

Разработка алгоритма управления объектом регенерации аммиака из растворов производства соды

А. А. Бобух, Р. С. Романенко

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Технологические объекты управления большинства химических и смежных производств относятся к классу объектов, в которых процессы переработки сырья, находясь в непрерывном контакте с аппаратами различного назначения, изменяют свои химические составы. В этих объектах процессы переработки сырья и получения требуемого продукта достигаются в результате химических реакций разложения, межфазного обмена, смешения и разделения, нагрева и охлаждения, поэтому они характеризуются как непрерывные, нелинейные многомерные объекты с экстремальными нестационарными характеристиками.

К ним относится объект регенерации аммиака из растворов производства кальцинированной соды аммиачным способом (ПКС). Определенный интерес представляет повышение качества конечного продукта ПКС за счет оптимизации управления объектом регенерации аммиака из растворов.

Процесс регенерации аммиака из растворов (фильтровая и «слабая» жидкости, конденсаты и др.) осуществляется в дистилляционной колонне, в которой протекают реакции химического разложения карбонатных солей аммония и гидрокарбоната натрия за счет нагревания растворов паром и при взаимодействии с известковой суспензией. Дистилляционная колонна состоит из аппаратов: конденсатора–холодильника газа дистилляции (КХДС), теплообменника дистилляции (ТДС), дистиллера (ДС) и смесителя (СМ). Растворы объекта регенерации аммиака нагревают паром, который проходит противотоком жидкостям. Фильтровая жидкость (ФЖ) проходит последовательно КХДС, где нагревается до 35–40°C и начинается разложение гидрокарбоната аммония. При дальнейшем нагревании жидкости до 65–75°C начинает диссоциировать карбонат аммония. При поступлении жидкости в ТДС, где температура потока повышается от 75 до 90°C, разложение карбоната аммония резко ускоряется. Из ТДС жидкость направляется в СМ, куда также поступает известковая суспензия (ИС). Пар, подаваемый в нижнюю часть ДС, проходит противотоком к жидкости все указанные аппараты, поэтому пар после ДС поступает в СМ. В результате чего в СМ осуществляется процесс регенерации аммиака из хлорида аммония и сульфата аммония, образующийся свободный аммиак выделяется в газовую фазу и поступает в ТДС, а жидкость – в ДС. Окончательная регенерация аммиака осуществляется паром в ДС, из которого дистиллируемая жидкость (ДЖ) поступает на утилизацию. Полученная парогазовая смесь при температуре 50–60°C, содержащая 51–53% аммиака, после КХДС поступает в объект абсорбции газов ПКС.

Разработка алгоритма управления объектом регенерации аммиака позволяет минимизировать, с помощью метода штрафных функций и выбора критерия оптимизации, расход пара, одного из основных составляющих (~50%)

себестоимости кальцинированной соды, за счет оптимизации управления.

Исходя из того, что основным показателем работы объекта регенерации аммиака является содержание аммиака в ДЖ, определяющее удельные расходы пара, и, учитывая, что допустимое содержание аммиака в этой жидкости ограничивается санитарными нормами, необходимо минимизировать расход пара $x_2(t)$, при заданных ограничениях по адаптивному алгоритму вида:

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^6 \hat{a}_i(t)x_i(t) \leq S_1; M[x_1(t) \leq S_2] \quad (1)$$

минимизировать $M[x_2^2(t)], \quad (2)$

где y – выход объекта, значение содержания аммиака в ДЖ; t – текущее время; $i = \overline{1,6}$ – количество параметров технологического процесса; $a_1(t), a_2(t), a_3(t), a_4(t), a_5(t), a_6(t)$ – оценки параметров объекта: расходов ФЖ, пара и ИС; давления пара; содержания аммиака в ФЖ; температуры пара – соответственно; $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t), x_5(t), x_6(t)$ – сигналы от преобразователей с унифицированными выходными сигналами постоянного тока о значении: расходов - ФЖ, пара и ИС суспензии; содержания аммиака в ФЖ; температуры пара и давления пара – соответственно; знаком " \wedge " – обозначены оценки соответствующих векторов; M – символ математического ожидания; S_1 – регламентное значение содержания аммиака в ДЖ; S_2 – регламентное значение расхода ФЖ.

Поставленную задачу можно решить с помощью метода штрафных функций, при этом критерий оптимизации будет иметь вид:

$$I(t) = M \left[x_2^2(t) + \lambda \left(\left(\sum_{i=1}^6 \hat{a}_i(t)x_i(t) - S_1 \right)^2 + \left(x_1(t) - S_2 \right)^2 \right) \right], \quad (3)$$

где λ – штрафной коэффициент, представляющий собой достаточно большое число. Решая систему уравнений:

$$\frac{\partial I(t)}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial I(t)}{\partial x_2} = 0, \quad (4)$$

получаем оптимальные законы управления в виде:

$$x_1(t+1) = \frac{\hat{a}_1(t)(S_1 - \sum_{i=2}^6 \hat{a}_i(t)x_i(t)) + S_2}{1 + \hat{a}_1^2(t)}, \quad (5)$$

$$x_2(t+1) = \frac{\lambda \hat{a}_2(t)(S_1 - \sum_{i=1, i \neq 2}^6 \hat{a}_i(t)x_i(t))}{1 + \lambda \hat{a}_2^2(t)}. \quad (6)$$

Разработанный адаптивный алгоритм регенерации аммиака (1), выражение минимизации (2), критерий оптимизации (3), решение системы уравнений (4) и оптимальные законы управления по выдаче управляющих воздействий на изменение расходов: ФЖ (5) и пара (6) наиболее просто можно реализовать с помощью современных микропроцессорных контроллеров со специальными программами и контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации при проектировании автоматизированного управления технологическими процессами ПКС.

УДК 65.011.56:661.531