

УДК 62-83.621.314-6

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ НА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ДВУХМАССОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ И ЛЮБТАМИ

А.С.СОЛОВЬЕВ

Вопросы создания нагрузочных устройств для испытательных стендов и электродинамических моделей достаточно подробно освещены в литературе [2-4].

Наиболее просто нагрузочное устройство испытательного стенда может быть выполнено на основе машины постоянного тока с независимым возбуждением, управляемой с помощью силового тиристорного преобразователя. В этом случае задача сводится к регулированию по заданному закону величины тока (момента) нагрузочной машины. Точность отработки сигнала задания нагрузки достигается применением двух контуров обратных связей. Для устранения влияния э.д.с. нагрузочной машины (НМ) на величину тока в системе управления используется обратная связь по частоте вращения, обеспечивающая компенсацию влияния э.д.с. Контур регулирования тока имеет ПИ-регулятор и настраивается на технический оптимум, что обеспечивает достаточно точную отработку заданного закона изменения тока.

Для компенсации влияния механической инерции НМ на величину электро-механической постоянной времени испытуемого привода T_M может быть применена обратная связь по производной частоты вращения двигателя привода. Настройка обратных связей и регуляторов описана В.С.Соловьевым [3].

Характер нагрузки на валу испытуемого привода (ИП) зависит не только от нагрузки на исполнительном органе механизма, но и от динамических свойств передачи.

При испытании электроприводов на нагрузочных стендах динамические свойства передач могут быть учтены, если сигнал, соответствующий нагрузке исполнительного органа, подавать на вход системы управления нагрузочным устройством через аналоговую модель трансмиссии.

На рис. I представлена схема управления нагрузочной частью стенда с учетом динамических свойств передачи. Эти свойства аппроксимированы двух-массовой механической системой с кинематическим зазором, т.е. описываются уравнениями

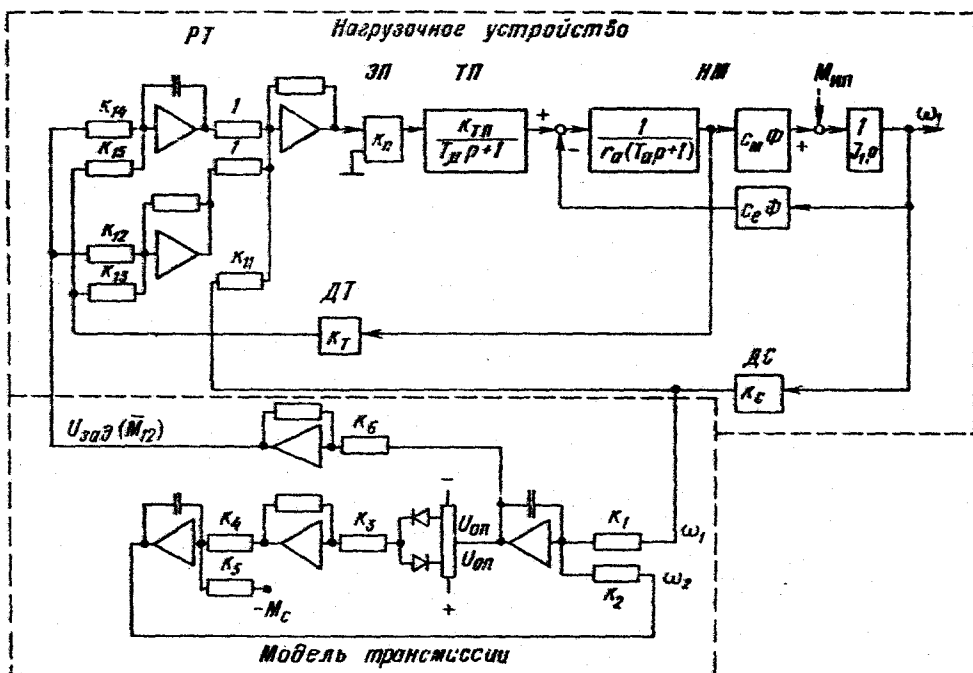


Рис.1. Схема нагрузочного устройства с заданием нагрузки от динамической модели трансмиссии

$$d\omega_1/dt = (M_{ин} - M_{12})/J_1; \quad (1)$$

$$d\omega_2/dt = (M_{12} - M_c)/J_2; \quad (2)$$

$$d\varphi/dt = \omega_1 - \omega_2; \quad (3)$$

$$M_{12} = c(\varphi - \delta/2) \quad \text{при} \quad |\varphi| \geq \delta/2, \quad (4)$$

$$M_{12} = 0 \quad \text{при} \quad |\varphi| < \delta/2,$$

где $M_{ин}$, M_c - момент ИП и приведенный момент нагрузки на исполнительном органе; M_{12} - момент в упругом элементе (УЭ); J_1 , J_2 - приведенные моменты инерции масс, расположенных соответственно до и после УЭ; ω_1 , ω_2 - приведенные частоты вращения масс J_1 и J_2 ; φ - угол относительного перемещения масс J_1 и J_2 ; c - жесткость УЭ; δ - приведенный зазор.

