

# ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ И ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО СРОКА СЛУЖБЫ ИЗОЛЯЦИИ РУДНИЧНЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ковалев Е.Б., Рак А.Н., Шавелкин С.А.

Донецкий государственный технический университет

vladimir@koe.dgtu.donetsk.ua

*The given article is devoted to a problem of system engineering of thermal monitoring and forecasting of residual service life of isolation miner of electric motors with allowance for condition of a rail path, disposition of the locomotive in space. Necessary for choice of rational mode of operations of the electric motor. The outcomes can be used by nonproduction staff of plots of the mine transport for want of of operation of electric motors and their repair.*

Локомотивный транспорт является важным звеном технологического транспорта на шахтах. Для его привода используются рудничные тяговые электродвигатели постоянного тока последовательного возбуждения. Тяжелые условия эксплуатации ( большое количество пусков и торможений ) вызывают систематические тепловые перегрузки и как следствие, преждевременный выход из строя электродвигателей. Эффективное функционирование локомотивов в таких условиях требует создания резерва электродвигателей, что сокращает оборотные средства предприятий и увеличивает затраты на ремонт.

Повысить эффективность эксплуатации электровозов можно за счет комплексного подхода к решению задачи внедрения средств теплового контроля и прогнозирования на этой основе остаточного срока службы изоляции рудничных тяговых электродвигателей (РТД) с учетом большинства факторов, влияющих на режимы работы электродвигателей.

Контроль теплового состояния можно осуществлять с помощью устройств:

- непосредственного контроля;
- косвенного контроля;
- дискретных устройств.

Устройства непосредственного контроля имеют ряд преимуществ, но для защиты электродвигателей подвижных объектов в условиях шахт их применение затруднено. В устройствах косвенного контроля теплового состояния, выполненных на резисторах и емкостях существенным недостатком является нестабильность характеристик емкостей и невозможность автоматического выбора параметров модели в зависимости от режима работы [1]. В дискретных устройствах, выполненных с применением микропроцессоров, появилась и возможность осуществлять непрерывный тепловой контроль и прогнозирование остаточного срока службы изоляции [2]. Прогнозирование остаточного срока службы изоляции для повторно-кратковременных режимов работы можно выполнять по методике, предложенной в [3]. Для настройки параметров системы необходима информация о температурах различных узлов электродвигателя. Приведенные на рис.1 результаты экспериментальных исследований, подтвержденные статистически, показывают, что наиболее нагретыми узлами тягового электродвигателя являются обмотка якоря, обмотка возбуждения, коллектор [4]. Исходя из требований, предъявляемых к защите, уставку срабатывания системы теплового контроля можно настроить по параметрам одного или нескольких узлов.

В случае превышения допустимой температуры должно произойти его отключение. При этом необходимо учитывать, что согласно правил ТБ и ТЭ при движении локомотива на подъем и под уклон остановка электродвигателя запрещена. Значит в системе диагностики необходимо предусмотреть блокировку отключения по результатам контроля расположения локомотива в пространстве.

Мощность электродвигателя определяется:

$$P = \frac{Q_{mp}}{\eta_{ред}} V, \quad (1)$$

где  $V$  - скорость движения локомотива, м/с;

$\eta_{ред}$  - к.п.д. редуктора;

$Q_{mp}$  - тяговое усилие, необходимое для перемещения груза.

Если в формуле (1) мощность приводного двигателя выразить через ток  $I$  и напряжение  $U$  тогда, для работы двигателя с номинальным током, необходимо знать тяговое усилие.

$$I = \frac{Q_{mp}}{\eta_{ред} U \eta_{дв}} V, \quad (2)$$

где  $\eta_{дв}$  - к.п.д. двигателя.

