

При выполнении операции по установке арматурных стержней в скважины по первой схеме необходимо соблюдать правила техники безопасности при перемещении тяжестей по стройплощадке, а по второй – правила техники безопасности при монтаже сборных железобетонных конструкций.

При заливке в скважины акрилового клея надо соблюдать изложенные выше правила обращения с клеем.

В отвержденном состоянии акриловый клей является экологически безопасным продуктом и не оказывает никаких воздействий на человека и окружающую среду. Согласно техническим условиям [4], акриловый клей может применяться в различных областях народного хозяйства в качестве конструктивного и реставрационного материала, а также для технических целей и бытового потребления.

1. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Клименко В.З. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве. – К.: Будівельник, 1990. – 136 с.

2. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Зудов О.В. Эффективность применения анкеровки арматурных стержней в бетон модифицированными акриловыми клеями // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.34. – К.: Техніка, 2001. – С.300-305.

3. Золотов М.С., Зудов О.В. Технологические схемы закрепления в бетоне арматурных стержней периодического профиля акриловыми клеями // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.33. – К.: Техніка, 2001. – С.53-58.

4. ТУ 64-2-17-95. Пластмасса АСТ-Т. Технические условия. – 1995. – 14 с.

*Получено 14.12.2001*

УДК 621.313.333+621.316.925.44

**В.Н.ТЕРЕШИН**, д-р техн. наук

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

## **ОБ ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ УЛУЧШЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА**

В 2000 г. в Украине зарегистрирован 951 смертельный случай поражения электрическим током на производстве и в быту. Одним из способов снижения возможности поражения электрическим током является улучшение средств защиты электрооборудования. Наиболее распространенными потребителями электроэнергии выступают асинхронные электродвигатели.

Асинхронные электродвигатели (АД) с короткозамкнутым ротором потребляют 55% от всей вырабатываемой электроэнергии. Поэтому вопросы правильного выбора устройств их защиты представляют значительный интерес [1]. Наиболее распространенными устройствами, осуществляющими защиту от токов перегрузки и КЗ, являются магнитные пускатели и автоматические выключатели (АВ).

Ток срабатывания защиты от перегрузки определяют из условия возврата защиты после запуска или самозапуска АД [2]

$$I_{с.п.} = \frac{k_H}{k_B} I_{н.д.}, \quad (1)$$

где  $k_H$  – учитывает некоторый запас по току, неточности настройки, разброс срабатывания защиты;  $k_B$  – коэффициент возврата защиты;  $I_{н.д.}$  – номинальный ток двигателя.

Защита от перегрузки считается эффективной, если

$$I_{с.п.} = (1,2 \div 1,4) I_{н.д.} \quad (2)$$

Токовую отсечку аппарата защиты отстраивают от пускового тока АД  $I_{п.}$ , значение которого приводится в каталогах [3]. Несрабатывание отсечки при пуске АД обеспечивается выбором тока срабатывания по выражению

$$I_{ср} \geq 1,05 k_3 k_p k_a I_{п.} = k_H I_{п.}, \quad (3)$$

где  $k_H = 1,05 k_3 k_p k_a$  – коэффициент надежности отсечки от  $I_{п.}$  АД; 1,05 – коэффициент, учитывающий, что в нормальном режиме напряжение может быть на 5% выше номинального;  $k_3$  – коэффициент запаса;  $k_p$  – коэффициент, учитывающий возможный разброс тока срабатывания отсечки относительно уставки;  $k_a$  – коэффициент, учитывающий наличие аperiodической составляющей в  $I_{п.}$

Для приближенных расчетов принимают значение  $I_{п.}$ , равное каталожному, а коэффициентов – по таблице [2].

Значения коэффициентов для выбора тока срабатывания АВ

Тип выключателя	Коэффициент запаса $k_3$	Коэффициент наличия аperiodической составляющей $k_p$	Коэффициент разброса $k_p$	Коэффициент надежности $k_H$
АЗ700	1,1	1,0	1,3	1,5
АЕ20	1,1	1,4	1,3	2,1
ВА	1,1	1,4	1,3	1,5
Электрон	1,1	1,4	1,35	1,6–2,2

Для обеспечения защиты АД во всем диапазоне токов перегрузки от  $I_{н.д.}$  до  $I_{п.}$  необходимо, чтобы соблюдалось соотношение

$$t_{с.п.} \geq (1,5 \div 2) t_{п.}, \quad (4)$$

где  $t_{с.п.}$  – время срабатывания защиты при  $I = I_{п.}$ ;  $t_{п.}$  – длительность пуска или самозапуска.

