

НЕЧЕТКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА НЕФТИ НА ВЫХОДЕ ГНПС

Наумовская А.А.

Научный руководитель: доцент каф. ИКСУ, к.т.н., Рудницкий В.А.

Томский политехнический университет

anaumovskaya@gmail.com

Введение

Магистральные нефтепроводы играют важную роль в транспортировке нефти и нефтепродуктов. Данный вид транспорта во много раз превосходит остальные виды транспорта по объему поставок нефти и нефтепродуктов.

Головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС), предназначенная для приема нефти с установок промышленной подготовки, ее учета, краткосрочного хранения и последующей закачки нефти в магистральный нефтепровод, является наиважнейшим элементом трубопроводной транспортной системы [1].

Регулирование величины расхода нефти на ГНПС осуществляют путем управления запорным оборудованием. Постоянство расхода нефти при ее транспортировке трубопроводным транспортом позволяет избежать экономических потерь, которые могут возникнуть при недостаточном объеме поставок нефти потребителю, позволяет увеличить эксплуатационный период трубопроводов и запорного оборудования. Поэтому регулирование расхода нефти на выходе ГНПС является важной задачей [1]. Целью данной работы является рассмотрение применения одного из современных методов, а именно метода регулирования на основе нечеткой логики, при регулировании расхода нефти на выходе ГНПС.

Основная часть

Система автоматического регулирования (САР) расхода нефти, которая была рассмотрена в данной работе, основана на методе дросселирования потока нефти. Дросселирование предполагает управление расходом в трубопроводе при помощи регулирующего органа – задвижки. Данный метод является наиболее распространенным на практике и основывается на частичном перекрытии потока нефти на выходе насосной станции, то есть на введении дополнительного гидравлического сопротивления [2].

При проведении исследования был рассмотрен классический принцип ПИД-регулирования, который довольно широко применяется в различных системах, и принцип нечеткого

регулирования, который только набирает обороты. САР включает следующие элементы: регулятор, асинхронный двигатель, расходомер, датчик положения, задвижку, участок трубопровода. Для того, чтобы смоделировать САР в пакете MatlabSimulink, необходимо определить передаточные функции звеньев. Передаточная функция участка трубопровода приближенно описывается аperiodическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием (1):

$$W_{Oy}(s) = \frac{1}{0,0044s + 1} e^{-4,52s} \quad (1)$$

Передаточная функция (1) была рассчитана в соответствии с исходными характеристиками трубопровода, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики трубопровода

Характеристика	Значение
Удельный вес нефти γ , кг/с	800
Объемный расход жидкости Q, м ³ /ч	500
Длина участка трубопровода L, м	5
Диаметр трубы d, мм	400
Перепад давления на трубопроводе Δp , кгс/м ²	101971

Передаточная функция асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором имеет вид (2):

$$W_d(s) = \frac{10}{0,2s + 1} \quad (2)$$

Сигнал управления задвижкой формируется на выходе трехпозиционного реле. Значение «+1» - это сигнал на открытие, «0» - положение не меняется, «-1» - сигнал на закрытие.

В качестве коэффициентов передачи датчиков взято значение 1.

Звено ограничение необходимо для того, чтобы процент открытия задвижки варьировался от 0 до 100%.

Модель системы с нечетким регулятором представлена на рис. 1, модель с ПИД-регулятором представляет собой ту же модель, только нечеткий регулятор заменяется ПИД-

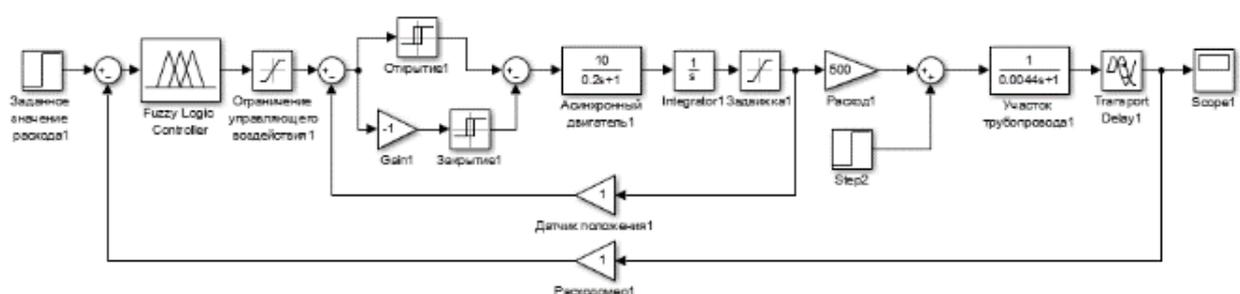


Рис. 1. Система с нечетким регулятором

регулятором.