Тяговое усилие порожнего или груженого состава  $Q_{мп}$  по условиям трогания с места [ 5 ]:

$$Q_{мп} = \frac{1000Q_3\psi}{\omega + \omega_i + 110a_{мин}} - Q_3, \quad (3)$$

где  $Q_3$  - масса электровоза, т;

$\psi$  - коэффициент сцепления колес с рельсами при трогании;

$\omega$  - удельное сопротивление движению порожних и груженых вагонеток Н/т;

$\omega_i$  - сопротивление движению, соответствующее уклону  $i$ , Н/т;

$a_{мин}$  - минимальное ускорение поезда при трогании, м/с<sup>2</sup>;

110 - коэффициент перевода м/с<sup>2</sup> в Н/т.

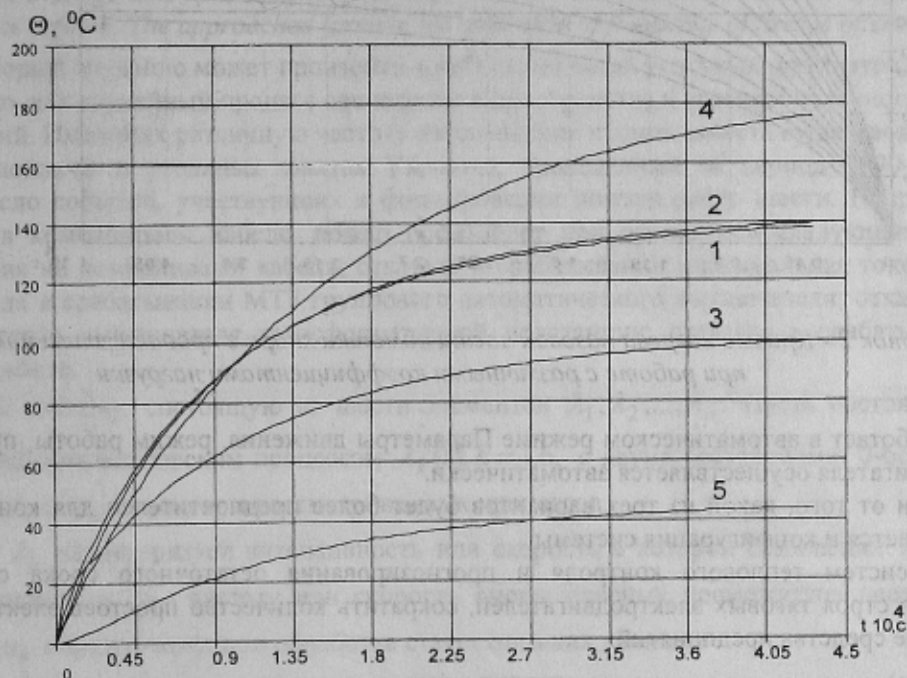


Рисунок 1 - Кривые нагрева в продолжительном режиме  
Превышения температур: 1 - обмотка якоря, 2 - сталь якоря, 3 - коллектор;  
4 - обмотка возбуждения, 5 - корпус

Подставив (3) в (2) получаем:

$$I = \frac{\left( \frac{1000\psi Q_3}{\omega + \omega_i + 110a_{мин}} - Q_3 \right) v}{\eta_{ред} U \eta_{дв}} \quad (4)$$

Как видно из (4) кроме  $I, v$  важно учитывать состояние и профиль рельсового пути для исключения проскальзывания колесных пар, а также осуществления эффективного торможения.

Если данную информацию можно получить заранее, то можно выбрать рациональный режим работы электродвигателя.

Система теплового контроля может функционировать по одному из следующих вариантов.

1. Система работает в режиме «черного ящика», т.е. фиксируются все отклонения от рекомендованных режимов и прогнозируется остаточный срок службы изоляции по методикам приведенным в [3]. Через определенный отрезок времени информация расшифровывается и принимается решение о дальнейшей эксплуатации электродвигателя

2. Если система работает в рекомендательном режиме, то расчет параметров движения выполняется при движении локомотива и информация выдается на световое табло. В случае возникновения аварийных режимов прогнозируется остаточный срок службы, а решение об остановке принимает машинист электровоза. На рис.2 в качестве примера приведены кривые нагрева пазовой части обмотки якоря. Если через точку 150°C, что соответствует предельно допустимой для данного класса изоляции, провести прямую параллельную оси времени до пересечения с соответствующими кривыми нагрева, то таким образом можно определить продолжительность эксплуатации электродвигателя с нагрузками отличными от номинальной.