Длительность пуска АД  $t_{\Pi}$  при легких условиях пуска составляет 0,5-2 с, при тяжелых – 5-10 с, т.е. однозначно заранее задано быть не может. Оно зависит от конструкции АД, характера и величины нагрузки, номинальной скорости вращения.

Точнее и проще выбор АВ для защиты АД осуществлять экспериментально. Для этого опытным путем для АД с нагрузкой снимают зависимость  $I_{\Pi}(t)$  и подбирают АВ таким образом, чтобы все точки его защитной характеристики, являющейся нижней границей зоны разброса (дается в техническом описании), лежали бы выше  $I_{\Pi}(t)$ . Качество защиты определяется площадью зоны между ними. Для сближения вышеназванных зависимостей необходимо иметь возможность варьирования защитными характеристиками АВ, выбор которых весьма ограничен. Поэтому для улучшения защиты в ответственных случаях последовательно с АВ дополнительно ставят токовое реле.

Однако рассмотренный выше способ выбора устройства защиты АД связан не только с необходимостью получения экспериментальных данных, но и с недостаточной точностью координации характеристик АД и параметров устройства защиты. Кроме того, такая защита неэффективна при повторных многократных запусках, т.е. при пуске АД с "горячего" состояния. В этом случае целесообразно использование температурной защиты, реагирующей непосредственно на перегрев элементов АД, чаще всего обмоток статора.

Температурная защита предполагает наличие датчиков температуры в защищаемых элементах конструкции АД и блока управления, расположенного вне АД и соединенного кабелем с датчиками [4]. Недостатком такой защиты является ее сложность, так как датчики температуры нужно встраивать в фазные обмотки статора. В случае выхода АД из строя или его замены выходит из строя и защита.

Однако для любого конкретного АД неизменным будет его постоянная времени нагрева  $\tau_{\phi}$ . Поэтому температура в лобовой части фазной обмотки статора АД со стороны свободного конца вала будет определяться только значением тока как для обычной катушки индуктивности. Это позволяет изготовить эквивалентный тепловой аналог обмоток статора АД в виде дополнительных катушек индуктивности, расположенных вне АД [5].

Тепловая постоянная катушки  $\tau_K$  определяется выражением

$$\tau_K = \frac{C}{\alpha S}, \quad (5)$$

где  $C = cM$  – теплоемкость катушки;  $c$  – удельная теплоемкость материала обмоточного провода катушки;  $M$  – масса обмоточного провода;  $\alpha$  – коэффициент теплообмена;  $S$  – площадь охлаждения.

Практически теплообмен внутри катушки без ферромагнитного сердечника отсутствует, т.е.

$$S = 2\pi RH, \quad (6)$$

где  $R$  – наружный радиус катушки;  $H$  – высота катушки.

Тогда после подстановки  $S$  из (6) в (5) и последующих тривиальных упрощений получаем

$$\tau_k = \frac{\pi c d_{\text{пр.к.}}}{4\alpha} = 0,785 \frac{c d_{\text{пр.к.}}}{\pi}, \quad (7)$$

где  $d_{\text{пр.к.}}$  – диаметр провода катушки.

Выражение (7) справедливо для однослойной катушки. Для  $n$ -слойной катушки

$$\tau_k = n \cdot 0,785 \frac{c d_{\text{пр.к.}}}{\alpha}. \quad (8)$$

Для уменьшения материалоемкости теплового аналога АД дополнительные катушки необходимо включать через трансформаторы тока. При этом сечение провода катушки  $S_{\text{пр.к.}}$  определяется из соотношения

$$S_{\text{пр.к.}} = \frac{S_{\text{пр.д.}}}{K}, \quad (9)$$

где  $K$  – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Для круглого сечения провода его диаметр находим как

$$d_{\text{пр.к.}} = \frac{d_{\text{пр.д.}}}{\sqrt{K}}. \quad (10)$$

Подставляя  $d_{\text{пр.к.}}$  из (10) в выражение (7), получаем

$$\tau_k = 0,785 \frac{c d_{\text{пр.д.}}}{\alpha \sqrt{K}}. \quad (11)$$

Для проверки соответствия тепловых постоянных необходимо экспериментально получить тепловую постоянную фазной обмотки АД  $\tau_{\text{ф}}$  и сравнить ее с  $\tau_k$ . Если  $\tau_{\text{ф}}/\tau_k = 1$ , то дополнительную катушку выполняют однослойной. Если  $\tau_{\text{ф}}/\tau_k = 2$ , то дополнительную

катушку делают двухслойной. Если  $\tau_{\phi} / \tau_{\kappa} = 1,5$ , то 2-й слой дополнительной катушки покрывает только  $0,5H$  и т.п. Если  $\tau_{\phi} / \tau_{\kappa} < 1$ , то необходимо пропорционально увеличить  $d_{\text{гр.к.}}$  или уменьшить  $K$ . Таким образом из (11) и (8) видно, что тепловая постоянная  $\tau_{\kappa}$  не зависит от ее высоты  $H$ .