В данном случае машинный агрегат, состоящий из ИП и НМ, отражает движение только массы J_1 , т.е. уравнение (1), а УЭ, зазор и движение массы J_2 воспроизводятся аналоговым блоком, т.е. моделью трансмиссии, которая вырабатывает сигнал задания для нагрузочного устройства и определяет нагрузку, создаваемую НМ.

Поскольку модель трансмиссии работает совместно с натурным агрегатом, моделирование выполняется в реальном масштабе времени. Коэффициенты набора модели трансмиссии (рис. I) определяются формулами:

$$k_1 = m_\varphi / k_c; \quad (5)$$

$$k_2 = m_\varphi / m_\omega; \quad (6)$$

$$k_3 = c m_M / m_\varphi; \quad (7)$$

$$k_4 = k_5 = m_\varphi / (J_2 m_M); \quad (8)$$

$$k_6 = (m_\varphi c_M \Phi k_{TK})^{-1}, \quad (9)$$

где k_c - коэффициент передачи датчика скорости ИП; m_M, m_ω, m_φ - масштабы моделирования момента, частоты вращения, угла деформации; $c_M \Phi$ - коэффициент момента НМ; k_{TK} - коэффициент передачи токового контура в системе управления нагрузочным устройством.

Опорное напряжение диодного ограничителя (рис. I)

$$U_{оп} = \delta m_\varphi / 2. \quad (10)$$

Как видно из рис. I, схема набора проста и позволяет легко варьировать значения параметров трансмиссии. При более сложном математическом описании трансмиссии усложняется только аналоговая часть схемы, что делает устройство удобным в эксплуатации.

Экспериментальные исследования предложенного способа воспроизведения динамических свойств трансмиссии проводились на электродинамической модели экскаваторного электропривода [1], технические данные которой приведены ниже.

Нагрузочная машина (НМ на рис. I): тип ПН-85; $c_e \Phi = 2,101 \text{ В} \cdot \text{с/рад}$; $c_M \Phi = 2,101 \text{ Н} \cdot \text{м/А}$; $J_1 = 0,32 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $r_a = 1,5 \text{ Ом}$; $T_a = 0,023 \text{ с}$.

Тиристорный преобразователь (ТП на рис. I): тип ПТЗР-19-220; $k_{ТП} = 40 \text{ В/В}$; $T_\mu = 0,0066 \text{ с}$.

Эмиттерный повторитель для согласования выхода регулятора тока (РТ на рис. I) с входом ТП: $k_{П} = 0,9 \text{ В/В}$.

Датчик тока (ДТ на рис. I): $k_T = 0,5 \text{ В/А}$.

Датчик частоты вращения (ДЧ на рис. I): $k_c = 0,32 \text{ В} \cdot \text{с/рад}$.

Трансмиссия имеет следующие параметры: $J_2 = 0,112 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $c = 32 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}$; $\delta = 4 \text{ рад}$.

Регулятор тока и модель трансмиссии набирались на операционных усилителях АВМ типа МН-7.

Согласно рекомендациям [3] коэффициент обратной связи по частоте вращения в контуре компенсации э.д.с. определяется по формуле

$$k_{11} = c_e \Phi (k_c k_{ТП} k_{П})^{-1}, \quad (11)$$

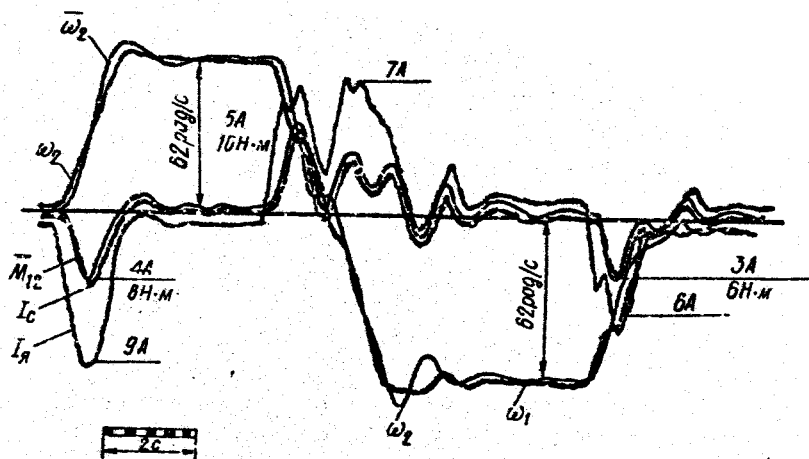


Рис.2. Осциллограмма рабочих режимов изменения частоты вращения испытуемого привода при моделировании упругости трансмиссии

