

УДК 621.317

**А.О. Назаренко**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра автоматике и телеконференции  
E-mail: [nazarenko1992@mail.ru](mailto:nazarenko1992@mail.ru)

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

### **Аннотация**

*Назаренко А.О. Система контроля режимов работы асинхронного электродвигателя. Разработана система контроля режимов работы асинхронного электродвигателя, основанная на обработке и анализе токовых характеристик.*

*Ключевые слова: надёжность асинхронных электродвигателей, пусковые токи, алгоритм работы программы.*

### **Постановка задачи**

Из всех видов электрооборудования проблема надежности наиболее остра для асинхронных двигателей (АД) вследствие того, что они, являются самой массовой продукцией электромашиностроения и технической базой электрификации всех отраслей народного хозяйства. От способности АД выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования значительно зависит эффективность соответственного технологического процесса. Целью работы является разработка алгоритма информационной системы контроля режимов работы асинхронного электродвигателя, основанной на измерении, обработке и представлении токов, протекающих по обмоткам статора. Выбор тока в качестве информационного параметра обусловлен простотой его контроля и высокой информативностью.

### **Устройство сбора и обработки сигналов**

Для сбора информации о токовых характеристиках асинхронного электродвигателя выбрана система СТКЗ (система телеконтроля и защиты электродвигателя)

Система телеконтроля СТКЗ представляет собой программно-аппаратный комплекс (рис. 1), состоящий из двух основных частей:

- блока защиты и передачи данных (БЗПИ) и блока приема информации (БПИ), которые соединяются между собой выделенной парой линии связи;
- программного обеспечения.

Система телеконтроля обеспечивает:

- непрерывный контроль тока нагрузки электродвигателя;

- обработку входных сигналов и передачу пакетов данных на компьютер диспетчеру;
- визуальное отображение тока нагрузки в режиме реального времени в диапазоне токов от 0 до 1800 А;
- регистрацию и хранение данных;
- звуковую и визуальную сигнализацию о перегрузках электродвигателя и срабатывании токовой защиты у диспетчера;
- просмотр данных за весь период хранения;
- управление режимами просмотра;
- вывод информации на печатающее устройство;
- защиту от перегрузки, «опрокидывания» и незавершившегося пуска электродвигателя в коммутационном аппарате управления, имеющую несколько защитных характеристик. Вид защитной характеристики устанавливается в зависимости от конкретных условий работы электродвигателя и его параметров;
- световую сигнализацию о срабатывании защиты от перегрузки и о состоянии линии связи;
- временное блокирование аппарата управления, препятствующее включению электродвигателя после срабатывания защиты от перегрузки.

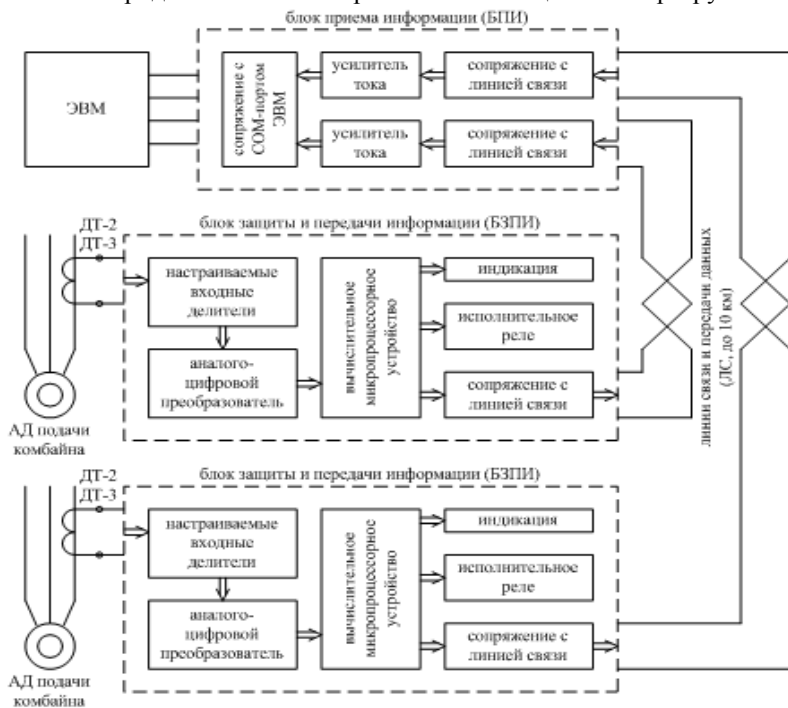


Рисунок 1 – Структурная схема системы СТКЗ

Блок защиты и передачи информации (БЗПИ) предназначен для снятия сигнала с датчика тока типа ДТ электродвигателя, его обработки и передачи данных в виде пакетов по выделенной паре линии связи на блок приема информации. Также БЗПИ предназначен для защиты электродвигателя от перегрузки путем выдачи сигнала на отключение питающего коммутационного аппарата и сигнализации о срабатывании.