Для того чтобы теплообменом во внутрь катушки можно было бы пренебречь, нужно соблюдать соотношение

$$D \leq 0,1H, \quad (12)$$

где  $D$  – внутренний диаметр катушки.

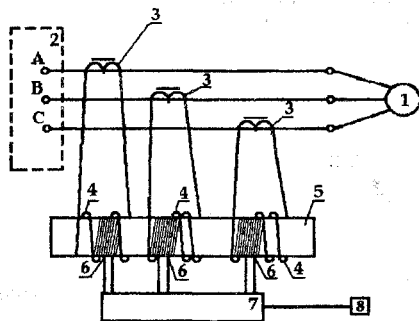
У асинхронных электродвигателей наиболее уязвимым местом с точки зрения нагрева являются лобовые части обмоток статора, а именно места на выходе обмотки из паза и места стыка фазных обмоток. Хотя в местах стыка делается дополнительная изоляция, однако пробой изоляции электродвигателя происходит в большинстве случаев именно в этих местах. Поэтому для большего теплового соответствия дополнительных катушек фазным обмоткам электродвигателя все дополнительные катушки плотно располагают на одном сердечнике и терморезисторы наклеивают с внутренней стороны дополнительной катушки со стороны ее конца, обращенного к другой дополнительной катушке. В этом случае в качестве высоты катушки  $H$  в (12) необходимо брать общую высоту всех дополнительных катушек, находящихся на одном сердечнике. Например, для 3-х фазного электродвигателя следует выполнение соотношения

$$D \leq 0,3H. \quad (13)$$

Именно такой выбор дополнительных катушек, их размещение на одном сердечнике и расположение терморезисторов внутри дополнительных катушек описанным выше способом позволяет утверждать, что сердечник с дополнительными катушками, включенными через трансформатор тока к фазным обмоткам электродвигателя, является тепловым аналогом асинхронного электродвигателя.

За счет того, что терморезисторы размещены в дополнительных катушках, плотно расположенных на одном сердечнике и являющимся тепловым аналогом АД, значительно упрощается его температурная защита. Такое устройство температурной защиты позволяет проводить замену двигателя без нарушения его защиты и наоборот. Это дает возможность избавиться от такой сложной технологической операции, какстройка терморезисторов в фазные обмотки статора асинхронного электродвигателя.

Предлагаемое устройство температурной защиты схематически показано на рисунке.



При достижении в любой фазной обмотке электродвигателя критической температуры независимо от причины (перекос фаз, увеличение момента на валу двигателя, повторное включение электродвигателя и т.п.) этой же критической температуры достигнет и температура дополнительной катушки. В этом случае блок управления 7 через исполнительный орган 8 отключает электродвигатель 1 от источника питания 2. В качестве критической температуры берут температуру термостойкости провода электродвигателя 1. Например, для АД типа 4А112МЧУЗ мощностью 5,5 кВт с номинальным напряжением 380 В и номинальным током 12 А фазные обмотки статора выполнены из провода ПЭТВ диаметром 1,4 мм и сечением 1,54 мм<sup>2</sup>. Критическая температура равна 130 °С. Так как материал провода дополнительной катушки один и тот же, то ее критическая температура будет также равна 130 °С, хотя диаметр провода дополнительной катушки в этом случае будет  $d_{пр.к.} = 0,14$  мм, а сечение  $S_K = 0,0154$  мм<sup>2</sup> при номинальном коэффициенте трансформации трансформатора тока 3 равным  $k = 100$ . Так как постоянные времени дополнительной катушки  $\tau_K$  и АД  $\tau_\phi$  равны, то включение электродвигателя 1 при попытках его повторного включения может произойти только в том случае, если температура терморезисторов 6 окажется ниже критической.

