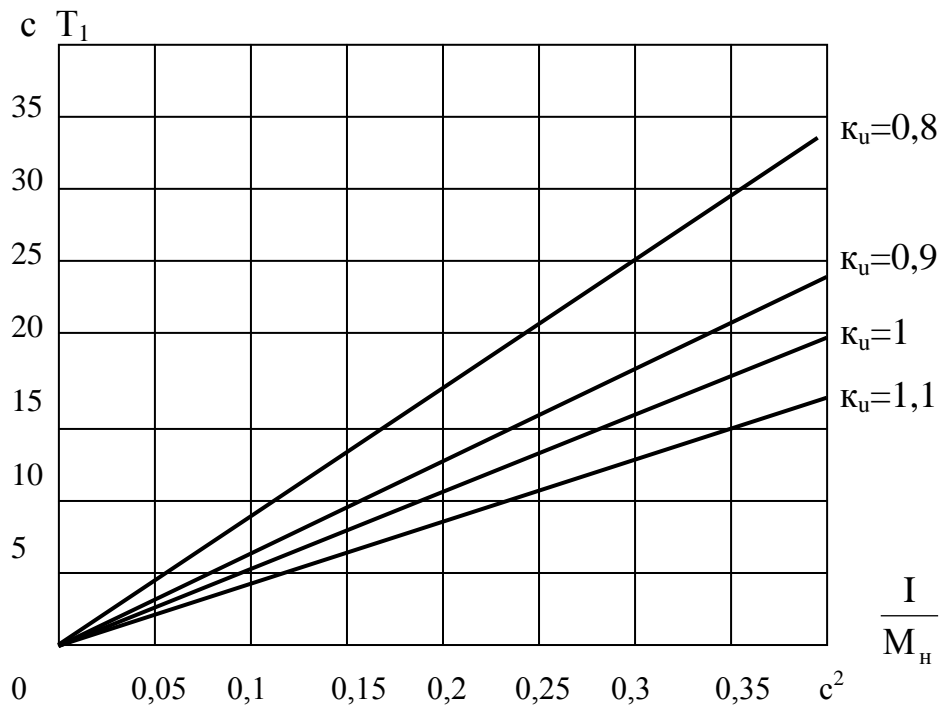


Рис. 5. Зависимость электромеханической постоянной времени T_3 в функции $\frac{I}{M_n}$ при $\kappa_3 = 0,9$

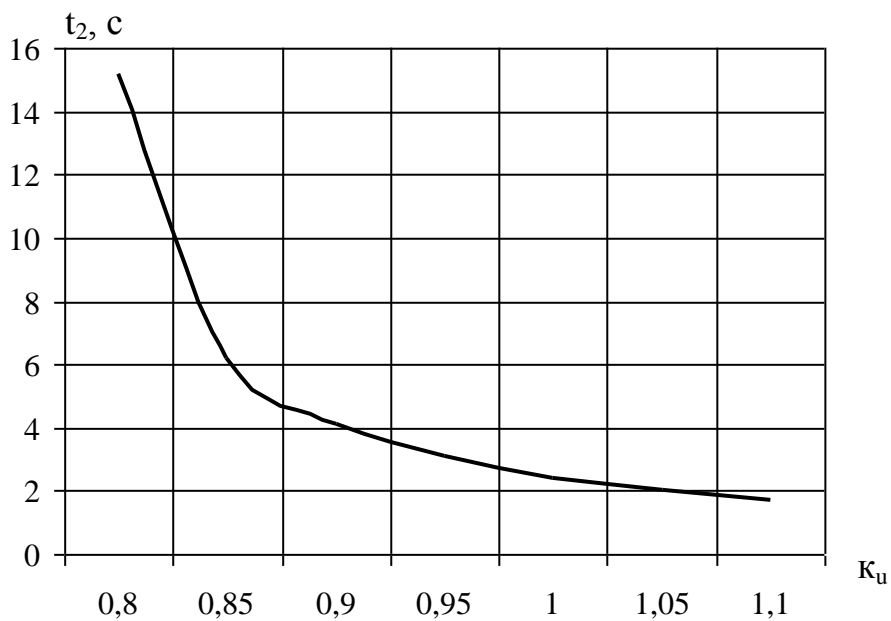


Рис. 6. Зависимость времени разбега электродвигателя на третьем участке в функции κ_u при $\frac{I}{M_n} = 0,05$ и $\kappa_3 = 0,9$

В дальнейшем будет проведен аналогичный анализ для привода рабочих машин с другими механическими характеристиками.

Литература

1. *Фоменков А.П.* Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А.П. Фоменков. – М.: Колос, 1984 – 280 с.
2. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
3. *Корчемный Н.А.* Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве / Н.А. Корчемный, В.П. Машевский. – К.: Урожай, 1988. – 150 с.
4. *Кравчик А.Э.* Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / [Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А.]. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
5. *Овчаров С.В.* Методика аналитического исследования пусковых режимов асинхронных электродвигателей в условиях соизмеримой мощности / Овчаров С.В., Стойчев Д.В., Витер В.А. // Праці / Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 8.Т.10. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – с. 147 – 155.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ «ЕЛЕКТРОДВИГУН - РОБОЧА МАШИНА» НА ТЕПЛОВІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПУСКУ ДВИГУНА

Овчаров С.В., Стойчев Д.В.

Анотація

Робота присвячена проведенню аналізу впливу параметрів системи «електродвигун - робоча машина» на теплові перехідні процеси при пуску електродвигуна.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE SYSTEM "MOTOR-WORKING MACHINE" ON THE THERMAL TRANSIENT PROCESSES DURING MOTOR START-UP

S. Ovcharov, D. Stoichev

Summary

This paper is devoted to the analysis of the parameters of the system "motor-working machine" on the thermal transients during motor start-up.