

ДВУХКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТОКА ОРГАНИЧЕСКОЙ ФАЗЫ КАСКАДА КОЛОНН С ЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НАСОСАМИ

Иванов К.А.

Научный руководитель: Горюнов А.Г., д.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kaiva@sibmail.com, alex1479@tpu.ru

Цель исследований – разработка системы автоматического управления, обеспечивающей эффективное демпфирование потока органической фазы каскада экстракционных колонн.

Существующая система стабилизации потока органической фазы установки по переработке концентратов природного и регенерированного урана на радиохимическом заводе ОАО «СХК» включает четыре буферные емкости (БЕ) и установленные в них погружные центробежные насосы [2]. Управление расходами осуществляется путем изменения напора на выходе насосов. Для этого используются регулирующие вентили и исполнительные механизмы постоянной скорости (ИМ). При увеличении напора поток органической фазы возвращается по байпасной системе в БЕ. При работе системы необходимо обеспечивать заданные пределы уровней в БЕ, не допускать аварийного отключения насосов при холостом ходе и при этом обеспечивать стабильность потока органической фазы.

Исходная система автоматического управления (САУ) осуществляет управление уровнем жидкости в БЕ и настроена с использованием методики, представленной в работе [1], как система демпфирующая входной расход $ОФ_{вх}$ с коррекцией уровня.

Поскольку регулирование потока жидкости происходит открытием и закрытием вентиль посредством ИМ, в то время как электродвигатель постоянно вращает вал насоса с номинальной частотой. В этом случае насос не обеспечивает приемлемого КПД и снижается срок его службы, в результате этого эксплуатации таких систем приводит к дополнительным затратам на обслуживание.

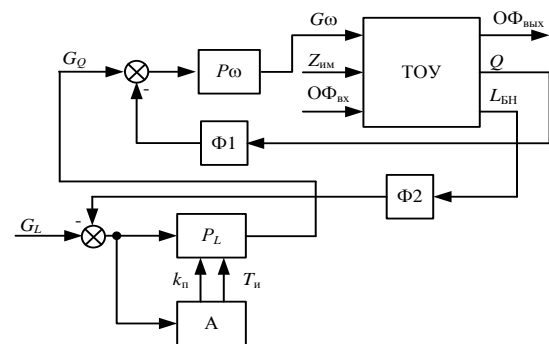
Для решения указанной выше проблемы разработана и предложена САУ БЕ, представленная на рис. 1. В этой системе управление расходом производится посредством насоса, управляемого частотным преобразователем. Вентиль предлагается установить в определенном фиксированном положении и изменять поток органической фазы посредством изменения частоты вращения асинхронного двигателя. В результате САУ БЕ представляет собой двухканальную систему управления.

На рис. 1 для регулятора расхода P_L с помощью адаптера A непрерывно пересчитываются параметры настройки: коэффициент передачи k_n и постоянная времени

интегрирования T_n . Адаптер позволяет решить задачу эффективного демпфирования входного потока $ОФ_{вх}$ следующим образом:

– при небольших возмущения по расходу $ОФ_{вх}$ внешний контур уровня настраивается как фильтр нижних частот;

– при больших возмущения по расходу $ОФ_{вх}$ внешний контур настраивается как контур стабилизации уровня жидкости в БЕ.



TOY – технологический объект управления, $ОФ_{вх}$, $ОФ_{вхх}$ – органическая фаза на входе и выходе БЕ, $L_{БН}$ – уровень жидкости в БЕ, $\Phi1$, $\Phi2$ – фильтры, P_L – регулятор уровня $L_{БН}$, P_Q – регулятор расхода $ОФ_{вхх}$, A – адаптер.

Рис. 1. Предлагаемая система управления буферной емкостью.

Непрерывный расчет параметров настройки ПИ-регулятора уровня жидкости в буферной емкости насоса в предложенной системе реализуется следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_n = 300 \text{ с}, |\varepsilon| \geq 30 \% \\ T_n = 2000 \text{ с}, |\varepsilon| < 10 \% \\ T_n = T_n(t - T_n), 10 < |\varepsilon| < 30 \\ k_n = -0.0005 \cdot \varepsilon^2 \\ k_n = -0.4, k_n > -0.4 \\ k_n = -1.2, k_n < -1.2 \end{array} \right., \quad (1)$$

где ε – отклонение уровнем жидкости в буферной емкости насоса $L_{БН}$ от заданного значения уставки G_L , T_n – время цикла регулятора расхода.

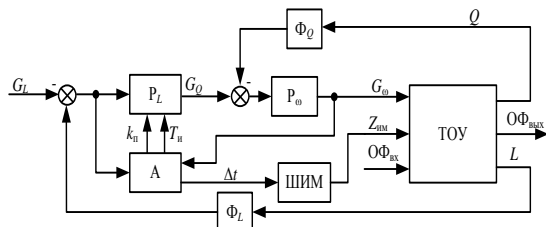
В адаптере, описываемом системой уравнений (1) малыми отклонениями уровня являются отклонения менее 10%, а под большими – более 30%.

