

Моделирование процесса регулирования скорости в двухмассовой системе с упругими связями

В. Б. ЗВОРЫКИН, А. И. МИХАЛЕВ, Г. Ю. СТАНЧИЦ

Национальная металлургическая академия Украины

Промоделирована и исследована работа системы подчиненного регулирования скорости в двухмассовой системе при наличии упругой связи двигателя с механизмом. Учтены инерция контура тока якоря, наличие зазора в передаче и вязкого трения. Определено влияние этих факторов на качество переходных процессов изменения скорости исполнительного органа и величину статической ошибки. Приведены пути повышения качества регулирования.

Промодельовано та досліджено роботу системи підпорядкованого регулювання швидкості в двомасовій системі за наявності пружного зв'язку двигуна з механізмом. Враховано інерцію контуру струму якоря, наявність зазору в передачі і в'язкого тертя. Визначено вплив цих факторів на якість перехідних процесів зміни швидкості виконавчого органу та величину статичної помилки. Наведено шляхи підвищення якості регулювання.

The work of the slave speed control in two-mass system in the presence of the flexible connection with the mechanism and the engine is modeled and investigated. The inertia of the current loop, the gap in the transmission and viscous friction take into account. The influence of these factors on the quality of the transient change of velocity of the executive mechanism and the magnitude of the static error is determined. Ways that improve the quality of regulation are given.

Modeled and investigated the work of the slave speed control in two-mass system in the presence of the flexible connection with the mechanism and the engine. Take into account the inertia of the current loop, the gap in the transmission and viscous friction. The influence of these factors on the quality of the transient change of velocity of the executive mechanism and the magnitude of the static error. Given the way improving the quality of regulation.

Вопросы моделирования процессов подчиненного регулирования скорости в двухмассовой системе с упругой связью двигателя с механизмом [2,3] с учетом инерции контура тока, наличия зазора в передаче и вязкого трения по-прежнему являются актуальным.

Моделирование с малым коэффициентом соотношения инерционных масс.

На рис. 1 изображена структурная схема контура скорости с подчиненным контуром тока и двухмассовым механическим звеном с зазором в передаче δ и

вязким трением ρ (схема составлена на основании структурных схем контура скорости и двухмассовой системы с упругими связями, приведенных в [2,3]).

Пунктиром показаны обратные связи по производной от скорости исполнительного органа $w_{oc2}(p)$ и по разности скоростей двигателя и исполнительного органа $w_m^3(p)$. Контур тока изображен в свернутом виде $w_m^3(p)$.

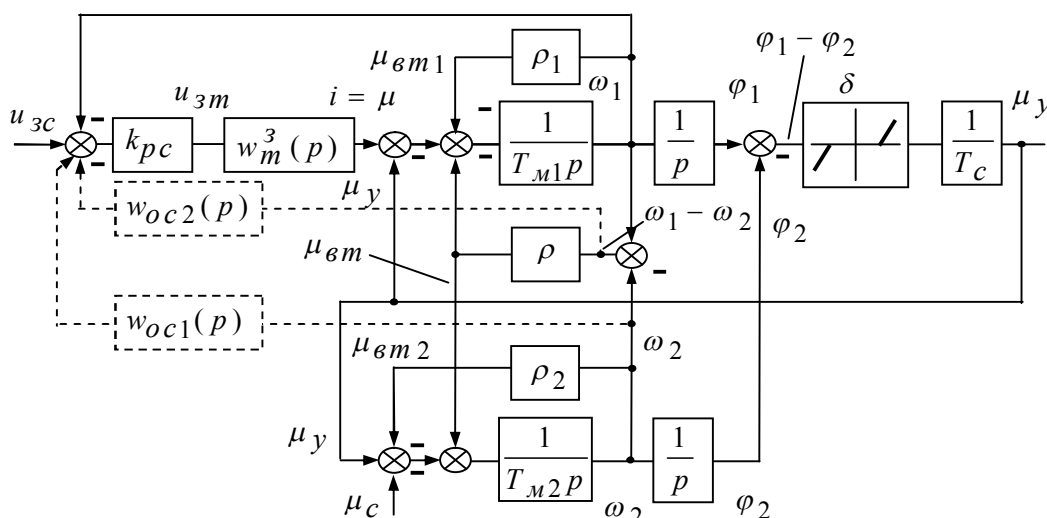


Рис. 1. Структурная схема контура скорости с подчиненным контуром тока и двухмассовым механическим звеном с зазором в передаче и вязким трением

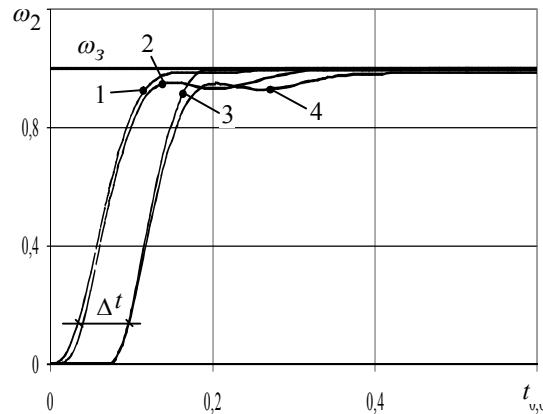


Рис. 2. Пуск электропривода с упругим механическим звеном и обратной связью по производной от скорости исполнительного органа

Переходные процессы в САУ скорости с обратной связью по производной от скорости исполнительного органа изображены на рис. 2, с обратной связью по разности скоростей двигателя и исполнительного органа – на рис 3.

