

Выводы:

В работе было рассмотрено устройство и назначение элегазового выключателя на 110кВ фирмы АБВ. В настоящий момент элегазовые выключатели широко распространены в электроустановках класса напряжения 6-220кВ. Подробно был рассмотрен принцип работы моторно-пружинного привода ВЛК. Эта технология эффективно сочетается с современными методами производства и разработана с минимальным числом компонентов. Такой подход обеспечивает высокую надежность выключателя и требует минимум технического обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Журнал «Новости энергетики» статья за 26.06.11 URL: <http://novostienergetiki.ru/parametry-tipy-i-princip-raboty-vysokovoltnyx-vyklyuchatelej> (Дата обращения 06.09.2017).
2. Выключатели колонковые элегазовые. Справочник покупателя. Компания АБВ, 2014 URL: <http://docplayer.ru/27680023-Vyklyuchateli-kolonkovye-elegazovye-spravochnik-pokupatelya.html> (Дата обращения 11.09.2017).
3. Опыт эксплуатации выключателя ЛТВ 145D1/В с приводом ВЛК 222 (АБВ). URL: <http://highvoltageagent.pro/opyt-ekspluatatsii-vyiklyuchatelya-ltb-145d1-s-privodom-blk-222-abb/> (Дата обращения 14.09.2017).

Научный руководитель: С.Н. Кладиев, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

АДАПТАЦИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПОИСКОВЫМ МЕТОДОМ

Р.Т. Галемов

Сибирский федеральный университет

Робот–манипулятор является нелинейной динамической системой. Для эффективного управления необходимо знать точные динамические характеристики манипулятора, такие как, например, тензоры инерции звеньев при переменной нагрузке и коэффициенты трения в сочленениях. В реальной практике определение значений этих характеристик является крайне трудозатратным процессом. Их влияние соответствует дрейфу параметров объекта управления. Поскольку структура объекта управления известна и неизменна, а поведение зависит от изменяющихся параметров задача синтеза управления решается в классе самонастраивающихся систем, в которых структура регулятора задана(выбрана) и адаптер осуществляет настройку его коэффициентов, либо формирует компенсирующее(дополнительное) воздействие. В качестве регулятора широко применяется ПИД-регулятор. В качестве адаптеров применяются нейронные сети, нечеткая логика и нейро-нечеткие сети [1-4].

В данной статье представлены результаты применения симплексного инвариантного метода [5] в качестве адаптера.

Схемы систем управления изображены на рис. 1.

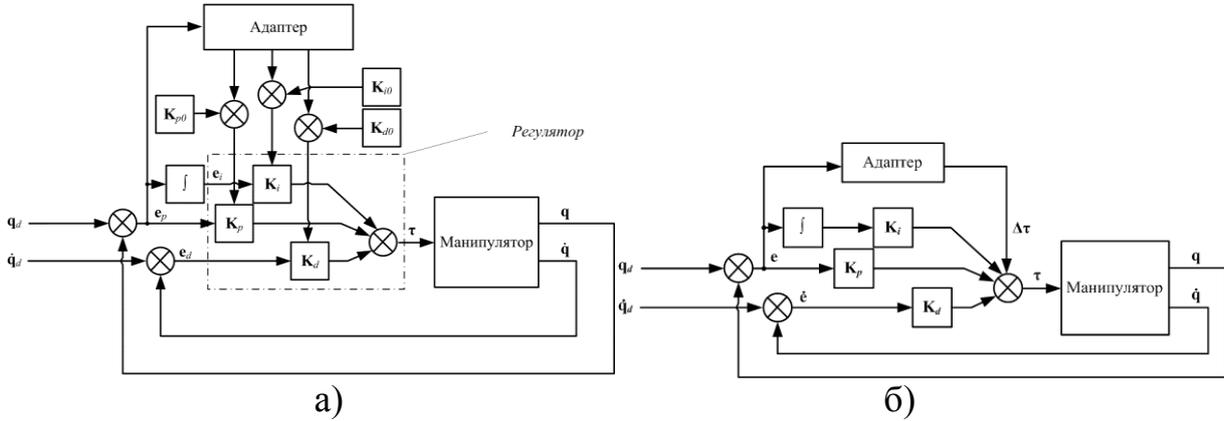


Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы управления а) с настройкой параметров, б) с компенсирующим воздействием

