

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МНОГОМАШИННОГО КОМПЛЕКСА

Ларина Е.Ю., Заболотный И.П.

Донецкий национальный технический университет,
кафедра электронной техники

Abstract. *Larina E.J., Zabolotniy I.P. Resources of measurement of parameters and protection of electric motors of the multimachine complex. In article the block diagram of the high-speed electronic device permitting in real-time mode to measure power, current and shift of phases between them in a circuit of an induction motor, and also resistance of isolation of windings in pauses between inclusions is offered with the purpose of optimization of handle and protection of the asynchronous electric motor.*

Постановка проблемы, ее связь с важными научными заданиями. Особое значение в настоящее время приобретают вопросы повышения эксплуатационной надежности и, в первую очередь такого показателя, как увеличение межремонтных сроков эксплуатации асинхронных электродвигателей (АД). Основная причина повреждений обусловлена отклонениями параметров электродвигателей от номинальных значений в процессе длительной работы. Существующие средства контроля и регулирования АД [1] не обладают достаточным быстродействием и имеют ограниченные функциональные возможности, не позволяющие своевременно и в полном объеме определить состояние машины.

Анализ исследований и публикаций. Распространенные системы управления и регулирования не имеют надлежащего контроля основных параметров, в том числе тепловых и механических. Наиболее часто выходят из строя асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором [2]. Основными повреждениями являются пробой изоляции на корпус, витковые замыкания и сгорание обмоток. Допустимые превышения температуры $^{\circ}\text{C}$ для классов изоляции: А — 60–65, Е — 70–80, В — 80–90, F — 90–100.

Несмотря на использование защитных устройств, на предприятиях из общего количества установленных АД в течение года текущий ремонт проходят примерно 22 и капитальный около 20 % машин. Причинами перегрузок быва-

ют: изменения частоты и величины напряжения питания, несинусоидальности напряжения питания, интенсивные повторно-кратковременные режимы, тяжелые пуски и самозапуски, нарушения технологического процесса, наличие симметричных (механические повреждения частей электрической машины и приводного механизма) и асимметричных (асимметрия напряжения питания и неполнофазный режим) режимов.

Согласно ГОСТ 183–74 колебания напряжения питания и частоты асинхронные машины переменного тока могут обеспечивать номинальную мощность при отклонении напряжения на зажимах не более чем на -5 и $+10\%$. При этом отклонения частоты сети от номинальной должны находиться в пределах $\pm 5\%$ [3].

На рис.1 и 2 показаны изменения механических характеристик при отклонении этих параметров. В случае одновременного отклонения напряжения и частоты от номинальных значений мощность АД может быть номинальной, если сумма этих отклонений не превышает 10% . При ухудшении качества электроэнергии изменяются переменные потери в электродвигателе, в результате чего снижается КПД и повышается температура обмоток. Так как резерв мощности двигателей незначителен, то в этом случае происходит недопустимый перегрев обмоток.

