

Алгоритм управления замедлением подъёмной машины

Шаповалов Дмитрий Эдуардович, магистр, кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники

Институт информационных технологий и автоматизированных систем
Сибирский государственный индустриальный университет, (г. Новокузнецк)

Автоматическое формирование точки начала замедления позволяет скорректировать и обеспечить одинаковый подход к разгрузочным кривым в независимости от установившейся скорости, однако, выражение (14) не учитывает то, что рабочее замедление может изменяться, из-за изменения параметров электромеханической системы ШПМ.

Как следует из выражения, в процессе замедления подъёмной машины после формирования сигнала «начало замедления» сигнал заданной скорости будет линейно изменяться согласно выражению:

$$u_{zu}(t) = u_{zu \max} - \frac{u_p}{T_{zu}} t, \quad (19)$$

где T_{zu} — постоянная интегрирования задающего устройства;
 u_p — ограничение релейного элемента.

При этом отношение $\frac{u_p}{T_{zu}}$ определяет скорость изменения выходного сигнала. Таким образом, изменяя

ограничение релейного элемента, можно изменять скорость нарастания (спадания) сигнала.

Зависимость скорости от положения подъёмного сосуда описывается выражением:

$$v_z(h) = -v_{nep}(h) + \sqrt{2a_m(h_c - h_0) + v_n^2}, \quad (20)$$

где $v_{nep}(h) = \frac{a_m^2}{2\rho_m}$.

Тогда ошибку по скорости можно найти, как:

$$\varepsilon_v = \frac{v_z(h) - v_c(h)}{v_z(h)} \cdot 100\%. \quad (21)$$

Для реализации описанных правил, в качестве функций принадлежности выбраны следующие функции: трапецидальная (μ_{tr}), треугольная (μ_{Δ}), Z-линейная (μ_z) и S-линейные (μ_s) функции, определяемые выражениями [8]:

$$\mu_{mp}(\varepsilon_v) = \begin{cases} 0, & \text{при } \varepsilon_v \leq a \\ \frac{\varepsilon_v - a}{b - a}, & \text{при } a \leq \varepsilon_v \leq b \\ 1, & \text{при } b \leq \varepsilon_v \leq c \\ \frac{d - \varepsilon_v}{d - c}, & \text{при } c \leq \varepsilon_v \leq d \\ 0, & \text{при } d \leq \varepsilon_v \end{cases} \quad (22)$$

$$\mu_{m\phi}(\Delta\varepsilon_v) = \begin{cases} 0, & \text{при } \Delta\varepsilon_v \leq a \\ \frac{\Delta\varepsilon_v - a}{b - a}, & \text{при } a \leq \Delta\varepsilon_v \leq b \\ \frac{c - \Delta\varepsilon_v}{c - b}, & \text{при } b \leq \Delta\varepsilon_v \leq c \\ 0, & \text{при } \Delta\varepsilon_v \geq c \end{cases}, \quad (23)$$

$$\mu_z(\varepsilon_v) = \begin{cases} 1, & \text{при } -\infty < \varepsilon_v \leq c \\ \frac{d - \varepsilon_v}{b - c}, & \text{при } c < \varepsilon_v \leq d \\ 0, & \text{при } \varepsilon_v > d \end{cases} \quad (24)$$

$$\mu_s(\varepsilon_v) = \begin{cases} 0, & \text{при } \varepsilon_v \leq a \\ \frac{\varepsilon_v - a}{b - a}, & \text{при } a < \varepsilon_v \leq b \\ 1, & \text{при } \varepsilon_v > b \end{cases} \quad (25)$$

При этом функции принадлежности крайних термов (S- и Z-линейные функции) выбраны так, чтобы их степени принадлежности на границах интервалов были равны единице.

Функции принадлежности показаны на рисунках 2 и 3 (условные обозначения: ОБУ — «очень быстро уменьшается», БУ — «быстро уменьшается», МУ — «медленно уменьшается», Н — «норма», МВ — «медленно возрастает», БВ — «быстро возрастает», ОБВ — «очень быстро возрастает»).

