

Защита электродвигателей

Общие сведения о схемах управления и защиты электродвигателей

При организации защиты электродвигателя

необходимо учитывать параметры, зависящие от:

- вида применения (типа приводимой в движение машины, эксплуатационной безопасности, частоты коммутационных операций и т.д.);
- необходимого уровня бесперебойности работы;
- требований, касающихся защиты людей и имущества.

Реализуемые электрические функции:

- секционирование;
- коммутация, обычно с высоким уровнем износостойкости;
- адаптированная к электродвигателю защита от перегрузок и коротких замыканий;
- дополнительные специальные защиты.

Схемы управления и защиты электродвигателей должны удовлетворять требованиям стандарта МЭК 60947-4-1 (ГОСТ Р 50030.4.1), касающимся контакторов и их защиты:

- координация компонентов схемы;
- классы отключения тепловых реле;
- категории применения контакторов;
- координация изоляции.

Compact NSX

каталог оборудования Schneider Electric

оптовые цены, точное соблюдение сроков поставки

<http://www.schneider-spb.ru>

Функция схем управления и защиты электродвигателей

Схема управления и защиты электродвигателя – совокупность аппаратов, обеспечивающих управление и защиту электродвигателя, а также защиту самой схемы.

Секционирование

Цель секционирования – изолировать от вышестоящей сети все токоведущие проводники, чтобы обслуживающий персонал мог безопасно проводить работы на отходящей линии к электродвигателю. Эта функция обеспечивается автоматическим выключателем двигателя благодаря его свойствам: гарантированному разъединению и возможности блокировки при помощи замков.

Коммутация

Цель – обеспечить ручное, автоматическое или дистанционное управление электродвигателем (пуск), с учётом пусковых перегрузок, при достаточно продолжительном сроке службы. Данная функция обеспечивается контактором. При запитывании катушки электромагнита контактор включается и своими полюсами замыкает цепь между питающей сетью и электродвигателем, проходящую через автоматический выключатель.

Базовые защиты

- Защита от коротких замыканий
Максимально быстрое обнаружение и отключение токов короткого замыкания во избежание нанесения ущерба электроустановке. Эта функция реализуется автоматическим выключателем с электромагнитным или магнитотермическим расцепителем.
- Защита от перегрузок
Обнаружение токов перегрузки и отключение электродвигателя до того, как повышение его температуры и температуры проводников приведёт к повреждению изоляции. Эта функция реализуется при помощи автоматического выключателя с магнитотермическим расцепителем или отдельного теплового реле.

Перегрузки: $I < 10 \times I_n$

Их причина может быть следующая:

- проблема электрического характера, связанная с нарушением работы сети (например: отсутствие фазы, выход напряжения за допустимые пределы и т.д.);
- проблема механического характера, связанная со сбоем технологического процесса (например: чрезмерный момент вращения) или с дефектом электродвигателя (например: вибрация в подшипниках).

Оба типа причины также приводят к затянутому пуску.

Короткие замыкания через сопротивление: $10 \times I_n < I < 50 \times I_n$

Обычно причиной является повреждение изоляции обмоток электродвигателя или повреждение кабелей питания.

Короткие замыкания: $I > 50 \times I_n$

Причиной этого достаточно редкого типа повреждения может быть ошибка при подключении, допущенная во время выполнения техобслуживания.

- Защита от неполнофазных режимов

Небаланс фаз или обрыв фазы вызывает значительный нагрев и тормозящий момент, что может привести к преждевременному износу электродвигателя. Эти явления усиливаются в пусковом режиме, поэтому защита должна срабатывать практически мгновенно.

Дополнительные электронные защиты

- Защита от блокировки ротора.
- Защита от недогрузки.
- Защита от затянутого пуска и торможения ротора.
- Защита от пробоя изоляции на землю.

Варианты схемы управления и защиты электродвигателя

В стандарте МЭК 60947 даны три типа комбинации аппаратов для реализации защиты электродвигателя:

Схема на трёх аппаратах

- автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем + контактор + тепловое реле.

