

## НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР ТОКА В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ<sup>1</sup>

А.В. Шваяков, А.С. Коваль

Данная статья представляет результаты моделирования устройства функционирующего на алгоритмах нечеткой логики для оптимизации энергетических характеристик системы ТРН-АД.

Ключевые слова: нечеткая логика, асинхронный электропривод, ТРН - АД

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что наибольший коэффициент полезного действия (КПД) и наименьшие потери в асинхронном двигателе (АД) при номинальном напряжении питания приходится на область моментов нагрузки 75-85% от номинального момента АД. Вместе с тем в ряде отраслей промышленности АД работает с меньшей нагрузкой и, следовательно, работает с низким КПД [1].

В установившемся режиме потери в АД при постоянной частоте питающего напряжения и заданном моменте нагрузки на валу полностью определяются магнитным потоком АД. Изменяя приложенное к АД напряжение статора, а следовательно, и ток намагничивания и поток, можно получить минимум потерь и максимум КПД для каждого значения момента нагрузки. Близким по энергетическим показателям к режиму минимальных потерь в АД является минимум действующего значения тока статора. Режим минимума действующего значения тока статора является оптимальным для реализации в системе тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель (ТРН - АД).

### 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Асинхронный электродвигатель в системе ТРН – АД можно рассмотреть как объект управления, в котором регулируемой координатой является действующее значение силы тока статора ( $I_s$ ), управляющим воздействием – действующее значение напряжения статора ( $U_s$ ), а возмущающим воздействием – момент нагрузки ( $M$ ). Расчетная зависимость  $I_s = f(U_s, M)$  для АД 4А112М4 без учета зависимости  $L_m(I_m)$  показана на *рисунке 1*.

Зависимость, представленная на *рисунке 1*, имеет явно выраженный экстремум - минимум, для отыскания которого необходимо использовать методы оптимизации [2]. Однако, не все методы оптимизации применимы, т.к. зависимость  $I_s = f(U_s, M)$  не задана аналитически и изменяется в процессе работы АД. Также невозможно применить методы оптимизации, требующие задания интервала поиска.

Для отыскания экстремума функций, представленных на *рисунке 1*, возможно применение методов поиска, основанных на алгоритмах нечеткой логики [3].

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Белорусско-Российского университета

При оптимизации энергетических характеристик электроприводов, построенных по системе тиристорный регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель возможно два пути [1]:

- построение системы управления с заранее заданной регулировочной характеристикой и обратной связью по возмущению;
- система с поиском экстремального значения регулируемой координаты.

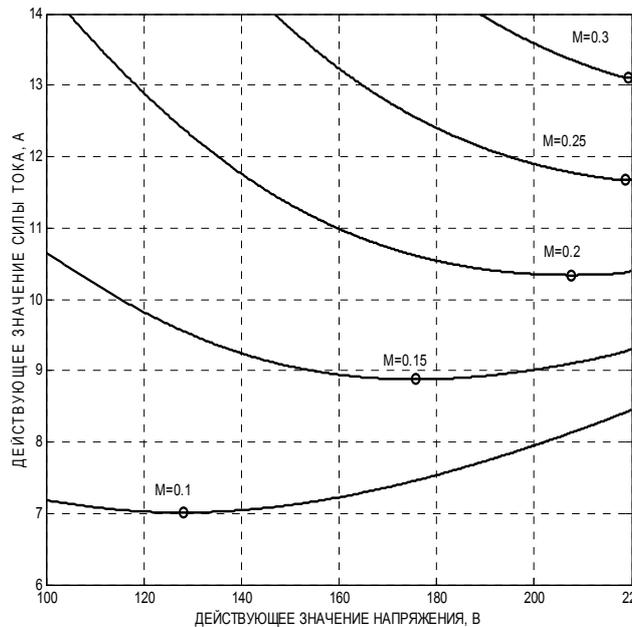


Рис. 1. Характеристики двигателя  $I_s = f(U_s, M)$  при различных моментах нагрузки

Рассмотрим систему с поиском экстремального значения регулируемой координаты. Для системы ТРН – АД решение задачи оптимизации энергетических характеристик заключается в отыскании значения угла управления, которому соответствует минимальное значение действующего тока статора. Особенностью оптимизации энергетических характеристик в системах ТРН – АД является отсутствие четкого интервала значений углов управления  $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$ , на которых производится поиск экстремума.