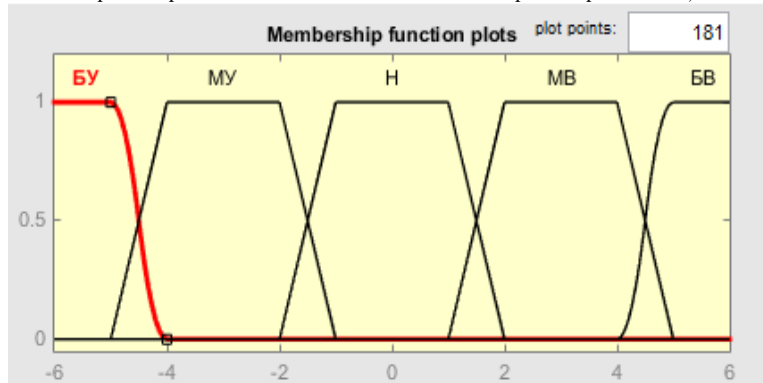


Рисунок 2 — Функция принадлежности скоростной ошибки

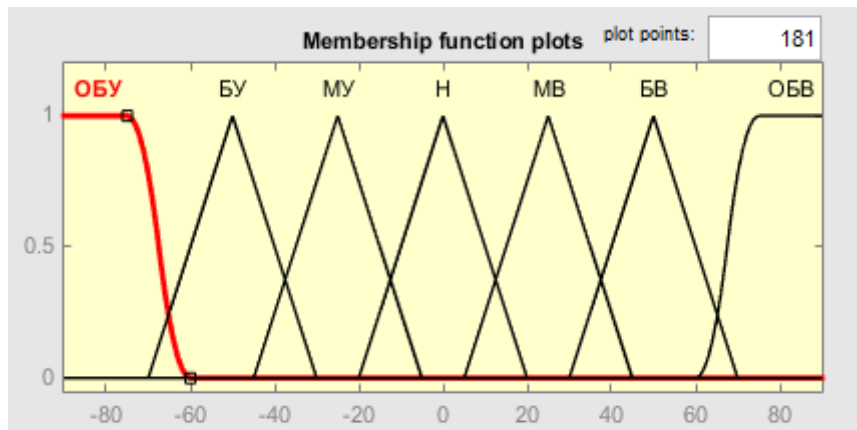


Рисунок 3 — Функция принадлежности скорости изменения ошибки

Множество термов лингвистической переменной скорости изменения ошибки $T_{\Delta \epsilon}$ определяется, как:

$$T_{\Delta \epsilon} = \{\text{«ОБУ»}, \text{«БУ»}, \text{«МУ»}, \text{«Н»}, \text{«МВ»}, \text{«БВ»}, \text{«ОБВ»}\}. \quad (26)$$

Множество термов лингвистической переменной, скоростной ошибки T_{ϵ} определяется, как:

$$T_{\epsilon} = \{\text{«БУ»}, \text{«МУ»}, \text{«Н»}, \text{«МВ»}, \text{«БВ»}\}. \quad (27)$$

Число шагов, на которое уменьшается ограничение релейного элемента задающего устройства также представлено в виде лингвистической переменной, множество термов $T_{OP\epsilon}$ которой определяется, как:

$$T_{OP\epsilon} = \{-6, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 6\}. \quad (28)$$

Выходное значение ОРЭ определяется как логический вывод на основе применения базы правил R:

$$OP\epsilon = R(\epsilon_v, \Delta \epsilon_v). \quad (29)$$

где R — база правил;

ϵ_v — скоростная ошибка;

$\Delta \epsilon_v$ — скорость изменения скоростной ошибки.

Выводы min-max применяются для способа логического вывода, при котором импликация интерпретируется как операция минимума, а агрегация выходов правил как операция максимума.

Таблица 1 — База правил блока управления динамическим током

$\Delta \epsilon_v$ \ ϵ_v	ОБУ	БУ	МУ	Н	МВ	БВ	ОБВ
БУ	-6	-4	-3	-2	-1	0	+1
МУ	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2
Н	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
МВ	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
БВ	-1	0	+1	+2	+3	+4	+6

При изменении ограничения релейного элемента задающего устройства, необходимо учитывать, что для обеспечения безопасной работы подъема, необходимо контролировать нахождение ускорения в допустимых пределах от 0,5 до 1,0 м/с². Тогда правила, определяющие работу блока управления динамическим током, формулируются следующим образом:

- R₁: **Если** ошибка по скорости БУ и приращение ошибки ОБУ, и ускорение меньше 1,0 м/с², то уменьшить ограничение релейного элемента на 6 шагов;
- R₉: **Если** ошибка по скорости МУ и приращение ошибки БУ, и ускорение меньше 1,0 м/с², то уменьшить ограничение релейного элемента на 3 шага;
- R₂₀: **Если** ошибка по скорости БВ и приращение ошибки Н, и ускорение больше 0,5 м/с², то увеличить ограничение релейного элемента на 2 шага.

При этом, шаг изменения ограничения релейного элемента принят таким, чтобы уменьшение или увеличение РЭ на 1 изменяло ускорение на 0,025 м/с².

Дефазификация осуществляется методом центра тяжести:

$$y^* = \frac{\sum y_i B(y_i)}{\sum B(y_i)} \quad (30)$$

При этом учитывается, что система может менять шаг только дискретно, поэтому полученное значение, округляется к ближайшему целому, имеющемуся во множестве термов лингвистической переменной.