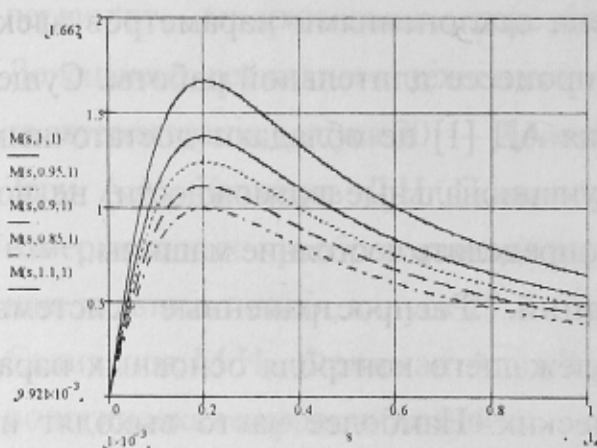


Рисунок 1 — Механическая характеристика при отклонениях напряжения сети

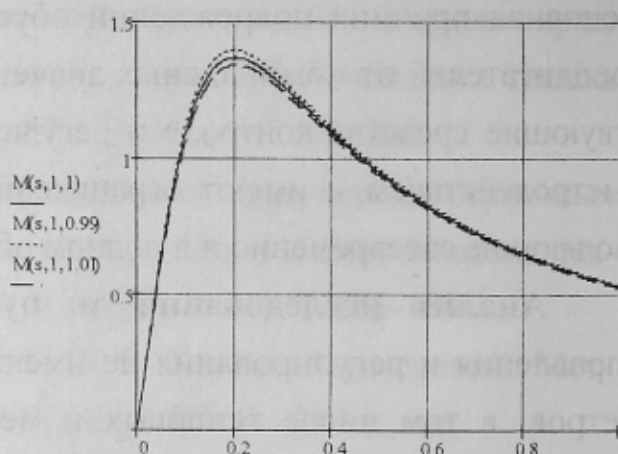


Рисунок 2 — Механическая характеристика при отклонениях частоты сети

Нерешенные проблемы контроля параметров и защиты АД. При работе АД в повторно-кратковременных или в аварийных режимах протекают токи, значительно превышающие номинальные и вызывающие большие динами-

ческие усилия. В результате перегреваются обмотки, изнашивается их изоляция, состояние которой определяется не только значением протекающего тока, но и его длительностью. В этих режимах допускается работа АД в течение некоторого времени, определяемого перегрузочной способностью электрической машины.

В существующих системах управления и регулирования отсутствует возможность прямого контроля перегрева обмоток изоляции, что не позволяет в процессе работы изменять режимы управления и регулирования. Поэтому необходимо предусматривать специальную защиту с действием на увеличение продолжительности паузы между включениями или на отключение от источника питания. Так как для повышения срока службы АД необходимо поддерживать режимные параметры в пределах допустимых отклонений от номинальных, то необходимо в ходе работы знать состояние перегрева обмоток АД [4]. Решить эту задачу возможно при наличии быстродействующих средств измерения, обеспечивающих своевременное обнаружение отклонений режимных параметров от номинальных. Такие средства измерения являются необходимым условием для формирования на основе теории исследования операций управляющих воздействий системой управления и регулирования АД. Основными параметрами для решения поставленной задачи следует считать ток и напряжение в фазах, сдвиг фаз между ними, сопротивление изоляции, скорость вращения на валу электродвигателя.

Формулирование цели статьи и постановка задачи. Разработать структуру измерительного средства контроля и защиты АД, обеспечивающего оценку его режимных параметров с целью оперативного определения и формирования управляющих воздействий для поддержания их на уровне номинальных значений.

Изложение основного материала. В повторно-кратковременном режиме работают вспомогательные механизмы и механизмы реверсивных дозаторов и др. Нагрузки АД, допускаемые для того или иного значения повторного включения (ПВ) и указываемые заводами-изготовителями, в соответствии с ГОСТ 183—74 определяются применительно к десятиминутному циклу, в течение которого мощность двигателя остается неизменной. Во многих многодвигательных комплексах используются в качестве исполнительных механизмов асинхронные двигатели (АД) мощностью до 10 кВт. При этом зачастую присутствует несоответствие между техническими характеристиками серии АД и режима-

ми работы, для которых их используют, что приводит к нарушению номинальных параметров АД и, как следствие, к снижению назначенного ресурса работы, а также к снижению качества продукции. Несмотря на то, что при повторно-кратковременных режимах число включений в час (30, 60, 120 и 240) регламентировано стандартом, в реальных условиях эксплуатации частота включений электродвигателей находится в пределах от 200–500 (механизмы дозаторов) до 500–900 (шнеки, нажимные устройства, механизмы рабочих конвейеров и манипуляторов).

Главным и наиболее действенным средством является электрическая защита двигателей, выполняемая в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). В зависимости от характера возможных повреждений и ненормальных режимов работы различают несколько основных наиболее распространенных видов электрической защиты АД (табл. 1). На основании проведенного анализа следует, что известные виды защит АД не предусматривают контроль сопротивления изоляции обмоток и не все виды защит удовлетворяют требованиям по быстродействию. Внедрение средств вычислительной техники дает возможность усовершенствовать средства защиты и регулирования параметров АД, расширить функциональные возможности систем управления и регулирования.