В качестве алгоритмов функционирования нечеткого логического вывода в настоящее время наиболее часто используются модели Мамдани, Такаги – Сугено [4, 5]. Порядок синтеза нечетких регуляторов выполняется в соответствии с [6]. В данном случае синтез нечеткого логического регулятора выполнялся с использованием модели Мамдани.

База логических правил для нечеткого регулятора разрабатывается исходя из решаемой задачи. В данном случае решается задача оптимизации [7]. Исходными данными для построения базы правил является качественная (лингвистическая) информация. Примем, что входная переменная X соответствует действующему значению напряжения статора ( $U_s$ ), а выходная переменная Y – действующему значению тока статора ( $I_s$ ). На рисунке 2 представлено разделение области рассуждения на подпространства с обозначенными правилами.

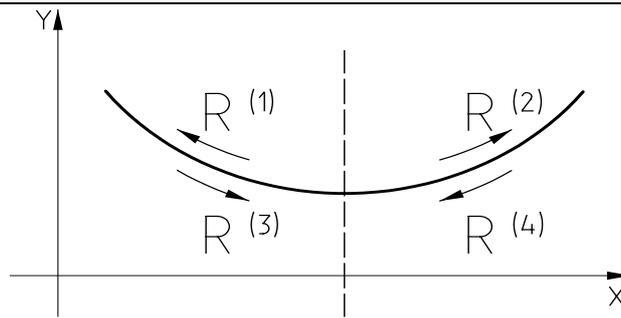


Рис. 2. Предварительное разделение области рассуждения на подпространства

Структурная схема нечеткого логического поискового регулятора показана на рисунке 3.

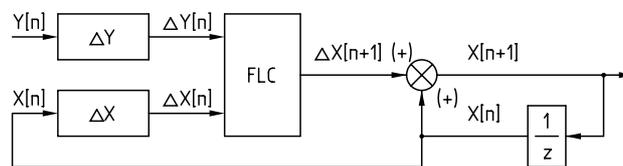


Рис. 3. Структурная схема нечеткого логического поискового регулятора

Для точного расчета энергетических характеристик при работе на нелинейном участке зависимости  $\Psi_m(i_m)$  была выполнена аппроксимация кривой намагничивания. Для проверки алгоритмов поиска было выполнено кодирование на языке С для устройства на базе микроконтроллера ATmega16 (ATMEL) [8].

Расчетная и функциональная схемы для проверки алгоритма оптимизации энергетических характеристик системы ТРН – АД представлены на рисунке 4.

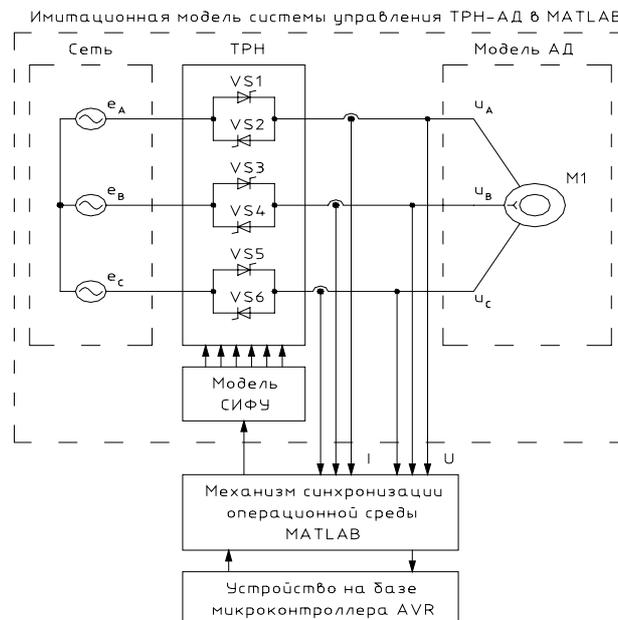


Рис. 4. Функциональная схема системы ТРН – АД

На рисунке 5 показаны потребляемый ток и потребляемая активная мощность АД в системе ТРН - АД при различных моментах нагрузки.

