

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Филиппов В.И., Колокольников В.Н., Исаев А.А. / Компенсация погрешностей индукционных бесконтактных датчиков положения // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. трудов. конф. НПЦ «Полус». Томск, 2001.
2. Шидловский Л.Х. / Дифференциальные трансформаторы и их применение // – М.: Энергия, 1966.
3. Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Филиппов В.И. / Двухканальные датчики типа ЛДТ на одном магнитопроводе. // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. трудов. Новосибирск: наука, 2007.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ ОТДЕЛЬНОГО НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА НА ОСНОВАНИИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЁТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Мошнориз Н.Н., Довганич А.Н.

Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украина

Существует большое количество населённых пунктов, удовлетворение потребности населения которых в воде не может быть обеспечено от близлежащих водоёмов или от сетей водоснабжения соседних населённых пунктов (в силу особенностей их местонахождения или других причин), либо оно нецелесообразно. Тогда водоснабжение посёлка осуществляется из скважин, обычно располагающихся по периметру населённого пункта.

В таких случаях снабжение водой происходит по следующей схеме. Сначала вода, добытая из скважин, собирается в некоторой водосборной ёмкости. После чего вода из этой ёмкости уходит либо на наполнение пожарного водоёма, либо через станцию очистки – в водопроводную магистраль, из которой вода под напором поступает к потребителям.

При работе таких систем водоснабжения часто могут возникать ситуации, когда вследствие интенсивного водоотбора в одной части посёлка вода до других его частей доходит с пониженным напором. С целью улучшения качества водоснабжения всего населённого пункта в целом может быть целесообразным усовершенствование системы водоснабжения посёлка посредством установки заслонок перед каждой основной веткой водопроводной магистрали, управляемых от нечёткого (fuzzy-) регулятора.

Допустим, магистраль водоснабжения некоего отдельного населённого пункта имеет три ответвления. Тогда общая схема усовершенствованной таким образом станции водоснабжения посёлка может быть проиллюстрирована на рис.1.

В схеме на рис.1 приняты следующие условные обозначения: PR 1-1, 1-2, 1-4, 1-6 – датчики давления на входе магистрали и на выходах её первой (p_1), второй (p_2) и третьей (p_3) веток соответственно; GS 1-3, 1-5, 1-7 – управляемые сервоприводами заслонки первой, второй и третьей веток магистрали соответственно.

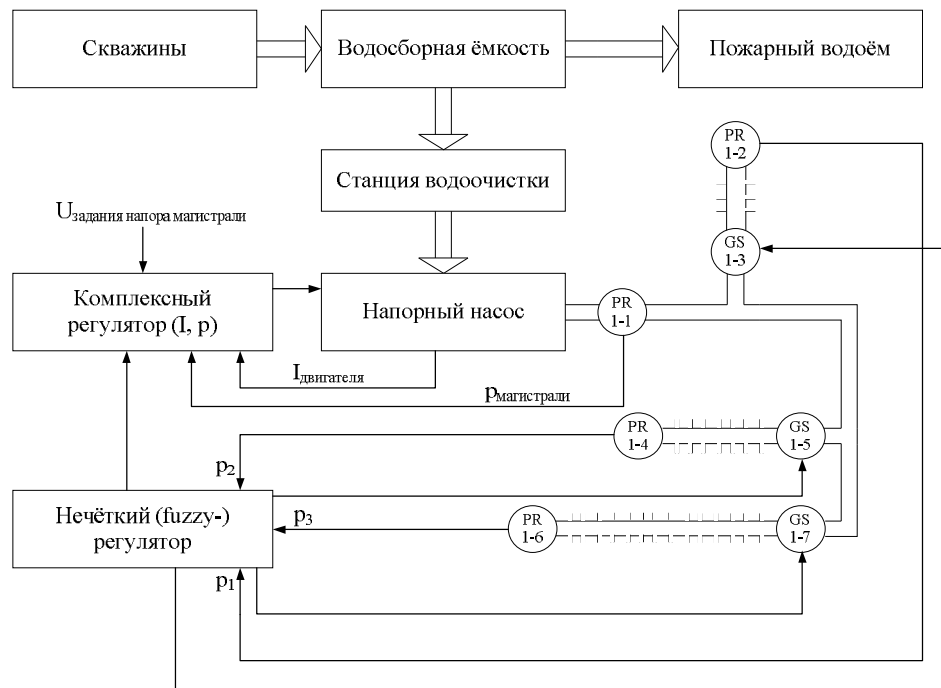


Рис. 1. Общая схема системы водоснабжения отдельного населённого пункта на основании применения нечёткого регулятора

