

*Ш.С. Гусейнзаде***МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМ
АГРЕГАТОМ НА СЕТЯХ ПЕТРИ**

Сумгаитский государственный университет
(Азербайджан, Сумгаит, shahla.huseynzade@gmail.com)

Аннотация. Предлагается модель автоматизации нечеткого управления водяного насоса на сетях Петри (СП). На основе критериев работы водяного насоса соответственно входной информации определены всевозможные ситуации и события в системе. Описывая необходимое поведение системы отношениями между ситуациями и событиями с применением логики «Если... То...» разработана продукционная система управления насосного агрегата. Всевозможными ситуациями, событиями и отношениями между ними соответственно сформированы множества позиций, переходов и дуг СП. Для описания не полных знаний по поведению системы используются лингвистические переменные «расход воды» и «скорость насоса». Термы этих переменных соответствуют их нечетким значениям, обозначаются выражениями, характеризующими одно из состояний системы. Выражения «небольшой», «средний», «большой», «низкая», «средняя», «высокая» принимаются как атрибуты цветов раскрашенной СП и присваиваются маркерам сети, с помощью которых будет описываться поведение системы и желаемая реакция технического объекта. Разработан граф-модель СП. Модель описывает работу одного насосного агрегата. Визуализация модели реализована в системе CPN Tools. Проведены компьютерные эксперименты симуляции и анализ сети.

Разработанная модель дает возможность отрабатывать принципы управления, соответствующие ситуациям, выявлять недостатки, тупиковые состояния и вносить корректировки. Это позволяет настроить систему на оптимальный режим работы.

Ключевые слова: сети Петри, алгоритм адаптации, управление водяными насосами, нечеткие значения, лингвистические переменные, термы переменных, симуляция сети, маркер сети Петри.

*Sh.S. Huseynzade***MODEL OF FUZZY CONTROL SYSTEM OF PUMP UNIT ON PETRI
NETS**

Sumgait State University
(Azerbaijan, Sumgait, shahla.huseynzade@gmail.com)

Abstract. A model for automating of the fuzzy control of a water pump on Petri nets (PN) is proposed. On the basis of the criterias for the operation of the water pump, various situations and events in the system are determined according to the input information. Describing the required behavior of the system by the relationship between situations and events using the logic "If ... Then ..." a production system of control of the pump unit has been developed. With all sorts of situations, events and relations between them, respectively, there are formed a set of positions, transitions and arcs of PN. To describe incomplete knowledge of the system behavior, linguistic variables "water flow rate" and "pump speed" are used. The terms of these variables correspond to their fuzzy values and are denoted by expressions characterizing one of the states of the system. The expressions "small", "medium", "large", "low", "medium", "high" are taken

as attributes of the colors of the colored PN and are assigned to the network markers with which the system behavior and the desired response of the technical object will be described. The graph model of PN is developed. The model describes the operation of one pump unit. Model visualization is implemented in the CPN Tools system. Computer simulation experiments and network analysis were performed. The developed model provides opportunities to work out management principles that correspond to situations, identify deficiencies, dead ends and make adjustments. This allows you to configure the system for optimal operation.

Keywords: Petri nets, adaptation algorithm, water pump control, fuzzy values, linguistic variables, variable terms, network simulation, Petri net marker.

Автоматизация насосных установок является важной проблемой благодаря ее обширным приложениям. В решении таких задач нечеткая логика обеспечивает мощную платформу, которая позволяет инженерам применять человеческие рассуждения к алгоритму управления [1].

Основной целью построения системы интеллектуального управления является разработка полностью автоматизированных систем без непрерывного наблюдения рабочего персонала. На полностью автоматизированных станциях все операции пуска и остановки насосных агрегатов, контроль над основными параметрами оборудования производится автоматически. К системам интеллектуального управления предъявляются требования эффективного и надежного использования насосного оборудования при эксплуатации.

Для реализации системы интеллектуального управления необходимо определение входных воздействующих и выходных результирующих величин.

В системах с нечеткой логикой по информации, выраженной в лингвистической форме, ставится задача формирования управляющего воздействия на объект управления. Текущая информация при функционировании системы с помощью процедуры фаззификации преобразуется в лингвистические величины. С помощью базы правил *если-тогда* осуществляется формирование логического решения [2].

Обычно модель работы насосного агрегата строится системой уравнений высокой степени, со следствием невозможности их решить. Поэтому целесообразнее применять нечеткую (Fuzzy) теорию в системы управления [3].

Чтобы описать не полные знания по поведению системы используются два понятия нечеткой логики: лингвистическая переменная и терм лингвистической переменной. Данные значения переменных присваиваются параметрам, описывающим поведение системы, такие как, расход, скорость и так далее.

Терм переменной «расход воды» соответствует ее нечеткому значению и обозначается выражением, характеризующей одно из состояний системы: «небольшой», «средний», «большой». А нечеткие значения «низкая», «средняя», «высокая» соответствуют значениям термов переменной «скорость насоса», с помощью которых будет описываться поведение насосного агрегата и желаемая реакция технического объекта.

