

РАСЧЕТ ПОТЕРЬ В СИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ (СДПМ) ДЛЯ ПРИВОДА ЛИФТА

В настоящее время основным типом привода массовых лифтов является частотно-регулируемый привод в том числе и с безредукторной лебедкой на базе СДПМ с поверхностным расположением магнитов на роторе [1]. Оценим потери энергии в таком СДПМ при использовании его в безредукторном безполиспастном (с векторной системой управления) электроприводе лифта для упрощенной тахограммы движения кабины лифта без участка пониженной скорости (рисунок 1).

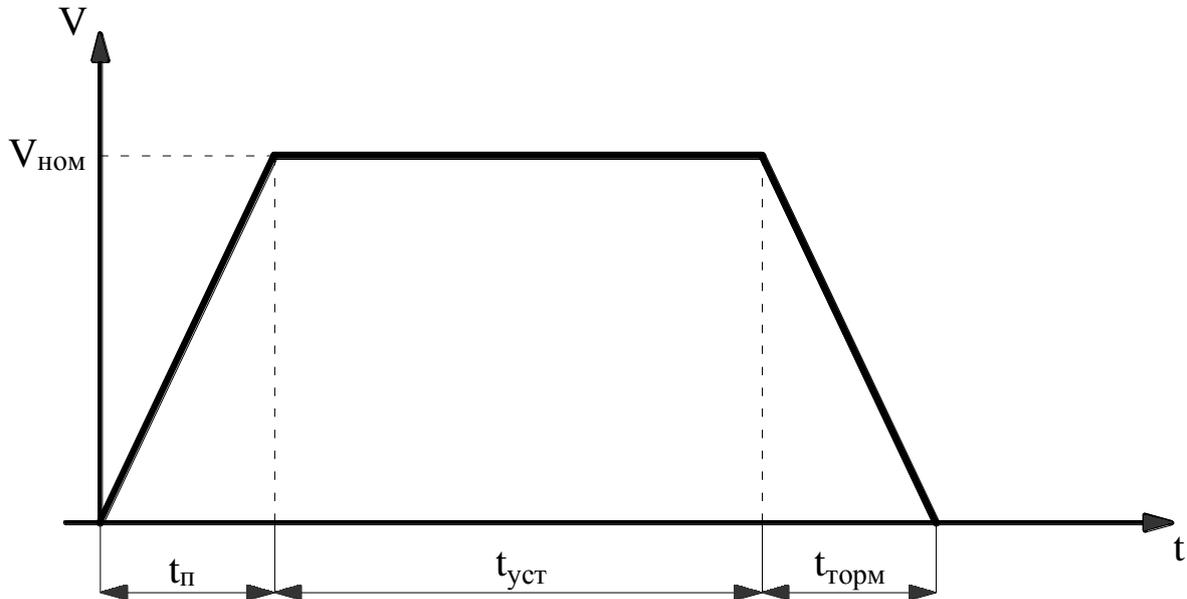


Рисунок 1 – Тахограмма движения кабины лифта

В приводах лифтов момент нагрузки определяется загрузкой кабины лифта, и при обработке тахограммы перемещения он не меняется. Момент двигателя, формируемый системой векторного управления в переходных режимах тоже может быть принятым практически постоянным. Этот момент может быть определен по уравнению движения с учетом допустимого ускорения при движении кабины лифта.

Для двигательных режимов работы привода (подъем кабины с полной загрузкой, спуск пустой кабины) уравнение движения имеет вид:

$$M_1 - M_{ст} = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

где: J_{Σ} – суммарный момент инерции привода лифта;

M_1 – движущий момент двигателя;

$M_{ст}$ – момент, определяемый неуравновешенной частью загрузки кабины лифта.

Для известного допустимого ускорения при разгоне кабины $\left(\frac{d\omega}{dt}\right)$ величина динамического момента определяется приведенным суммарным моментом инерции привода.

Тогда момент двигателя при пуске лифта в динамическом режиме работы равен:

$$M_1 = M_{ст} + J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

При торможении этот момент соответственно равен:

$$M_1 = M_{ст} - J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$$

Для генераторного режима работы привода лифта (подъем пустой кабины, спуск грузовой кабины) уравнение движения имеет вид:

$$M_{ст} - M_1 = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (4)$$

Момент двигателя при пуске равен:

$$M_1 = M_{ст} - J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (5)$$

Момент двигателя при торможении равен:

$$M_1 = M_{ст} + J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

Показано [2], что в системе координат q-d при векторном управлении трехфазный СДПМ (с поверхностным расположением магнитов в роторе) описывается уравнениями, соответствующими уравнениям двигателя постоянного

тока (ДПТ) с независимым возбуждением. Для ДПТ с независимым возбуждением, при не учете потерь энергии от электромагнитного переходного процесса, а также постоянных потерь, потери в двигателе в механических переходных режимах при работе в двигательном режимах и мощность, вырабатываемая двигателем при рекуперативном торможении, могут быть рассчитаны соответственно:

$$P_{дв} = P_{мех} + P_R \quad (7)$$

$$P_{ген} = P_{мех} - P_R \quad (8)$$

где: $P_{дв}$ – мощность потерь в двигателе;

$P_{мех}$ – мощность потерь, определяемая полезной механической работой на валу двигателя;

P_R – переменные потери в обмотке двигателя;

$P_{ген}$ – мощность, вырабатываемая двигателем в генераторном режиме.