### **Алгоритм обработки данных**

Анализ работ по надёжности асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором показывает, что основными причинами их отказов являются:

- межвитковые, межфазные и корпусные замыкания обмоток статора,
- дефекты подшипников,
- изменение воздушного зазора между статором и ротором.

Но при этом определяющими с точки зрения надёжности являются различные дефекты обмоток статора, на долю которых приходится до 80% всех отказов электродвигателей, а в некоторых отраслях – 85-90% [1]. Для того, чтобы определить в какой мере имеющаяся в ПЭВМ информация может быть использована для прогнозирования технического состояния электродвигателей, рассмотрим причину замыкания статорных обмоток.

В работе [1,8] указывается несколько причин возникновения замыканий в обмотках статора, но при этом в качестве наиболее распространённых считают нарушения технологии изготовления обмоток и условия эксплуатации. Нарушение технологии (в частности использование при укладке обмоток металлического инструмента) приводит к образованию булавочных отверстий с пониженным пробивным напряжением. В нерабочие периоды, когда происходит остывание двигателя, в эти отверстия попадает влага, которая затем подсушивается во время работы. Такое периодическое проникновение влаги в изоляцию и удаление влаги подсушкой во время работы электродвигателя способствует «расширению» начальных булавочных отверстий и тем самым ещё большему снижению пробивного напряжения. Между такими местами изоляции образуется электрическая дуга, «прожигающая» первичные поры, что и приводит в конечном итоге к возникновению различных замыканий обмотки.

В процессе работы на обмотки статора воздействуют электродинамические и механические усилия, достигающие больших значений при перегрузках, поскольку значения указанных сил пропорциональны квадрату токов. Причем, эти усилия по отношению к обмотке носят характер накапливающихся повреждений. Учитывая повторно-кратковременный режим работы электродвигателей, можно предполагать, что перегрузки являются весомой причиной старения изоляции и, как следствия, ускорения развития её первичных дефектов.

Ещё одним важным фактором, влияющим на срок службы изоляции обмоток статора, является температура, при которой работают обмотки. В теории надёжности электрических машин существует «правило восьми градусов» [1], согласно которому повышение температуры на каждые восемь градусов приводит к сокращению срока службы изоляции вдвое. Аналитически «правило восьми градусов» записывается следующим образом:

$$T = T_0 2^{-\frac{v}{\Delta v}} = T_0 e^{-0,0866v} \quad (1)$$

где  $v$  – температура нагрева изоляции;  $T_0$  – срок службы изоляции при температуре  $v=0$ ;  $\Delta v$  – повышение температуры, при которой срок службы сокращается в два раза.

В тоже время известно, что температурный режим работы обмоток статора электродвигателей также зависит от уровня протекающих по ним токов.

Ток в обмотках статора при прочих равных условиях почти однозначно зависит от момента нагрузки. В то же время известно, что нагрузки, образующиеся на валу исполнительного органа, носят нестационарный характер [2]. Такого рода нагрузки можно отнести к классу циклических нагрузок, которые вызывают в механических элементах привода накопление усталостных повреждений [3, 4, 5]. Так же отметим, что дефекты редукторов, работа с затупленными резаками, нарушение воздушного зазора между статором и ротором электродвигателя и т.п. причины так же отразятся на значениях и динамике изменения токов.

Среднее значение  $k$ -ого тока на  $n$ -м диапазоне будем определять по формуле:

$$I_{k,кп.} = I_{k,кном.} (I_{н.к.кп.} + I_{в.к.кп.}) / 2, \quad (2)$$

где  $I_{k,кном.}$  – значение  $k$ -ого номинального тока, а  $I_{н.к.кп.}$  и  $I_{в.к.кп.}$  крайние значения  $k$ -ого тока на  $n$ -ом диапазоне.

Среднее значение токов определяются из диаграмм нагружения [6]:

$$I_{k,к} = \frac{\sum_{n=1}^N I_{k,кп.} * t_{кп.}}{\sum_{n=1}^N t_{кп.}} \quad (3)$$

где  $k$  – индекс тока,  $N$  – число диапазонов, в которых токи не равны нулю;  $n \in N$  – номер диапазона;  $I_{k,кп.}$  – среднее значение  $k$ -ого тока на  $n$ -м диапазоне.

Так же достаточно важно отображать информацию о перегрузке асинхронного электродвигателя. Параметр перегрузки определяется по следующей формуле [7]:

$$q_k = \frac{\sum_{m=1}^M I_{ckm} * t_{km}}{I_{к.ном} * t_{к.ном}} \quad (4)$$

Для вывода гистограмм необходимо учесть, что разные двигателя обладают отличными токовыми характеристиками, в следствии чего возникает вопрос об общем представлении собранной статистики. В данной работе рассматривается представление токовых характеристик в виде соотношения текущего тока к номинальному, что даёт наглядное представление данных

независимо от характеристик того или иного двигателя. Алгоритм представлен на рисунке 2. Из данного алгоритма видно, что вначале пользователь задаёт шаг  $t$ , с которым будут собираться данные,  $tr$  – время сбора информации для обработки, можно использовать время работы одной смены. Так же задаётся значение номинального тока  $I_n$ , согласно паспорту двигателя.

