

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 519.711

Г.И. Бабокин, д-р техн. наук, проф., зам. директора по НИР, зав. кафедрой, (48762) 6-13-83, gbabokin@dialog.nirhtu.ru (Россия, Новомосковск, НИ «РХТУ им. Д.И. Менделеева»),
Т.А. Гнатюк, ст. преп. кафедры, (48762) 6-13-83 (Россия, Новомосковск, НИ «РХТУ им. Д.И. Менделеева»)

ОЦЕНКА РОБАСТНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ КОМБАЙНА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НАГРУЗКИ

Дана оценка робастности регуляторов нагрузки привода очистного комбайна с пропорционально-интегральным законом управления.

Ключевые слова: нечеткий регулятор, робастность, электрический привод переменного тока, очистной комбайн.

Робастность системы управления объектом – это ее способность обеспечить требуемое качество переходных процессов выходных координат, несмотря на неточность описания объекта при синтезе регулятора и неопределенность или изменчивость его характеристик в конкретных условиях эксплуатации.

Электропривод очистного комбайна (ОК) [1,2] является сложным объектом управления, так как включает взаимосвязанные через процесс разрушения угля электроприводы резания и подачи, которые являются многодвигательными (рис. 1).

Как правило, привод резания включает два нерегулируемых асинхронных электродвигателя М1, М2, которые через редукторы вращают шнеки Ш1, Ш2, оснащенные резцами. Привод механизма подачи – это частотно-регулируемый асинхронный электропривод (ЧРЭП), включающий

общий преобразователь частоты (ПЧ), питающий два асинхронных электродвигателя (М3, М4), приводящих в движение каждый свой движитель D1, D2 бесцепной системы подачи (БСП). Для обеспечения полной загрузки электродвигателей резания в системе управления электроприводом (ЭП) очистного комбайна применяется регулятор нагрузки (РН), назначение которого обеспечить полную загрузку по мощности электродвигателей резания (М1, М2) путем изменения скорости подачи (V_{Π}) комбайна на забой. Нагрузка электродвигателей резания определяется толщиной срезаемой шнеками стружки, пропорциональной скорости резания $V_{\text{Р}}$ и обратно пропорциональной скорости подачи ОК - V_{Π} , и крепостью разрушаемого угля, которая изменяется в достаточно большом диапазоне.

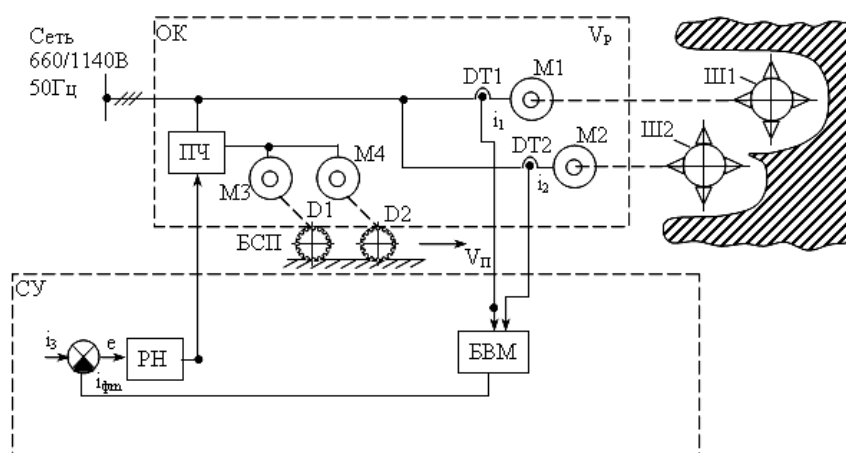


Рис. 1. Система управления электроприводом очистного комбайна

На рис. 2 представлены передаточные функции системы автоматического регулирования нагрузки электропривода ОК, включающая объект управления и регулятор нагрузки (РН) с передаточными функциями соответственно $W_{\text{О}}$ и $W_{\text{РН}}$ [1,2,3].

