

УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ МАШИН И АГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ

Пушкин А.А.

Донбасская государственная машиностроительная академия (г. Краматорск, Украина)

Введение. Производительность промышленных установок и технологических комплексов, качество выпускаемой продукции весьма сильно зависит от совершенства электрического привода. Поэтому систематическому улучшению силовой части привода, средствам и методам управления и автоматизации следует уделять должное внимание. Возникла необходимость более полного учета взаимодействия электропривода с приводными механизмами, содержащими упругие связи.

Анализ состояния вопроса. Наличие значительного количества упругих элементов приводит к тому, что динамические нагрузки в несколько раз превышают номинальные [1, 2]. Под их действием происходит разрушение элементов каркаса сооружения, элементов электромеханической системы (ЭМС), коммуникаций, прилегающих или проходящих в зоне работы механизма, повышенный нагрев в двигателе и управляемом преобразователе [1-3]. Наличие упругих механических звеньев отрицательно сказывается на качестве изготавливаемой продукции [2], сроке службы электрического и механического оборудования, показателях регулирования [1], а, следовательно, необходимо компенсировать упругие колебания с целью оптимизации параметров ЭМС. Исходя из вышесказанного, весьма актуальной является задача подавления упругих механических колебаний, решение которой позволит более эффективно использовать электропривод. В последнее время все более возрастает интерес к системам параллельной коррекции, которые дают высокую точность регулирования, максимальное быстрое действие при эффективном демпфировании упругих колебаний.

Постановка задачи исследования. Задачей работы является улучшения технологического процесса работы машин и агрегатов с электроприводами переменного тока на основе выбора оптимальных параметров системы управления.

Материалы и результаты исследований. Объектом исследования является система "Тиристорный преобразователь напряжения - асинхронный двигатель" (ТПН-АД) с системой параллельно коррекции (СПК). Эти ЭП отличаются низкой стоимостью, простотой, неплохими массогабаритными показателями, высокой надежностью, одновременно широкими функциональными возможностями, в особенности при использовании в замкнутых системах. Анализ возможностей асинхронного электроприводу с тиристорным преобразователем напряжения и особенности его использования показывают, что он, имея меньшие стоимостные показатели, может использоваться и успешно конкурировать с ЭП с частотным регулированием.

ем. Функциональная схема двухмассовой электромеханической системы ТПН-АД с СПК изображена на рисунке 1.

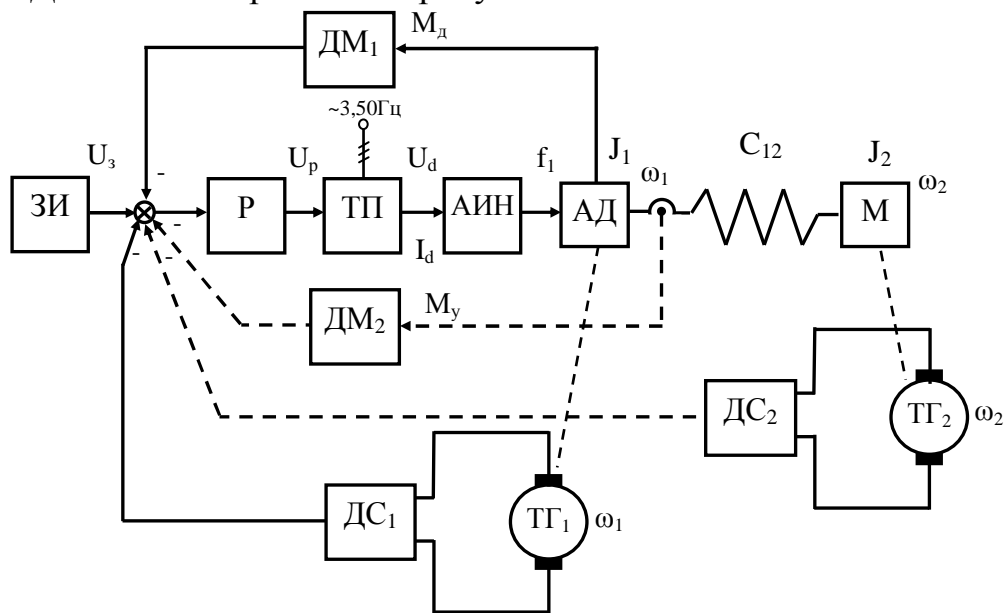


Рисунок 1 – Функциональная схема ТПН-АД с СПК

В схеме приняты следующие обозначения: ЗИ – за датчик интенсивности; АД – асинхронный двигатель с к.з. ротором с моментом инерции J_1 ; Р – модальный регулятор; ТП – тиристорный преобразователь; АИН – автономный инвертор напряжения; ДС₁, ДС₂ – датчики скорости двигателя и механизма соответственно; ТГ₁, ТГ₂ – тахогенераторы для преобразования угловой скорости двигателя и механизма соответственно в пропорциональные ей напряжения; C_{12} – приведенный коэффициент жесткости; ДМ₁ – датчик момента; ДМ₂ – датчик упругого момента; М – механическая часть с приведенным моментом инерции J_2 ; f_1 – частота тока статора.

