

УДК 62-83:621/.69

Г.И. Бабокин, д-р техн. наук, проф., проректор, (48762) 7-88-28,
prorektor.science@nirhtu.ru (Россия, Новомосковск,
Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОНВЕЙЕРА С СИСТЕМОЙ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК

Представлен частотно-регулируемый электропривод конвейера с выравниванием нагрузок электродвигателей в динамических режимах.

Ключевые слова: колебания тягового усилия, статическая симметрия, преобразователь частоты.

Электропривод скребкового шахтного конвейера является многодвигательным и включает головной и концевой приводы. При этом головной и концевой приводы могут иметь по два приводных блока (один АД вместе с редуктором и муфтой называется приводным блоком), работающих на ведущие звездочки барабанов. Головной и концевой приводы конвейера соединены бесконечной упругой тяговой цепью, к которой прикрепляются скребки, несущие груз. В процессе пуска и установившегося режима работы конвейера в тяговой цепи возникают колебания тягового усилия, моментов и мощности АД привода. Кроме того, распределение нагрузки между головными и концевыми приводами конвейера неравномерно. При этом причиной неравномерного нагружения головного и концевого приводов может быть статистическая асимметрия нагрузки и динамические воздействия возмущений [1]. Статическая асимметрия обусловлена: различием параметров АД и кабельной сети, питающей АД; различным шагом цепи, вследствие разного удлинения и износа звеньев тяговой цепи; различным предварительным натяжением верхней и нижней ветвей цепи; отклонением передаточных отношений редукторов; местом приложения нагрузок – головной привод первым воспринимает нагрузку, концевой – с запаздыванием. Динамические воздействия, вызывающие неравномерное нагружение приводов, обусловлены резким изменением момента нагрузки, различием во времени включения приводов при пуске, возможным стопорением одной из ветвей цепи в результате преодолимого или непреодолимого заклинивания.

В результате неравномерного нагружения головного и концевого приводов конвейера в установившемся и переходных режимах работы головной привод может работать в двигательном режиме, а концевой, кратковременно, в генераторном режиме. Неравномерное нагружение головного и концевого приводов приводит к недоиспользованию установленной мощности привода конвейера.

Электропривод (ЭП) конвейера включает два преобразователя частоты, питающие каждый головной и концевой приводы с одним или двумя

АД. Система управления ЭП конвейера обеспечивает регулирование скорости тяговой цепи (производительности конвейера) в режимах пуска, установившегося движения и стопорения.

Предложено осуществлять выравнивание нагрузок головного и концевого ЭП конвейера разделенным управлением преобразователями частоты, питающими АД головного и концевого приводов.

При рассмотрении ЭП принят закон частотного управления с поддержанием потока АД постоянным, активное сопротивление статора АД принято равно нулю и рассматриваются нагрузки АД в пределах рабочего участка механических характеристик. При разнице параметров головного и концевого приводов их механические характеристики исходят из одной точки на оси частот (ω_{0H}) и имеют разный наклон к оси моментов. При этом распределение нагрузок между приводами пропорционально жесткости механических характеристик [1]. Для выравнивания нагрузок головного и концевого приводов предложено [2] регулировать одновременно частоты вращения обоих приводов (АД): для имеющего большую жесткость механической характеристики – вниз от номинальной, а для имеющего меньшую жесткость – вверх от номинальной до тех пор пока моменты АД не станут равны. В новом установившемся режиме частоты вращения вала приводов не изменяются [1] и определяются по уравнению

$$\omega_p = \omega_{ном} - M_c (\beta_1 + \beta_2)^{-1}, \quad (1)$$

где β_1, β_2 – коэффициенты жесткости механических характеристик АД1 и АД2, соответственно головного и концевого приводов; ω_{0H}, ω_0 – синхронные частоты магнитного поля статора АД1 и АД2 при номинальной частоте 50 Гц и любой частоте f преобразователя частоты, питающего электродвигатели;

$$\beta_1 = 2M_{K1}(S_{K1} \cdot \omega_{ном})^{-1}; \quad \beta_2 = 2M_{K2}(S_{K2} \cdot \omega_{ном})^{-1};$$

$M_{K1}, M_{K2}, S_{K1}, S_{K2}$ – моменты короткого замыкания и критические скольжения АД1 и АД2.

Механические характеристики головного и хвостового приводов при частотном управлении

$$M_1 = \beta_1(\omega_{01} - \omega_1); \quad (2)$$

$$M_2 = \beta_2(\omega_{02} - \omega_2), \quad (3)$$

где ω_1 и ω_2 ; M_1 и M_2 – текущие значения частот вращения валов и моментов приводов АД1 и АД2.