В связи с тем, что температурная защита должна осуществляться в диапазоне изменения тока от  $I_{н.дв.}$  до  $10I_{н.дв.}$ , так как при токах свыше  $10I_{н.дв.}$  работает практически мгновенно защита от токов КЗ АВ, то вторичный ток трансформатора тока 3 должен линейно следовать за изменениями его первичного тока. Поскольку трансформаторы

тока при номинальном токе первичной обмотки практически находятся почти в режиме насыщения и учитывая, что они имеют запас по нагреву и поэтому позволяют длительно пропускать токи, которые на 20% выше номинального значения, то номинальный ток первичной обмотки трансформатора тока 3 следует выбирать равным  $I_{н.тр.} \approx 8I_{н.дв.}$ . Это практически будет означать  $I_{н.тр.} \approx 10I_{н.дв.}$ , т.е. в диапазоне изменения тока первичной обмотки трансформатора тока от  $I_{н.дв.}$  до  $10I_{н.дв.}$  ток вторичной обмотки трансформатора тока будет изменяться линейно с первичным.

В качестве терморезисторов в данном случае рационально использовать термометры сопротивления, представляющие собой бифилярно намотанную плоскую катушку из медного провода [6]. Они практически безинерционны из-за своей малой массы и надежного теплового контакта по всей плоскости. Поэтому надежность описанного устройства температурной защиты значительно повышается.

Плотное расположение дополнительных катушек 4 на одном сердечнике 5 и размещение терморезисторов 6 в местах стыка дополнительных катушек 4 повышает идентичность тепловых процессов в АД и катушках 4.

Таким образом, предлагаемое устройство температурной защиты АД позволяет избавиться от сложной технологической операциистройки терморезисторов во внутрь электродвигателя. Это дает возможность осуществлять замену АД без необходимости создания новой защиты и наоборот, что особенно важно при современных высоких ценах на электродвигатели. Кроме того, повышается надежность температурной защиты за счет снижения инерционности терморезисторов и повышения степени их защиты от механических и электрических повреждений.

1. Особенности защиты асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором / К.К. Намитоков, В.Н. Терешин, В.Г. Брезинкий и др. // Сб. науч. тр. ВНИИ Электроаппарат, 1990. – С.51-58.

2. Беляев А.В. Выбор аппаратуры защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. – Л.: Энергоатомиздат, 1988.

3. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Е. Кравчик, В.К.Афонин, Е.А.Соболенская и др. – М.: Энергоиздат, 1982.

4. Воробьев В.А., Тубис Я.Б., Никитина И.В. Состояние и перспективы совершенствования температурной защиты электродвигателей // Электрическая промышленность. – Сер.07. Вып.15. – 1990.

5. Патент РФ №2130224, H02H 6/00, 7/085, 5/04. Устройство температурной защиты асинхронных электродвигателей / О.В. Фесенко, В.Н.Терешин, А.И.Ратников и др. – 13 с.

Б.Намитокв К.К., Терещин В.Н., Фролов Ю.А. Тепловое реле для низковольтного аппаратостроения // Тез. докл. науч.-техн. конф. Всесоюзн. науч.-исслед., проектно-констр. и технолог. ин-та релестроения 1986. – С.141-142.

Получено 11.12.2001

УДК 614.8.026.1

**Ю.В.КАЛАШНИК**

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ УСЛОВИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОПУСТИМОГО РИСКА**

Приведены критерии оценки травматизма, даны определения его анализа, а также величины допустимого риска при непроизводственной деятельности человека.

Статистические данные по Украине свидетельствуют, что в 2000г. число травм непроизводственного характера превысило показатель производственных травм в 55 раз.

Согласно литературным данным развитие современного мирового сообщества базируется на обеспечении безопасности жизнедеятельности (БЖД) человека в концепции допустимого риска. Основная суть данной концепции состоит в стремлении к такой малой опасности, которую принимает общество в данный период времени.

В условиях существующего ограниченного финансирования важнейшее значение приобретает прогнозирование травматизма, которое осуществляется в целях последующего рационального планирования средств на мероприятия по предупреждению несчастных случаев, исходя из характера и объема предстоящих работ, а также предшествующего опыта.

Для возможности оценки, диагностики и прогнозирования состояния охраны труда прежде всего необходимо определить оценочные показатели, с помощью которых это будет осуществляться. При этом вышеизложенные определения анализа и прогнозирования пригодны как для оценки производственного, так и для оценки непроизводственного травматизма.

В настоящее время основополагающим фактором диагностики, а следовательно и профилактики производственного травматизма является использование общепринятых критериев оценки. Однако на существующем этапе развития аппарата (механизма) диагностики непроизводственного травматизма анализировать его можно лишь методом статистического анализа. Это обстоятельство снижает эффективность анализа травматизма, так как их результаты «запаздывают» и