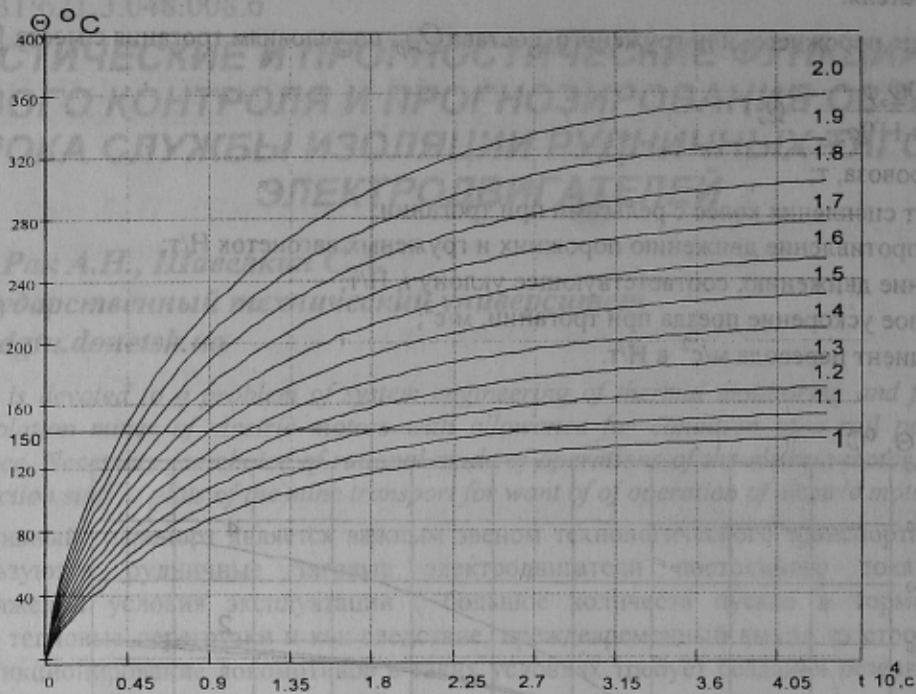


Рисунок 2 - Кривые нагрева пазовой части обмотки якоря в продолжительном режиме при работе с различными коэффициентами нагрузки

3. Система работает в автоматическом режиме. Параметры движения, режим работы, прогнозирование и остановка электродвигателя осуществляется автоматически.

В зависимости от того, какой из трех вариантов будет более предпочтителен для конкретных условий эксплуатации выбирается и конфигурация системы.

Применение систем теплового контроля и прогнозирования остаточного срока службы позволит ограничить выход из строя тяговых электродвигателей, сократить количество простоев электровозов, затраты на ремонт, оборотные средства предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рак А.Н. Обзор существующих технических решений в области защиты электрооборудования рудничных электровозов.- ДонГТУ.- Донецк,1996.-7с. Рус.- Деп. в ГНТБ Украины 26.11.96, №2266-УК-96.
2. Федоров М.М., Рак А.Н. К вопросу о построении микропроцессорной системы теплового контроля и прогнозирования остаточного срока службы изоляции электродвигателей рудничных электровозов // Сб. научных трудов ЭнФ: Электромеханика и электроэнергетика.- ДонГТУ.- Донецк.1996.- С.60-62.
3. Федоров М.М., Рак А.Н. К вопросу о прогнозировании остаточного срока службы изоляции электрических машин // Известия Вузов. электромеханика.-1997-№1-2.-С.6-8.
4. Чебаненко К.И., Гусаров А.А., Заяц А.С. О причинах выхода из строя двигателей постоянного тока для шахтных электровозов // Уголь Украины.-1992-№5.-С.56-57.
5. Волотковский С.А. Рудничная электровозная тяга. М.: Недра,1981.-320 с.