Решая систему (1) – (3) с учетом того, что $M_1 + M_2 = M_c$, а $\omega_p = \omega_1 = \omega_2$, получаем уравнения для определения частот вращения магнитного поля статора АД1 и АД2, обеспечивающих выравнивание нагрузки:

$$\omega_{01} = \omega_{ном} [\beta_1 + \beta_2] (2\beta_1)^{-1} - \omega_p [\beta_2 - \beta_1] (2\beta_1)^{-1};$$

$$\omega_{02} = \omega_{ном} [\beta_1 + \beta_2] (2\beta_2)^{-1} - \omega_p [\beta_2 - \beta_1] (2\beta_2)^{-1}.$$

Расчеты показали, что в худшем случае отличия жесткостей механических характеристик АД на $\pm 20\%$ и при отсутствии разброса параметров питающей сети необходимо увеличение (уменьшение) частоты питания АД2 (АД1) на $\pm 3...4\%$ от номинальной. Данный метод применим в ЭП с питанием АД от отдельных ПЧ. При наличии существенного дополнительного разброса параметров сети необходимый диапазон регулирования АД для выравнивания нагрузок достигает 8% от номинальной.

Двухдвигательный ЭП конвейера с выравниванием нагрузок представлен на рис. 1. ЭП включает АД1 и АД2 головного и концевого приводов, роторы которых через редукторы Р1 и Р2 посредством звездочек и тяговой цепи приводят в движение исполнительный орган конвейера, а статоры подключены через преобразователи частоты ПЧ1 и ПЧ2 к сети. К входам системы управления ПЧ1 и ПЧ2 присоединены регуляторы частоты РЧ1 и РЧ2. Блок выравнивания нагрузок БВН системы управления ЭП включает сумматор С, компараторы $K_{ОМ}^+$, $K_{ОМ}^-$, ключи K^+ и K^- , узел выделения модуля ВМ и регулятор выравнивания нагрузки РВН. На вход задатчика ЗИ поступает сигнал задания частоты u_ω .

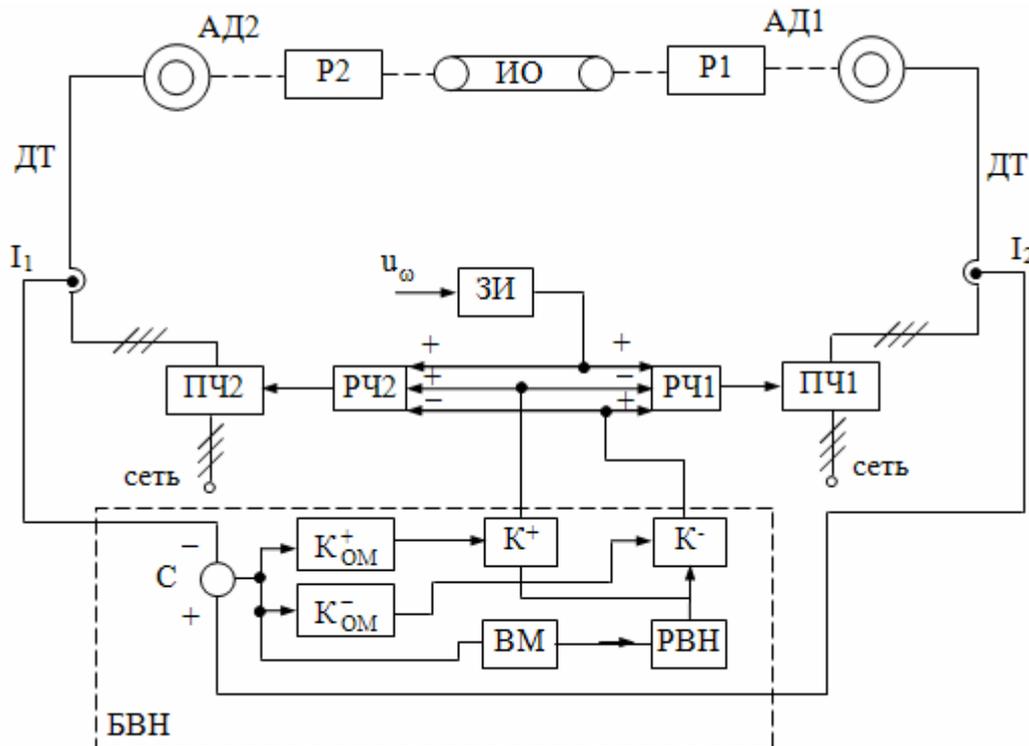


Рис. 1. Структурная схема электропривода конвейера

Схема работает следующим образом. Если момент (ток), например, электродвигателя АД1 будет больше момента тока двигателя АД2, то на выходе сумматора С появляется положительный сигнал, который приводит

к срабатыванию компаратора K_{OM}^+ и ключа K^+ . Сигнал рассогласования тока $|\Delta i| = i_1 - i_2$ с выхода узла ВМ поступает на астатический регулятор РВН. Сигнал с выхода регулятора РВН через открытый ключ K^+ поступает на вход регулятора РЧ1 со знаком «-», а на вход РЧ2 со знаком «+», что приводит к уменьшению частоты питания АД1 с выхода ПЧ1 и увеличению частоты питания АД2 с выхода ПЧ2, до тех пор пока моменты (токи) двигателей не сравняются. При превышении момента (тока) электродвигателя АД2 над моментом (током) электродвигателя АД1 схема работает аналогично, но работают элементы K_{OM}^- , K^- . В блоках РВН, РЧ1, РЧ2 имеются ограничения выходных сигналов.