Предложенное измерительное устройство (ИУ) (рис. 3) позволяет измерять напряжение, ток и сдвиг фаз между ними — $\cos(\varphi)$, а также сопротивление изоляции обмоток в паузах между включениями и скорость вращения на валу АД. Получая эти данные, анализируя их и сравнивая с номинальными значениями, можно определять состояние режимных параметров и осуществлять оптимальное управление АД. Для каждой фазы необходимо устройство, один блок которого показан на рис. 3. Устройство состоит из 5-ти измерительных каналов: тока, напряжения, сдвига фаз, сопротивления изоляции обмоток и скорости вращения на валу АД (датчик скорости ДС). Работа ИУ осуществляется следующим образом. При появлении высокого логического уровня на Вх2 отпирается тиристор, подающий напряжение 380 В на блок питания БП электронных ИУ.

В процессе работы АД ЭВМ контролирует соответствие его параметров номинальным и, анализируя состояние перегрева обмоток, прогнозирует возможные отклонения от номинальных, выдает управляющие воздействия на изменение режима работы (например, увеличение паузы на период достижения сопротивления изоляции нормы) для стабилизации параметров.

Таблица 1 — Сравнительная характеристика существующих средств защиты АД

Вид защиты АД	Причина нарушения режима	Аппараты, осуществляющие защиту	Быстродействие
От коротких замыканий	Появление в силовой (главной) цепи или в цепи управления токов короткого замыкания.	Плавкие предохранители, электромагнитные реле, автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем	Практически мгновенное без выдержки времени
От перегрузки	Недопустимый перегрев, при сравнительно небольших по величине, но продолжительных тепловых перегрузках.	Тепловые и температурные реле, электромагнит. реле, автомат. выключатели с тепловым расцепителем или с часовым механизмом	С выдержкой времени, тем большей, чем меньше перегрузка.
От понижения или исчезновения напряжения (нулевая защита)	Предохраняет от самопроизвольного включения после ликвидации перерыва питания или восстановления нормального напряжения сети после его снижения ниже установленного значения.	Один или несколько электромагнитных аппаратов	Действует на отключение двигателя
Специальная защита от работы на двух фазах	Перегрев, «опрокидывание», (остановка под током вследствие снижения момента, развиваемого двигателем), обрыв в одной из фаз главной цепи.	Тепловые и электромагнитные реле	Защита может не иметь выдержки времени.
Тепловая защита	От нагрева и опасных температур при длительных перегрузках.	Отдельные тепловые реле или объединенные с линейным контактором.	Рабочий период перегрузок не менее 30 мин
Температурная защита	Контролирует непосредственно степень нагрева обмоток двигателя (а также и железа статора и корпуса, подшипников).	Встроенные в лобовую часть обмотки статора биметаллические пластинки и термосопротивления.	Срабатывает пластина скачкообразно, меняя направление выгиба.