Динамика n -звенного манипулятора описывается нелинейным уравнением:

$$\boldsymbol{\tau}(t) = \mathbf{M}(\mathbf{q}(t)) \cdot \ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{V}(\mathbf{q}(t), \dot{\mathbf{q}}(t)) + \mathbf{G}(\mathbf{q}(t)) + \mathbf{F}(\dot{\mathbf{q}}(t)) \quad (1)$$

где $\boldsymbol{\tau}(t)$ – вектор $n \times 1$ моментов в сочленениях, Нм, $\mathbf{q}(t)$ – вектор $n \times 1$ угловых координат в сочленениях, рад, $\mathbf{M}(\mathbf{q}(t))$ – матрица $n \times n$ инерций звеньев манипулятора, $\mathbf{V}(\mathbf{q}(t), \dot{\mathbf{q}}(t))$ – вектор $n \times 1$ Кориолисовых и центробежных сил, $\mathbf{G}(\mathbf{q}(t))$ – вектор $n \times 1$ гравитационных сил, $\mathbf{F}(\dot{\mathbf{q}}(t))$ – вектор $n \times 1$ сил трения в сочленениях.

Параметры уравнения (1) зависят от многих неконтролируемых возмущений, например тензоры инерции звеньев при переменной нагрузке и коэффициенты трения в сочленениях, а, следовательно, изменяются во времени с различной интенсивностью. Регуляторы с настраиваемыми параметрами и с компенсирующим воздействием имеют вид:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\tau}(t) &= (\mathbf{K}_{p0} + \Delta\mathbf{K}_p(t)) \cdot \mathbf{e}(t) + (\mathbf{K}_{i0} + \Delta\mathbf{K}_i(t)) \cdot \int_0^t \mathbf{e}(t) dt + (\mathbf{K}_{d0} + \Delta\mathbf{K}_d(t)) \cdot \frac{d\mathbf{e}(t)}{dt} \\ \boldsymbol{\tau}(t) &= (\mathbf{K}_{p0}) \cdot \mathbf{e}(t) + (\mathbf{K}_{i0}) \cdot \int_0^t \mathbf{e}(t) dt + (\mathbf{K}_{d0}) \cdot \frac{d\mathbf{e}(t)}{dt} + \Delta\boldsymbol{\tau} \end{aligned} \quad (2)$$

где \mathbf{K}_{p0} , \mathbf{K}_{i0} , \mathbf{K}_{d0} – векторы $n \times 1$ пропорциональных, интегральных и дифференциальных коэффициентов регулятора соответственно, $\Delta\mathbf{K}_p(t)$, $\Delta\mathbf{K}_i(t)$, $\Delta\mathbf{K}_d(t)$ – векторы $n \times 1$ приращении коэффициентов регулятора, $\Delta\boldsymbol{\tau}$ – компенсирующее воздействие, Нм, $\mathbf{e}(t) = (\mathbf{q}_d(t) - \mathbf{q}(t))$ – вектор $n \times 1$ ошибки слежения, рад, $\mathbf{q}_d(t)$ – вектор $n \times 1$ заданных значений угловых координат, рад, $\mathbf{q}(t)$ – вектор $n \times 1$ текущих значений угловых координат, рад, $\dot{\mathbf{q}}(t)$ – измеренный вектор $n \times 1$ значений скоростей, рад/с.

Проведено сравнение приведенных схем адаптации на модели двухстепенного манипулятора (рис. 2) с параметрами: $a_1 = 1, \text{ м}$; $a_2 = 1, \text{ м}$; $m_1 = 2, \text{ кг}$; $m_2 = 0.5, \text{ кг}$; $m_l = 3.75, \text{ кг}$; $B = 0.3$, где a_j – длина j -го звена, m_j – масса j -го звена, m_l – масса

груза в последнем звене, B – коэффициент трения в сочленениях. Время моделирования $T=20$ секунд, интервал дискретизации $T_0=0.02$ секунды.