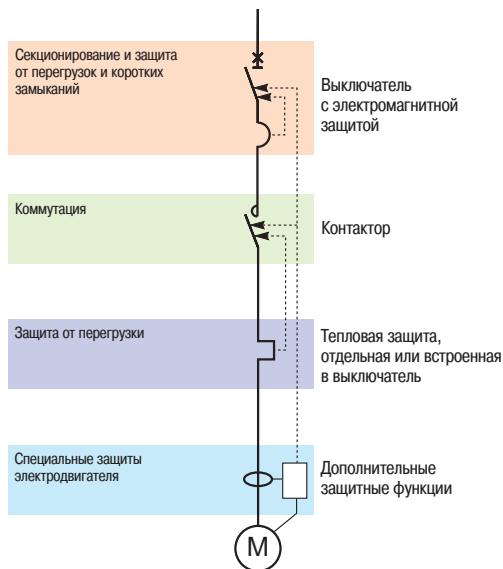
Схема на двух аппаратах

- автоматический выключатель с магнитотермическим расцепителем + контактор.

Схема на одном аппарате

- автоматический выключатель с магнитотермическим расцепителем и со встроенным контактором (типа TeSys U).

08112123



Функции аппаратуры управления и защиты электродвигателя

Координация аппаратов

Между различными аппаратами, входящими в схему управления и защиты электродвигателя, должна обеспечиваться координация.

В стандарте МЭК 60947-4-1 определены три типа координации в зависимости от рабочего состояния аппаратуры после стандартного испытания на короткое замыкание:

Координация по типу 1

- Полная безопасность для людей и электроустановки.
- Контактёр и/или тепловое реле могут быть повреждены.
- Перед повторным пуском может потребоваться привести схему управления и защиты электродвигателя в исправное состояние.

Координация по типу 2

- Полная безопасность для людей и электроустановки.
- Наличие повреждений и нарушение настроек не допускаются. Допускается сваривание контактов, если их можно легко отделить друг от друга.
- В результате короткого замыкания целостность изоляции не должна быть нарушена, схема управления и защиты электродвигателя должна оставаться работоспособной.
- Перед повторным пуском достаточно выполнить быстрый осмотр.

Полная координация

Для аппаратов схемы управления и защиты электродвигателя, наличие любых повреждений и сваренных контактов не допускается. Повторный пуск производится без предварительного обслуживания.

Такой уровень достигается за счёт применения схем управления и защиты электродвигателей на одном аппарате, типа Tesys U.

Категория применения контакторов

Для конкретной схемы управления и защиты электродвигателя категория применения контакторов определяет их износостойкость. При этом, в зависимости от условий работы при данном виде применения, может потребоваться, чтобы параметры выбранных контактора и расцепителя были «с запасом». В стандарте МЭК 60947 даны следующие категории применения контакторов.

Категории применения контакторов (переменный ток)

Категория применения контактора	Тип нагрузки	Функции управления контактора	Примеры применения
AC1	Безындукционная ($\cos \varphi \geq 0,8$)	Включение при подаче напряжения	Системы отопления, распределительные системы
AC2	Асинхронный электродвигатель с контактными кольцами ($\cos \varphi \geq 0,65$)	Пуск Отключение вращающегося двигателя Противотоковое торможение Толчковый режим	Волоочильные станки
AC3	Короткозамкнутый асинхронный электродвигатель ($\cos \varphi = 0,45$ для $I_e \leq 100$ A) ($\cos \varphi = 0,35$ для $I_e > 100$ A)	Пуск Отключение вращающегося двигателя	Компрессоры, лифты, насосы, мешалки, эскалаторы, вентиляторы, конвейеры, кондиционеры
AC4		Пуск Отключение работающего двигателя Противотоковое торможение Реверс Толчковый режим	Печатные станки, волоочильные станки

Категория применения AC3: таблицы координации «автоматический выключатель - контактор»

Эта категория касается асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, отключаемых в процессе работы; это наиболее распространённое применение (85 % случаев).

Контактор устанавливает пусковой ток и отключает номинальный ток при напряжении, составляющем примерно $1/6$ номинального значения. Отключение легко реализуемо.

Таблицы координации «автоматический выключатель - контактор» для Compact NSX предназначены для комбинаций с контакторами данной категории применения AC3, в этом случае обеспечивается координация по типу 2.

Категория применения AC4: возможное завышение параметров

Эта категория распространяется на асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, способные работать с противотоковым торможением или в толчковом режиме.

Контактор устанавливает пусковой ток и может отключать этот же ток под напряжением, которое может быть равно напряжению сети.

Такие жёсткие условия требуют завышения параметров контактора и, в большинстве случаев, автоматического выключателя по сравнению с категорией AC3.

Класс расцепления определяет времятоковую характеристику тепловой защиты

(обратнозависимая характеристика выдержки времени) схемы управления и защиты электродвигателя.

В стандарте МЭК 60947-4-1 определены классы расцепления 5, 10, 20 и 30.