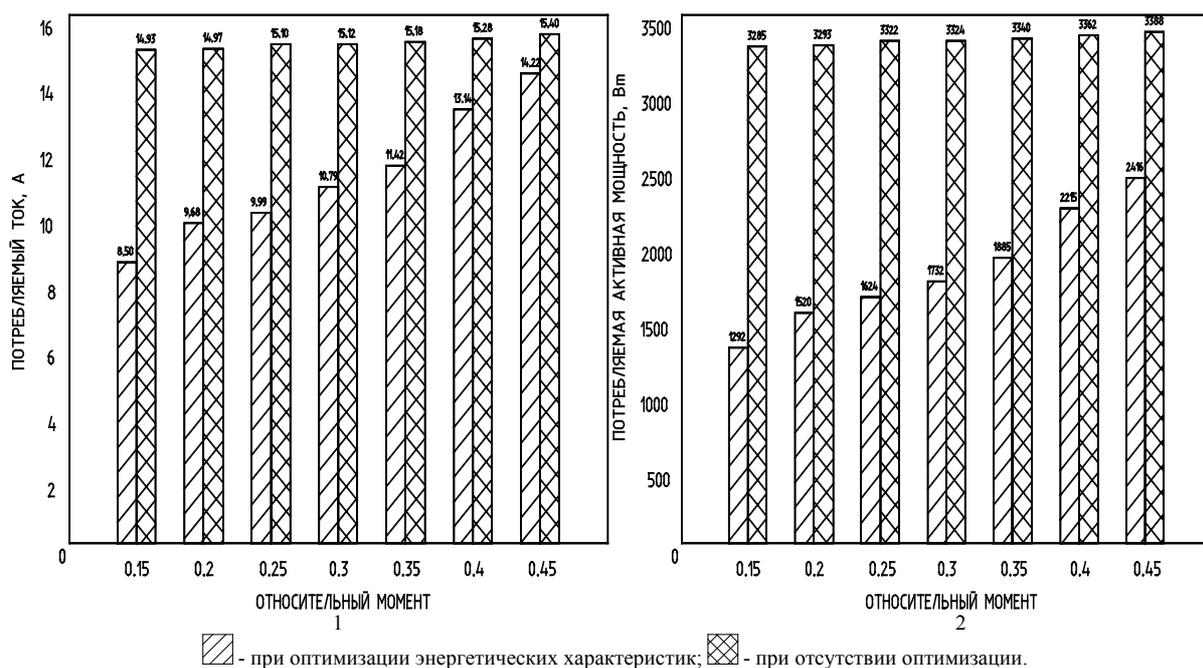


Рис. 5. Потребляемый ток при различных моментах нагрузки

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что применение нечеткого регулятора тока оправдано для решения задачи оптимизации энергетических характеристик в системе ТРН - АД. Алгоритм нечеткого логического поиска сохраняет свою эффективность при изменении параметров АД.

#### Литература

1. Тиристорные преобразователи напряжения для асинхронного электропривода / Л.П. Петров, О.А. Андрющенко, В.И. Капинос и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986.– 200 с.: ил.
2. Мэтьюз Д.Г. Численные методы. Использование MATLAB, 3-е издание.: Пер. с англ. / Д.Г. Мэтьюз, К.Д. Финк. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2001. – 720 с.: ил.
3. Коваль А.С. К использованию нечеткой логики в задачах управления АД / А.С. Коваль, А.Ю. Шубин – “Изв. ВУЗов. Энергетика”, № 4, 2001, с. 49 - 53
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.:ил.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. - 736 с.: ил.
6. Шваяков А.В. К вопросу использования нечетких регуляторов в системах управления ЭП // Информационные технологии, энергетика и экономика: Материалы докладов межрегиональной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Смоленск, 2004. – с. 91-94.
7. Усков А.А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика / А.А. Усков, А.В. Кузьмин. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 143 с.: ил.
8. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.: ил.

#### Шваяков Андрей Викторович

Выпускник 2005 года электротехнического факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(0222) 27-94-94

#### Коваль Александр Сергеевич

Декан электротехнического факультета  
кандидат технических наук, доцент  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(0222) 31-06-26