

Ю.С. Лавыгин, М.Л. Сапунков
Y.S. Lavigyn, M.L. Sapunkov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

RATIONALE FOR THE SELECTION OF MICROPROCESSOR PROTECTION OF INDUCTION MOTOR

Приводится описание основных видов повреждений и ненормальных режимов работы двигателей и соответствующих необходимых защит. Проведен анализ функциональных возможностей современных микропроцессорных устройств защиты. Обоснованно сделан выбор блока защиты для специализированного лабораторного стенда. Описана принципиальная схема модели сети для испытания устройства защиты.

This paper describes the main types of damage and abnormal conditions of the engines and the requisite protection. The analysis of the functionality of modern microprocessor protection devices. Rightly made the choice for the Protection of specialized laboratory stand. Describes the concept of the network model for testing protection devices.

Ключевые слова: двигатель, повреждения, ненормальные режимы, виды защит, микропроцессорные блоки, обоснование выбора, лабораторный стенд, модель сети, экспериментальная проверка.

Keywords: engine damage, abnormal modes, protections, microprocessor units, justification of choice, laboratory bench, the network model, experimental verification.

Асинхронные электродвигатели являются наиболее распространенным видом электроприемников в системах электроснабжения. Они находят массовое применение в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, в коммунальном хозяйстве. Главное достоинство асинхронных двигателей – простота конструкции и высокая надежность. Однако повреждаемость этих двигателей весьма высока и по имеющейся оценке [1] составляет в среднем около 20 % от общего количества за год, что требует больших затрат на ремонтные работы.

При эксплуатации электродвигателей возможно возникновение повреждений различного вида. Возможны также и ненормальные режимы работы

двигателей. Обе эти причины обуславливают необходимость применения эффективной защиты двигателей.

Наиболее опасным видом повреждения являются междуфазные короткие замыкания (к.з.) на выводах и в обмотке статора. Этот аварийный режим характеризуется большой величиной токов к.з., которые могут вызвать значительные повреждения как обмоток, так и магнитопроводов двигателей. Многофазные к.з. сопровождаются большим понижением напряжения в питающей сети, что отрицательно влияет на работу других электроприемников в системе электроснабжения. Согласно правилам¹ междуфазные к.з. в электродвигателях должны отключаться релейной защитой или другими устройствами без выдержки времени, т.е. в качестве такой защиты должна применяться токовая отсечка.

Другим видом опасного повреждения в электродвигателях является однофазное замыкание на землю (ОЗЗ) обмотки статора. В сетях с глухозаземленной нейтралью однофазное замыкание сопровождается большой величиной тока, т.е. по существу является коротким замыканием. В этом случае ОЗЗ может успешно отключаться устройствами защиты от междуфазных к.з.

В сетях с изолированной нейтралью напряжением 6–10 кВ величина токов ОЗЗ обычно не превышает 20–30 А, поэтому этот вид повреждения в высоковольтных двигателях считается менее опасным, чем междуфазные к.з. Однако такое мнение ошибочно, так как неотключенное ОЗЗ вызывает ряд отрицательных последствий:

- создаются большие перенапряжения в сети;
- однофазное замыкание может перейти в двухместное, двухфазное и даже трехфазное;
- могут произойти значительные повреждения в обмотке статора и магнитопроводе двигателя [2, 3].

Согласно Правилам устройства электроустановок, если ток ОЗЗ превышает 10 А для двигателей мощностью до 2000 кВт и 5 А для двигателей большей мощности, то обязательно должна применяться защита от ОЗЗ с действием на отключение двигателя без выдержки времени. При меньшей величине токов ОЗЗ допустимо действие защиты «на сигнал». Однако в ряде случаев по требованиям безопасности, в том числе в условиях подземных электроустановок шахт и рудников, защита от ОЗЗ двигателей должна обязательно срабатывать на отключение без выдержки времени.

Опасным видом повреждения двигателей являются также межвитковые замыкания в обмотках. В короткозамкнутых контурах протекают значительные токи, соизмеримые по величине с токами междуфазных к.з.

¹ Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Госэнергонадзор, 2006.

Из-за сильного нагрева при межвитковых замыканиях происходит местное разрушение изоляции, а затем может произойти или замыкание на магнитопровод, или междуфазное к.з. К настоящему времени еще не разработаны достаточно простые защиты от межвитковых замыканий в двигателях [3]. Обычно при таком виде повреждений в обмотке статора двигатель отключается или защитой от ОЗЗ, или с помощью высокочувствительной продольной дифференциальной защитой. Для особо ответственных двигателей мощностью 1200–1500 кВт и более с параллельными ветвями обмоток статора применяют поперечную дифференциальную токовую защиту. Она способна реагировать на межвитковые замыкания в одной из фаз обмотки статора [3].