Работа системы управления водоснабжением, указанной на рис.1, происходит таким образом. Напор в водной магистрали создаётся с помощью напорного насоса, который с помощью комплексного регулятора охвачен обратными связями по току приводного двигателя и по давлению магистрали. Сигналы с датчиков давления на концах каждой из веток водопроводной магистрали подаются на нечёткий регулятор. На выходе нечёткого регулятора имеем четыре сигнала: три сигнала управления положением заслонок каждой из веток магистрали, а также сигнал коррекции общей накачки воды в магистраль, который подаётся на второй вход комплексного регулятора. На первый вход комплексного регулятора подаётся сигнал задания напора воды в магистраль.

Расчёт нечёткого регулятора и построение его характеристик для такой системы водоснабжения проведём в программной среде Fuzzy Toolbox пакета прикладных программ MatLAB.

Для обеспечения максимального качества выходных характеристик регулятора и упрощения его дальнейшей настройки принимаем такие исходные параметры регулятора:

- количество лингвистических переменных каждого из сигналов входа/выхода – 3,
- форма функций принадлежности терм входных сигналов – гауссовская (колоколообразная),
- форма функций принадлежности терм сигналов выхода – треугольная,
- значения давлений, положений заслонок и сигнала коррекции общей накачки воды в магистраль – в относительных единицах (для давлений: 0 – минимум, 1 – максимум; для заслонок: 0 – заслонка полностью закрыта, 1 – заслонка полностью открыта).

Сначала зададим в Fuzzy Toolbox количество входных и выходных сигналов нечёткого регулятора (рис.2).

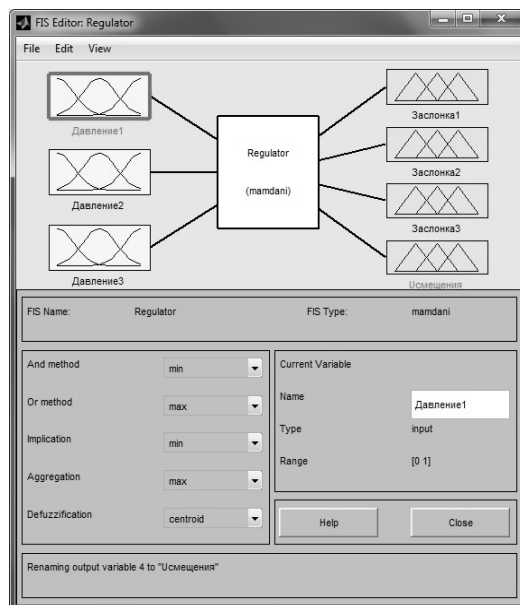
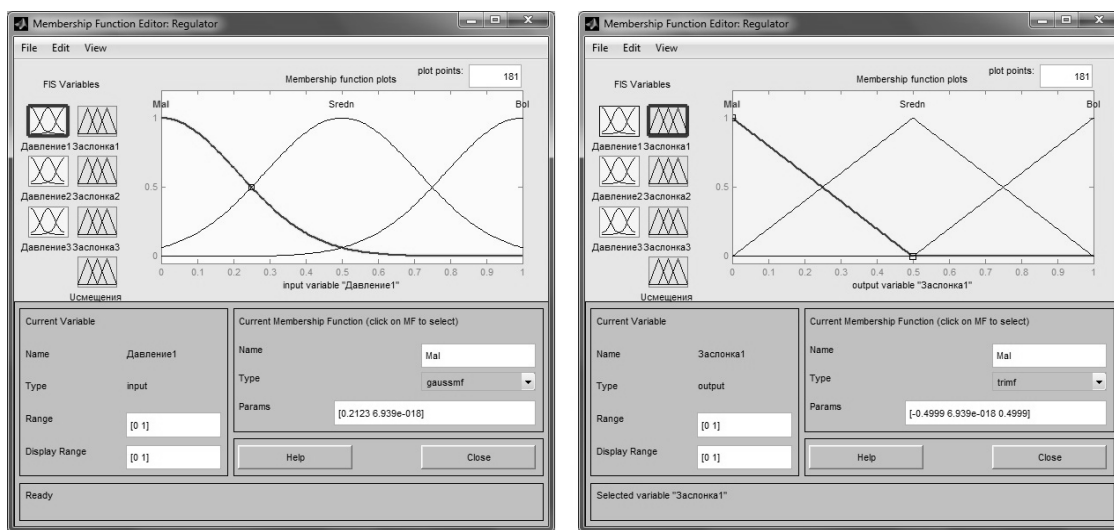


Рис. 2. Задание количества входных и выходных сигналов нечёткого регулятора в программной среде Fuzzy Toolbox

Затем приступаем к определению количеств терм (лингвистических переменных) каждого сигнала нечёткого регулятора, а также к определению их функций принадлежности (рис. 3).