Следующим этапом является запуск цикла, который работает заданное пользователем время. В цикле происходит считывание текущих значений токов и напряжений трёхфазного асинхронного электродвигателя. «Блок 1» служит для подготовки считываемых данных, т.е. рассчитываются отношение текущих значений токов к номинальным.

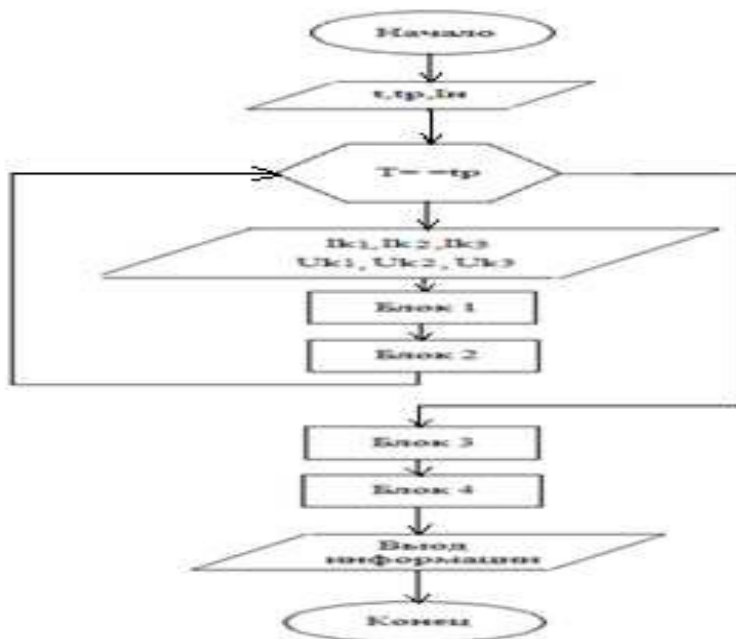


Рисунок 2 – Алгоритм обработки информации

«Блок2» предназначен для распределения полученных результатов из «Блока 1» на 10 интервалов, т.е. в этом блоке происходит сравнение токовых характеристик. Данный блок необходим для подготовки данных к построению диаграмм. Так же в этом блоке предусмотрен подсчёт количества пусков и опрокидываний электродвигателя. Для подведения итогов по собранной информации предназначен «Блок 3», в котором производится расчёт средних значений за время работы одного цикла сбора информации. «Блок 4» необходим для сохранения информации и подготовки данных к выводу. Вывод информации осуществляется при запросе пользователя, информация представляется в виде таблиц, но при желании пользователь может вызвать

окно отображающее информацию в виде гистограмм. К каждой таблице имеется привязка информации о дате, смены, номере БЗПИ. Таким образом таблица имеет информационный характер, поскольку даёт возможность сопоставить приведенные в ней данные с полученными результатами и конкретными условиями работы.

### **Вывод.**

Включение в программное обеспечение существующей системы телеконтроля и защиты электродвигателя позволит обеспечить эксплуатационный ремонтный персонал информацией необходимой для анализа режимов работы асинхронных двигателей и обоснованного планирования сроков и объёмов работ по их техническому обслуживанию и ремонту.

### **Список литературы**

1. Таран В.П. Диагностирование электрооборудования. – Киев:Техніка, 1983. – 200с.
2. Горные машины для подземной добычи угля: Учебное пособие для вузов / Под общ.ред. П.А.Горбатова. – Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.
3. Когаев В.П. Расчёты на прочность при напряжениях, переменных во времени. – М.: Машиностроение, 1993. – 364 с.
4. Иосилевич Г.В. Концентрация напряжений и деформаций в деталях машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.
5. Надёжность в машиностроении: Справочник / Под ред. В.В. Шашкина и Г.П. Корзова. – СПб.: Политехника, 1992 – 719 с.
6. Резников В.А., Сироткин А.А. Информационное обеспечение решений по управлению угледобывающим забоем //Искусственный интеллект. – 2009. – №4. – С. 144 – 149.
7. Резников В.А., Сироткин А.А. Диагностическое обеспечение управления угледобывающим забоем шахты // Искусственный интеллект. – 2010. - №1. – С. 50 – 55.
8. Здор И.Е., Мосьпан В.А., Родьман Д.И. Анализ методов диагностики асинхронных короткозамкнутых двигателей //Научные труды Кременчугского государственного политехнического университета «Проблемы создания новых машин и технологий», 1998, вып. 2. – С. 65-70.