Переменные потери определяются током и сопротивлением статора двигателя и равны:

$$P_R = I^2 R \quad (9)$$

Величина тока при пуске и торможении во всех возможных режимах работ привода лифта определяется соответствующими моментами двигателя. При их постоянстве ток двигателя может быть определен:

$$I = \frac{M_1}{c} \quad (10)$$

где: c – конструктивный коэффициент СДПМ.

При работе в установившемся режиме работы, например при номинальной нагрузке, ток двигателя равен номинальному и переменные потери в этом случае равны:

$$P_R = I_{ном}^2 R \quad (11)$$

Составляющая потерь $P_{мех} = M_1 \omega_{ср}$, определяется для среднего значения скорости $\omega_{ср}$ при пуске и торможении (при линейном законе изменения скорости двигателя при пуске и торможении с постоянным динамическим моментом).

Результаты расчета потерь в двигателе (двигательный режим работы) и мощности генерируемой при рекуперативном торможении для привода лифта на основе СДПМ (таблица 1) в соответствии с выражениями 2-11 приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Параметр	Единица измерения	Численное значение
V – скорость перемещения кабины	м/с	1
$a_{\text{доп}}$ – допустимое ускорение	м/с ²	1
D – диаметр шкива	м	0,4
$m_{\text{г}}$ – грузоподъемность лифта	кг	630
$m_{\text{к}}$ – масса кабины	кг	900
α – коэффициент уравнивания	–	0,5
$m_{\text{ч}}$ – вес человека	кг	78
$t_{\text{уиз}}$ – время ускорения и замедления	с	1,8
$t_{\text{дв}}$ – время движения с 1 до 12 этажа	с	24
R – сопротивление обмоток двигателя	Ом	0,652
J – момент инерции привода лифта	кг·м ²	132,8
c – коэффициент двигателя	В·с/рад	70,205

Таблица 2 – Результаты расчета потерь для СДПМ

Режим работы		$P_{\text{мех}}$	P_{R}	$P_{\text{дв}}$	$M_{\text{дв}}$	$I_{\text{дв}}$	$P_{\text{ср}}$
		Вт	Вт	Вт	Н м	А	Вт
Двигательный режим работы	Пуск	1351	74,58	1425,58	750,83	10,69	2754
	Установившейся режим работы	2942	50,53	2992,53	618	8,80	
	Торможение	873,41	31,15	904,56	485,23	6,91	
Генераторный режим работы	Пуск	873,41	31,15	904,59	485,23	6,91	2754
	Установившейся режим работы	2942	50,53	2992,53	618	8,80	
	Торможение	1351	74,58	1425,58	750,83	10,69	

Графики изменения моментов двигателя и генерируемой мощности, на примере подъема пустой кабины, приведены на рисунках 2,3.