а)

б)

Рис. 3. Примеры определения количеств терм и их функций принадлежности: а) для сигналов по давлению в первой ветке магистральной, б) для значений положений заслонки перед первой веткой водопроводной магистральной (α_1)

После определения количества терм и их функций принадлежности определяем систему правил нечёткой логики, по которым в дальнейшем будет работать разрабатываемый регулятор (рис.4).

```

1. If (Давление1 is Mal) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
2. If (Давление1 is Mal) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
3. If (Давление1 is Mal) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Bol) (1)
4. If (Давление1 is Mal) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
5. If (Давление1 is Mal) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
6. If (Давление1 is Mal) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Bol) (1)
7. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
8. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
9. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Bol) (1)
10. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
11. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
12. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Bol) (1)
13. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
14. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Sredn) (1)
15. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Sredn) (1)
16. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
17. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Sredn) (1)
18. If (Давление1 is Sredn) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Bol)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Sredn) (1)
19. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
20. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
21. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Mal) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Bol) (1)
22. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Sredn) (1)
23. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Sredn) (1)
24. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Sredn) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Bol)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Sredn) (1)
25. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Mal) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Bol) (1)
26. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Sredn) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Bol)(Усмещения is Sredn) (1)
27. If (Давление1 is Bol) and (Давление2 is Bol) and (Давление3 is Bol) then (Заслонка1 is Sredn)(Заслонка2 is Sredn)(Заслонка3 is Sredn)(Усмещения is Mal) (1)
    
```

Рис. 4. Система правил нечёткой логики разрабатываемого регулятора

В результате расчёта нечёткого регулятора в программной среде Fuzzy Toolbox получаем ряд его характеристик: 2-мерные зависимости положений заслонок от давлений воды в соответствующих ветках магистрали, 3-мерные зависимости положений заслонок от давлений воды в соответствующей и одной из соседних веток магистрали, а также 3-мерные зависимости значения сигнала коррекции общей накачки воды в магистраль от двух произвольных давлений воды в ветках магистрали.

При анализе характеристик нечёткого регулятора было обнаружено полное совпадение 2-мерных зависимостей $\alpha_1 = f(p_1)$ и $\alpha_3 = f(p_3)$ (рис.5, а).

Для 3-мерных характеристик были обнаружены полные совпадения между такими зависимостями: между $\alpha_1 = f(p_1, p_2)$, $\alpha_1 = f(p_1, p_3)$, $\alpha_3 = f(p_1, p_3)$ и $\alpha_3 = f(p_2, p_3)$ (рис.6, а); между $\alpha_2 = f(p_2, p_1)$ и $\alpha_2 = f(p_2, p_3)$ (рис.6, б); между $U_{\text{смещения}} = f(p_1, p_2)$, $U_{\text{смещения}} = f(p_2, p_3)$ и $U_{\text{смещения}} = f(p_1, p_3)$ (рис.7).

