

УДК 622.604.8

Г.И. Бабокин, Д.М. Шпрехер, Т.В. Насонова

**СИСТЕМА ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК
ЭЛЕКТРОПРИВОДА СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА**

Семинар № 18

Электродвигательный привод конвейера является многодвигательным и включает головной и концевой приводные блоки соединенные бесконечной упругой тяговой цепью, к которой прикрепляются скребки, несущие груз. В процессе пуска, набросе нагрузки и установившемся режиме работы конвейера распределение нагрузки между головным и концевым приводами конвейера неравномерно. При этом причиной неравномерного нагружения головного и концевого приводов может быть статическая асимметрия натяжения и динамические воздействия возмущений. Статическая асимметрия обусловлена следующими причинами: различием параметров асинхронного двигателя (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; различным передаточным отношением редукторов; различным местом приложения нагрузок - головной привод первым воспринимает нагрузку, концевой - с запаздыванием. Динамические воздействия, вызывающие неравномерное нагружение приводов, обусловлены: резким изменением момента нагрузки; различным во времени включением приводов при пуске; стопорением одной из ветвей цепи в результате преодолимого или непреодолимого заклинивания.

Оценка неравномерности нагружения от указанных факторов показала, что отношение моментов головного и концевого приводов может достигать: из - различия электрических параметров АД и сети до 1,42; при разности передаточных отношений редукторов - до 1,44; разнице делительной окружности звездочек - до 1,49; неравномерном удлинении цепи - до 2,1.

В результате неравномерного нагружения головного и концевого приводов конвейера в установившемся и переходных режимах рабо-

ты головной привод работает в двигательном режиме, а концевой, кратковременно, - в генераторном режиме. Неравномерное нагружение головного и концевого приводов приводит к недоиспользованию установленной мощности привода конвейера на 30-50%.

Предложена система управления электродвигателем конвейера, обеспечивающая выравнивание нагрузок головного и концевого с применением частотно-регулируемого электродвигателя (ЧРЭП) приводов [1]. Система управления включает датчик разности моментов АД, регулятор выравнивания нагрузок и логическую часть.

Исследование процессов выравнивания нагрузок осуществлено с помощью математической модели привода.

При составлении модели приняты следующие допущения: тяговый орган совместно с перемещаемым грузом, равномерно распределен по длине конвейера и представляется в виде n сосредоточенных масс, соединенных упруго-вязкими связями; тяговый орган воспринимает только растягивающие нагрузки; тяговый орган разбит на две подсистемы: первая включает головной привод с нижней тяговой цепью; приводной электродвигатель соединен с соответствующей звездочкой также упруго-вязкими связями. Допущения при составлении модели асинхронного двигателя общеизвестны.

В этом случае математическая модель двухдвигательного ЧРЭП конвейера представляется в виде системы дифференциальных уравнений:

$$DI_{BJ} = \Theta(I_{BJ})(E_{BJ} - U_{dJ} - I_{BJ} * R_{\phi J}) / L_{\phi J};$$

$$DU_{dJ} = (I_{BJ} - I_{dJ}) / C_{\phi J};$$

$$D\Psi_{SJ} = U_{SJ} - I_{SJ} * R_{SJ};$$

$$D\Psi_{PJ} = -I_{PJ} * R_{PJ} + j\omega_{PJ} * p_{II} * \Psi_{PJ};$$

$$D\omega_{PJ} = \{[3 * p_{II} * \eta_j * (\Psi_{SJ} \times I_{SJ}) / 2] -$$

$$- C_{PJ} * (\varphi_{PJ} / \eta_j - \varphi_{361}) - \beta_{PJ} * (\omega_{PJ} / \eta_j - \omega_{361})\} / J_{PJ}$$

$$D\omega_{361} = [C_{P1} * (\varphi_{P1} / \eta_1 - \varphi_{361}) + \beta_{P1} * (\omega_{P1} / \eta_1 - \omega_{361}) +$$

$$+ R_{361} * (S_{n,361} - S_{1,361})] / J_{361}$$

$$D\omega_{362} = [C_{P2} * (\varphi_{P2} / \eta_2 - \varphi_{362}) + \beta_{P2} * (\omega_{P2} / \eta_2 - \omega_{362}) +$$

