

УДК ???

МЕТОДИКА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

П. А. Гурьев гр. ЭАПУ-03-1

Научный руководитель – С. В. Нусс, аспирант каф. ЭАГП

Пермский государственный технический университет

Для снижения финансовых затрат предприятия на техническое обслуживание и ремонт действующего электротехнического оборудования целесообразно осуществить переход к системе планирования ремонта на основе его фактического технического состояния. Состояние оборудования сегодня невозможно оценить без качественной диагностики. Электротехническое оборудование, установленное на предприятии, в процессе функционирования претерпевает различные изменения, которые должны быть идентифицированы и проанализированы с целью оценки:

- а) полноты выполнения оборудованием своих функций;
- б) времени простоя оборудования в ремонте, а также определения оптимального времени начала и объема ремонтных работ, связанных с поддержанием его работоспособности в заданных пределах;
- в) сроков его дальнейшей эксплуатации.

Для решения данной задачи необходима разработка системы мероприятий по диагностике состояния установленного оборудования, при этом возможен косвенный метод определения состояния на основе показаний контрольно-измерительной аппаратуры и результатов периодических испытаний, проведенных с РД 34.45-51.300-97 («Объемы и нормы испытания электрооборудования»).

В рамках решения выше поставленной задачи нами проводится разработка методики диагностики с созданием

программно-аналитического пакета, которые в совокупности образуют экспертную систему диагностики, позволяющую определять техническое состояние, межремонтные периоды, объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Анализ состояния оборудования приводится на примере синхронного трехфазного двигателя СТД-1600 ЦДНГ-11 (КНС-1, БКНС-11) ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь». Двигатель применяется в системе насос-двигатель для закачки воды в пласт с целью повышения внутрипластового давления. Актуальность исследования обоснована распространенностью данного типа двигателей СТД в цехах ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», а также значимостью двигателя в технологическом процессе. Качественная диагностика этого оборудования, и как результат его правильное функционирование, позволит обеспечить заданный уровень добычи нефти без наличия аварийных простоев оборудования в технологическом процессе, и как следствие, ликвидировать потери объема добычи нефти или снижения ее качества в результате повышенного содержания воды в пласте.

В основу методики диагностики заложен математический аппарат искусственных нейронных сетей. Искусственные нейронные сети представляют большой класс разнообразных вычислительных систем, архитектура которых в некоторой степени имитирует построение и работу нервной ткани живых организмов.

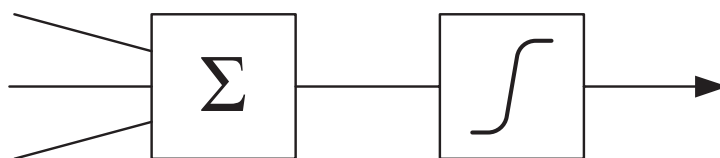


Рис. 1. Формальный нейрон

В основе нейронной сети лежит простейший элемент – формальный нейрон [2]. Формальный нейрон (рис. 1) состоит

из взвешенного сумматора и нелинейного элемента. Функционирование формального нейрона определяется следующими выражениями:

$$\text{NET} = \sum_i w_i \cdot x_i \quad (1)$$

$$\text{OUT} = F(\text{NET} - \theta) \quad (2)$$

где x_i – входные сигналы, совокупность всех входных сигналов нейрона образует вектор x ;

w_i – *весовые коэффициенты*, совокупность весовых коэффициентов образует вектор весов w ;

NET – взвешенная сумма входных сигналов, ее значение передается на нелинейный элемент;

θ – *пороговый уровень* данного нейрона;

F – нелинейная функция, называемая *функцией активации*.

Нейрон имеет несколько входных сигналов x и один выходной сигнал OUT . Параметрами нейрона, определяющими его работу, являются: вектор весов w , пороговый уровень θ и вид функции активации F .