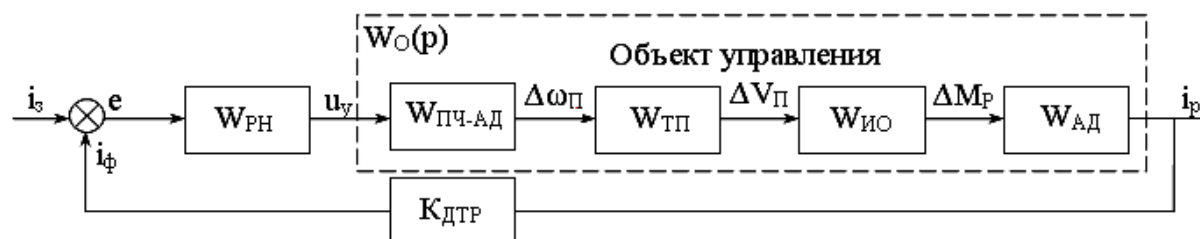


Рис. 2. Структурная схема САР нагрузки электропривода очистного комбайна

В схеме (см. рис. 1) на вход регулятора нагрузки РН с элемента сравнения подается сигнал рассогласования e , равный разности заданного

значения тока резания i_3 и фактического i_ϕ , выбираемого как максимальный ток электродвигателей М1 и М2 в блоке выделения максимального сигнала (БВМ).

Объект управления включает передаточные функции элементов электромеханической системы ОК: системы «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» механизма подачи; трансмиссии механизма подачи; шнекового исполнительного органа ОК; трансмиссии привода резания (двухмассовая расчетная схема); электродвигателя резания (колебательное звено второго порядка).

Передаточная функция объекта регулирования регулятора нагрузки имеет вид

$$W_o(p) = K / [(T_3 p + 1)(\tau^2 p^2 / 12 + \tau p / 2 + 1)(T_\varepsilon T_m p^2 + T_m p + 1) \times \\ \times (T_4^2 p^2 + 2\xi_p T_4 p + 1)(T_5^2 p^2 + 2\xi_n T_5 p + 1)],$$

где $K = K_1 K_{ред.н} K_{ред.р} \tau D K_{Адр}$ – коэффициент передачи объекта; τ – постоянная времени запаздывания в процессе стружкообразования ИО, зависящая от количества резцов в одной линии резания; D – коэффициент зарубаемости, пропорциональный крепости угля; T_3 , T_4 , T_ε , T_m – постоянные времени преобразователя частоты исполнительного органа, электромагнитная и электромеханическая асинхронного двигателя; ξ_p , ξ_n – коэффициенты затухания трансмиссии редукторов механизмов резания и подачи; K_1 , $K_{ред.н}$, $K_{ред.р}$ – коэффициенты передачи элементов ОК: преобразователя частоты, редуктора механизма подачи, редуктора механизма резания.

Полученная передаточная функция $W(p)$ показывает, что объект регулирования представляет собой сложную динамическую систему с набором последовательно соединенных звеньев первого и второго порядка. Коэффициент передачи объекта K пропорционален коэффициенту крепости угля D , который изменяется в процессе работы комбайна случайным образом, при этом его математическое ожидание в условиях одной лавы может изменяться в 1,5 – 2 раза. Кроме того, передаточная функция объекта получена путем линеаризации ряда параметров, тогда как в реальных условиях работы системы управления эти нелинейности существуют. Таким образом, объект управления регулятора нагрузки электропривода ОК обладает элементами неопределенности в части изменения его параметров в процессе работы, а также неучетом в его модели различных нелинейностей типа сухого трения и т.д. Кроме того, возмущения, действующие на систему управления ОК, изменяются случайным образом.

Далее робастность системы управления ОК рассматривается как чувствительность системы к факторам, которые не учитывались на этапе синтеза регулятора нагрузки.

Рассмотрены два регулятора нагрузки: первый – аналоговый про-

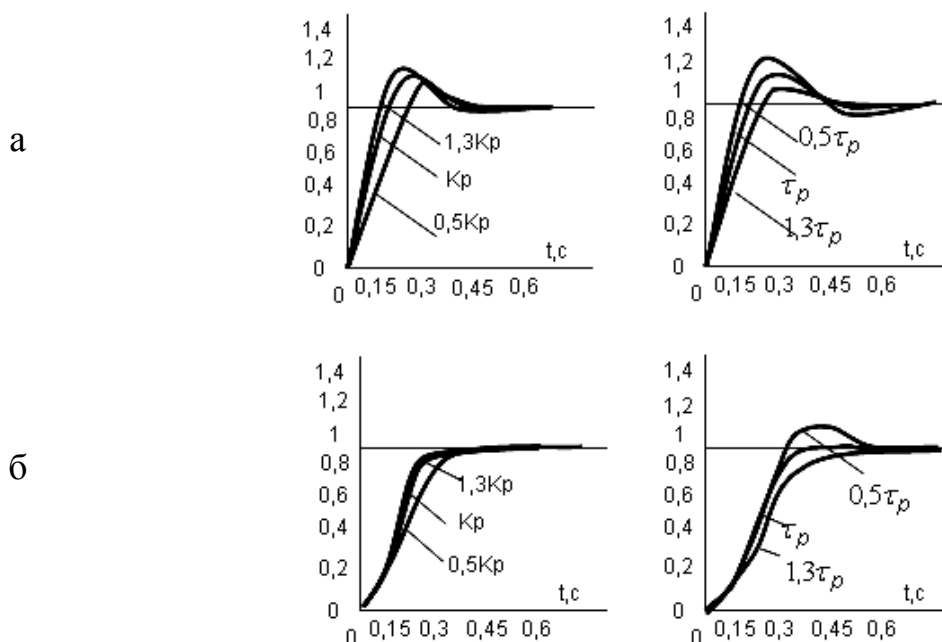
порционально-интегральный регулятор (ПИ); второй – интеллектуальный нечеткий ПИ-регулятор (НРН).