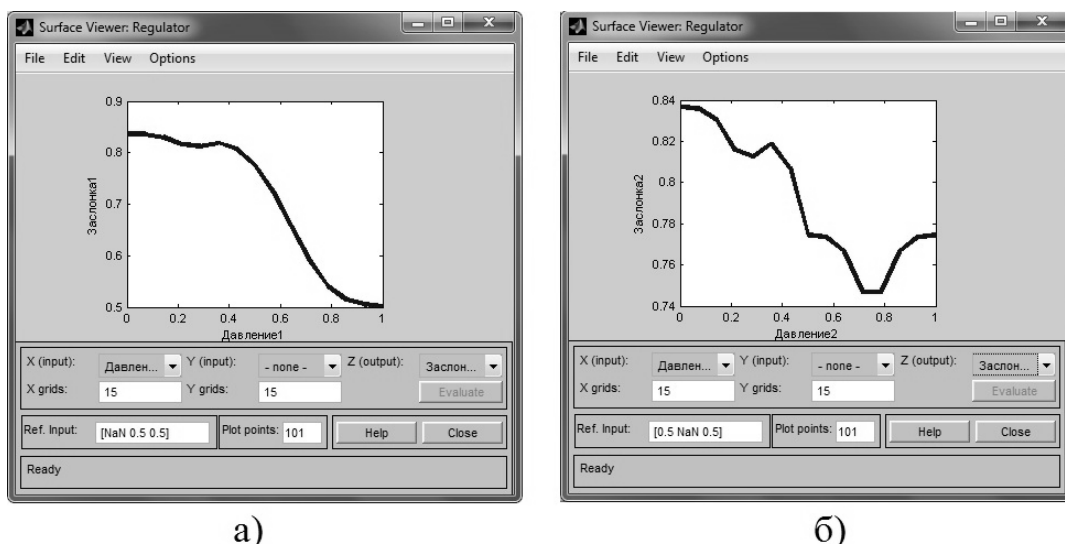


Рис. 5. 2-мерные зависимости $\alpha_1 = f(p_1)$ и $\alpha_3 = f(p_3)$ (а) и $\alpha_2 = f(p_2)$ (б)

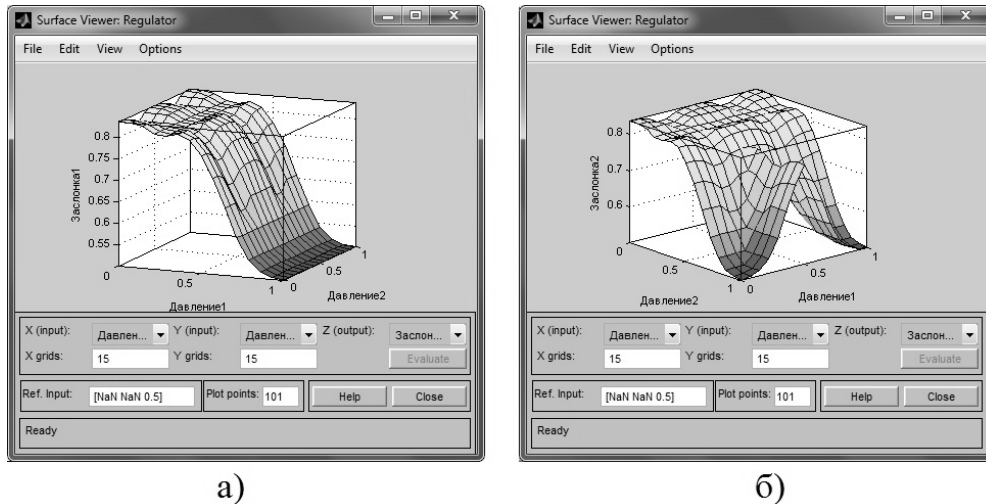


Рис. 6. 3-мерные зависимости $\alpha_1 = f(p_1, p_2)$, $\alpha_1 = f(p_1, p_3)$, $\alpha_3 = f(p_1, p_3)$, $\alpha_3 = f(p_2, p_3)$ (а), $\alpha_2 = f(p_2, p_1)$, $\alpha_2 = f(p_2, p_3)$ (б)

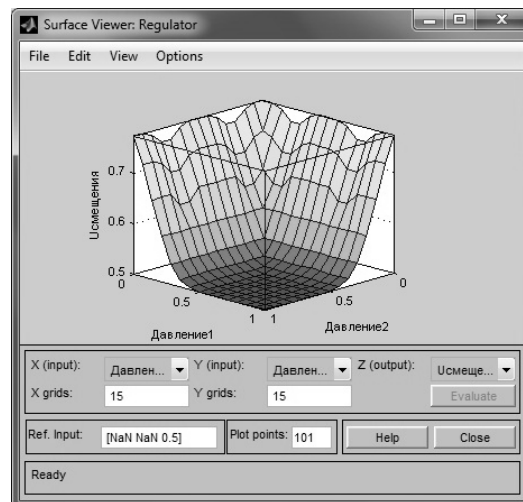


Рис. 7. 3-мерные зависимости $U_{\text{смещения}} = f(p_1, p_2)$, $U_{\text{смещения}} = f(p_2, p_3)$ и $U_{\text{смещения}} = f(p_1, p_3)$

При визуальной оценке полученных поверхностей характеристик взаимных зависимостей на рисунках 5 – 7 видно, что ни на одной из них не наблюдается мест несистемных локальных минимумов («ям»), либо локальных максимумов («бугров»). Таким образом, разработанный нечёткий регулятор вполне пригоден для отработки своих функций при его возможном воплощении в виде реальной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в MATLAB и fuzzy TECH. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
2. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.