

УДК 621.313.004.14:629.12

С.П. Васильев (инж. ЗАО ПТЗ), Р.В.Евстратов (2 курс, асп. СПИМаш),  
И.А.Орлов, В.М.Усольцева (2 курс, каф. ЭТВТиА, СПИМаш),  
В.М.Шестаков, д.т.н., каф.ЭТВТиА СПИМаш

## УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИВОДАМИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Большое распространение в промышленности имеют транспортно-технологические комплексы. Наиболее сложными из них являются протяженные конвейерные линии машиностроительного производства, оснащаемые многодвигательными электроприводами (ЭП) постоянного или переменного тока. В целом подобные линии представляют собой взаимосвязанные электромеханические системы (ВЭМС), предназначенные для выполнения определенного множества технологических режимов. Следовательно, при проектировании линии рассматриваемого класса, необходим системный подход.

При этом необходимо решить следующие основные задачи:

- создание математического описания ВЭМС с учетом взаимовлияния электромеханических и технологических факторов;
- разработка способов оптимизации динамики ВЭМС, обеспечивающих требуемое функционирование линий.

При математическом описании динамики протяженных конвейерных линий необходимо в общем случае учитывать влияние в механической части упругостей 1-го и 2-го рода (крутильные механические системы и цепные ленточные передачи) [1]. Обобщенные нормированные динамические схемы (НДС) взаимосвязанной системы, учитывающие нелинейные упругости 1-го и 2-го рода, приведены в [1, 2]. Нелинейность упругости второго рода обусловлена в основном образованием зазоров при ослаблении натяжения цепной передачи.

Функционирование конвейерных линии происходит при достаточно широком изменении натяжения цепи (ленты). При значительных натяжениях ветвей многодвигательный ЭП представляет собой ВЭМС, при незначительных натяжениях распадается на локальные системы секционных приводов. ЭП должен работать устойчиво и обеспечивать весь спектр технологических режимов линий.

В этих условиях целесообразно производить настройку регулирующей части СЭП для локальных систем с проверкой устойчивости ВЭМС. Быстродействие локальных СЭП должно выбираться исходя из характера действующих возмущений и обеспечения нормальных условий работы технологического оборудования.

Требуемая частота среза логарифмической амплитудной характеристики (ЛАХ)  $i$ -го локального ЭП определяется выражением:

$$\omega_{с1г} \geq \frac{K_v \Delta \mu_{co} k_o}{\Delta \varphi_{доп} T_{м\sigma}}$$

где  $\Delta\mu_{co}$  - относительное приращение моментов холостого хода секции;  $k_o$  - коэффициент, учитывающий характер изменения  $\mu_{co}$  (экспоненциальный или гармонический);  $\Delta\varphi_{доп}$  - допустимое отклонение натяжения цепи;  $T_{m\Sigma} = T_{мд} + T_m$  - суммарная механическая постоянная времени секционного привода.

Рациональным является поэтапный синтез СЭП, базирующийся на достижении значения  $\omega_{c1T}$  в процессе последовательного перехода от простых способов коррекции к более сложным [3].

На первой ступени выполняется необходимая настройка РС локальных СЭП с целью достижения требуемого быстродействия контуров скорости при достаточном подавлении упругих колебаний первого рода, что обеспечивается определенным запасом по модулю  $A_o \geq 2$  ЛАХ разомкнутой СЭП на частоте  $\omega_y$ . Параметры пропорционально-интегрального регулятора будут:

$$\beta_1 = K_T T_{m\Sigma} \omega_y \sqrt{\xi_y q/2}; \tau_1 = \frac{2}{\omega_y} \sqrt{\frac{2}{\xi_y q}},$$

где  $K_T$  - коэффициент обратной связи контура тока;  $\xi_y$  - коэффициент демпфирования упругих колебаний;  $q = T_{мд}/T_{m\Sigma}$ . При этом частота среза локальной СЭП  $\omega_{c1} = \omega_y \sqrt{\xi_y q/2}$ .

В случае  $\omega_{c1} < \omega_{c1T}$  необходимо перейти ко 2-й ступени синтеза СЭП с введением дополнительных средств коррекции для эффективного подавления  $\omega_y$  (полоснозаграждающих фильтров или ПД-коррекции) [3]. Параметры РС теперь станут:

$$\beta_1 = 0,5K_T T_{m\Sigma} \omega_y \sqrt{q}; \tau_1 = 4/\omega_y \sqrt{q},$$

что обеспечивает  $\omega_{c1} = 0,5\omega_y \sqrt{q}$ .

Если полученного быстродействия СЭП окажется недостаточно, то следует перейти к электромеханической оптимизации системы (3-я ступень), связанной с увеличением частоты  $\omega_y$ . Рациональным является компромиссное решение проблемы совершенствования характеристик ЭМС с учетом возможностей 2-й ступени. Тогда требуемая частота упругих колебаний эквивалентной двухмассовой системы привода будет:

$$\omega_{c1T} \geq \frac{2K_v \Delta\mu_{co} k_o}{\Delta\varphi_{доп} T_{m\Sigma} \sqrt{q}}.$$

После оптимизации локальных СЭП переходят к синтезу ВЭМС (4-я) ступень с учетом влияния упругости 2-го рода, характеризуемой параметрами упругих колебаний  $\omega_{y0}$  и  $\xi_0$ . Условием взаимосвязи смежных секций конвейера является  $T_{m\Sigma}/(4T_{ЭП} K_v K_\varphi) \leq 1$ ,  $T_{ЭП}$  - эквивалентная постоянная времени локальной СЭП ( $T_{ЭП} = 1/(\omega_y \sqrt{2\xi_y q})$ ) - 1-я ступень,  $T_{ЭП} = 1/(\omega_y \sqrt{q})$  - 2-я ступень оптимизации системы.

Компьютерные исследования динамики ВЭМС конвейерной линии, состоящей из трех секций [2], подтвердили эффективность разработанных рекомендаций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Егоров В.Н., Шестаков В.М. Динамика систем электропривода. - Л.: Энерготомиздат, 1983.
2. Сулова О.В. Разработка и исследование взаимосвязанных электромеханических систем автоматизированных транспортно-технологических комплексов. Автореферат дисс. на соискание уч. ст. к.т.н., СПб, СПИМаш, 1999.
3. Шестаков В.М. Системы электропривода бумагоделательного производства. - М.: Лесная промышленность, 1989.