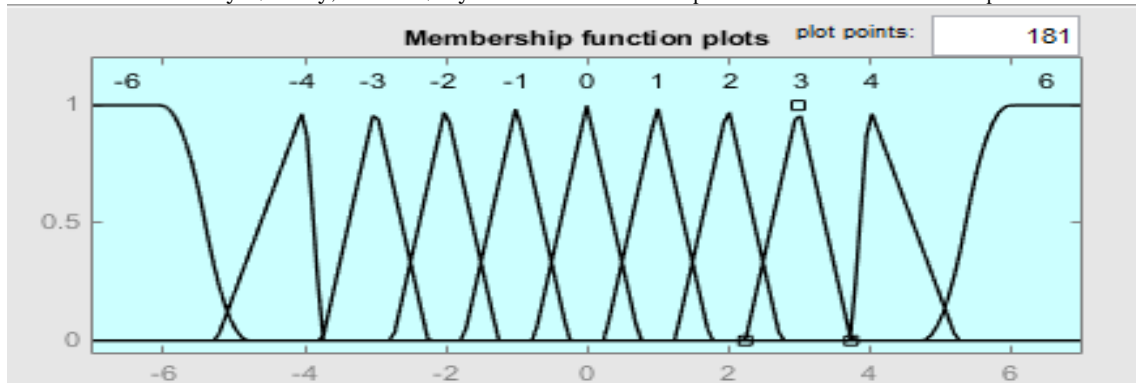


Рисунок 4 – Функция принадлежности изменения ограничения релейного элемента

На рисунке 5 представлена структура системы управления с блоком, автоматически формирующим точку начала замедления (БУ1) и блоком управления динамическим током, компенсирующим отклонение от заданной скорости (БУ2) в процессе замедления.

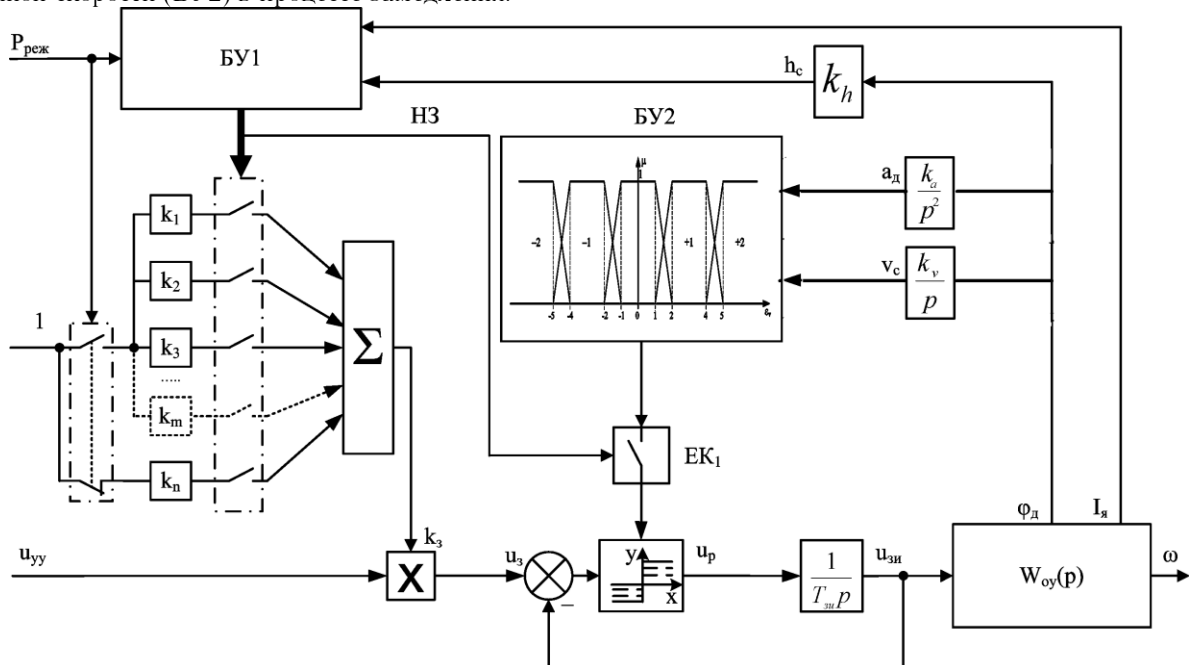


Рисунок 5 – Структура системы управления с блоком управления динамическим током

Литература:

1. Островлянич В. Ю. Автоматический электропривод постоянного тока горно-металлургического производства: Учебное пособие [Текст]. — Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2004. — 383 с.
2. Островлянич В. Ю., Кубарев В. А., Модзелевский Д. Е. Методика разработки программного обеспечения систем логического управления и технологических защит современного электропривода // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной областях: Труды Второй Всероссийской научно-практической конференции // Под общ. ред. В. Ю. Островляничка, П. Н. Кунина. — Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2004 г. — с. 112-116

www.esa-conference.ru

3. Островляничик В. Ю., Модзелевский Д. Е. Принципы построения алгоритмических структур систем логического управления современного электропривода [Текст]. // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной отраслях: Труды Второй всероссийской научно-практической конференции // Под. Ред. В.Ю. Островляничика, П. Н. Кунина, Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2004 г. — 253 с.