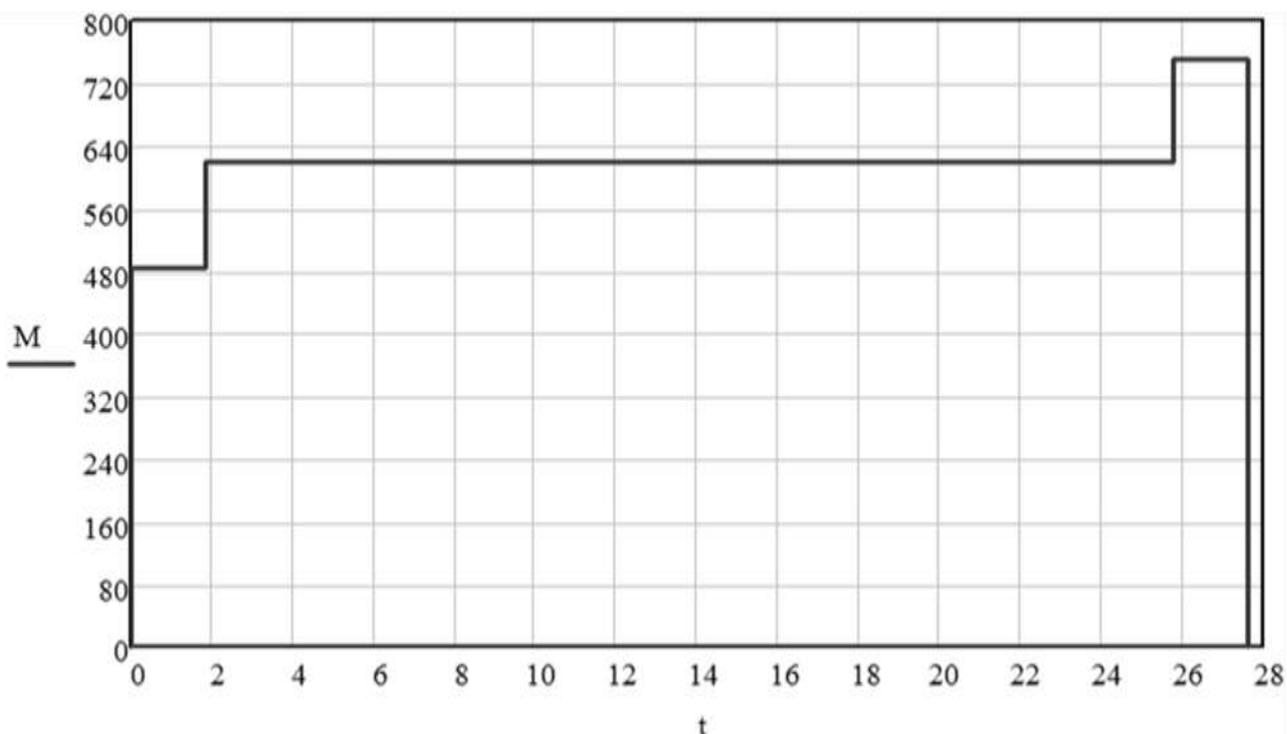


Рисунок 2 – Момент двигателя при подъеме пустой кабины

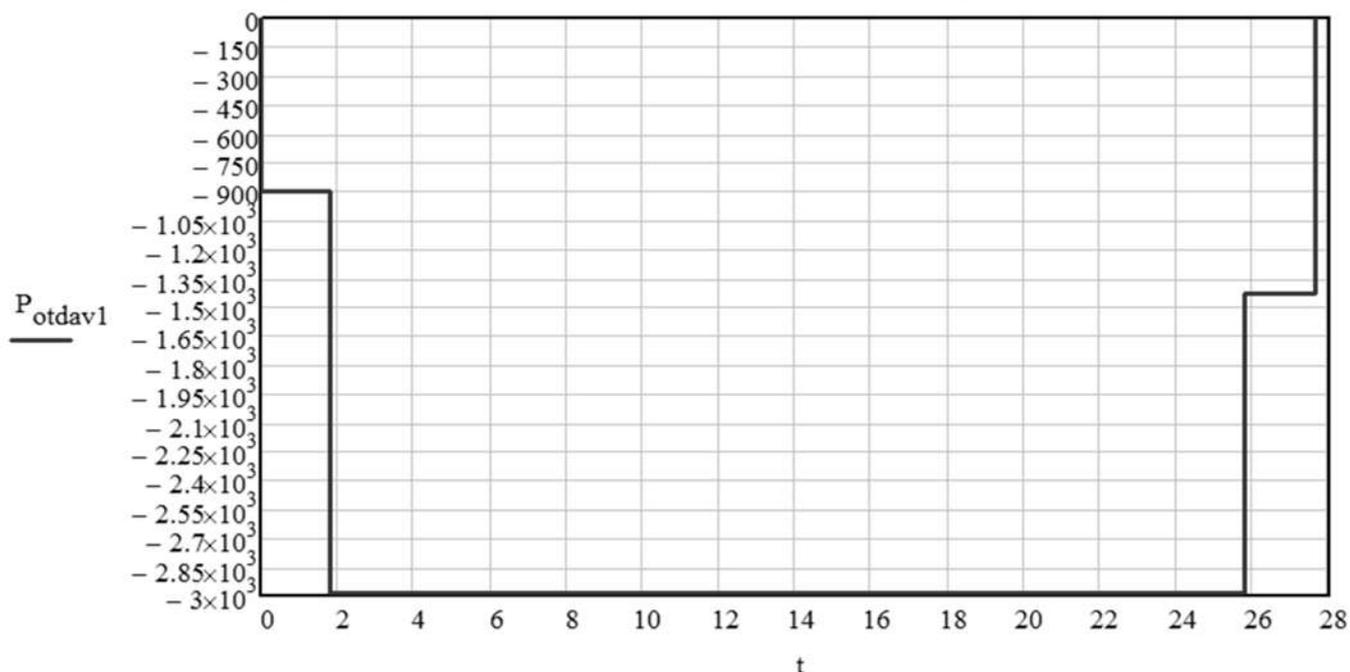


Рисунок 3 – Мощность, генерируемая СДПМ при подъеме пустой кабины

Выводы.

1. На основании описания СДПМ с поверхностным расположением магнитов на роторе в осях d-q как ДПТ с НВ (при использовании СДПМ в системах безредукторного электропривода лифтов) предложена методика оценки мощности потерь в СДПМ в двигательном и мощности генерируемой энергии в генераторном режимах работы. Приведен результат расчета этих мощностей при подъеме полностью загруженной кабины лифта и при спуске пустой кабины.

Литература

- 1.Коваль, А.С. Электромеханическая система лифтов со скоростью до 2м/с /А.С. Коваль, А.В. Шваяков // Вестн. Беларус. –Рос. ун-та. –2009. – N4 – С.113-120.
- 2.Фираго Б.И. Векторные системы управления электроприводами/ Б.И.Фираго, Д.С.Васильев.Минск,2016. –156с.