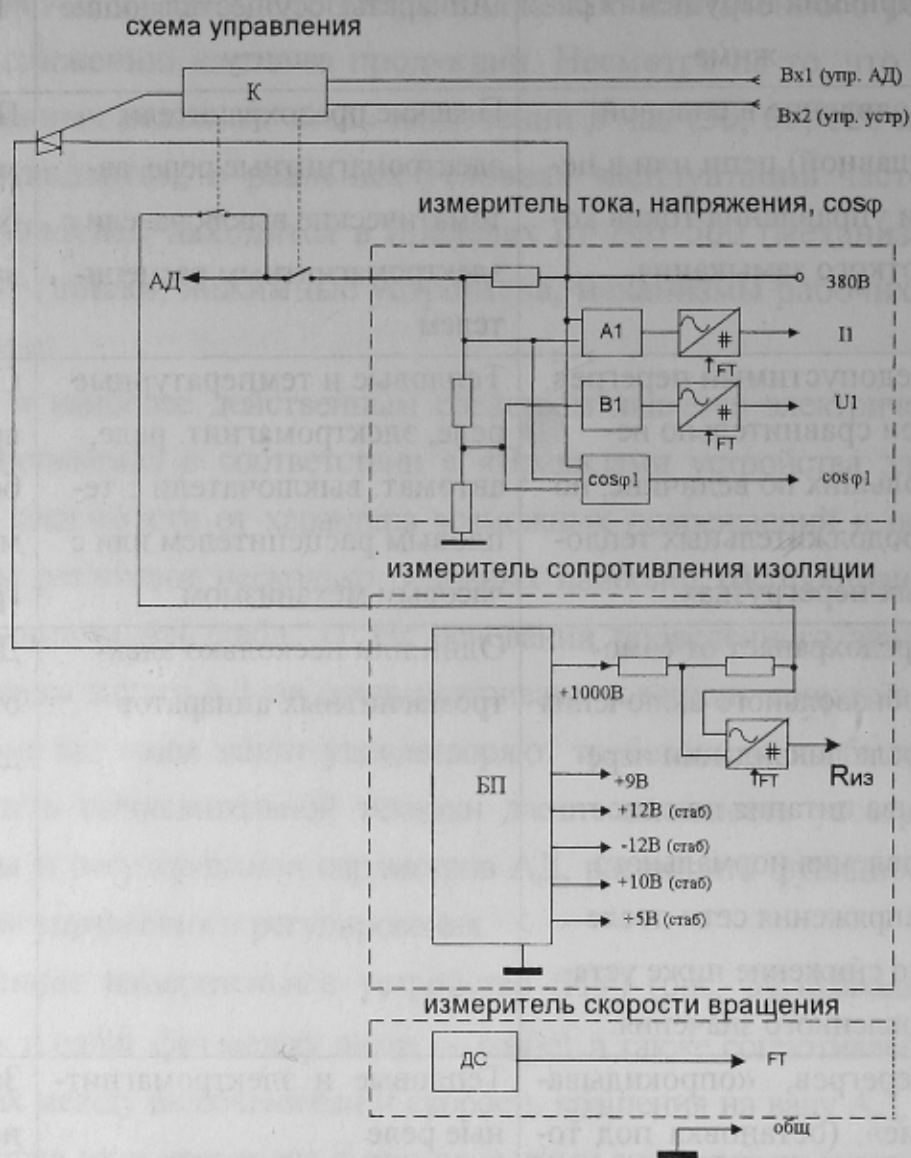


Рисунок 3 — Структурная схема измерительного устройства (ИУ) параметров в одной фазе АД

С помощью такого ИУ в системе управления и регулирования обеспечивается анализ и прогноз теплового состояния АД.

Рассмотрим работу каналов измерения фазы, тока, напряжения и сопротивления изоляции.

Измерение разности фаз связано с процедурой выделения моментов прохождения измеряемых сигналов через нулевой уровень. Такие фазометры являются наиболее широким классом измерителей разности фаз. Для них характерны преобразование разности фаз в пропорциональный временной интервал (или их последовательность) и последующее преобразование временного интервала.

Измеряя временной интервал, и зная период T (частоту f) сигнала, можно найти фазовый сдвиг φ :

$$\varphi = 180^\circ - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t_u,$$

где f — частота сети, t_u — длина импульса.

Падение напряжения, снимаемое с шунта (для тока) или с делителя (для напряжения), пропорционально измеряемому напряжению и току, разность фаз (угол φ) между которыми необходимо определить, поступает на вход измерительных каналов. Постоянное напряжение с выхода устройств измерительных каналов поступает на АЦП, где преобразуются в двоичный код для ввода в микропроцессорную систему.

