

## **СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

**В.Д. ЁЛКИН**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

Правильный выбор мощности и защитных устройств электродвигателей приводов различных механизмов имеет прямое значение для энергосбережения. От правильности и точности этих факторов зависят не только первоначальные капитальные затраты, но и эксплуатационные расходы. Если выбрать двигатель недостаточной мощности, он не сможет обеспечить нормальную работу приводимого в движение механизма, снизится срок службы из-за перегрузок и перегрева. Завышенная мощность ухудшает технико-экономические показатели механизма, приводит к удорожанию установки, к неоправданному завышенному потреблению реактивной мощности и дополнительным потерям энергии.

При разработке мероприятий и составлении программы энергосбережения разработчиками предприятий и организаций предлагаются и такие мероприятия, как замена установленных электродвигателей на электродвигатели меньшей мощности. Такая замена требует детального обследования и обоснования. С точки зрения энергосбережения это оправдано, но в лучшем случае, это снижает ресурс работы электродвигателя, а в худшем – приводит к дорогостоящему капитальному ремонту с заменой обмотки.

В случае завышенной мощности электродвигателя привода даже на одну ступень приводит к ухудшению энергетических характеристик. Так, например, если будет установлен электродвигатель мощностью 7,5 кВт вместо 5,5 кВт, то загружен этот двигатель будет на 70 %. Энергетические характеристики (КПД, коэффициент мощности) его снизятся, а потребление электроэнергии увеличится.

Опыт эксплуатации показывает, что основной причиной выхода из строя электродвигателей является перегрев его обмоток. Пока температура изоляции не превышает допустимого значения, тепловой износ изоляции обмоток нарастает очень медленно. Но по мере превышения температуры износ изоляции резко возрастает. Практически установлено, что перегрев изоляции уже на 8 °С снижает срок службы электродвигателя в два раза. Так двигатель с изоляцией обмоточного провода класса А при номинальной нагрузке и температурой нагрева 105 °С может работать без капитального ремонта около 15 лет, при перегрузке и повышении температуры до 145 °С двигатель выйдет из строя уже через 1,5 месяца.

В начальный период после включения электродвигателя в работу большая часть выделяющегося в обмотках тепла идет на повышение температуры, а меньшая – поступает в окружающую среду. Затем по мере увеличения температуры двигателя все большее количество тепла передается в окружающую среду, и наступает момент, когда все выделяемое тепло рассеивается в пространстве. Тогда наступает тепловое равновесие, и дальнейшее повышение температуры двигателя прекращается, т. е. наступает установившаяся температура нагрева, она с течением времени остается постоянной, если нагрузка на валу электродвигателя не изменяется, следовательно, превышение температуры двигателя зависит от величины его нагрузки и режима работы. При правильном выборе номинальной мощности электродвигателя установившаяся

температура перегрева ( $\tau$ ) должна быть равна допустимому превышению температуры ( $\tau_{\text{доп}}$ ), соответствующему классу изоляции обмоточного провода обмотки статора.

Перегрузку электродвигателей и выход их из строя вызывают такие факторы как:

- асимметричное электропитание;
- обрыв одной из фаз трехфазной системы напряжения;
- тяжелые условия эксплуатации (запыленность, влажность, агрессивная среда);
- выбор электродвигателя недостаточной мощности;
- установка аппаратов защиты от перегрузки не соответствующих номинальной мощности электродвигателя;
- неточная регулировка параметров срабатывания аппаратов защиты.

Для защиты электродвигателей от перегрузки широко применяются электротепловые реле, автоматические выключатели с тепловым или с комбинированным расцепителем, которые должны выбираться по номинальному току двигателя.

При выборе электротеплового реле необходимо стремиться к тому, чтобы ток уставки находился в центре диапазона регулирования. Тем самым обеспечивается возможность более точной настройки уставки тока срабатывания реле. Правильный выбор электротеплового реле должен обеспечить при перегрузке на 20 % время срабатывания не более 20 минут.

