



ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОТВЕТСТВЕННЫХ ПОДЪЕМНО-  
ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМАХ

В. А. Данилов, студент, e-mail: [vladimir.danilov.spb@mail.ru](mailto:vladimir.danilov.spb@mail.ru)

С. С. Кочковская, старший преподаватель,  
e-mail: [лана1905@mail.ru](mailto:лана1905@mail.ru)

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)  
ОГУ

Статья посвящена модернизации действующих ответственных подъемно-транспортных механизмов, мостового крана, выполняющего процедуру разливки стали на предприятии АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ».

*система управления электроприводами, частотный преобразователь, разливочный мостовой кран*

Потребность в увеличении объемов производства продукции, требования к ее качеству и конкурентоспособности на рынке сбыта, физический и моральный износ основного технологического оборудования привели к необходимости модернизации существующих производственных мощностей предприятия АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ».

Одним из объектов реконструкции является разливочный мостовой кран грузоподъемностью 100 т. Модернизация заключается в замене устаревшей контакторной системы управления электроприводами на более современную систему, органами управления которой являются частотные преобразователи.

Разливочный мостовой кран представляет собой систему, состоящую из моста и двух тележек перемещения с вариативной грузоподъемностью 100 и 32 т. Кран выполняет процедуру разливки стали, поэтому основным требованием к электроприводу является плавность перемещения груза, отсутствие рывков и раскачивания в процессе его перемещения. Эти условия будут достигаться за счет снижения рабочей частоты на рабочем органе – асинхронном двигателе с фазным ротором.

Внедрение частотного преобразователя обеспечит дополнительную защиту исполнительного механизма от токов короткого замыкания, от перегрева двигателя, от обрыва фаз на электроприводе, а также исключит перегрузку по току и моменту. Внедрение системы частотного преобразования требует провести технико-экономические расчеты. Данные по электрооборудованию крана сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Техническое описание электроприводов крана

Тип двигателя	Количество двигателей, шт.	Место установки	Технические характеристики					
			$P$ , кВт	$M$ , Н·м	$n$ , об/мин	$I_{ном}$ , А	$\cos\varphi$	$\eta$ , %
МТН 312-8	1	Передвижение тележки малого подъема	11	150	750	25,5	0,81	80,9
МТН 512-8	4	Передвижение моста	37	487	700	88	0,74	86
	2	Передвижение тележки главного подъема						
МТН 613-10	1	Малый подъем	75	1246	700	175	0,73	89
МТН 711-10	2	Главный подъем	100	1827	700	235	0,78	93,7

В настоящий момент на рассматриваемом кране используется регулирование скорости двигателей в четыре ступени. Определить измененные мощности привода для каждой скорости возможно, но просчитать время работы двигателя на каждой ступени невозможно и, следовательно, не получится определить экономический эффект. Поэтому за рабочую частоту мы принимаем 30 Гц, а также на панели управления краном мы предусмотрим ремонтную частоту 17 Гц. Расчеты для определения мощностей двигателей крана будем вести для двух частот, указанных выше. Экономический эффект определим только для рабочей частоты [1].

При изменении частоты в первую очередь меняется количество оборотов.

Рассчитаем количество оборотов ( $n_f$ , об/мин) для двигателей с четырьмя парами полюсов по формуле [2]

$$n_f = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота, Гц;  $p$  – количество пар полюсов.

$$n_{30} = \frac{60 \cdot 30}{4} = 450 \text{ об/мин};$$

$$n_{17} = \frac{60 \cdot 17}{4} = 255 \text{ об/мин}.$$

Ниже приведен расчет для двигателей с пятью парами полюсов

$$n_{30} = \frac{60 \cdot 30}{5} = 360 \text{ об/мин};$$

$$n_{17} = \frac{60 \cdot 17}{5} = 204 \text{ об/мин}.$$

В случае если мы будем изменять частоту, а напряжение оставим на заданном уровне, номинальный момент на валу будет уменьшаться, произойдет перегрев и дальнейший выход из строя двигателя. Для частотных преобразователей следует соблюдать закон регулирования:  $u/f = \text{const}$ .

В модернизации крана следует применять векторные частотные преобразователи с обратной связью [3].

То есть, соблюдая закон,  $u/f = \text{const}$  номинальный момент остается неизменным, что является необходимым в грузоподъемной технике.

Закон регулирования для нашего расчета будет выглядеть так:  $u/f = 380/50 = 228/30 = 129,2/17$ .

По формуле [4]

$$P_f = U_f \cdot I_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot \sqrt{3} \quad (2)$$

рассчитаем мощность двигателя ( $P_f$ , кВт) при измененном напряжении для частоты 30 Гц:  
– для двигателя марки МТН 312-8

$$P_f = 228 \cdot 22,5 \cdot 0,81 \cdot 0,809 \cdot \sqrt{3} = 6,598 \text{ кВт};$$

– для двигателя марки МТН 512-8

$$P_f = 228 \cdot 22,5 \cdot 88 \cdot 0,74 \cdot 0,86 \cdot \sqrt{3} = 22,115 \text{ кВт};$$

– для двигателя марки МТН 613-10

$$P_f = 228 \cdot 175 \cdot 0,73 \cdot 0,89 \cdot \sqrt{3} = 44,898 \text{ кВт};$$