В качестве функции активации нейронов используем:

для входного слоя нейронов сети $y = \begin{cases} 0 & \text{при } s < T \\ 1 & \text{при } s > T \end{cases}; \quad (3)$

для скрытого слоя сети $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}, \quad (4)$

где s – взвешенная сумма входных сигналов, T – некоторая пороговая величина.

Построение пакета на базе математического аппарата нейронных сетей выполняется в два этапа.

На первом этапе следует выбрать тип (архитектуру) сети, что подразумевает решение следующих вопросов:

а) определения конфигурации нейронов (число входов и их передаточные функции);

б) определения связей между нейронами в проектируемой сети;

в) подготовки обрабатываемой информации.

Определение типа сети является достаточно сложной задачей, но в настоящее время существуют достаточно широкий спектр различных типовых структур нейронных сетей, эффективность которых доказана математически. Наибольшее распространение в задачах диагностирования получили следующие архитектуры: многослойный персептрон, сеть Кохонена, сеть адаптивного резонанса, неокогнитрон.

На втором этапе необходимо провести «обучение» выбранного типа нейронной сети, т.е. подобрать такие значения весовых коэффициентов, чтобы нейронная сеть давала на выходе требуемый результат. Обучение – процесс внесения статистических данных и их обработка нейронной сетью, в результате чего последняя выставляет правильный диагноз состояния оборудования. Для каждой конечной архитектуры сети разработаны собственные методы обучения, алгоритмы их работы рассматриваются во многих научно-технических изданиях.

Для решения поставленной задачи смоделируем архитектуру нейронных сетей (рис. 2):

а) для оценки каждой физической величины регистрируемой при проведении соответствующих испытаний электротехнического оборудования воспользуемся архитектурой многослойного персептрона. Данный тип сети будет обучен один раз (т.е. запрограммированная сеть на определенную физическую величину будет отслеживать изменения величины с определением динамики ее изменения);

б) окончательный сбор, консолидация информации с многослойных персептронов, классификации состояния электротехнического оборудования осуществляется сетью адаптивного резонанса (АРТ).

Сеть АРТ относится к классу сетей, обучение которой проводится по алгоритму обучения «без учителя», при этом представляет собой векторный классификатор. Входной вектор классифицируется в зависимости от того, на какой из ранее запомненных образов он был запрограммирован.

