

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

**В.Ф. Калинин, Н.П. Моторина,
Е.Б. Винокуров, Ж.А. Зарандия**

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов*

Рецензент д-р техн. наук, профессор Е.И. Глинкин

Ключевые слова и фразы: автоматизированный электропривод; выбор регулятора; настройка контура скорости; симметричный оптимум; системы управления асинхронным электроприводом.

Аннотация: Предложены пути улучшения динамики действующих электроприводов механизмов и технологических процессов различного класса за счет оптимального решения проблемы выбора регулятора. В частности, отмечено, что построение любого регулятора начинается с определения структуры и параметров объекта управления. Рассмотрены настройка контура скорости на симметричный оптимум и факторы, влияющие на точность регулирования скорости.

В условиях современного производства на первый план выходят мероприятия по улучшению его энергетических показателей. Добиться улучшения показателей основных потребителей электроэнергии – электроприводов можно путем внедрения новых алгоритмов управления. Нами затронуты вопросы улучшения динамики действующих электроприводов механизмов и технологических процессов различного класса.

Из всех видов электродвигателей асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором получили наибольшее распространение в промышленности благодаря таким качествам, как низкая стоимость, простота конструкции, относительно высокий КПД, неприхотливость к условиям работы и др. В настоящее время ими оснащены практически все неуправляемые механизмы, например вентиляторы, насосы. В связи с увеличивающимися технологическими и экономическими требованиями все бóльшая

Калинин В.Ф. – доктор технических наук, профессор, первый проректор, заведующий кафедрой «Электрооборудование и автоматизация»; Моторина Н.П. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и автоматизация»; Винокуров Е.Б. – кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматизация», marina-makeeva1@yandex.ru; Зарандия Ж.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и автоматизация», ТамбГТУ, г. Тамбов.

часть данного вида электроприводов переводится в разряд регулируемых. Внедрение частотных преобразователей позволяет повысить экономичность установленного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, увеличить срок службы механической составляющей привода, благодаря плавности операций пуска/торможения [1].

Развитие промышленной электроники позволило создать системы на базе асинхронного двигателя, которые по своим характеристикам не уступают системам с двигателями постоянного тока. Тем не менее, структуры систем управления асинхронным электроприводом, сложившиеся в настоящее время, требуют дальнейшего совершенствования.

В настоящее время на промышленных предприятиях наметилась тенденция к переводу некоторых действующих электроприводов с постоянного тока на переменные токи. Машины постоянного тока обеспечивают высокое качество регулирования основных параметров электропривода – скорости, момента. Но неоднократное преобразование энергии снижает КПД, а больший момент инерции якоря ухудшает динамические свойства системы такого электропривода [4].

Посторонние любого регулятора начинается с определения структуры и параметров объекта управления. Общепринятым подходом к анализу основных динамических процессов в механической части системы является сведение реального механизма к определенной расчетной схеме, на которой отдельные элементы с распределенными параметрами заменяются эквивалентными приведенными, имеющими сосредоточенную массу и связанными между собой упругими элементами с конечной жесткостью [2].

Для анализа и моделирования данный подход является оптимальным и наиболее достоверным [3], но проблема заключается в том, что для большинства приводов с частотными преобразователями неизвестны ни структура, ни параметры механической составляющей. Изучение всех тонкостей реальной установки повлечет за собой дополнительные затраты времени и средств. Системы регулирования скорости, созданные на основе паспортных данных двигателей и с жесткой структурой регулятора, на практике имеют неустойчивость в работе, перерегулирования скорости, более медленный ее набор, колебательные режимы. Эти факторы напрямую влияют на технологический процесс в целом, производительность механизма и т.п.

В некоторых случаях для улучшения качества регулирования системы ее можно сделать адаптивной, но это решение требует совершенно других, значительно больших затрат ресурсов, времени. Отдельные авторы описывают преимущества применения нечеткой логики для случая резких изменений параметров системы.

Рассмотрим настройку контура скорости на симметричный оптимум (рис. 1). Стандартная настройка контура регулирования скорости на оптимум по модулю широко используется на практике в связи с простотой технической реализации и благоприятным для большинства электроприводов характером протекания переходных процессов. Однако, как было установлено, точность регулирования при малом моменте инерции электропривода может быть ниже, чем в разомкнутой системе электропривода и не удовлетворять предъявляемым требованиям. В этих случаях в многоконтурных унифицированных структурах регулирования координат при-