$$+ R_{362} * (S_{k,362} - S_{362,k+1})] / J_{362}$$

$$DV_i = (F_i - F_{TPI}) / m_i ; i=1,2,...,n,$$

где - J=1,2 - номер привода; D = d/dt - оператор Лапласа; EB, Ud, IB, Id - значения напряжений и токов элементов цепи выпрямителя и сглаживающего фильтра; RФ, LФ, СФ - параметры цепи силового фильтра; US - вектор напряжения статора; IS, IP - векторы токов статора и ротора; ΨS, ΨP - векторы потокоцеплений статора и ротора; RS, RP - активные сопротивления статора и ротора; LS, LP, LM - полные индуктивности статора и ротора и индуктивность цепи намагничивания; PП - число пар полюсов АД; φр, φзв, ωP, ωзв - соответственно углы поворота и скорости вращения ротора АД и приводной звездочки; JP и Jзв - соответственно моменты инерции ротора АД и приводной звездочки; η - передаточное отношение редуктора; CP, βр - коэффициенты жесткости и вязкости связей между АД и приводными звездочками конвейера; i и n - соответственно номер и число сосредоточенных масс тягового органа; Fi - сумма сил, действующих на i-ю массу тягового органа; FTpi - сила трения, действующая на i-ю сосредоточенную массу; mi - i-я сосредоточенная масса; Vi - скорость i-й массы тягового органа; S1,зв1, Sn,зв1 - натяжения участков тягового органа между звездочкой головного привода и соответственно 1-й и n-й сосредоточенными массами; Sk,зв2, Sзв2, k+1 - натяжения участков тягового органа между звездочкой концевго привода и соответственно k-й и (k+1)-й сосредоточенными массами, k = n/2.

$$m_i = \begin{cases} m_T + m_r = 2 * L * q / n, \text{ если } i \leq k; \\ m_T = 2 * L * q_o / n, \text{ если } i > k, \end{cases}$$

где - тТ, тг - сосредоточенные массы груза и тягового органа, q и qo - погонные массы груза и тягового органа, L - длина конвейера.

$$F_i = \begin{cases} S_{361,1} - S_{1,2}, \text{ если } i = 1; \\ S_{n-1,n} - S_{n,361}, \text{ если } i = n; \\ S_{k-1,k} - S_{362,k}, \text{ если } i = k; \\ S_{362,k+1} - S_{k+1,k+2}, \text{ если } i = k + 1; \\ S_{i-1,i} - S_{i,i+1}, \text{ в других случаях,} \end{cases}$$

где- Si-1,i - натяжение участка тягового органа между (i-1) и i-й сосредоточенными массами.

$$S_{i-1,i} = C * (X_{i-1} - X_i) + \beta * (V_{i-1} - V_i),$$

где - C и β соответственно жесткость и вязкость участка тягового органа, Xi - линейное перемещение участка массы тягового органа.

$$C = E * L / n; \beta = \mu * L / n;$$

где E и μ - соответственно модуль упругости и коэффициент вязкости тягового органа.

Сила трения или сила сопротивления перемещению рабочего органа на прямолинейном участке равна [2]:

$F_{mpi} = m_i * g * \omega_i * \text{sign}(V_i)$; где ωi - коэффициент сопротивления движению тягового органа.

$$\omega_i = \begin{cases} (m_z * \omega_z + m_r * \omega_r) / m_i, \text{ если } i \leq k; \\ \omega_r, \text{ если } i > k, \end{cases}$$

где - ωz и ωr - соответственно коэффициенты сопротивления движению порожней и груженой ветви конвейера.

С помощью модели установлены оптимальные параметры регулятора выравнивания для статических и динамических режимов работы привода обеспечивающие равенство моментов АД. Оптимальные параметры регулятора проверены экспериментально на стенде электропривода конвейера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугреев Л.И. Динамика электропривода конвейера с цепным тяговым органом. М.: Недра, 1976.- 160 с.

2. А.с 1731946, E21 C35/34 Устройство управления многодвигательным механизмом подачи горной машины/Бабокин Г.И. - № 4975254; Заявл. № 4975254; Заявл. 22.02.90; Опубл. 07.05.92, Бюл. № 17.

Коротко об авторах

Бабочкин Геннадий Иванович – профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе, зав. кафедрой “Электротехника”,
Шпрехер Дмитрий Маркович – кандидат технических наук, доцент кафедры “Электротехника”,
Насонова Татьяна Васильевна – зав. кафедрой “Общетеоретические дисциплины”,
Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева.