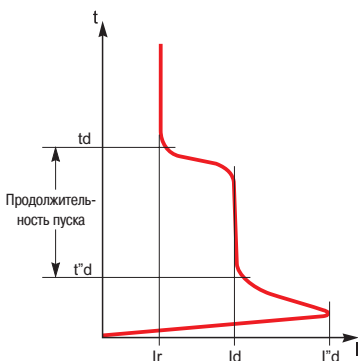
Эти значения представляют собой максимальную продолжительность пуска электродвигателя для пускового тока $7,2 \times I_r$ (I_r – уставка тепловой защиты, указанная на табличке с техническими данными электродвигателя).

Пример: по классу 20 электродвигатель должен завершить свой пуск в течение менее чем 20 секунд (за период времени между 6 и 20 с) при пусковом токе $7,2I_r$.

Для стандартных мощностей в кВт

Ном. рабочая мощность кВт	Стандартные значения номинального рабочего тока I_e (А) для:			
	230 В	400 В	500 В	690 В
0,06	0,35	0,32	0,16	0,12
0,09	0,52	0,3	0,24	0,17
0,12	0,7	0,44	0,32	0,23
0,18	1	0,6	0,48	0,35
0,25	1,5	0,85	0,68	0,49
0,37	1,9	1,1	0,88	0,64
0,55	2,6	1,5	1,2	0,87
0,75	3,3	1,9	1,5	1,1
1,1	4,7	2,7	2,2	1,6
1,5	6,3	3,6	2,9	2,1
2,2	8,5	4,9	3,9	2,8
3	11,3	6,5	5,2	3,8
4	15	8,5	6,8	4,9
5,5	20	11,5	9,2	6,7
7,5	27	15,5	12,4	8,9
11	38	22	17,6	12,8
15	51	29	23	17
18,5	61	35	28	21
22	72	41	33	24
30	96	55	44	32
37	115	66	53	39
45	140	80	64	47
55	169	97	78	57
75	230	132	106	77
90	278	160	128	93
110	340	195	156	113
132	400	230	184	134
160	487	280	224	162
200	609	350	280	203
250	748	430	344	250
315	940	540	432	313

08/12/19



Типичная пусковая характеристика электродвигателя

Класс расцепления тепловой защиты

Схема управления и защиты электродвигателя содержит тепловую защиту, которая может быть интегрирована в автоматический выключатель. Класс расцепления этой защиты должен быть адаптирован к пуску электродвигателя. В зависимости от вида применения, продолжительность пуска электродвигателей варьируется от нескольких секунд (пуск холостую) до нескольких десятков секунд (высокоинерциальная приводимая нагрузка).

В стандарте МЭК 60947-4-1 даны следующие классы расцепления в зависимости от уставки по току I_r тепловой защиты.

Класс расцепления тепловых реле в зависимости от их уставки по току

Класс	1,05 I_r ⁽¹⁾	1,2 I_r ⁽¹⁾	1,5 I_r ⁽²⁾	7,2 I_r ⁽¹⁾
5	$t > 2$ ч	$t < 2$ ч	$t < 2$ мин	2 с $< t \leq 5$ с
10	$t > 2$ ч	$t < 2$ ч	$t < 4$ мин	4 с $< t \leq 10$ с
20	$t > 2$ ч	$t < 2$ ч	$t < 8$ мин	6 с $< t \leq 20$ с
30	$t > 2$ ч	$t < 2$ ч	$t < 12$ мин	9 с $< t \leq 30$ с

⁽¹⁾ Время для «холодного» электродвигателя (остановленный электродвигатель в «холодном состоянии»).

⁽²⁾ Время для «горячего» электродвигателя (электродвигатель в нормальном рабочем режиме).

Токи короткозамкнутых асинхронных двигателей при номинальной нагрузке

Для стандартных мощностей в л.с.