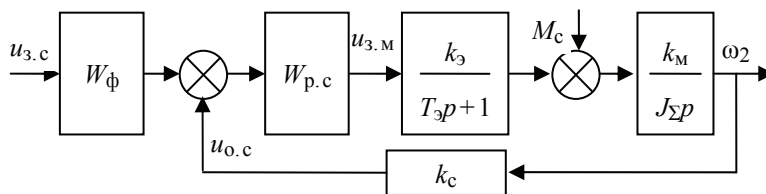


Рис. 1. Структурная схема контура скорости в двухконтурной системе регулирования при настройке на симметричный оптимум:

$u_{3,c}$ – напряжение задания скорости; $u_{3,m}$ – напряжение задания момента;
 $u_{o,c}$ – напряжение обратной связи; M_c – приведенный момент статического сопротивления нагрузки на валу двигателя;
 ω_2 – угловая скорость вращения ротора двигателя

бегают к увеличению порядка астатизма системы по отношению к воздействию нагрузки.

Составим передаточную функцию контура скорости при настройке его на симметричный оптимум и приравняем ее низкочастотному фильтру третьего порядка Баттерворта [4]:

$$W_{p.c}^{c.o}(p) = W_{p.c} \frac{k_{\omega}}{T_{\omega}p + 1} \frac{k_M}{J_{\Sigma}p} k_c = \frac{4T_{\phi}p + 1}{8T_{\phi}^2 p^2 (T_{\phi}p + 1)},$$

где $W_{p.c}$ – передаточная функция регулятора скорости; k_{ω} – коэффициент, учитывающий электромагнитные особенности электропривода; T_{ω} – электромагнитная постоянная времени; p – независимая комплексная переменная; k_M – коэффициент, учитывающий механическую структуру электропривода; J_{Σ} – приведенный момент инерции всех вращающихся масс на валу двигателя; k_c – коэффициент обратной связи по скорости; T_{ϕ} – постоянная времени фильтра.

Приравняем постоянные времени $T_{\omega} = T_{\phi}$ и, решая уравнение относительно функции регулятора скорости, получим

$$W_{p.c} = \frac{J_{\Sigma}}{2T_{\omega}k_M k_{\omega} k_c} \frac{4T_{\omega}p + 1}{4T_{\omega}p},$$

где J_{Σ} – суммарный приведенный момент инерции.

Для компенсации форсирующей составляющей регулятора $(4T_{\omega}p + 1)$, определяющего более высокое перерегулирование и большую длительность переходного процесса, на входе контура скорости ставят фильтр с передаточной функцией

$$W_{\phi} = \frac{1}{4T_{\omega}p}.$$

Путем увеличения порядка астатизма системы по отношению к воздействию нагрузки была устранена погрешность, возникающая в системе при работе под нагрузкой [3], но это привело к значительному усложнению системы и снижению динамических свойств.

Помимо паспортных данных на двигатель в передаточную функцию регулятора входит приведенный момент инерции, определить который в условиях реального производства затруднительно. Трудность состоит в

том, что механическое оборудование, например насосного агрегата или подъемно-транспортного устройства, состоит из крупных деталей и узлов, обладающих большой массой инерции и конечной жесткостью. Они реально представляют собой сложную многомассовую упругосвязанную систему. В процессе работы возможно резкое увеличение нагрузки, которая может изменить момент инерции и приведенный момент нагрузки на валу двигателя.

Таким образом, нами был предложен только один из вариантов решения проблемы выбора, который не снимает до конца возникающие трудности, но способствует их уменьшению.

Список литературы

1. Ильинский, Н.Ф. Основы электропривода : учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Ильинский. – 3-е изд., стер. – М. : Изд. дом МЭИ, 2007. – 224 с.
2. Башарин, А.В. Управление электроприводами : учеб. пособие для вузов / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с.
3. Принципы построения систем регулирования электроприводов с двигателями переменного тока / И.Л. Локтева [и др.] // Электричество. – 1976. – № 5. – С. 6–12.
4. Ключев, В.И. Теория электропривода / В.И. Ключев. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

Factors Determining the Controller Choice of Commercial Electric Drive Appliances

**V.F. Kalinin, N.P. Motorina,
E.B. Vinokurov, Zh.A. Zarandiya**

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: adjustment of speed loop velocity; automatic electric drive; controller choice; control system of induction motor drive; symmetrical optimum.

Abstract: Ways of improving of commercial electric drive and various technological processes dynamics due to optimal decision of controller choice problem are suggested. In particular it is mentioned that construction of any controller begins with defining of control object structure and characteristics. Adjustment of speed loop velocity on the symmetrical optimum and factors affecting its precision are studied.

© В.Ф. Калинин, Н.П. Моторина,
Е.Б. Винокуров, Ж.А. Зарандия, 2010