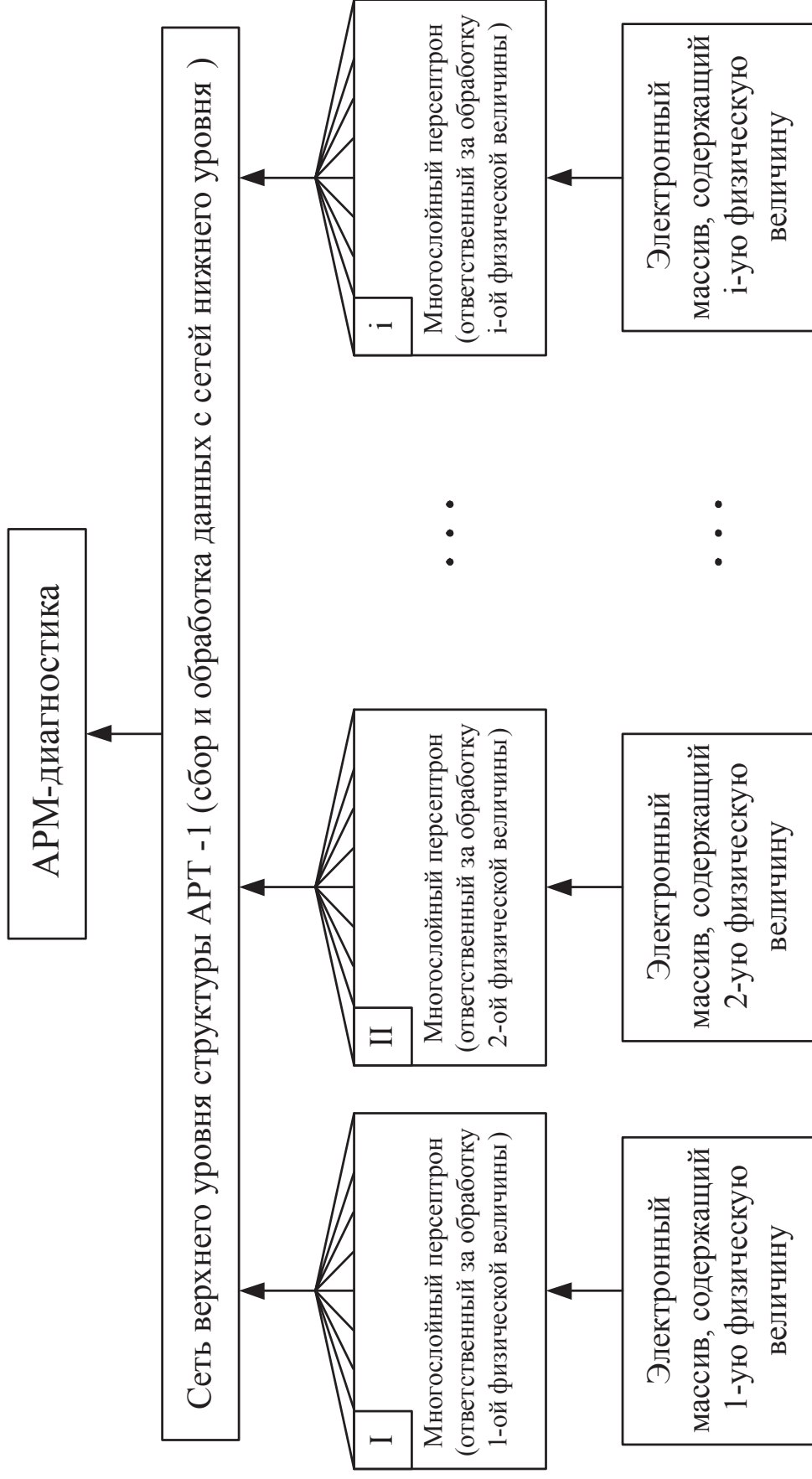


Рис. 2. Структура комбинированной нейронной сети

Свое классификационное решение сеть АРТ выражает в форме возбуждения одного из нейронов распознающего слоя. Если входной вектор не соответствует ни одному из ранее запомненных образов, создается новая категория вектора посредством запоминания образа, идентичного новому входному вектору. Структура сети, ввиду сложности графического отображения, представлена в блочном виде.

Полученная нейронная архитектура занимает средний уровень автоматизации. Для реализации нейронных архитектур выбраны нейронные микроконтроллеры научно-технического центра «Модуль». Контролеры данного предприятия позволяют заводить сигнал непосредственно на входной нейронный слой и дополнительно оснащаются 2 Кб кэш памятью, позволяющая сохранять весовые коэффициенты нейронов.

Алгоритм работы полученной архитектуры делится на следующие два уровня:

На первом уровне из базы, считывается информация и подается на входные слои соответствующих многослойных персептронов (рис. 2).

После поступления вектора параметров на входные слои многослойных персептронов, многослойный персептрон по ранее усвоенным закономерностям в процессе обучения, определяет к какому состоянию отнести оборудование по контролируемой им физической величине (например: величина сопротивления изоляции трансформатора, величина сопротивления токоведущего контура выключателя). Процесс идентификации заканчивается появлением на выходе многослойного персептрона заранее заданного кода аварийной ситуации и уникального кода самого персептрона.

Второй уровень начинается с момента появления на входе слоя сравнения сети адаптивного резонанса вектора X , основанного на выходах многослойных персептронов. На основании результатов динамического обучения сеть

адаптивного резонанса консолидирует полученную информацию с многослойных персептронов, проводит комплексный анализ консолидированной информации, выдает на своем выходе комплексную информацию о текущем состоянии оборудования и дальнейшем изменении его состояния при эксплуатации в номинальном режиме.