Распространенным и частым видом ненормального режима работы электродвигателей является их перегрузка. Перегрузка происходит из-за увеличения момента сопротивления от приводимого механизма. Она вызывает увеличение тока в обмотке статора. При длительной перегрузке может быть сильный нагрев и даже перегрев двигателя, что обуславливает интенсивное старение изоляции, поэтому для двигателей, подверженных перегрузкам, обязательно применяется защита от перегрузки. Обычно она выполняется в виде максимально-токовой защиты (МТЗ) с действием «на сигнал», на разгрузку приводимого механизма или на отключение двигателя. Это зависит от условий работы и обслуживания электродвигателей.

Для особо ответственных двигателей помимо МТЗ от перегрузки применяется еще и электротепловая защита с контролем температуры обмотки статора [2, 3].

Другим ненормальным режимом для электродвигателей является исчезновение или длительное большое понижение напряжения в питающей сети. В зависимости от условий эксплуатации двигателей и требований безопасности при исчезновении напряжения необходимо или отключать двигатели от сети, или предусматривать обеспечение режима их самозапуска. В обоих случаях в схемах управления двигателями должна применяться специальная защита минимального напряжения (ЗМН).

При групповом самозапуске большого числа двигателей суммарный бросок тока вызывает большие потери напряжения в питающей сети. Для ускорения восстановления напряжения в сети, уменьшения времени самозапуска наиболее ответственных двигателей применяется ЗМН. Она обычно действует на отключение менее ответственных двигателей. Эта защита работает с выдержкой времени. Для улучшения условий самозапуска группы двигателей путем выбора уставок по напряжению и по времени отдельных

ЗМН обесточивают поочередный самозапуск с учетом ответственности технологических установок.

Кроме рассмотренных основных видов повреждений и ненормальных режимов работы двигателей при их эксплуатации возможны и другие ситуации и опасные режимы:

- многократный пуск;
- блокировка ротора и затянутый по времени пуск;
- потеря нагрузки;
- обрыв фаз и несимметричный режим;
- чрезмерное повышение напряжения;
- дуговые замыкания и другие, требующие применения защиты.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что для обеспечения эффективной защиты асинхронных двигателей целесообразно применять многофункциональные устройства защиты. При обосновании выбора конкретного устройства необходимо учитывать, чтобы прежде всего обеспечивалось выполнение основных видов защиты:

- от многофазных замыканий;
- от однофазных замыканий на землю;
- защита от перегрузки;
- защита минимального напряжения.

Далее следует учитывать мощность двигателя, ответственность приводимого механизма и технологической установки, режим нейтрали питающей сети, условия обслуживания двигателей персоналом и другие факторы. Многофункциональность устройства защиты, особенно реализация одновременных функций защиты и автоматики, безусловно, приводит к усложнению устройства, к увеличению его стоимости. Однако для повышения эффективности защиты двигателей более правильным будет применение многофункциональных устройств защиты.

Современными многофункциональными устройствами защиты двигателей являются микропроцессорные устройства. Они производятся различными фирмами в нашей стране и в других странах как специализированные устройства только для защиты двигателей напряжением до 1000 В или как универсальные комплектные устройства (терминалы) с расширенными функциональными возможностями защиты и автоматики.

Задачей проведенного исследования было обоснование выбора современного микропроцессорного устройства защиты двигателя для оснащения специализированного лабораторного стенда. Стенд предназначен для изучения студентами университета основ релейной защиты электродвигателей, особенностей микропроцессорных устройств и их характеристик, для приобретения ими навыков расчета, выбора уставок различных видов защит. Пре-

дусматривается экспериментальная проверка качества работы устройства защиты после его настройки.

В соответствии с этой задачей при обосновании выбора микропроцессорного устройства защиты предпочтение было отдано комплектным блокам защиты. Для дальнейшего сравнения и окончательного выбора конкретного устройства был проведен сбор информации по серийным блокам защиты следующих фирм:

- ООО НТЦ «Механотроника» (БМРЗ-105);
- Schneider Electric (MiCOM P241);
- ЗАО «Чебоксарский электроаппаратный завод» (ЧЭАЗ) (БЭМП-1-15);
- ООО «Научно-производственное предприятие “Микропроцессорные Технологии”» (БЗП-01) [4–7].

Для удобства сопоставления характеристик различных устройств данные об их функциональных возможностях сведены в таблицу.

Для удобства сопоставления характеристик различных устройств данные об их функциональных возможностях сведены в таблицу.

