

«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ИНС И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИИ ДПТ НВ»

А.В.Тарнецкая, студент гр. ЭА-101, V курс
Научный руководитель: А.Н.Гаргаев, ст. преп., к.т.н.
Кузбасский государственный технический
Университет им. Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово, 2015

В настоящее время на шахтах и угольных разрезах Кузбасса наблюдается проблема аварийного простоя экскаваторов вследствие выхода из строя двигателей главных электроприводов постоянного тока, в частности двигателей постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ). Износ и старение, тяжелые условия работы двигателей постоянного тока приводят к нежелательным режимам работы и аварийным ситуациям. Для уменьшения количества аварий, приводящим к длительным простоям и большим затратам на капитальный ремонт двигателей, требуется автоматическая диагностика работы двигателей в режиме реального времени для своевременного обнаружения и классификации неисправностей. Основная трудность в создании адекватной системы диагностики состоит в том, что электроприводы экскаваторов работают с постоянно изменяющимся моментом сопротивления в неблагоприятной окружающей среде. Подобные возмущения оказывают непосредственное влияние на точность диагностирования.

Современные адаптивные системы на базе инструментов искусственного интеллекта (ИИ) таких, как искусственные нейронные сети (ИНС) и нечеткая логика (НЛ) способны решить эту проблему благодаря способностям к обучению, запоминанию и аппроксимации входных данных. Помимо этого, нейронные сети могут решать задачи прогнозирования выходных параметров в небольшом временном интервале, которое даст возможность исключить вхождение двигателя в неблагоприятный режим работы или своевременно отключить двигатель и уменьшить последствия от аварии (например, если произошло КЗ в одной из обмоток ДПТ).

Таким образом, необходимо исследовать возможности применения инструментов ИИ для решения проблем диагностики и прогнозирования, изучить и сравнить различные архитектуры нейронных сетей [3, 1], систем нечеткой логики, а так же их гибрида нейро-нечетких сетей ANFIS. В результате изучения следует выбрать наилучшие варианты и создать модель системы диагностики и прогнозирования технического состояния ДПТ НВ. Данная система должна диагностировать следующие нарушения: КЗ и

обрывы в обмотках двигателя (в том числе вызванные пробоем изоляции и перегревом обмоток, межвитковые замыкания и т.д.); перегрузки, вызванные большим значением момента сопротивления (твердость и фракция угольной породы; крутой подъем на уклон, если речь идет об электроприводе хода и т.д.). Конечная система диагностики будет выполнена в SCADA-системе Master-SCADA для интеграции в уже существующую на экскаваторе систему управления. Создание системы будет осуществляться в среде программирования Matlab с помощью специализированных пакетов (Fuzzy-Logic Toolbox, ANFIS Toolbox, Neural Network Toolbox, NNstart) [4], обладающих широким спектром возможностей решения поставленных задач.

Начальным этапом является создание математической модели ДПТ НВ в Matlab Simulink и моделирование всех неисправностей, которые будут диагностироваться системой. В результате моделирования необходимо получить обучающую выборку – временные ряды значений параметров ДПТ НВ в различных режимах. От полноты обучающей выборки зависит адекватность работы системы, поскольку ее данные ложатся в основу базы правил системы нечеткого вывода и служат для обучения ИНС.