На рис. 2 - б обозначено:

1 - контур тока безинерционный, $\rho_1 = 0$, $\rho_2 = 0$, $\rho = 0$, $\delta = 0$;

2 - контур тока обладает инерцией $\rho_1 = 0$, $\rho_2 = 0$, $\rho = 0$, $\delta = 0$;

3 - контур тока обладает инерцией, $\rho_1 = 0$, $\rho_2 = 0$, $\rho = 0$, $\delta \neq 0$;

4 - контур тока обладает инерцией, $\rho_1 \neq 0$, $\rho_2 \neq 0$, $\rho \neq 0$, $\delta \neq 0$.

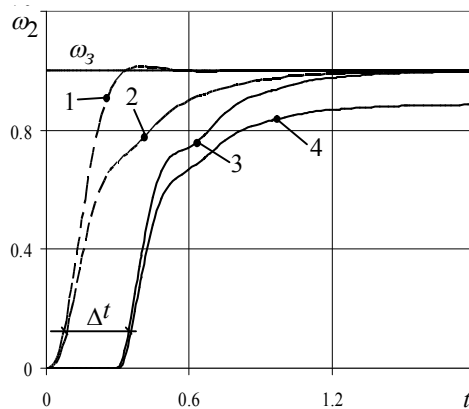


Рис. 3. Пуск электропривода с упругим механическим звеном и обратной связью по разности скоростей двигателя и исполнительного органа

Учет инерционности контура тока приводит к затягиванию переходных процессов (кривая 2 на рис. 2, 3). Это обусловлено демпфирующим действием внутренней обратной связи по ЭДС двигателя.

Зазор в передаче (кривая 3 на рис 2, 3) приводит к смещению кривой вправо. Величина сдвига Δt , определяется временем выбора зазора δ .

Вязкое трение снижает результирующий момент. В результате уменьшается интенсивность протекания переходных процессов и возникает статическая ошибка регулирования (кривая 4 на рис. 2, 3).

Сопоставление кривых 4 на рис 2, 3 показывает, что система с обратной связью по разности скоростей двигателя и исполнительного органа имеет большую инерцию и большую статическую ошибку, чем система

с обратной связью по производной от скорости исполнительного органа.

Это объясняется, в первую очередь, меньшим коэффициентом усиления регулятора скорости, поскольку величина k_{pc} определяет быстродействие и статическую ошибку САУ скорости:

- $k_{pc} = \sqrt{\frac{T_{M1} \gamma_0 \sqrt{\gamma_0}}{T_C (\gamma - 1)}}$ в системе с обратной связью

по производной от скорости исполнительного органа прямо пропорционально зависит от величины “требуемого” коэффициента инерции γ_0 .

- $$k_{pc} = \gamma \sqrt{\frac{\gamma T_{M1}}{T_C (\gamma - 1) \gamma_0 \sqrt{\gamma_0}}}$$

в системе с обратной связью по разности скоростей двигателя и исполнительного органа обратно пропорционально зависит от величины “требуемого” коэффициента инерции γ_0 .

Применение обратной связи по разности скоростей дает худший эффект, чем введение в систему сигнала по производной от ω_2 . Однако, обратная связь по разности скоростей может быть полезной, когда введение сигнала по производной невозможно из-за ошибок дифференцирования или влияния малых постоянных

времени. Наиболее целесообразно применение данного вида обратной связи в электроприводах с малым моментом нагрузки. Примером может служить электропривод робота манипулятора для станочного привода, у которого коэффициент вязкого трения и момент сил сопротивления незначительны.

Для повышения быстродействия системы регулирования целесообразно компенсировать внутреннюю обратную связь по ЭДС двигателя. Демпфирующее действие обратной связи по ЭДС устраняется, и переходные процессы в системе регулирования протекают более быстро (кривые 2-4 на рис 4, 5).

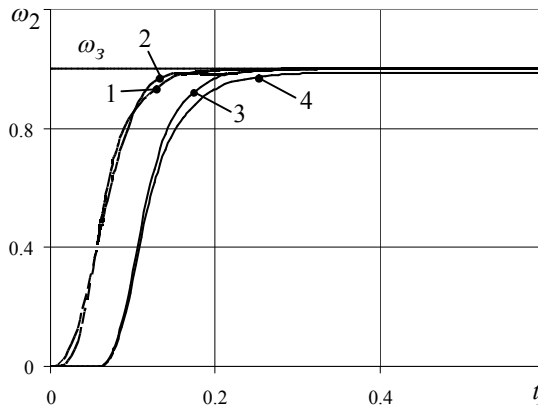


Рис. 4. Пуск электропривода с упругим механическим звеном и обратной связью по производной от скорости исполнительного органа (внутренняя обратная связь по ЭДС двигателя компенсирована)

