

СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАСОСОВ

Тергемес К.Т., Кабылбекова В.В., Баймуханова А.К.

Мақалада батырмалы, батырмалы ортадан тепкіш электр сорғылардың айналмалы бөліктерінің пайдалану мерзімін 2-3 жылға созуға болатын және электр энергиясын 30-50% дейін кемітетін жиілікті түрлендіргіштерді пайдаланумен жұмыс режимдерін өзгерту сұрақтары қарастырылған

This article contains information about how to change the operation modes of submersible centrifugal pumps with frequency converters to save electricity up to 30-50% and extend the service life of rotating parts in 2-3 years.

В Западном Казахстане основная часть добычи нефти производится механизированным способом, в том числе винтовыми погружными центробежными электронасосами, станками качалками.

На месторождении Жанаозен эксплуатируются свыше ста единиц погружных центробежных электронасосов производства России (ЗАО, г.Радужный, Владимирская область) [1].

Большая часть этих ПЦЭН укомплектованы электроприводами по системе «преобразователь частоты - асинхронный двигатель».

Использование преобразователей частоты в электроприводах ПЦЭН позволяет обеспечить плавный пуск, плавное регулирование скорости вращения электронасоса, а самое главное позволяет регулировать рабочие режимы погружного электронасоса [2]. При этом обеспечивается как повышение напора, так и подача электронасоса, с обеспечением повышенного КПД.

Внедрение преобразователей частоты позволяет также экономить потребляемую электроэнергию до 30-50%, особенно при вентиляторных нагрузках, к которым относятся и ПЦЭН.

Кроме того, преобразователь частоты обеспечивает повышенный коэффициент мощности до 0,99, что немаловажно при нехватке генерирующих мощностей в регионе.

Авторами разработан регулируемый электропривод с преобразователем частоты «Альтивар Н» (ЗАО «Shneider electric»),

принципиальная электрическая схема и общий вид которого показаны на рис. 1а,б . По результатам исследований получено авторское свидетельство на предварительный патент Республики Казахстан [3].

Синтез параметров нелинейной системы управления рассматривается на основе системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) с обратной связью по скорости [4]. В качестве регулятора скорости системы (ПЧ – АД) выбирается двухканальное нелинейное корректирующее устройство (ДНКУ) [5].



а)



б)

Рис. 1- Общий вид шкафа управления
электроприводом ПЦЭН изготовленного авторами

Из рисунка 2 видно, что структурная схема состоит из асинхронного двигателя, представленного двумя передаточными функциями, охваченные отрицательной обратной связью, преобразователя частоты и ДНКУ. Верхний канал ДНКУ представлен пропорциональным звеном и звеном модуля, нижний канал представлен передаточной функцией (инерционно – форсирующее звено) и нелинейным звеном $sign(\sigma)$. Входные сигналы на выходе ДНКУ умножаются, в результате чего создается управляющее воздействие $U_y(t)$. [6]

Для синтеза параметров нелинейной системы управления (рисунок 2) составим следующие уравнения:

$$x = U_{3.C} - U_{OC}, \quad U_{OC} = k_{OC}\Delta\omega,$$

$$U_1 = kx, \quad U_2 = |U_1|,$$

$$(T_p p + 1)U_p = k_p U_Y,$$

$$(T_3 p + 1)\Delta M = \beta(U_p - \Delta\omega),$$

$$\beta T_M p \Delta\omega = \Delta M - \Delta M_C, \quad (1)$$

$$(T_1 p + 1)U_\phi = (T_0 p + 1)x,$$

$$U_3 = \text{sign}(\sigma), \quad \sigma = U_\phi,$$

$$U_Y = U_2 * U_3,$$

где $\Delta\omega$ – приращение скорости двигателя; ΔM – приращение момента двигателя;

ΔU_p – приращение напряжения с выхода преобразователя частоты;

U_ϕ – выходное напряжение линейного фильтра ДНКУ;

β – модуль жесткости линеаризованной механической характеристики;

T_3 – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора двигателя;

T_p – постоянная времени цепи управления ПЧ;

T_M – электромеханическая постоянная времени двигателя;

k_p – передаточный коэффициент ПЧ;

$\Delta U_{3.C}$ – напряжение на выходе задатчика интенсивности.