Сеть Петри формально представляется как набор вида $N=(P,T,F,H,\mu^0)$, где $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n>0$ – конечное непустое множество позиций (иначе состояний или мест); $T=\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $m>0$ – конечное непустое множество переходов (событий); $F:P \times T \rightarrow \{0,1,2,\dots\}$, $H:T \times P \rightarrow \{0,1,2,\dots\}$, – соответственно функции входных и выходных инциденций, а отображение $\mu^0:P \rightarrow \{0,1,2,\dots\}$ начальная маркировка (разметка каждой позиции) [4].

Графическим изображением сети Петри является двудольный ориентированный граф с двумя типами вершин. Вершины $p \in P$ изображаются кружками, а вершины $t \in T$ – прямоугольниками. Дуги соответствуют функциям инцидентности позиций и переходов. В сетях Петри последовательности событий отображаются срабатываниями переходов [5].

На основе критериев работы водяных насосов описываются множества позиций и переходов СП:

- Позиции:

- P_1 — в датчике регистрации имеется входная информация;
- P_2 — насос отключен;
- P_3 — насос включен;
- P_4 — расхода воды нет;
- P_5 — расход воды небольшой;
- P_6 — расход воды средний;
- P_7 — расход воды большой;
- P_8 — скорость насоса низкая;
- P_9 — скорость насоса средняя;
- P_{10} — скорость насоса высокая.

- Переходы:

- t_1 — ввод данных из регистрационного датчика в систему;
- t_2 — включение насоса;
- t_3 — отключение насоса;
- t_4 — перевести рабочую скорость к низкому значению;
- t_5 — перевести рабочую скорость к среднему значению;
- t_6 — перевести рабочую скорость к высокому значению;

t_7 — не производить включение насоса;

t_8 — не изменять скорость насоса.

Правила нечеткой продукционной системы управления насоса:

1. **Если** в датчике регистрации имеется входная информация, **тогда** произвести ввод данных из регистрационного датчика в систему;
2. **Если** расхода воды нет **и** насос отключен, **тогда** не производить включение насоса;
3. **Если** расхода воды нет **и** насос включен, **тогда** производить отключение насоса;
4. **Если** расход воды небольшой **и** насос отключен, **тогда** производить включение насоса;
5. **Если** расход воды небольшой **и** насос включен, **тогда** перевести рабочую скорость к низкому значению;
6. **Если** расход воды средний **и** насос отключен, **тогда** производить включение насоса;
7. **Если** расход воды средний **и** насос включен, **тогда** перевести рабочую скорость к среднему значению;
8. **Если** расход воды большой **и** насос отключен, **тогда** производить включение насоса;
9. **Если** расход воды большой **и** насос включен, **тогда** перевести рабочую скорость к высокому значению;
10. **Если** расход воды небольшой **и** скорость насоса низкая **тогда** не изменять скорость насоса;
11. **Если** расход воды средний **и** скорость насоса средняя **тогда** не изменять скорость насоса;
12. **Если** расход воды большой **и** скорость насоса высокая **тогда** не изменять скорость насоса;

На основе продукционных правил формирован оптимальный набор команд управления. В соответствии создан алгоритм управления, который включает в себя адаптивное регулирование в образе последовательности команд установки параметров.

Команды, выражающие отношения переходов с входными позициями:

1. if p_1 then t_1 ;
2. if p_4 and p_2 then t_7 ;
3. if p_4 and p_3 then t_3 ;
4. if p_5 and p_2 then t_2 ;
5. if p_5 and p_3 then t_4 ;

К дугам присвоены условия существования, «empty» означает пустоту дуги [7]. К маркерам присвоены цвета (n), (nb), (sr), (b), (sn), (ss), (sv), (otk), (vk). Сокращения– (n), (nb), (sr), (b) соответствуют значениям лингвистической переменной «расход воды»: расхода воды нет, расход воды небольшой, расход воды средний, расход воды большой. Сокращения– (sn), (ss), (sv) соответствуют значениям лингвистической переменной «скорость насоса»: скорость насоса низкая, скорость насоса средняя, скорость насоса высокая.

На модели можно отрабатывать принципы управления, соответствующие ситуациям, выявлять недостатки, тупиковые состояния и вносить корректировки. Это позволит без лишних затрат настроить систему на оптимальный режим работы.

Список использованных источников

1. Frank M. White, “Fluid Mechanics”, McGraw Hill, 2011.p.885.
2. Колесников А.А. Современная прикладная теория управления: Новые классы регуляторов технических систем / Под ред. А.А. Колесникова. Таганрог: Изд-во ТРТУ, Ч.III. 2000, 640 с.
3. Molhotra N. Fuzzy Logic Modeling, Simulation and Control: A Review / N. Molhotra, Y. Singh // Singh International Journal of Computer Science and Technology, 2010, vol.1, Issue 2, pp. 183-188.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984, 264 с.
5. Nielsen M. Behavioural notions for elementary net systems / M. Nielsen, G. Rozenberg, P.S. Thiagarajan // Distributed Computing. 1990, vol.4, no.1, pp.45-57.
6. Zaitsev D.A. Switched LAN Simulation by Colored Petri Nets // Mathematics and Computers in Simulation. 2004, vol. 65, pp. 245-249.
7. W.M.P. van der Aalst, C. Stahl, Modeling Business Processes –A Petri Net –Oriented Approach by, The MIT Press, 2011 (ISBN-13: 978-0-262-01538-7), 400 p.