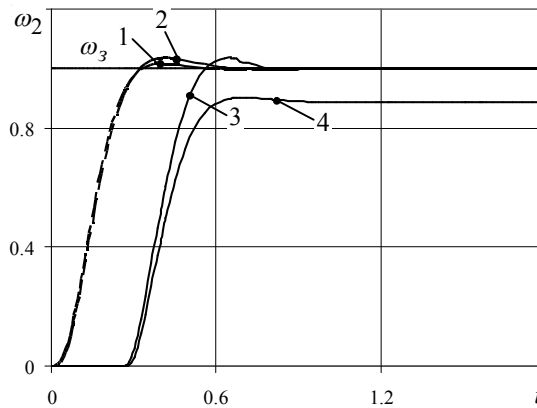


Рис. 5. Пуск электропривода с упругим механическим звеном и обратной связью по разности скоростей двигателя и исполнительного органа (внутренняя обратная связь по ЭДС двигателя компенсирована)

Компенсация внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя ускоряет переходные процессы в САУ скорости, при сохранении требуемого качества регулирования. Величина статической ошибки зависит от момента нагрузки, величины вязкого трения и коэффициента усиления регулятора скорости.

Моделирование с большим коэффициентом инерционных масс.

Как и ранее, рассмотрим работу системы регулирования скорости с учетом инерции контура тока, наличия зазора в передаче и вязкого трения.

Структурная схема контура скорости с подчиненным контуром тока и двухмассовым механическим звеном с зазором в передаче и вязким трением соответствует структурной схеме, изображенной на рис. 1, без компенсирующих связей.

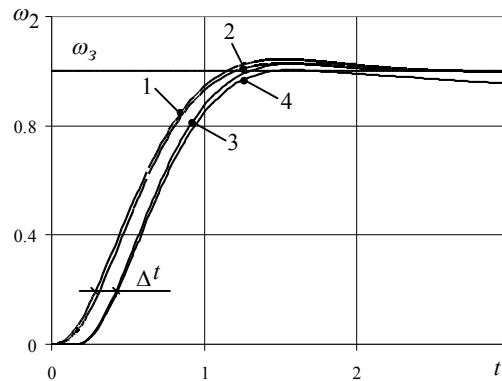


Рис. 6. Переходные процессы при пуске электропривода с упругим механическим звеном и большим коэффициенте соотношения инерционных масс, $\gamma = 14$

Как и следовало ожидать, демпфирующее действие контура тока приводит к снижению перегулирования (кривая 1, $\delta = 4,3\%$, кривая 2, $\delta = 2,7\%$).

Зазор в передаче (кривая 3 на рис. 6) приводит к смещению кривой вправо. Величина сдвига Δt , определяется временем выбора воздушного зазора Δ .

Вязкое трение снижает результирующий момент. В результате уменьшается интенсивность протекания переходных процессов и возникает статическая ошибка регулирования (кривая 4 на рис. 6).

Поскольку привод имеет большие инерционные массы, темп изменения скорости при разгоне будет низким. В результате внутренняя обратная связь по ЭДС выражена слабо и ее компенсация не оказывает существенного влияния на качество переходных процессов.

Выводы

Система с малыми коэффициентами соотношения инерционных масс.

- Система с обратной связью по разности скоростей двигателя и исполнительного органа более инерционна и имеет большую статическую ошибку, чем система с обратной связью по производной от скорости исполнительного органа.
- Обратная связь по разности скоростей целесообразна, когда введение сигнала по производной невозможно из-за ошибок дифференцирования или влияния малых постоянных времени САУ или когда момент нагрузки невелик.
- Для ускорения переходных процессов в САУ скорости, при сохранении требуемого качества регулирования, необходима компенсация внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя.

Система с большими коэффициентами соотношения инерционных масс.

- Вязкое трение снижает результирующий момент, что приводит к увеличению статической ошибки.
- Инерционность контура регулирования тока якоря оказывает слабое влияние на характер протекания переходных процессов. Это обусловлено большими инерционными массами, вследствие чего:
 - обратная связь по ЭДС выражена слабо,
 - переходные процессы в контуре тока протекают намного быстрее переходных процессов в контуре скорости.

Таким образом, как показано в данной работе, для процесса регулирования скорости в двухмассовой системе с упругой связью двигателя и механизма, принципиально важным является управление параметрами обратной связи, от которых зависит соотношение коэффициентов упругости и трения, что в конечном итоге обеспечивает устойчивость работы системы и требуемое качество регулирования скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами. Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. — 392 с.
2. Зворыкин В. Б., Станчиц Г. Ю. Управление скоростью при наличии упругой связи двигателя с механизмом // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. — Вып. 6 (83), 2012. — С. 1 — 6.
3. Зворыкин В. Б., Станчиц Г. Ю. Коррекция САР скорости при наличии упругой связи двигателя с механизмом и больших коэффициентах соотношения инерционных масс // Адаптивные системы автоматического управления. Региональный межвузовский сборник научных работ. — Вып. 22 (42), 2013. — С. 18—24.