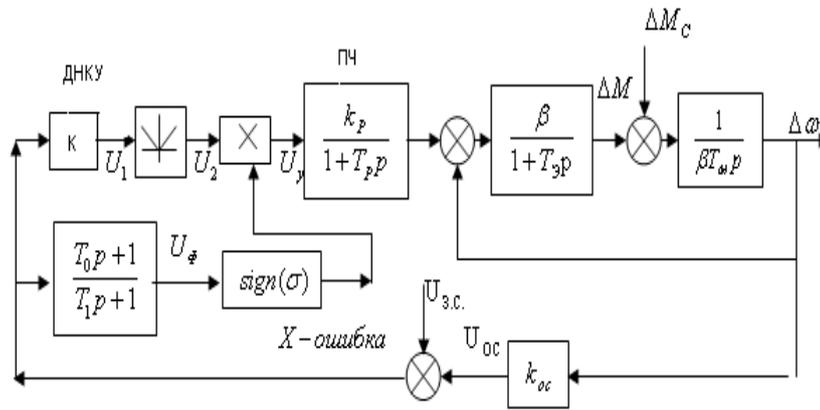


Рис.- 2. Структурная схема системы ПЧ – АД

Задача синтеза параметров нелинейной системы управления асинхронного электропривода заключается в определении коэффициента k (верхнего канала) и постоянных времени линейного фильтра T_0 , T_1 ДНКУ, коэффициента передачи преобразователя частоты k_p и коэффициента обратной связи k_{oc} . После несложных преобразований, с учетом $\Delta M_c = 0$, уравнения (1) будут иметь вид:

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2;$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_1 x_3 - a_2 x_2 - a_3 x_1;$$

$$\frac{dx_3}{dt} = a_4 * k_2 * |k_1 * (u - k_3 * x_1) * \text{sign}(x_4) - a_5 x_3;$$

$$\frac{dx_4}{dt} = a_6 * u - a_7 * x_2 - a_8 * x_1 - a_9 * x_4,$$

где

$$x_1 = \Delta\omega, \quad x_2 = d\Delta\omega/dt, \quad x_3 = U_p, \quad x_4 = U_\phi,$$

$$\alpha_1 = \alpha_3 = 1/T_3 T_M, \quad \alpha_2 = 1/T_3,$$

$$\alpha_4 = \alpha_5 = 1/T_p, \quad \alpha_6 = 1/T_1, \quad \alpha_7 = (T_0 * k_3)/T_1,$$

$$\alpha_8 = k_3/T_1, \quad \alpha_9 = 1/T_1, \quad u = U_{3.c.},$$

$$k_1 = k, \quad k_2 = k_p, \quad k_3 = k_{oc}.$$

Блок схема алгоритма параметрического синтеза нелинейной системы управления приведена на рисунке 3.

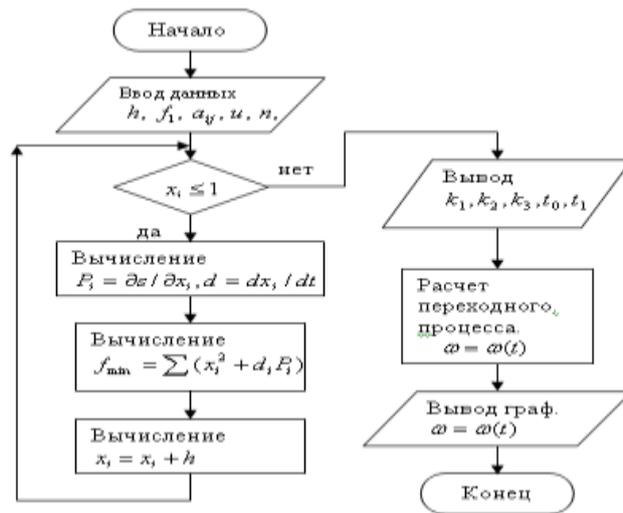


Рис. - 3. – Блок схема алгоритма вычисления параметров системы ПЧ-АД

Алгоритм вычисления параметров заключается в следующем:

1. Вводятся величина шага h переменных x_i , начальное приближение функции многих переменных f_1 , численные значения коэффициентов a_{ij} функции квадратичной формы, напряжение задающего сигнала $u = U_{з.с.}$, порядок системы дифференциальных уравнений n .

2. Проверяется условие выполнения неравенства численного значения переменной x_i ;

3. Вычисляются частные производные $P_i = \partial S / \partial x_i$ функции S квадратичной формы по каждой переменной x_i ;

4. Вычисляются численные значения правой части системы дифференциальных уравнений $d_i = dx_i / dt$;

5. Вычисляется минимум функции f_{\min} равная $f = \sum x_i^2 + P_i * d_i$

6. Вычисляется новые численные значения переменных $x_i = x_i + h$ с передачей управления счета на проверку условия не превышения заданной верхней границы переменных x_i ;

7. В случае невыполнения условия выводятся рассчитанные значения коэффициентов k_1, k_2, k_3 и постоянных времени T_0 и T_1 .