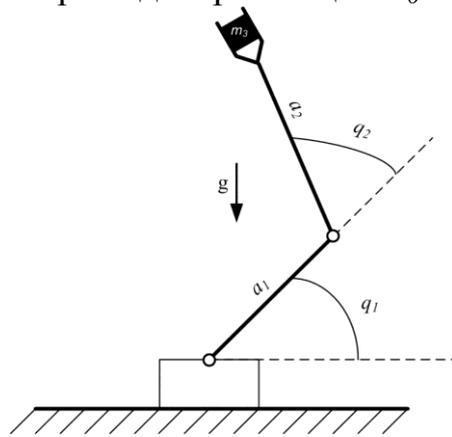
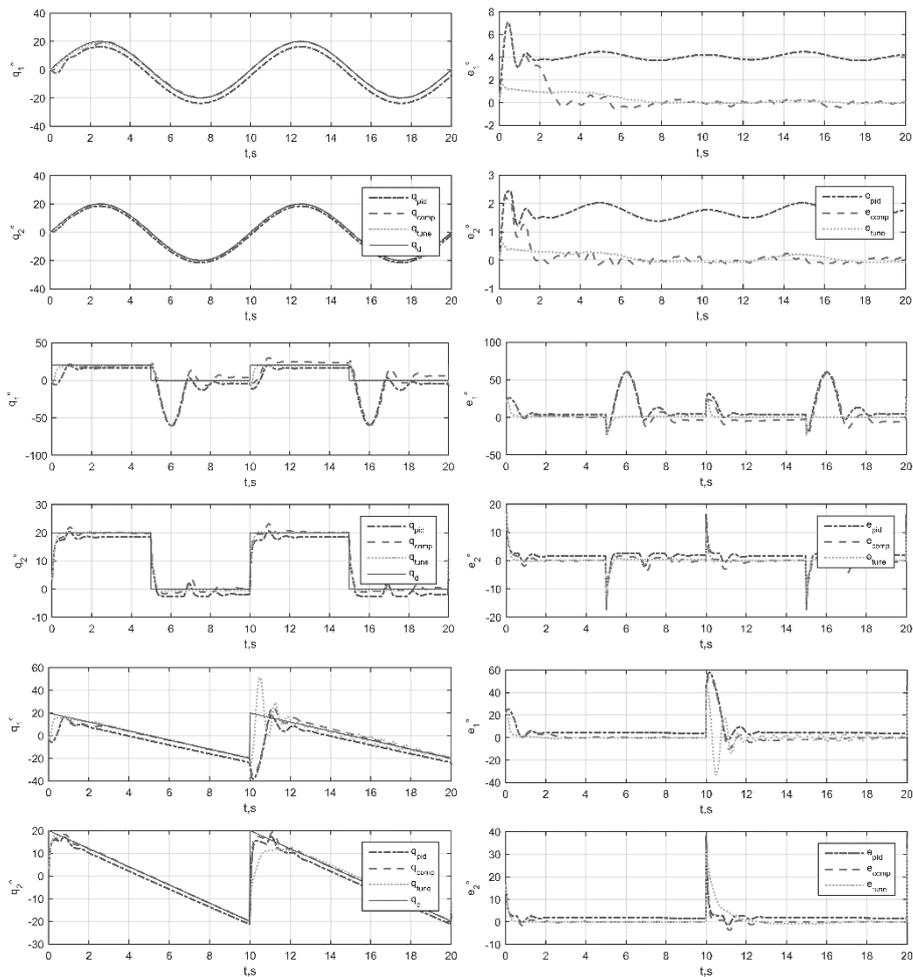


Рис. 2. Кинематическая схема двухзвенного манипулятора

Результаты экспериментов на траекториях представлены на рис.3. На рис.3 а) показаны пройденные траектории обычным ПИД-регулятором q_{pid} , ПИД-регулятором с компенсирующим воздействием q_{comp} , ПИД-регулятором с настройкой параметров q_{tune} и заданные траектории q_d . На рис. 3 б) ошибки для первого и второго звеньев обычного ПИД-регулятора e_{pid} , ПИД-регулятора с компенсирующим воздействием e_{comp} и ПИД-регулятора с настройкой параметров e_{tune} .