– для двигателя марки МТН 711-10

$$P_f = 228 \cdot 235 \cdot 0,78 \cdot 0,937 \cdot \sqrt{3} = 67,824 \text{ кВт}.$$

Для частоты 17 Гц расчет идентичен. Полученные данные сводим в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение мощностей относительно частоты и напряжения

Тип двигателя	Мощность для 30Гц, кВт	Мощность для 17Гц, кВт
МТН 312-8	6,598	3,739
МТН 512-8	22,115	12,532
МТН 613-10	44,898	25,442
МТН 711-10	67,824	38,433

Выбор частотного преобразователя производим по паспортной мощности двигателя. Суммарная стоимость устанавливаемого оборудования приведена в табл. 3. Для двигателей движения моста и тележек частотный преобразователь будет выбираться таким образом, чтобы могли подключить по два двигателя к одному преобразователю.

Таблица 3 – Суммарная стоимость устанавливаемого оборудования

Тип двигателя	Суммарная мощность необходимого преобразователя, кВт	Суммарная стоимость преобразователя, руб.
МТН 312-8	11	40000
МТН 512-8	75	200000
	75	200000
	75	200000
МТН 613-10	75	200000
МТН 711-10	110	250000
	110	250000
ИТОГО		1340000

Проведем расчет затраченной электроэнергии до установки и после модернизации оборудования. При проведении расчета помимо коэффициента спроса мы должны учитывать повторность включений ( $W_p$ , кВт·ч) двигателя:

$$W_p = P_{\Sigma} \cdot \Phi_{p.v.} \cdot \kappa_c \cdot ПВ, \quad (3)$$

где  $P_{\Sigma}$  – суммарная мощность двигателей, кВт;  $\Phi_{p.v.}$  – фонд рабочего времени, ч;  $\kappa_c$  – коэффициент спроса;  $ПВ$  – повторность включений, %.

Определяем затраченную электроэнергию для двух вариантов мощностей двигателей:

$$W_{p50} = 508 \cdot 4000 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 487680 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$W_{p30} = 319,384 \cdot 4000 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 307040,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Определим разницу затраченной энергии между двумя вариантами ( $\Delta W_p$ , кВт·ч). Она будет являться экономией энергии

$$\Delta W_p = W_{p50} - W_{p30}; \quad (4)$$

$$\Delta W_p = 487680 - 30704064 = 180639,36 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Рассчитаем стоимость сэкономленной энергии ( $C_{экон}$ , руб.)

$$C_{экон.} = \Delta W_p \cdot C, \quad (5)$$

где  $C = 3,15$  руб. – стоимость за 1 кВт·ч, руб./кВт·ч.

$$C_{экон.} = 180639,36 \cdot 3,15 = 569013984 \text{ руб}$$

Проведем расчет времени окупаемости устанавливаемого оборудования ( $T_{ок.}$ , год)

$$T_{ок.} = \frac{C_{преобраз}}{C_{экон.} \cdot \lambda}, \quad (6)$$

где  $C_{преобраз.}$  – суммарная стоимость оборудования, руб.;  $\lambda = 1,2$  – коэффициент.

$$T_{ок.} = \frac{1340000}{569013984 \cdot 1,2} = 1,96 \approx 2 \text{ года}.$$

При своевременном техническом обслуживании срок службы частотного преобразователя составляет 17,5-20 лет. Если учесть, что срок его окупаемости два года, то в дальнейшем мы получим экономическую прибыль.

Кроме повышения КПД и энергосбережения, такой электропривод позволяет получить новые качества управления. Это выражается в отказе от дополнительных механических устройств, создающих потери и снижающих надежность систем. Торможение может быть осуществлено за счет включения тормозных резисторов в цепь обратной связи частотного преобразователя. Меняя только функциональную зависимость между частотой и напряжением, мы получаем другой привод, не меняя ничего в механике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г. Г. Соколовский. – Москва: Изд-во Академия 2006. – 265 с.
2. Ахунов, Т. А. Современные асинхронные электрические машины: новая Российская серия RA / Т. А. Ахунов, Л. Н. Макаров, В. И. Попов. – Москва: Изд-во «Знак», 1999. – 250 с.
3. Макаров, Л. Н. Двигатели новой серии для частотно-регулируемого электропривода кранов / Л. Н. Макаров. – Москва: Изд-во НИУ МЭИ, 2005. – 59 с.
4. Баев, А. П. Современные системы управления асинхронным электроприводом / А. П. Баев, А. С. Исаков. – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики 2006. – 34 с.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ACTUATOR RESPONSIBLE FOR LIFTING MECHANISMS

V. A. Danilov, student, e-mail: [vladimir.danilov.spb@mail.ru](mailto:vladimir.danilov.spb@mail.ru)  
S. S. Kochkovskaya, senior lecturer, e-mail: [ana1905@mail.ru](mailto:ana1905@mail.ru)

Orsk humanitarian-technology institute (branch) of OSU

The article is devoted to the modernization of the existing responsible lifting and transport mechanisms, bridge crane, performing the procedure of casting steel at the enterprise of JSC «HEAVY ENGINEERING ORMETO-YUMZ».

*electric drive control system, frequency converter, casting overhead crane*