8. Расчет переходного процесса скорости системы ПЧ – АД осуществляется методом Рунге – Кутта [5];

9. Для визуального наблюдения за качеством переходного процесса скорости, график скорости выводится на экран дисплея.

Следует отметить, что задача синтеза параметров системы решается в MATLAB, где одновременно с выводом на экран дисплей кривой переходного процесса скорости осуществляется вывод параметров

нелинейного корректирующего устройства $k = k_1, T_0, T_1$, передаточного коэффициента преобразователя частоты $k_p = k_2$ и коэффициента обратной связи $k_{oc} = k_3$ [7]. На рисунках 4-7 представлены графики переходного процесса скорости асинхронного двигателя. Исходя из требований к качеству переходных процессов скорости двигателя (перерегулирование, число колебаний и время регулирования), выбирается график переходного процесса – график представленный на рисунке 7.

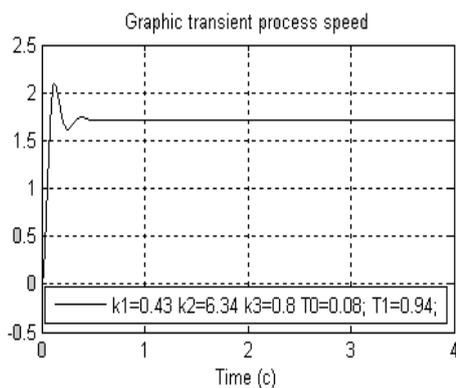


Рис.- 4

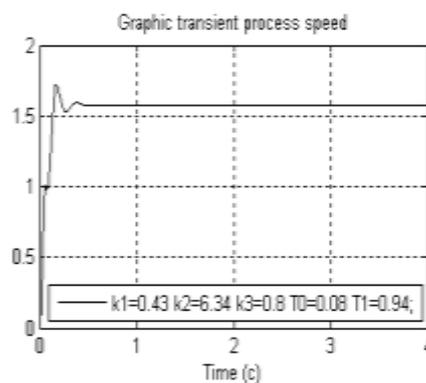


Рис.-5

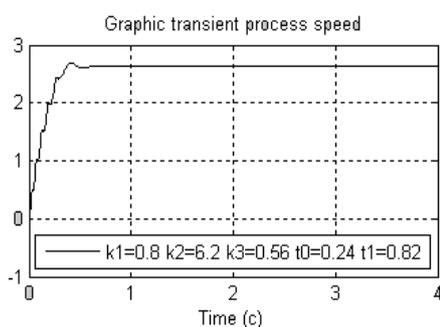


Рис.- 6

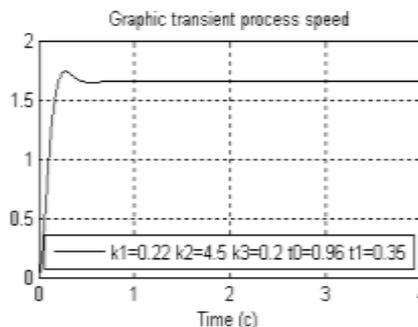


Рис.- 7

Выводы

1. Разработан регулируемый электропривод для ПЦЭН, обеспечивающий ресурсосбережение и энергоэффективность до 30-50%
2. Разработан алгоритм синтеза параметров нелинейной системы управления асинхронного электропривода
3. Алгоритм синтеза может быть использован для системы управления более высокого порядка ($n > 4$) с несколькими нелинейностями.

Литература:

1. Техническая документация. Руководство к эксплуатации. Станции управления «Электрон -05». ЗАТО, г.Радужный, Владимирская область, 2008
2. «Энерго-ресурсосберегающий электропривод погружного центробежного насоса». Материалы научно-практической конференции «Научно-технический прогресс техника, технологии и образование» - Актау: КГУТиИ им.Ш.Есенова, 30 сентября, 2011, стр. 288-291
3. АС № 65304 РК. Устройство для регулирования производительности погружных электронасосов. /Тергемес К.Т., Ахмеджанов Т.К., Копжасарова А.Ж.// Открытия. Изобретения, 2010, № 9
4. Терехов В.Н., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2006..
5. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1988.
6. Фельдбаум А.А., Бутковский А.Г. Методы теории автоматического управления. – М.: Наука, 1971..
7. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7– М.:ИТ Пресс, 2006.