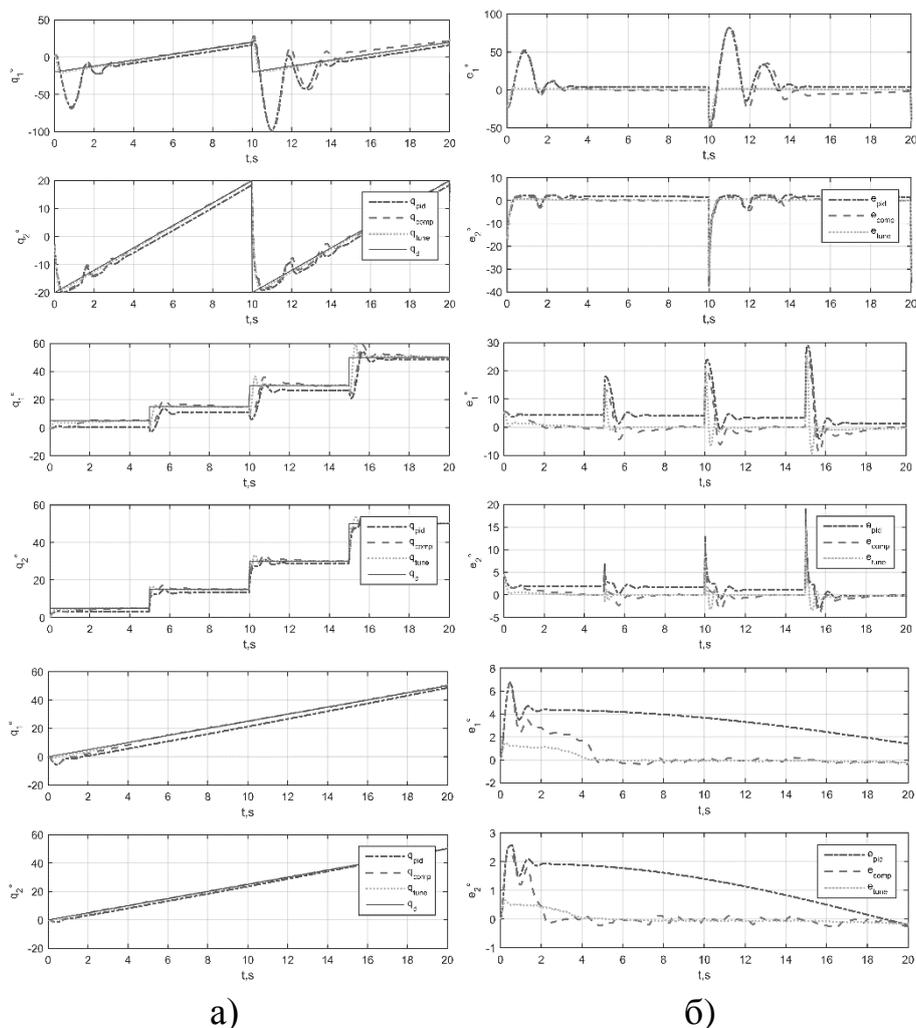


Рис. 3. Результаты управления а) заданная и пройденная траектории. б) ошибка по положению

Из рис.3 видно, что простой ПИД-регулятор имеет ошибку после окончания переходного процесса на всех траекториях. Дополнительное воздействие устраняет постоянную ошибку, но величина перерегулирования и колебания остаются прежними. Настройка параметров адаптером позволяет уменьшить величину перерегулирования, колебания и устранить постоянную ошибку по положению.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Al-Khayyt S.Z. S. Tuning PID Controller by Neural Network for Robot Manipulator Trajectory Tracking //Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2013. – Т. 8. – №. 1. – С. 19-28.
2. Razmi H.A., Kashtiban H.M. Nonlinear PID-based analog neural network control for a two link rigid robot manipulator and determining the maximum load carrying capacity //Int. J. Soft Comput. Eng. – 2012. – Т. 2. – №. 1. – С. 228-234.
3. Tang K.S. et al. An optimal fuzzy PID controller //IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2001. – Т. 48. – №. 4. – С. 757-765.