При настройке ПИД-регулятора был использован метод настройки CHR (Chien-Hrones-Reswick), данный метод настройки также называют модифицированным методом настройки Циглера-Никольса. Использование данного метода позволяет обойтись без вывода системы на границу устойчивости, а использовать, так называемую кривую разгона.

При работе с нечетким регулятором использовался специальный пакет Matlab для работы с нечеткой логикой FuzzyLogicToolbox. Нечеткий регулятор основывается на ПИ-законе регулирования по типу Мамдани.

Таблица правил, которая была использована при настройке нечеткого регулятора представлена на рис. 2 [3].

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
NS	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Рис. 2. Таблица правил для нечеткого регулятора

В результате моделирования были получены графики переходного процесса, представленные на рис.3.

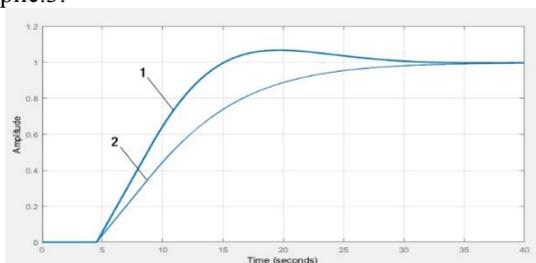


Рис. 3. Графики переходных процессов: 1 – ПИД-регулятор, 2 – нечеткий регулятор

Для того, чтобы произвести сравнительный анализ графиков переходного процесса используем прямые показатели качества переходного процесса, то есть те показатели, которые возможно оценить непосредственно по виду переходной характеристики. При сравнении были рассмотрены величина перерегулирования и время переходного процесса, они представлены в таблице 2.

Таблица 2. Прямые показатели качества переходного процесса

Тип регулятора	Перерегулирование, %	тп.п., сек.
ПИД-регулятор	6,62	27,1
Нечеткий регулятор	0	29

Использование нечеткого регулятора позволило добиться отсутствия перерегулирования, хотя при этом немного увеличилось время переходного процесса. Трубопровод является инерционным объектом, потому переходный процесс в 29 секунд является приемлемым. Отсутствие перерегулирования является значительным преимуществом, так как перерегулирование при переходном процессе в магистральном трубопроводе может привести к быстрому износу стенок трубопровода и даже к аварийной ситуации, так как гидравлические удары могут привести даже к разрыву трубопровода. Аварии, связанные с утечками нефти, являются огромным ущербом для экологии, также приводят к большим экономическим потерям.

Вывод

В данной работе была представлена модель системы автоматического регулирования расхода нефти на выходе ГПС магистрального нефтепровода. В данной системе были использованы два типа регуляторов: ПИД-регулятор и нечеткий регулятор. Переходные процессы в системах с различными типами регуляторов были смоделированы при помощи пакета MatlabSimulink. В результате сравнения прямых показателей качества переходных процессов можно сделать вывод, что использование нечеткого регулятора позволило добиться наилучшего результата в данном примере. Возможно, при использовании иного метода настройки ПИД-регулятора можно добиться лучших показателей. Достаточно перспективным направлением в настоящий момент является использование классических методов регулирования в совокупности с новыми методами, например, использование ПИД-регулятора и регулятора на основе нечеткой логики в совокупности, данная тема достаточно интересна для проведения будущих исследований.

Список литературы:

1. Вайншток С.М. Трубопроводный транспорт нефти, в 2 т. / С.М. Вайншток, Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак, М.В. Лурье, В.М. Писаревский, А.Д. Прохоров, А.Е. Соценко, А.М. Шаммазов - М.: Недра, 2002. - Т.1. - 407 с.
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
3. Нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы [Электронный ресурс]: режим доступа - http://www.bookasutp.ru/Chapter5_7.aspx, свободный (дата обращения 01.10.16).