В настоящее время нами закончено описание алгоритмов функционирования полученной сети с применением Delphi 6.0 и необходим переход на стадию тестирования проектируемого программно-аналитического пакета. Завершающая стадия является достаточно сложной и требует большого набора статистических данных о вышеуказанном действующем оборудовании, доступ к которому для испытания и «обучения» нейронной сети может предоставить ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь».

Приведем описание установки датчиков для снятия параметров двигателя СТД-1600 и калькуляцию себестоимости проекта для создания экспертной системы диагностики.

Схема двигателя СТД-1600 и позиции установки датчиков, необходимых для успешной реализации методики диагностирования приведены на рисунке 3 и в таблице № 1.

Анализ исследуемых параметров позволит определить состояние:

- а) состояние щеток на кольцах ротора
- б) подшипникового узла (вибрация поперечная, осевая, температура, циркуляция масла);
- в) смещение ротора двигателя.

Для обеспечения передачи сигнала на персональный компьютер и его дальнейшей обработки экспертной системой потребуется блок вторичных контроллеров фирмы Siemens Simatic стоимостью 25000 руб.

Оценочная стоимость внедрения датчиков, необходимых для создания экспертной системы проведена на примере БКНС-11, т.к. укомплектованность ее датчиками соответствует

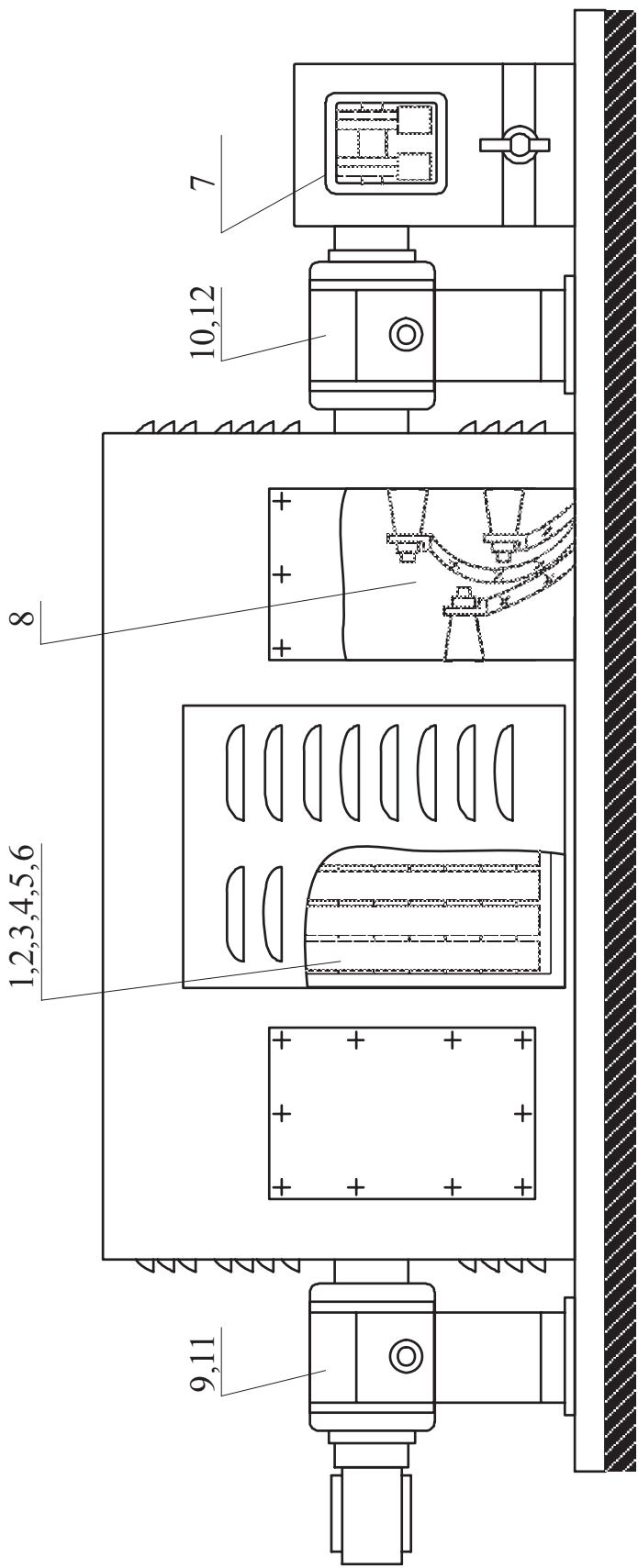


Рис. 3. Позиции установки датчиков для снятия параметров с СТД-1600

Таблица 1

Датчики для снятия параметров с двигателя СТД-1600

Позиция	Датчик объекта измерения	Количество	Тип прибора	Рыночная стоимость
1	Температуры обмотки ротора 1	1	ТСМ	Идет в комплекте
2	Температуры обмотки ротора 2	1	ТСМ	Идет в комплекте
3	Температуры обмотки ротора 3	1	ТСМ	Идет в комплекте
4	Температуры железа статора 1	1	ТСМ	Идет в комплекте
5	Температуры железа статора 2	1	ТСМ	Идет в комплекте
6	Температуры железа статора 3	1	ТСМ	Идет в комплекте
-	Расходомер – в насосе	1	ЭРИС-150ВТ	Уже установлен
7	Датчик тока ротора	1	ДИТ-500	Уже установлен
8	Датчик тока статора	1	ДИТ-500	Уже установлен
-	Осевого смещения ротора двигателя	1	ВК-3160С	~1500руб
9	Вибрации рабочего подшипника	2	Metrix 5484C-021	~25000руб
10	Вибрации полевого подшипника	2	Metrix 5484C-022	~25000руб
11	Температуры рабочего подшипника	2	DS 1820	~350руб
12	Температуры полевого подшипника	2	DS 1820	~350руб