Ном. рабочая мощность л.с.	Стандартные значения номинального рабочего тока I_e (А) для:						
	110 - 120 В	200 В	208 В	220 - 240 В	380 - 415 В	440 - 480 В	550 - 600 В
1/2	4,4	2,5	2,4	2,2	1,3	1,1	0,9
3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,8	1,6	1,3
1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,3	2,1	1,7
1 1/2	12	6,9	6,6	6	3,3	3	2,4
2	13,6	7,8	7,5	6,8	4,3	3,4	2,7
3	19,2	11	10,6	9,6	6,1	4,8	3,9
5	30,4	17,5	16,7	15,2	9,7	7,6	6,1
7 1/2	44	25,3	24,2	22	14	11	9
10	56	32,2	30,8	28	18	14	11
15	84	48,3	46,2	42	27	21	17
20	108	62,1	59,4	54	34	27	22
25	136	78,2	74,8	68	44	34	27
30	160	92	88	80	51	40	32
40	208	120	114	104	66	52	41
50	260	150	143	130	83	65	52
60	-	177	169	154	103	77	62
75	-	221	211	192	128	96	77
100	-	285	273	248	165	124	99
125	-	359	343	312	208	156	125
150	-	414	396	360	240	180	144
200	-	552	528	480	320	240	192
250	-	-	-	604	403	302	242
300	-	-	-	722	482	361	289

Примечание: 1 л.с. = 0,7457 кВт.

Пусковые параметры асинхронного электродвигателя

Основные параметры прямого пуска трёхфазного асинхронного электродвигателя (90 % случаев применения):

■ I_r : номинальный ток

Ток, потребляемый электродвигателем при полной нагрузке (пример: примерно 100 А, действ., для 55 кВт / 400 В).

■ I_d : пусковой ток

Ток, потребляемый электродвигателем в течение пуска: в среднем $7,2I_r$ при продолжительности пуска t_d от 5 до 30 с в зависимости от вида применения (например: 720 А, действ., в течение 10 с).

Эти значения определяют выбор класса расцепления и, при необходимости, дополнительной защиты от затынутого пуска.

■ $I''d$: пиковый пусковой ток

Пиковое значение пускового тока в течение двух полупериодов: в среднем $14I_r$ в течение 10 - 15 мс (например: 1840 А макс. мгн.).

Настройки защит должны обеспечивать эффективную защиту электродвигателя, в частности за счёт выбора подходящего класса расцепления теплового реле, но при этом пропускать пиковый пусковой ток.

Схемы управления и защиты электродвигателей с использованием Compact NSX

Автоматические выключатели Compact NSX обеспечивают реализацию следующих вариантов схемы управления и защиты электродвигателя:

- на трёх аппаратах: с электромагнитным расцепителем MA или 1.3-M;
- на двух аппаратах: с магнитотермическим расцепителем TM-D или 2-M.

Они рассчитаны на использование в сочетании с контакторами категории применения AC3 (80 % случаев), при этом они обеспечивают координацию «выключатель-контактор» по типу 2.

Для категории применения AC4, жёсткие условия требуют, в большинстве случаев, завышения параметров автоматического выключателя по сравнению с категорией AC3.

Защита электродвигателей с использованием Compact NSX





Выключатели Compact NSX оснащаются различными расцепителями, позволяющими реализовать схемы управления и защиты электродвигателя на двух или трёх аппаратах. Защиты рассчитаны на постоянную работу при температуре 65 °С.

Схемы на трёх аппаратах

- 1 автоматический выключатель Compact NSX с расцепителем MA или Micrologic 1.3-M;
- 1 контактор;
- 1 тепловое реле.

Схемы на двух аппаратах

- 1 автоматический выключатель Compact NSX;
- с электронным расцепителем Micrologic 2.2-M или 2.3-M;
- с электронным расцепителем Micrologic 6 E-M. Кроме того, в это исполнение входят дополнительные защиты и функции Power Meter;
- 1 контактор.

Тип защиты электродвигателя		3 аппарата		2 аппарата		
Авт. выключатель Compact NSX		NSX100/160/250	NSX400/630	NSX100 - 630		
Координация по типу 2 с		Контактор + тепловое реле		Контактор		
Расцепитель	Тип	MA	Micrologic 1.3-M	Micrologic 2-M	Micrologic 6 E-M	
	Технология	Электромагнитная	Электронная	Электронная	Электронная	
						
Тепловое реле	Отдельное	■	■			
	Встроенное, класс	5			■	■
		10			■	■
		20			■	■
		30				■
Функции защиты автоматического выключателя Compact NSX						
От коротких замыканий		■	■	■	■	
От перегрузок				■	■	
От пробоев изоляции	От замыканий на землю				■	
	Спец. функции защиты двигателя			■	■	
От недогрузки	От неполнофазных режимов				■	
	От блокировки ротора				■	
	От затянутого пуска				■	
Встроенные функции Power Meter						
I, U, энергия					■	
Помощь в эксплуатации						
Счётчики (коммутационных операций, аварийных отключений, аварийно-предупредительных сигналов, отработанных часов)					■	
Индикатор износа контактов					■	
Профиль нагрузки и тепловая память					■	