На основе функциональной схемы составляется структурная схема, преобразовав которую, получаем передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействию. Демпфирующие свойства электропривода определяются характеристическим уравнением, которое имеет вид:

$$Q(p) = \frac{\gamma T_{m1} T_{km} \beta}{\Omega_{12}^2} p^4 + \frac{\gamma T_{m1} \beta}{\Omega_{12}^2} p^3 + \frac{\gamma (K_{pc}^* + T_{m1} T_{km} \beta \Omega_{12}^2)}{\Omega_{12}^2} p^2 + \gamma T_{m1} \beta p + K_{pc}^* = 0, \quad (1)$$

где $K_{pc}^* = K_{pc} K_c / K_m$; K_{pc} – коэффициент регулятора скорости; K_c – коэффициент обратной связи по скорости; K_m – коэффициент обратной связи по моменту; β – жесткость механической характеристики двигателя; T_s – электромагнитная постоянная времени; T_{m1} – механическая постоянная времени электрической подсистемы; γ – коэффициент распределения инерционных масс; Ω_{12} – частота свободных колебаний; p – оператор Лапласа; T_{km} – постоянная времени контура момента.

Для анализа демпфирующей способности электропривода, при электромеханическом взаимодействии процессов, представим полную двухмассовую ЭМС в виде двух отдельных парциальных подсистем: электрической (ЭП) и механической (МП):

$$Q_{\text{ЭП}}(p) = T_{\text{М1}} T_{\text{КМ}} \beta p^2 + T_{\text{М1}} \beta p + K_{\text{РС}} K_{\text{С}} / K_{\text{М}} = 0 \quad Q_{\text{МП}}(p) = \gamma / \Omega_{12}^2 p^2 + 1 = 0. \quad (2)$$

Связь процессов в электрической и механической подсистемах в составе полной ЭМС характеризуется коэффициентом электромеханического взаимодействия:

$$K_{\text{В}} = \Omega_{12}^2 / \Omega_{\text{Э}}^2 = T_{\text{М1}} T_{\text{КМ}} \beta K_{\text{М}} \Omega_{12}^2 / K_{\text{РС}} K_{\text{С}}. \quad (3)$$

Запишем характеристическое уравнение (1) в форме обобщенных показателей электромеханического взаимодействия ЭП и МП:

$$Q(p) = \gamma K_{\text{В}} T_{\text{У}}^4 p^4 + 2\gamma \sqrt{K_{\text{В}}} \xi_{\text{Д}} T_{\text{У}}^3 p^3 + \gamma (K_{\text{В}} + 1) T_{\text{У}}^2 p^2 + 2\gamma \sqrt{K_{\text{В}}} \xi_{\text{Д}} T_{\text{У}} p + 1 = 0 \quad (4)$$

Представим свободное движение полной электромеханической системы в виде произведения двух уравнений второго порядка (5), которые будут характеризовать свободное движение электрической и механической частей (6) взаимосвязанной ЭМС:

$$Q_1(p) = Q_{\text{ЭП1}}(p) Q_{\text{МП1}}(p) \quad (5)$$

$$Q_{\text{ЭП}}(p) = (T_{\text{У}}^2 p^2 + 2\xi_{\text{Э}} T_{\text{У}} p + 1), \quad Q_{\text{МП}}(p) = (T_{\text{У}}^2 p^2 + 2\xi_{\text{М}} T_{\text{У}} p + 1) \quad (6)$$

При совместном решении уравнений (4) и (5) получаем оптумы:

$$K_{\text{В}}^* = 1/\gamma; \xi_{\text{Д}}^* = \sqrt{\gamma - 1/\gamma}, \quad (7)$$

Перейдем от обобщенных показателей электромеханического взаимодействия (7) к оптимальным значениям $T_{\text{КМ}}^*$ и $K_{\text{РС}}^*$, при которых будет достигаться предельное демпфирование упругих механических колебаний:

$$T_{\text{КМ}}^* = \frac{1}{2\sqrt{\gamma - 1}\Omega_{12}}; \quad K_{\text{РС}}^* = \frac{\gamma T_{\text{М1}} \beta K_{\text{М}} \Omega_{12}}{2\sqrt{\gamma - 1} K_{\text{С}}}. \quad (8)$$

Выводы

Получены оптимальные значения параметров системы параллельной коррекции, при которых произойдет улучшение технологического процесса работы машин и агрегатов. Достижение необходимых значений (8) возможно за счет соответствующего выбора выпрямителей, фильтров, аналоговых элементов и т. д. на этапе проектирования ЭМС, а также подбором коэффициентов регуляторов на этапе модернизации.

Литература

- 1 Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. – М.: Энергия, 1971. – 320с.
- 2 Пушкин А.А. Отрицательное влияние упругих механических звеньев на характер работы электрооборудования / А.А. Пушкин // Материалы докладов III молодежной Международной научной конференции «Тинчуринские чтения» посвященной 40-летию КГЭУ / Под общ. ред. д-ра физ-мат. наук, проф. Ю.Я. Петрушенко. В 4 т. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2008 – Т. 3. – С. 96-98.
- 3 Пушкин А.А. Совершенствование приводов прокатных станов с целью повышения их надежности и строго выполнения технологического процесса / А.А. Пушкин, А.В. Тимошенко, Г.В. Колесникова // Металлургические процессы и оборудование. – 2008. – № 3. – С. 40-44.