4. AL-Saedi M.I., Wu H., Handroos H. ANFIS And fuzzy tuning of PID controller for trajectory tracking of a flexible hydraulically driven parallel robot machine //Journal of Automation and Control Engineering. – 2013. – Т. 1. – №. 3. – С. 70-77.
5. Круг Г.К., Масальский Г.Б. Симплексный инвариантный метод экспериментальной оптимизации // Вопросы кибернетики, планирование эксперимента и оптимизация в системах управления: под ред. Г.К. Круга, А.П. Вошина.- 1981.- N 84.- , С.3-32.

Научный руководитель: Г.Б. Масальский, канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой Робототехника и техническая кибернетика ПИ СФУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

В.С. Буда, Т.Р. Рустемов
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5Г4Б

Высоковольтный выключатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения электрических цепей в нормальных и аварийных режимах работы электроустановки, с параметрами, не превосходящими нормированных значений для данного выключателя. Вакуумные выключатели состоят из вакуумных дугогасительных камер (ВДК), приводов с приводными механизмами и схем управления.

Цель работы: изучение конструкций вакуумных выключателей.

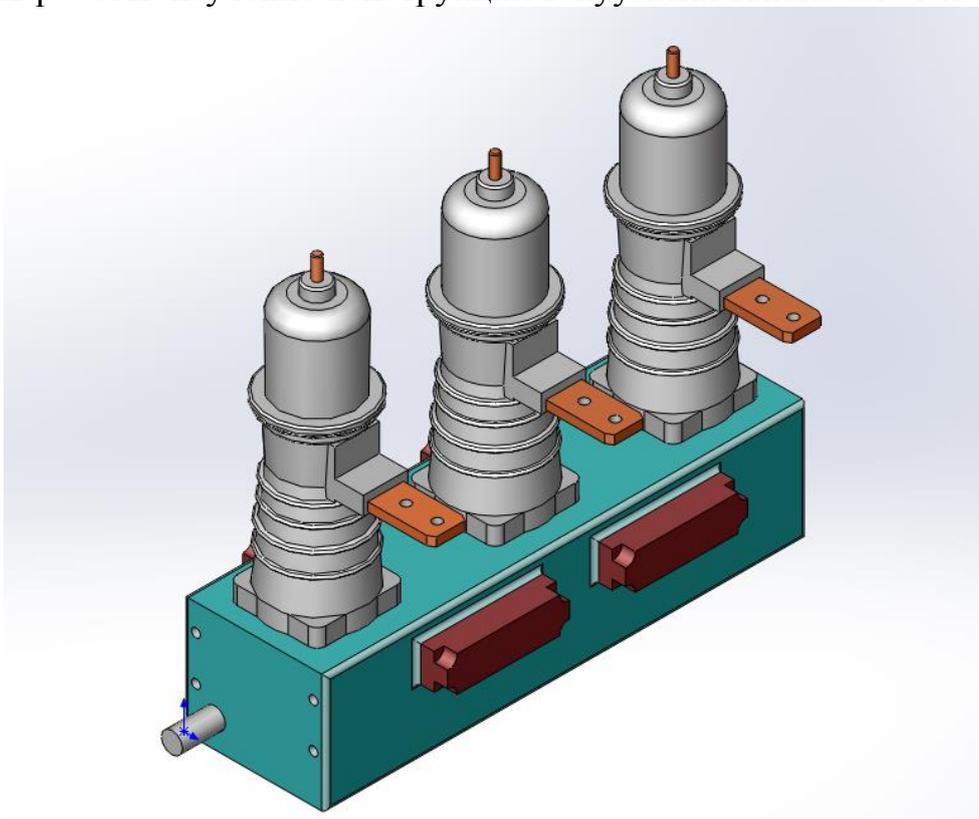


Рис.1. Вакуумный выключатель ВВК-35Б-20/1000У12