Проверка работоспособности ЭП с блоком выравнивания нагрузок выполнена на стенде.

На рис. 2 представлены диаграммы действующих значений токов в относительных единицах двухдвигательного привода, полученные на стенде при работе без блока выравнивания и с блоком выравнивания нагрузок.

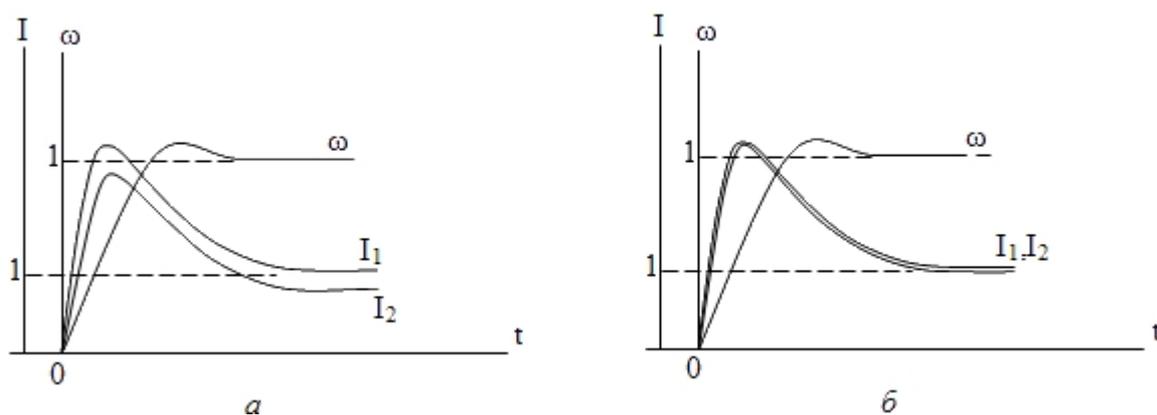


Рис. 2. Работа электропривода в режимах без выравнивания нагрузок (а) и с выравниванием нагрузок (б)

Экспериментальное исследование двухдвигательного электропривода конвейера показало, что при разбросе параметров электродвигателей до 10 % точность поддержания распределения токов между электродвигателями с блоком выравнивания (БВН) составила 2-3 %, а без блока выравнивания – 25...30 %.

Список литературы

1. Щуцкий В.И., Бабокин Г.И., Насонова Т.В. Рациональный электропривод скребкового конвейера // Горные машины и автоматика. 2001, №9. С. 17-22.

2. Устройство управления многодвигательным механизмом подачи горной машины: пат. 1731946 Рос. Федерация. №4795254; Заявл. 22.02.90; Опубл. 07.05.12; Бюл. №17.

G. Babokin

*The two-impellent electric drive of the conveyor with system of alignment of loadings
The frequency-controlled electric drive conveyor loading motor even of dynamic
conditions is presented.*

Keywords: fluctuations of traction effort, static symmetry, the frequency converter.

Получено 06.07.10

УДК 62-83:621/.69

А.М. Борисов, канд. техн. наук, доц., проф., (351) 267-93-21,
borisov74@chelcom.ru (Россия, Челябинск, ЮУрГУ),

Г.И. Драчев, канд. техн. наук, доц., проф., (351) 267-93-21,
borisov74@chelcom.ru (Россия, Челябинск, ЮУрГУ),

Н.Е. Лях, канд. техн. наук, директор, (351) 267-93-21,
borisov74@chelcom.ru (Россия, Челябинск, ООО «ЧелПривод»),

А.С. Нестеров, канд. техн. наук, доц., (351) 267-93-21,
nas_2004@mail.ru (Россия, Челябинск, ЮУрГУ),

А.Н. Шишков, канд. техн. наук, доц., (351) 267-93-21,
shan1982@mail.ru (Россия, Челябинск, ЮУрГУ),

М.Ф. Фрик, инженер, (351) 267-93-21,
borisov74@chelcom.ru (Россия, Челябинск, ООО «ЧелПривод»)

АСИНХРОННЫЙ ДРОССЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С РЕГУЛЯТОРОМ СКОРОСТИ

Представлен асинхронный электропривод с дросселем (индуктивным реостатом) в роторной цепи, снабженный регулятором скорости РСТ, обеспечивающим плавное регулирование скорости двигателя с выходом на естественную механическую характеристику. Разработаны структурная схема дроссельного электропривода и программа расчета на ЭВМ статических и динамических характеристик электропривода в переходных процессах пуска, торможения и приложения нагрузки.

Ключевые слова: асинхронный электропривод с дросселем, индуктивный реостат, статические и динамические характеристики.

При работе асинхронного двигателя в зависимости от скорости в цепи ротора изменяются скольжение s , частота и амплитуда ЭДС.

Дроссель (индукционный реостат) изменяет свое сопротивление $Z_{др}$ при изменении частоты $f_{др}$ и амплитуды тока $I_{др}$, а также при изменении числа витков $w_{др}$ его обмотки [1,2,3]. Полное сопротивление дросселя описывается уравнением