В процессе проведения эксперимента обнаружено резкое увеличение тока в двигателе насоса ЗНП-10-60 при частоте вращения менее 540 об/мин.

Причиной увеличения тока при малой частоте

вращения вала, является посадка ротора двигателя насоса ЗНП-10-60 на подпятник. Это накладывает дополнительные условия: задание минимального значения частоты вращения на отметке 1600÷1800 об/мин; и фиксированное время разгона 3÷5 с до номинальной частоты вращения вала насоса.

Для решения указанной проблемы нами предложено доработать САУ (см. рис. 1) путем введения второго канала управления ИМ дроссельной заслонки (см. рис. 2).



ШИМ - широтно-импульсная модуляция, Δt - длительность импульсов.

Рис. 2. Двухканальная адаптивная система управления буферной емкостью.

В предложенной САУ (см. рис. 2) в отличие от САУ на рис. 1 адаптер помимо расчета параметров настройки k_n и T_n формирует длительность Δt импульсов ШИМ согласно условию (2).

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_i = \Delta t_{i-1} \cdot \left| \frac{G_{\omega}^n - G_{\omega}}{\Delta G_{\omega}} \right|, \text{ при} \\ \quad G_{\omega} = G_{\omega}^{\max} \text{ или } G_{\omega} = G_{\omega}^{\min} \\ \Delta t_i = \Delta t_{\min}, \text{ при } \Delta t_i < \Delta t_{\min} \\ \Delta t_i = \Delta t_{\max}, \text{ при } \Delta t_i > \Delta t_{\max} \\ \Delta t = \Delta t_i, \text{ при } G_{\omega} = G_{\omega}^{\max} \\ \Delta t = -\Delta t_i, \text{ при } G_{\omega} = G_{\omega}^{\min} \end{array} \right., \quad (2)$$

где G_{ω}^{\max} , G_{ω}^{\min} , G_{ω}^n – максимальное, минимальное и номинальное значения частоты вращения вала двигателя насоса, Δt_i , Δt_{i-1} – текущее и предыдущее значения импульсов ШИМ, ΔG_{ω} – приращение G_{ω} в результате воздействия на ИМ импульса ШИМ длительностью Δt_{i-1} , Δt_{\min} , Δt_{\max} – минимальная и максимальная длительности импульсов ШИМ.

Предложенная САУ БЕ успешно испытана на устойчивость и нечувствительность к изменению параметров объекта управления на компьютерной модели, результаты исследований представлены в работе [2, 3]. Кроме того, система успешно испытана на радиохимическом заводе ОАО «СХК».

Результаты испытаний системы приведены в таблице 1.

Таким образом, в работе предложена САУ БЕ, отличающаяся от известных систем:

– наличием двух каналов управления по частоте управления электродвигателем насоса и положению дроссельной заслонки;

– адаптацией параметров настройки ПИД-регулятора уровня и адаптацией длительностей импульсов ШИМ управления ИМ дроссельной заслонки. Указанные отличия позволяют достичь необходимого демпфирования расхода жидкости при требуемых ограничениях на уровень жидкости в БЕ.

Таблица 1. Результаты испытаний САУ БЕ

Физическая величина	Исходная	Предложенная	Исходная / Предложенная
Среднеквадратичное отклонение расхода $Q_{\text{вых}}$, %	30	3	10
Среднеквадратичное отклонение расхода $L_{\text{БЕ}}$, %	14	7	2
Частота вращения насоса N , об/мин	2944	900	3,3
Действующий ток насоса I , А	9,5	6,3	1,5
Потребляемая насосом мощность W , кВт	5,5	0,6	9,8

Промышленные испытания показали 10-кратное снижение низкочастотных колебаний расхода органической фазы по сравнению со штатной системой. Снижение частоты вращения вала электродвигателя насоса в 3 раза и энергопотребления в 10 раз позволяет судить о возможности существенного продления срока службы насосов.

Литература

1. Ливенцов С.Н., Козлов С.Е., Лысенко А.А., Симогаев Г.А. Система стабилизации потока органической фазы по каскаду экстракционных колонн установки «Утес» // Физика. – 2000. – Т.43, № 5. – С. 106–110.
2. Горюнов А.Г., Иванов К.А., Шенцов Э.Ю., Биянов А.В. Система стабилизации потока органической фазы каскада экстракционных колонн с применением частотного управления погружными центробежными насосами // Известия высших учебных заведений. Физика, 2010. – №11/2. – С. 206–210.
3. Горюнов А.Г., Иванов К.А. Система стабилизации потока органической фазы каскада колонн с частотным управлением насосами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2011. – № 6. – с. 47-52.