-	Давления на выходе маслонасоса	1	Метран 43	~2500руб

большинству кустовых насосных станций в цехах ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь». Однако аналогичные типы датчиков и вторичных контроллеров присутствуют на КНС-1, что значительно упрощает проведение испытаний экспертной системы и процесса ее «обучения».

При полной реализации проекта:

- общие затраты на покупку и установку дополнительных датчиков для БКНС-11 (с учетом дополнительного шкафа контроллеров для вывода данных на компьютер) составят не более 80.000 рублей;

- применение проекта методики диагностирования при экономии средств на диагностику, осуществляемую подрядными организациями, позволит окупить затраты в течение 16 месяцев.

При частичной реализации проекта только для диагностирования состояние щеток на кольцах ротора (в таблице позиции необходимых датчиков 1–8):

- общие затраты на покупку и установку дополнительных датчиков для БКНС-11 (с учетом дополнительного шкафа контроллеров для вывода данных на компьютер) составят не более 30.000 рублей;

- применение проекта методики диагностирования при экономии средств на диагностику, осуществляемую подрядными организациями, позволит окупить затраты в течение 10 месяцев.

Реализация проекта потребует для «обучения» экспертной системы диагностики при аварии сохранять данные параметров, снимаемых с оборудования (обеспечивается службой КИП и А), а также провести замеры изоляции обмоток ротора, статора, и состояние щеток коллектора. Подрядчик, осуществляющий ремонт и обслуживание двигателей, должен будет предоставлять данные о состоянии оборудования в унифицированном виде – по единому стандарту.

Внедрение проекта методики диагностирования в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» позволит:

- повысить точность диагностирования и увеличить межремонтный пробег оборудования;
- продлить жизненный цикл оборудования и повысить его надежность;
- позволит выявить развивающиеся дефекты на ранней стадии их развития и снизить экономические потери;
- снизить затраты на ремонт оборудования в общей системе затрат предприятия;
- упорядочить взаимоотношения с подрядными ремонтными организациями;
- снизить финансовые потери, связанные с аварийным ремонтом оборудования;
- упорядочить планирование и повысить контроль над целевым использованием средств на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

Получено ??..??..??.