Исследования реальных электротепловых реле показывают, что для быстрого отключения электродвигателя от сети при возникшей перегрузке требуется весьма точная регулировка уставки тока срабатывания, а это возможно в лабораторных условиях. При незначительном передвижении регулятора диапазона параметры срабатывания теплового реле резко меняются.

Выполнение регулировки теплового реле на месте установки в цеховых условиях не позволит точно установить требуемую уставку тока срабатывания для эффективной защиты электродвигателя от токов перегрузки. Регулятор диапазона тока уставки можно установить в положение, при котором превышение тока уставки в несколько раз по сравнению с номинальным током не обеспечит быстрое срабатывание. И наоборот, регулятор можно установить с высокой чувствительностью срабатывания, а такая регулировка не устраивает обслуживающий персонал и не секрет, что зачастую умышленно «загрубляют» срабатывание защитного аппарата, чтобы частое отключение электродвигателя не останавливало технологический процесс. В связи с этим целесообразно было бы опломбировать аппарат после выполнения регулировки для конкретного двигателя и механизма, но конструкцией аппаратов это не предусмотрено.

Полученные экспериментальные данные для построения защитной характеристики реального электротеплового реле серии РТЛ-1016 на номинальный ток 11,5 А с диапазоном регулирования тока уставки от 9,5 до 14 А приведены в таблице 1.

Защитная характеристика, построенная по полученным данным исследования, приведена на рис. 1.

Таблица 1

#### Экспериментальные данные

Ток срабатывания электротеплового	11,5	12	12,5	13	13,5	14	16	18	20	23	26	30
-----------------------------------	------	----	------	----	------	----	----	----	----	----	----	----

о реле $I_y$ , А												
Время срабатывания $t_y$ , с	$\infty$	270	180	130	80	60	40	30	20	15	10	5

Недостатки защиты электротепловыми аппаратами заключаются в следующем:

- зависимость параметров от температуры окружающей среды;
- требуют точной регулировки;
- после срабатывания повторное включение возможно после охлаждения нагревателей реле;
- перегорание нагревателей биметаллических элементов при коротком замыкании.

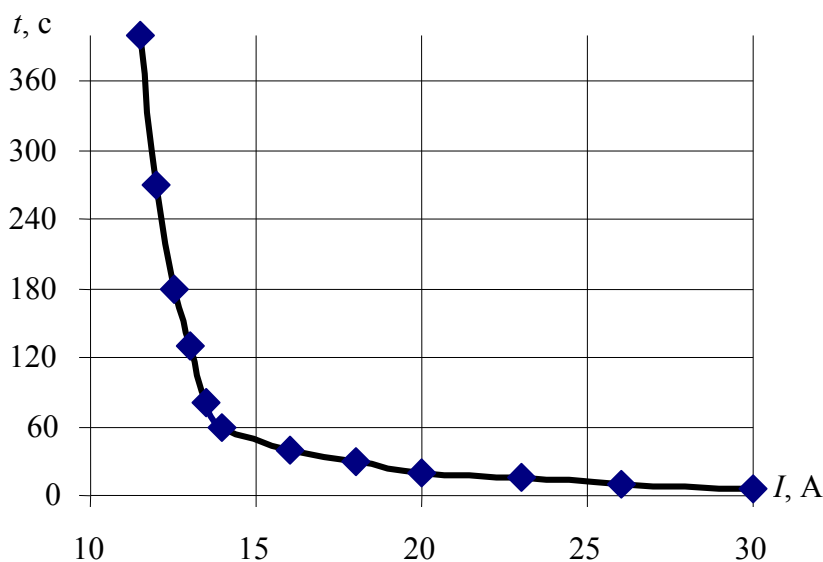


Рис. 1. Защитная характеристика электротеплового реле серии РТЛ-1016-11,5 А

Недостатков, свойственных электротепловым аппаратам, лишены электронные устройства защиты электродвигателей приводов, предлагаемых на рынке Республики Беларусь отечественными производителями.