Аналоговый ПИ-регулятор синтезирован из условия обеспечения максимального быстродействия обработки ступенчатого управляющего сигнала при близкой к максимальной крепости угля, по логарифмическим амплитудно- и фазочастотным характеристикам.

Интеллектуальный нечеткий ПИ-регулятор синтезирован на основе экспертных оценок.

Цифровой нечеткий регулятор нагрузки (НРН) обеспечивает статическую ошибку регулирования равной нулю при прямом регулировании.

Структурная схема НРН включает элементы вычисления пропорциональной и интегральной составляющих сигнала рассогласования, блок фаззификации, блок реализующий базу правил и блок дефаззификации, выдающий сигнал управления u_y .



**Рис. 3. Графики переходных процессов:
а – ПИ-регулятор; б – НРН регулятор**

В блоке фаззификации используются четыре нечетких множества A_1, A_2, A_3, A_4 , а для сигнала e_I три нечетких множества N, Z, P . Применение для фаззификации пропорциональной части четырех нечетких множеств позволяет автоматически изменять коэффициент усиления пропорциональной части регулятора нагрузки в зависимости от величины сигнала рассогласования.

В базу правил НРН входят 12 элементов лингвистических правил [4].

Дефаззификация осуществляется по методу одноэлементных нечетких множеств с использованием двенадцати множеств $B_1...B_{12}$. При этом сигнал и на выходе регулятора нагрузки принимает одно из дискретных значений $B_1...B_{12}$.

Сравнение качества функционирования ПИ-регулятора нагрузки и интеллектуального НРН проведено путем математического моделирования в системе MATLAB. При этом оценивалось качество переходного процесса по управляющему воздействию (ступенчатое изменение сигнала задания) при изменении коэффициента усиления объекта K , и постоянной стружкообразования τ . На рис. 3 представлены графики переходного процесса изменения тока резания с ПИ-регулятором (рис. 3, а) и с НРН (рис. 3, б).

Коэффициент усиления изменялся от $1,3K_p$ до $0,5K_p$ (где K_p – расчетный коэффициент, выбираемый для максимальной ожидаемой крепости угля), а постоянная стружкообразования – от $1,2\tau_p$ до $0,5\tau_p$ (где τ_p – расчетная постоянная).

Анализ графиков показал, что интеллектуальный НРН мало чувствителен к изменению коэффициента усиления объекта и менее чувствителен, чем ПИ-регулятор, к изменению постоянной стружкообразования и, таким образом, обладает большей робастностью и может быть рекомендован для применения на практике.

Список литературы

1. Серов В.П., Бабокин Г.И., Колесников Е.Б. Система управления частотно-регулируемым электроприводом механизма подачи // Изв. вузов. Горный журнал. 1992. №6. С. 93-96.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2009. 798 с.
3. Бабокин Г.И., Колесников Е.Б. Частотно-регулируемый электропривод механизмов подачи очистных комбайнов. Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2004. № 3. С. 231-235.
4. Бабокин Г.И., Гнатюк Т.А. Нечеткий регулятор электропривода механизма подачи очистного комбайна // Электрификация и энергосбережение в горной промышленности. 2011. №4. С. 34-38.

G.I. Babokin, T.A. Gnatjuk

VALUE ROBUSTNESS AND CONTROL SYSTEMS CURRENT DRIVE THE CLEANING MACHINE OF DIFFERENCE REGULATOR

Value robustness and control systems regulator of current with electric drive the cleaning machine of inclusive in proportion and integral part.

Key words: fuzzy regulator; robustness; electric drive; cleaning machine.

Получено 19.06.12