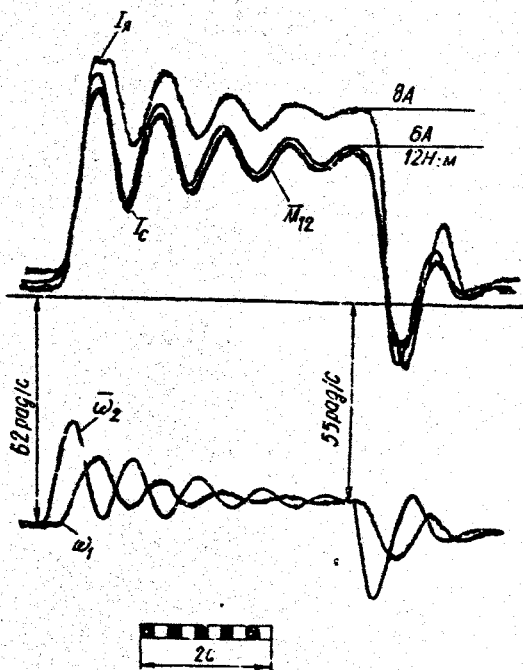


Рис.3. Осциллограмма работы испытуемого привода при набросе-сбросе нагрузки с учетом упругости трансмиссии

119876



а передаточная функция регулятора тока

$$W(p) = (T_a p + 1) \tau_a (k_T k_{TP} k_{II}^2 T_{\mu} p)^{-1}. \quad (12)$$

Подставив в формулы (11) и (12) значения параметров электропривода, получим $k_{11} = 0,182$; $k_{12} = k_{13} = 0,145$; $k_{14} = k_{15} = 6,313$.

При оптимизации токового контура на технический оптимум коэффициент передачи этого контура

$$k_{TK} = 1/k_T, \quad (13)$$

т.е. $k_{TK} = 2$ А/В. Приняв масштабы моделирования $m_M = 0,75$ В/Н·м; $m_{\omega} = 0,32$ В·с/рад; $m_{\varphi} = 8$ В/рад, определим по формулам (5)-(10) $k_1 = k_2 = 25$; $k_3 = 3$; $k_4 = k_5 = 3,8$; $k_6 = 0,32$; $U_{оп} = 16$ В.

На рис.2 приведена осциллограмма пуска, реверса и останова испытуемого привода при учете только упругости трансмиссии (зазор принят равным нулю). На осциллограмме I_a , ω_1 - кривые тока и частоты вращения ИП, I_c - ток якоря НМ, $\omega_2, \bar{M}_{12}$ - кривые воспроизводимой моделью частоты вращения второй массы и упругого момента. Сигнал $\bar{M}_{12}$ является заданием для нагрузочной установки.

На рис.3 приведены осциллограммы исследования того же привода, что и на рис.2, при набросе нагрузки. Из осциллограмм (рис.2, 3) видно, что ток нагрузочной машины I_c повторяет задание. На осциллограммах хорошо видны колебания частот вращения ω_1 и ω_2 , а также упругого момента $\bar{M}_{12}$, характерные для двухмассовых систем.

На рис.4 приведены осциллограммы тех же режимов, что и на рис.2, но при моделировании в трансмиссии не только упругого элемента, но и кинематического зазора. Отчетливо видно запаздывание появления упругого момента и начала разгона и замедления массы J_2 относительно массы J_1 , а также многократное размыкание и закрытие зазора при установившемся движении на холостом ходу.

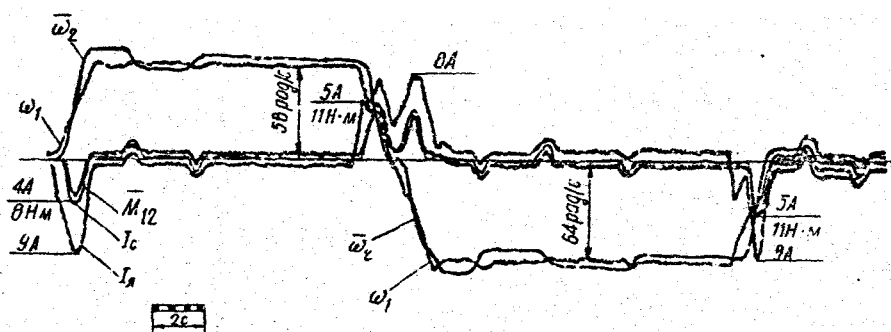


Рис.4. Осциллограммы изменения частоты вращения испытуемого привода при учете упругости трансмиссии и кинематического зазора

Результаты экспериментальных исследований показывают хорошее воспроизведение нагрузочной установкой заданного сигнала и широкие возмож-

ности воспроизведения и учета динамических свойств трансмиссии при формировании нагрузки в нагрузочных стендах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудаков В.В. Расчет и моделирование автоматизированных электроприводов. М.-Л., Наука, 1965.
2. Рудаков В.В. Электромашины усилители в системах автоматики. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.
3. Соловьев В.С. Нагрузочная установка для исследования приводов горных комбайнов - В кн.: Новые исследования в горной электромеханике . Л., изд. ЛПИ, 1973, вып. 5.
4. Соловьев В.С. Определение основных параметров силовой части нагрузочных устройств - В кн.: Новые исследования в горной электромеханике . Л., изд. ЛПИ, 1973, вып. 5.