Система электронной бесконтактной защиты (СиЭЗ), выпускаемая научно-производственным предприятием «БИНАР» (г. Витебск), позволяет:

- защитить электродвигатели мощностью от 1,5 до 45 кВт от преждевременного износа и выхода из строя вследствие неблагоприятных условий эксплуатации и возникающих при этом аварийных режимов (перегрузки, обрыва или асимметрии фаз, низкого сопротивления изоляции, перегрева обмоток статора);
- продлить ресурс работы, исключить дорогостоящий ремонт (замену обмотки) электродвигателя;
- получить реальную экономию финансовых средств, цветных металлов, материальных ресурсов, а также электроэнергии.

Сопоставляя стоимость замены обмотки двигателя, которая в среднем составляет 10 у. е. на 1 кВт мощности, и стоимость системы защиты СиЭЗ (45 у. е.) видно, что при эксплуатации выгоднее применить надежную и сравнительно недорогую защиту, чем выполнять дорогостоящий ремонт электродвигателя.

Сопоставление затрат внедрения СиЭЗ, по сравнению с применением электротеплового реле, рассмотрим на примере электродвигателя мощностью 5,5 кВт.

Технические данные электродвигателя:  $P_{ном} = 5,5$  кВт;  $n_{ном} = 2880$  об/мин;  $I_{ном} = 10,5$  А;  $I_{пуск}/I_{ном} = 7,5$ ;  $\cos\varphi = 0,91$ ;  $\eta = 87,5$  %.

Выбор электротеплового реле производится по номинальному току электродвигателя по условию [1]:

$$I_{\text{ном т.р}} \geq I_{\text{ном эл.дв}}$$

Для защиты электродвигателя от перегрузки данному условию удовлетворяет электротепловое реле серии РТЛ-1016-11,5 с диапазоном регулирования тока уставки 9,5...14 А.

$$11,5 \text{ А} > 10,5 \text{ А.}$$

Сопоставление затрат в денежном выражении приведено в таблице 2.

Таблица 2

Сопоставление затрат на защиту электродвигателя

Защитное устройство		Мощность электродвигателя, кВт	Стоимость, у. е.		
Наименование	Тип		Замены обмотки	Устройства защиты	Всего
Электротепловое реле	РТЛ-1016	5,5	55	5,0	60
Электронная система	СиЭЗ		–	45	45

Разница в затратах применения устройств защиты с учетом перемотки электродвигателя составляет:

$$\Delta C_3 = 60 - 45 = 15 \text{ у. е.}$$

Таким образом, без подробных расчетов затрат видно, что установка электронного устройства окупает затраты, по сравнению с капитальным ремонтом обмоток электродвигателя.

При установке системы электронной защиты исключаются затраты времени на ремонт двигателя, простой технологического оборудования на время ремонта, транспортные расходы по доставке двигателя в ремонт и обратно, и потому экономический эффект от внедрения СиЭЗ является еще более значимым.

Преимущества СиЭЗ:

- устройство не требует отдельного источника питания;
- отсутствие выносных элементов (датчиков);
- установка системы защиты не вносит дополнительных контактных соединений в силовую цепь питания электродвигателя;
- простота установки и настройки, что не требует высокой квалификации обслуживающего электротехнического персонала;
- исключена возможность ложного срабатывания при кратковременных нетипичных нагрузках;
- система не требует технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

Технические характеристики СиЭЗ:

- номинальное напряжение – 380 В;
- номинальный ток исполнения 1 – 8...25 А, исполнения 2 – 20...80 А;
- срок эксплуатации устройства – не менее 10 лет;
- время отключения при обрыве любого фазного провода не более 2 с.

Временные и токовые уставки устройства СиЭЗ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Временные и токовые уставки устройства СиЭЗ

Кратность тока срабатывания по отношению к номинальному, $\times I_{ном}$	1,2	1,5	3,5
Время срабатывания, с	60	20	5

Установка блока СиЭЗ в схему управления электродвигателем приведена на рис. 2.