Мегомметр работает после отключения АД, постоянное напряжение U_n , равное 1000 В через делитель и измеряемое сопротивление $R_{из}$ подаётся на вход операционного усилителя, который работает в режиме эмиттерного повторителя. Чтобы при обрыве провода, ведущего к двигателю или при $R_{из}$ больше, чем заданное максимальное, напряжение на входе усилителя не превысило максимально допустимого, то параллельно $R_{из}$ ставится сопротивление шунта $R_{шунт}$, которое будет ограничивать напряжение на входе операционного усилителя. С выхода операционного усилителя напряжение, снимаемое с параллельно включенных $R_{из}$ и $R_{шунт}$, поступает на вход АЦП, которое далее преобразуется в двоичный код для ввода в микропроцессорную систему (МПС). Для увеличения диапазона входного напряжения и повышения точности устройства параллельно входу АЦП установлен стабилитрон.

ИУ имеет высокое быстродействие и точность измерения параметров и может выполнять также функции максимальной и тепловой защиты АД. Определенное по переходной характеристике измерительного канала фазометра (рис. 4, 5) быстродействие составляет: $\tau = 5$ и 8 мкс — что соответствует быстродействию существующих устройств максимальной защиты.

Выводы

1. В статье обоснована и предложена структура электронного устройства измерения напряжения, тока и сдвига фаз между ними в цепи асинхронного двигателя, а также скорости вращения на валу, отличающаяся от известных наличием канала для измерения сопротивления изоляции обмоток в паузах между включениями.

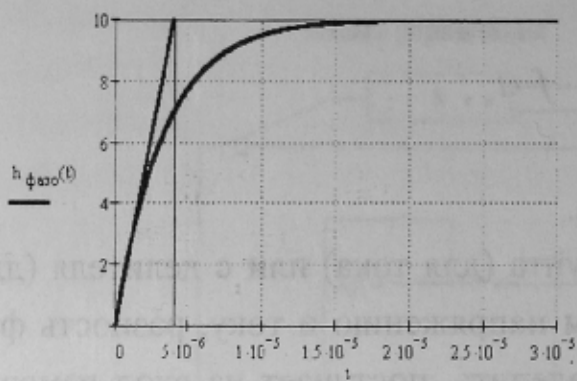


Рисунок 4 — Переходная характеристика канала измерения фаз

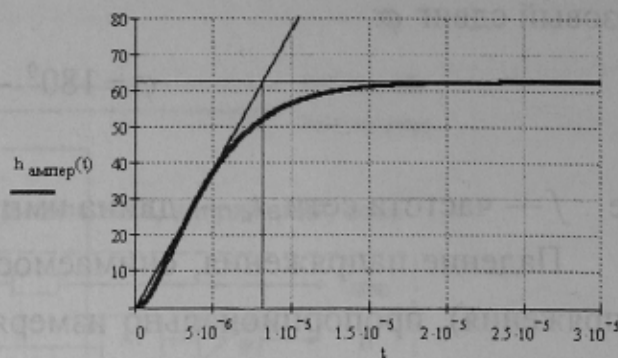


Рисунок 5 — Переходная характеристика канала измерения тока (напряжения)

2. Быстродействие измерителя позволяет выполнять функции, связанные с оптимизацией системы управления и защитой асинхронного электродвигателя от режимов работы, в которых параметры отличаются от номинальных.

3. Набор контролируемых параметров обеспечивает оценку режимов работы АД в реальном времени, что позволяет их корректировать с целью поддержания номинальных параметров. Благодаря этому повышается вероятность безотказной работы АД в назначенный ресурс.

Литература

1. Зимин Е.Н. Защита асинхронных двигателей до 500 В. — М.-Л.: «Энергия» — 1967. — 88 с.
2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных двигателей. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1950. — 239 с.
3. Мехедко Ф.В. Кузнецов Б.В. Асинхронные двигатели. — Минск: «Беларусь», 1963. — 158 с.
4. Светличный П.Л. Выбор и эксплуатация электрооборудования участка угольной шахты. — М.: НЕДРА, 1980. — 342с.

Сдано в редакцию: 21.03.2003г.

Рекомендовано к печати: д.т.н., проф. Чичикало Н.И.