Сведения о функциях защиты и автоматики микропроцессорных устройств

Функции	БМРЗ-105	БЗП-01	БЭМП-1-15	MiCOM P241
Функции защиты				
Максимально-токовая защита от междуфазных замыканий	+	+	+	+
Защита от термической перегрузки	–	–	+	+
Защита от однофазных замыканий на землю	–	+	+	+
Защита минимального напряжения	–	–	+	+
Продольная дифференциальная защита	+	–	+	+
Защита от блокировки ротора и затянутого пуска	+	–	+	+
Защита от дуговых замыканий	–	–	+	–
Защита от обрыва фаз и несимметричного режима	+	+	+	+
Защита от повышения напряжения	–	–	–	+
Блок определения асинхронного хода	–	–	+	–
Внешнее отключение	–	–	+	–
Защита от многократных пусков двигателя	–	–	+	+
Минимально-токовая защита	+	+	–	+
Сигнальная защита от потери нагрузки	–	–	+	+
Защита от пульсирующего тока	–	+	–	–
Логическая защита шин	–	+	–	–
Функции автоматики				
АПВ	+	+	+	+
УРОВ	+	+	+	+

В результате анализа таблицы можно отметить следующее. Первый вид защиты (максимально-токовая защита от междуфазных замыканий) представлен во всех устройствах. Второй вид защиты (защита от термической перегрузки) предусмотрен только у БЭМП-1-15 и MiCOM P241. Третий вид защиты (защита от однофазных замыканий на землю) не имеется только у БМРЗ-105. Четвертый вид защиты (защита минимального напряжения) предусмотрен только у БЭМП-1-15 и MiCOM P241. Аналогично можно сопоставить другие возможности видов защиты.

В результате анализа видов защит и с учетом технико-экономических показателей было выбрано устройство ЗАО ЧЭАЗ БЭМП-1-15. На лабораторном стенде предполагается использовать асинхронный двигатель малой мощности. Нагрузка этого двигателя будет обеспечиваться генератором постоянного тока, а нагрузкой для генератора будет регулируемое сопротивление. Испытание защит двигателя планируется осуществить на физической модели сети напряжением 380 В (рисунок).

Модель содержит трехфазный источник питания с регулировочным трансформатором ТРН, выключатель В, блок измерительных трансформаторов тока ТТ и трансформатор тока нулевой последовательности ТНП, модель линии электропередачи ЛЭП, короткозамыкатель КЗ, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АД, генератор постоянного тока ГПТ и резистор R.

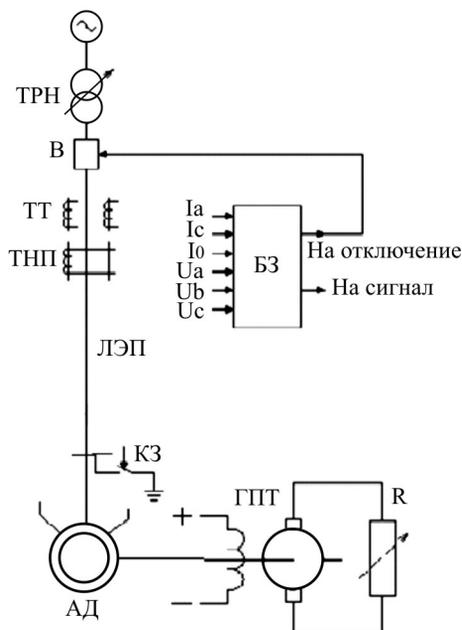


Рис. Принципиальная схема экспериментальной установки

В модели сети режим к.з. на вводах обмотки статора будет обеспечиваться с помощью короткозамыкателя КЗ. Нагрузка и перегрузка двигателя будет регулироваться изменением режима нагрузки генератора постоянного тока ГПТ. Отклонения напряжения в сети будут создаваться регулировочным трансформатором ТРН. Однофазное замыкание на землю можно будет создавать короткозамыкателем КЗ в однополюсном варианте его применения.

Таким образом, в модели сети можно будет осуществить основные виды повреждений и ненормальных режимов работы двигателя и проверить экспериментально качество работы блока микропроцессорной защиты.

Список литературы

1. Хрестоматия энергосбережения: справочник: в 2 кн. / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев; под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплоэнергетик, 2003. – Кн. 1. – 688 с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.
3. Чернобровов Н.В. Релейная защита энергетических систем / Н.В. Чернобровов, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
4. Руководство по эксплуатации микропроцессорного блока релейной защиты и автоматики БЭМП 1-15, 2012 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cheaz.ru/ru/production/ustroystva-releynoy-zashchity/mikroprotsessornye-apparaty-serii-bemp-1> (дата обращения: 3.03.2014).
5. Каталог устройства микропроцессорной защиты и управления MiCOM, 2013 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.schneider-electric.com/download/ww/en/details/2190383-Protection-Relays-MiCOM-P241-P242-P243/> (дата обращения: 4.03.2014).
6. Руководство по эксплуатации цифрового блока релейной защиты типа БМРЗ-100, БМРЗ-105-ДД-01 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mtrele.ru/shop/raspredelenie/bazovye_resheniya/ (дата обращения: 4.03.2014).
7. Руководство по эксплуатации микропроцессорного блока защиты присоединений 6–35 кВ БЗП-01 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.imt.net/ustroystvo-rza-bzp-01> (дата обращения: 5.03.2014).

Получено 25.03.2014

Лавыгин Юрий Сергеевич – студент, ПНИПУ, ГНФ, гр. ЭАПУ-10, e-mail: lavigin192@mail.ru.

Сапунков Михаил Леонидович – кандидат технических наук, профессор, ПНИПУ, ГНФ, e-mail: eagp@mail.ru.