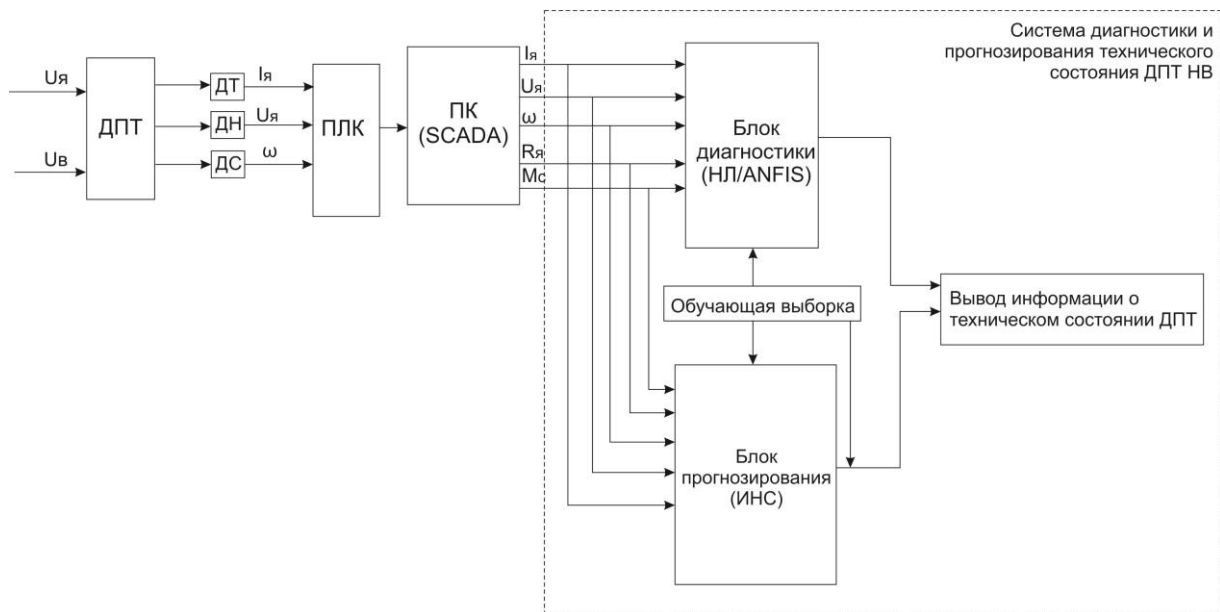


Рис. 1. Схема системы диагностики и прогнозирования технического состояния ДПТ НВ на базе ИИ.

На схеме (рис.1) представлены следующие обозначения:

ДН, ДТ, ДС – датчики напряжения, тока якорной цепи и угловой скорости, расположенные на ДПТ;

I_a , R_a , U_a , M_c , ω – ток, напряжение и сопротивление якорной цепи ДПТ НВ, момент сопротивления и угловая скорость;

ПЛК – программно-логический контролер;

ПК – промышленный компьютер.

Данные с датчиков поступают на ПЛК, а затем через OPC-сервер в SCADA-систему, которая косвенным образом вычисляет недостающие

параметры (Ря, Мс) и передает их системе диагностики и прогнозирования. Блок диагностики – это *fis*-система (fuzzy inference system), построенная на базе нечеткой логики или нейро-нечетких сетей ANFIS[5][2]. Преимуществом сетей ANFIS (рис.2) является наличие обучаемой ИНС в составе системы нечеткого вывода, которая самостоятельно создает базу правил для фаззификатора, основываясь на обучающей выборке и заданных параметрах (вид функции принадлежности, количество скрытых слоев в ИНС, эпох обучения и т.д.).

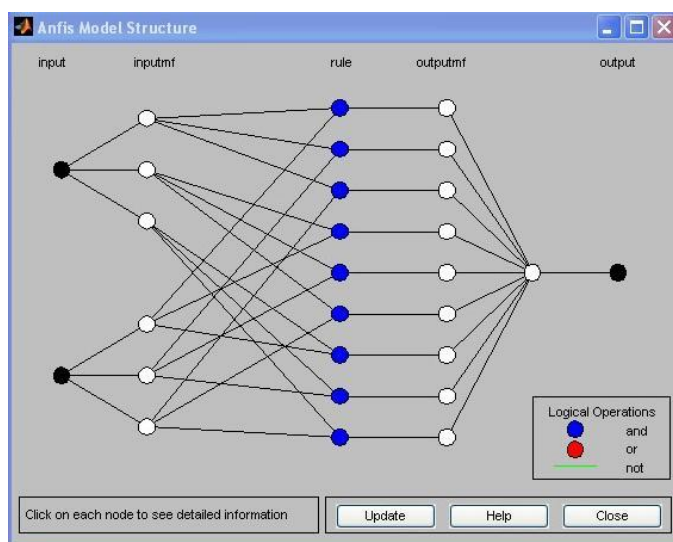


Рис.2. Пример архитектуры сетей ANFIS в пакете Matlab

Точность диагностирования неисправностей зависит от количества правил и отсутствия противоречий между ними. Инструменты специализированных пакетов Matlab позволяют получить интерактивные поверхности классов технического состояния (рис.3) для удобства настройки *fis*-системы.