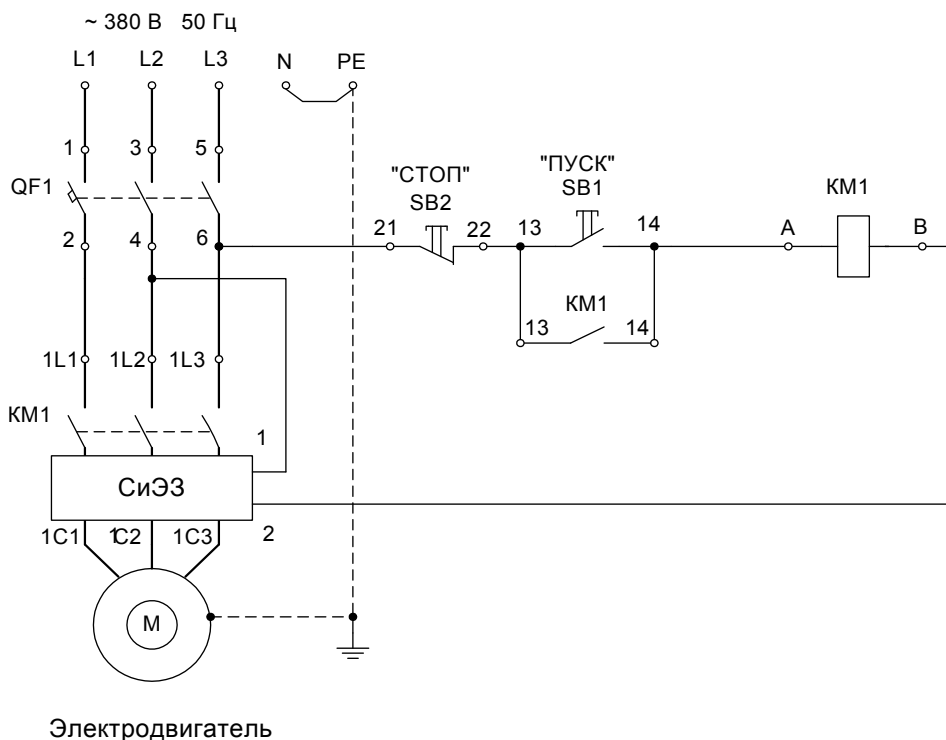


Рис. 2. Схема установки электронной бесконтактной защиты электродвигателя СиЭЗ

Для электродвигателей большой мощности от 75 до 160 кВт разработана система электронной бесконтактной защиты (СиЭЗ-1М) [2] с выносными датчиками.

Настройка системы производится на номинальный ток электродвигателя.

Режим работы и перегрузки сигнализируются светодиодными индикаторами.

Временные и токовые уставки СиЭЗ-1М приведены в таблице 4.

Таблица 4

#### Временные и токовые уставки

Кратность тока срабатывания по отношению к номинальному, $\times I_{ном}$	1,3	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0
Время срабатывания, с	90	30	20	16	12	8	4

По временным, токовым и техническим характеристикам электронных устройств защиты видно, что устройство обеспечивает эффективное отключение электродвигателя при перегрузе с высокой стабильностью параметров срабатывания, не зависящих от температуры и условий окружающей среды.

Электронные устройства устанавливаются в шкафу управления электроустановки и включаются в существующую схему управления электродвигателем между главными контактами контактора управления и выводами обмотки статора электродвигателя (рис. 2).

### **Вывод**

Внедрение системы электронной бесконтактной защиты (СиЭЗ, СиЭЗ-1М) для защиты электродвигателей от перегрузки вместо традиционных электротепловых реле позволит:

- исключить дорогостоящий ремонт (замену обмотки);
- получить реальную экономию финансовых средств, цветных металлов, материальных ресурсов, а также электроэнергии.

### **Литература**

1. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики РФ. – 6-е изд. перераб. и доп. – М. : Главэнергоиздат России, 1998.
2. Технические средства защиты и управления электродвигателями: каталог НПП «БИНАР». – Мн. : [б. и.], 2005.

*Получено 20.12.2005 г.*