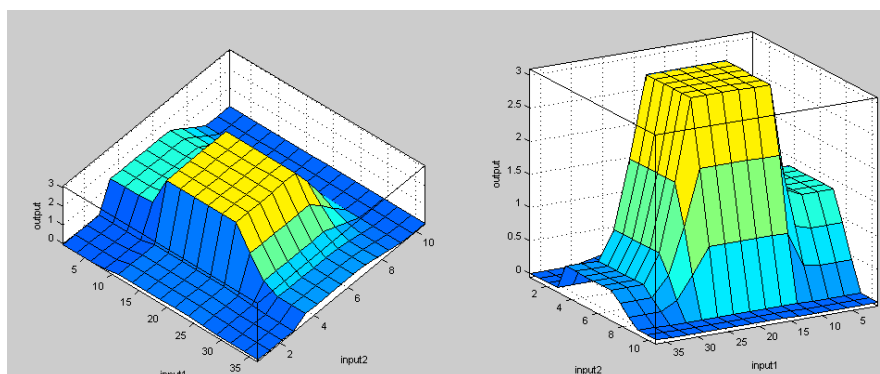


Рис.3. Поверхности классов технического состояния в Fuzzy-Logic Toolbox

Блок прогнозирования аварийных состояний построен на базе рекуррентной нейронной сети NARX[3], точность прогнозирования зависит от скорости обучения нейронной сети и ее архитектуры. ИНС осуществляет прогноз следующим образом: на ее вход и выход вместе с параметрами технического состояния ДПТ НВ подается обучающая выборка, на которой обучается сеть, а на выходе происходит сравнение значений параметров реального времени со значениями из выборки, из которого следует прогноз изменения параметра с шагом $(t+1)$.

Вся информация с блоков диагностики и прогнозирования выводится на экран SCADA-системы в виде класса технического состояния двигателя (исправен, КЗ, обрыв и т.д.), графиков изменения параметров в реальном времени и графиков прогнозирования (рис.4).

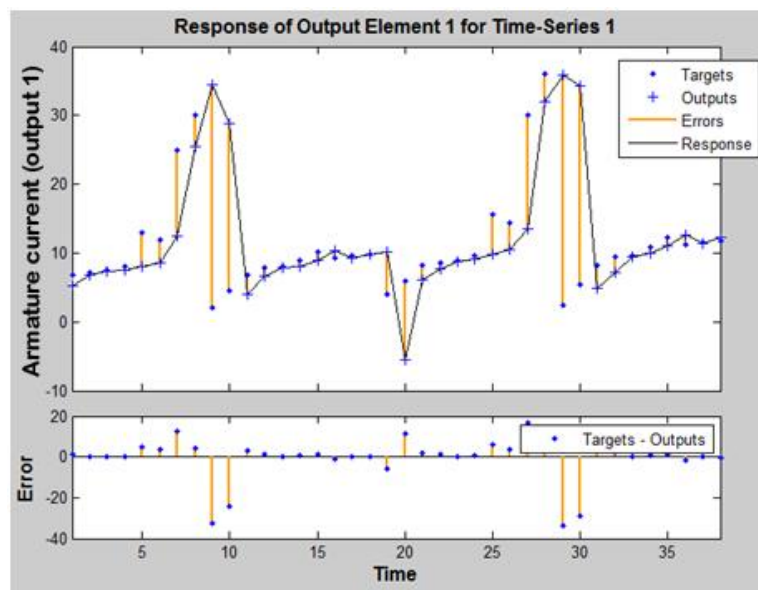


Рис.4 График прогнозирования изменения тока якорной обмотки в пакете NNstart

Использование системы диагностики и прогнозирования на базе ИИ позволит с высокой точностью диагностировать техническое состояние электродвигателя в реальном времени, прогнозировать и предупреждать появление аварийных режимов, тем самым, увеличить срок эксплуатации двигателя и избежать дополнительных затрат на капитальный ремонт двигателя и простой экскаватора.

Список источников

1. Медведев В.С, Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6. Изд. «ДиалогМИФИ», Москва.
2. M.Muruganandam, Simulation and Implementation of an Embedded Hybrid Fuzzy Trained Artificial Neural Network Controller for different

DC Motor. Muthayammal Engineering College, Rasipuram, Tamilnadu, India, 2014.

3. Хайкин Саймон. Нейронные сети. Полный курс. 2-е изд., испр.: Пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.
4. Материалы по продуктам Matlab & Toolboxes (<http://matlab.exponenta.ru>)
5. Life-Prog – уроки и статьи, посвященные языкам программирования. Адаптивные нейро-нечеткие системы инференции (ANFIS) (http://life-prog.ru/1_22027_adaptivnie-neyronechetkie-sistemi-inferentsii-ANFIS.html)
6. С.Д.Штовба, "Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику".