

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

МРНТИ 45.31.01

Нурмаганбетова Ж.С.¹, Булатбаева Ю.Ф.¹*Карагандинский технический университет имени А.Сагинова
(zhanara1030@mail.ru)***Косвенная защита статорной обмотки асинхронного электродвигателя от превышения максимально допустимого значения температуры нагрева**

В статье обоснована актуальность косвенных методов тепловой защиты асинхронных электродвигателей. Рассмотрены существующие системы косвенной защиты асинхронного электродвигателя от превышения температуры на основе модели наблюдателя сопротивления обмоток статора для электродвигателей. Разработаны требования к косвенной системе защиты. Определены типы электродвигателей для проведения имитационных экспериментов. Для определения электродинамических характеристик разработана имитационная модель. Выполнен анализ точности наблюдателя. Разработана структурная схема системы защиты от превышения максимально допустимого значения температуры статорных обмоток асинхронного электродвигателя.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, защита, изоляция, сопротивление, статор, обмотка, датчик, температура, скорость, динамическая характеристика.

Введение

В горнодобывающей промышленности широко используется асинхронный электропривод. Одним из распространенных типов электрических машин переменного тока являются асинхронные электродвигатели (ад) с короткозамкнутым ротором (КТР) [1]. Благодаря своей простой и надежной структуре АО с КТР применяется во многих отраслях производства. В частности, Белый широко используется в машинах и механизмах, используемых в горнодобывающей промышленности, то есть в компрессорных установках, подъемных установках, буровых станках, вентиляционных установках, конвейерах. Электропривод горнодобывающих машин и установок часто подвергается внешним ударам из-за его стохастического характера, что приводит к нагрузке на белые валы, намного превышающей номинальные значения. Поэтому электродвигатели на приводе машины обычно оборудуются тепловой защитой, в которой основными контролируемыми параметрами являются сопротивление обмотки статора, ток обмотки статора и период срабатывания АО КТР.

Наличие систем защиты снижает аварийные условия электропривода, повышает надежность технологического объекта и технико-экономические показатели.

Использование ИБ на производственных предприятиях связано с превышением максимально допустимого значения нагрузки. Единственным способом решения задач повышения надежности является оснащение интеллектуальными средствами защиты асинхронных электроприводов, обеспечивающих регламентированные режимы работы технологической эксплуатации электродвигателей.

Основная часть

В статье обоснована актуальность косвенных методов тепловой защиты асинхронных электродвигателей. Рассмотрены существующие системы косвенной защиты асинхронного электродвигателя от превышения температуры на основе модели наблюдателя сопротивления обмоток статора для электродвигателей. Разработаны требования к косвенной системе защиты. Определены типы электродвигателей для проведения имитационных экспериментов. Для определения электродинамических характеристик разработана имитационная модель. Выполнен

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

анализ точности наблюдателя. Разработана структурная схема системы защиты от превышения максимально допустимого значения температуры статорных обмоток асинхронного электродвигателя.

Повышение технико-экономических показателей, надежности и безопасности эксплуатации выпускаемой техники является важной научно-технической задачей. Один из путей решения этой задачи – применение электронных средств защиты от перегрузки электропривода, которые обеспечивают повышение надёжности и ресурса горного оборудования.

В компрессорах, лебедках, крановом хозяйстве, буровых станках, струговых установках нашел широкое применение нерегулируемый электропривод с асинхронным электродвигателем (АД) серии 4А. В вышеперечисленных машинах и механизмах электродвигатель работает, как правило, в повторно-кратковременном режиме.

Асинхронные двигатели обычно рассчитаны на срок службы 15–20 лет без капитального ремонта, при условии выполнения требований технических условий эксплуатации, указанных в паспортных данных электродвигателя. Однако в реальной жизни имеет место значительное отступление от номинальных режимов эксплуатации. Это, в первую очередь, обусловлено нарушением правил технической эксплуатации: технологические перегрузки, условия окружающей среды, снижение сопротивления изоляции, нарушение охлаждения. Все выше перечисленные факторы существенно сказывается на повышении температур статорных обмоток электродвигателя. Неучет данного фактора резко снижает надежность работы. Превышение допустимой температуры ведет к преждевременному разрушению изоляции обмоток и существенному сокращению срока службы двигателя [1].

Основной характеристикой нагрузочных режимов электродвигателя является тепловая. Работа АД всегда сопровождается его нагревом, что обусловлено происходящими в нем процессами и потерями энергии. Нормативный срок службы электродвигателя определяется, в конечном счете, допустимой температурой нагрева его изоляции.

Защита асинхронных электродвигателей от перегрева традиционно реализуется на основе, тепловой токовой защиты или встроенных датчиков температуры. Встроенные датчики температуры применяются только во вновь выпускаемых АД.

В подавляющем большинстве двигателей, находящихся в эксплуатации, используется тепловая токовая защита, которая недостаточно точно учитывает фактические температурные режимы работы АД, а также его температурные постоянные времени.

В косвенной тепловой защите асинхронного электродвигателя биметаллические пластины включают в цепи питания статорных обмоток асинхронного электродвигателя, а при превышении максимально допустимого тока статора, биметаллические пластины, нагреваясь, отключают питание статора от источника электроэнергии.

Недостатком этого метода является то, что защита реагирует не на температуру нагрева обмоток статора, а на количество выделенного тепла без учета времени работы в зоне перегрузок и реальных условий охлаждения асинхронного электродвигателя. Это не позволяет в полной мере использовать перегрузочную способность электродвигателя и снижает производительность оборудования, работающего в повторно-кратковременном режиме, из-за ложных отключений.

Применяется также тепловая защита, основанная на измерении величины тока статора, вычислении времени задержки на отключение электродвигателя от источника электроэнергии в функции величины тока и отключении питания электродвигателя при превышении заданной уставки. Однако, этот способ не учитывает теплоотдачу электродвигателя, условия его охлаждения и фактический нагрев обмоток статора, что также не позволяет в полной мере использовать допустимую перегрузочную способность электродвигателя, работающего в повторно-кратковременном режиме, и снижает его производительность из-за ложных отключений.

Сущность предлагаемого технического решения заключается в том, что в способе косвенной защиты статорной обмотки асинхронного электродвигателя от превышения максимально допустимого значения температуры нагрева, основанном на измерении мгновенных значений тока статора и напряжения в режиме пуска асинхронного электродвигателя, вычисления температуры статорных обмоток и отключении питания электродвигателя при превышении заданной величины, измеряют мгновенные значения напряжения и тока статорных обмоток в режиме пуска, косвенно вычисляют угловую скорость, определяют динамическую электромеханическую характеристику, вычисляют количество пульсаций тока электродвигателя за период пуска и при превышении

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

количества пульсаций заданного значения, соответствующего допустимой температуре нагрева статорных обмоток, отключают электродвигатель.

Для достижения результата, заключающегося в защите асинхронного электропривода в случае превышения максимально допустимого значения температуры нагрева статорной обмотки, кроме существенных признаков таких, как наличие задающего устройства, датчика тока и пускателя, отключающего напряжение от статорной обмотки АД, дополнительно введены: датчик напряжения, измеряющий мгновенные значения линейного трехфазного напряжения статорной обмотки АД, блок косвенного вычисления угловой скорости, блок вычисления динамической электромеханической характеристики, блок вычисления температуры статорной обмотки, устройство логического сравнения выходных сигналов задающего устройства блока вычисления температуры статорной обмотки.

В процессе эксплуатации асинхронного электродвигателя, работающего в повторно-кратковременном режиме, происходит нагрев статорной обмотки электродвигателя, что ведет к изменению ее сопротивления по формуле:

$$R_s = R_0(1 + aT) \quad (1)$$

где

R_s – сопротивление статора,

R_0 - сопротивление статорных обмоток при температуре 0°C ,

a – температурный коэффициент сопротивления статора,

T – температура.

Изменение сопротивления статорной обмотки электродвигателя пропорционально температуре ее нагрева [2].

При увеличении сопротивления статорной обмотки, связанном с нагревом, уменьшается ее постоянная времени обмоток статора, вычисляемая по формуле:

$$T_s = \frac{L_s}{R_s} \quad (2)$$

где

L_s - индуктивность статора,

R_s - сопротивление статора.

Уменьшение электромагнитной постоянной времени приводит к увеличению количества пульсаций тока в пусковой динамической электромеханической характеристике, причем это количество пропорционально температуре нагрева статорных обмоток электродвигателя.

На рисунке 1 представлены пусковые динамические электромеханические характеристики асинхронных электродвигателей типа 4A280S4Y3 и зависимости количества пульсаций в функции температуры нагрева статорных обмоток электродвигателя (рисунок 2).

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

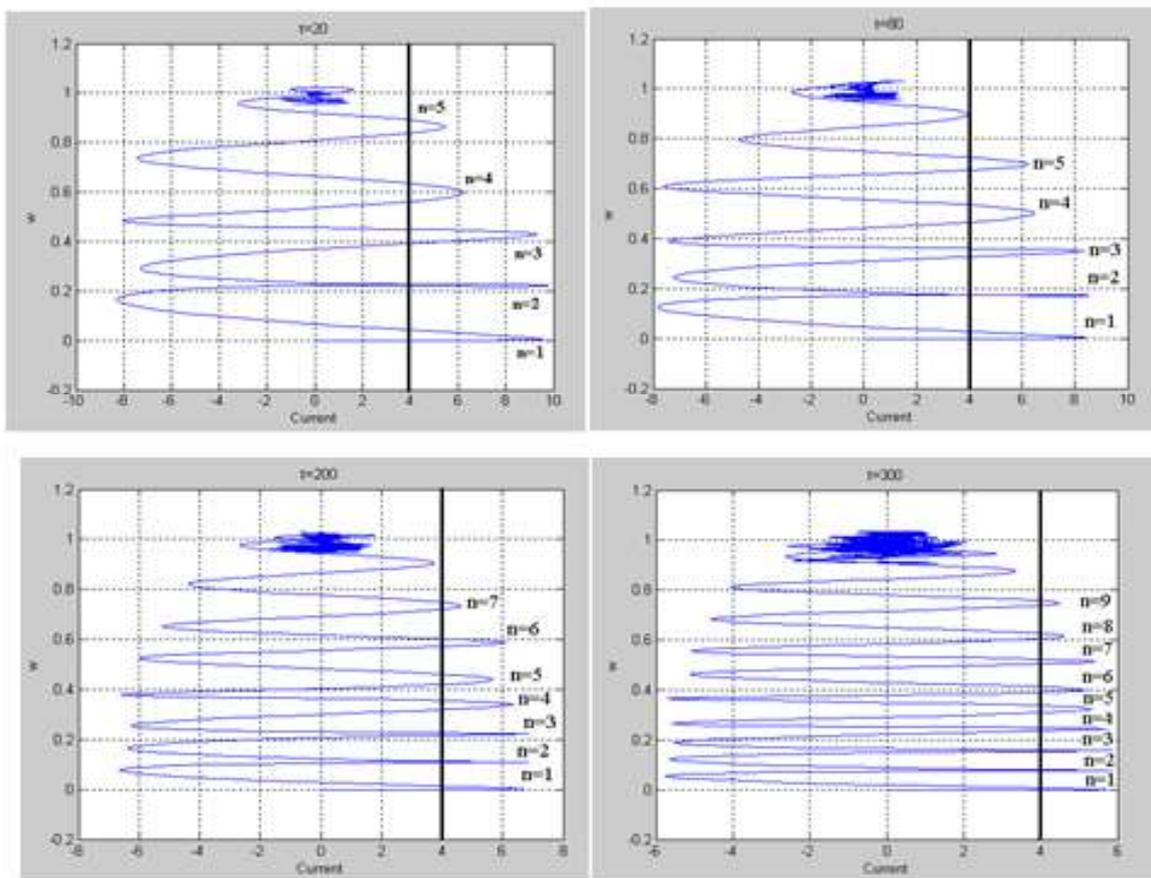


Рисунок 1. Динамическая электромеханическая характеристика в режиме пуска:
 а) для температуры 20 °С, б) для температуры 80 °С,
 в) для температуры 200 °С, г) для температуры 300 °С

Результаты и обсуждение

Исследование проводилось в диапазоне температур 20÷250⁰С, верхний предел которого, определялся классом изоляции обмоток статора. Как видно из семейства динамических электромеханических характеристик для различных значений температуры, представленных на рисунке 1, количество пульсаций (таблица 1), достигших четырехкратного значения тока статора имеет зависимость от температуры. Графическая форма зависимости представлена на рисунке 2.

Таблица 1. Количество пульсации

Тип двигателя	Рн, кВт	η	t	n
4A280S4Y3	110	750 об/мин	20	5
			80	5
			125	6
			200	7
			250	8
			300	9

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

Характер изменения количества пульсаций в диапазоне температур статорных обмоток от 20°C до 300°C имеет зависимость, очень близкую к пропорциональной. Данный метод определения температуры статорных обмоток позволяет, построить защиту АД от перегрева.

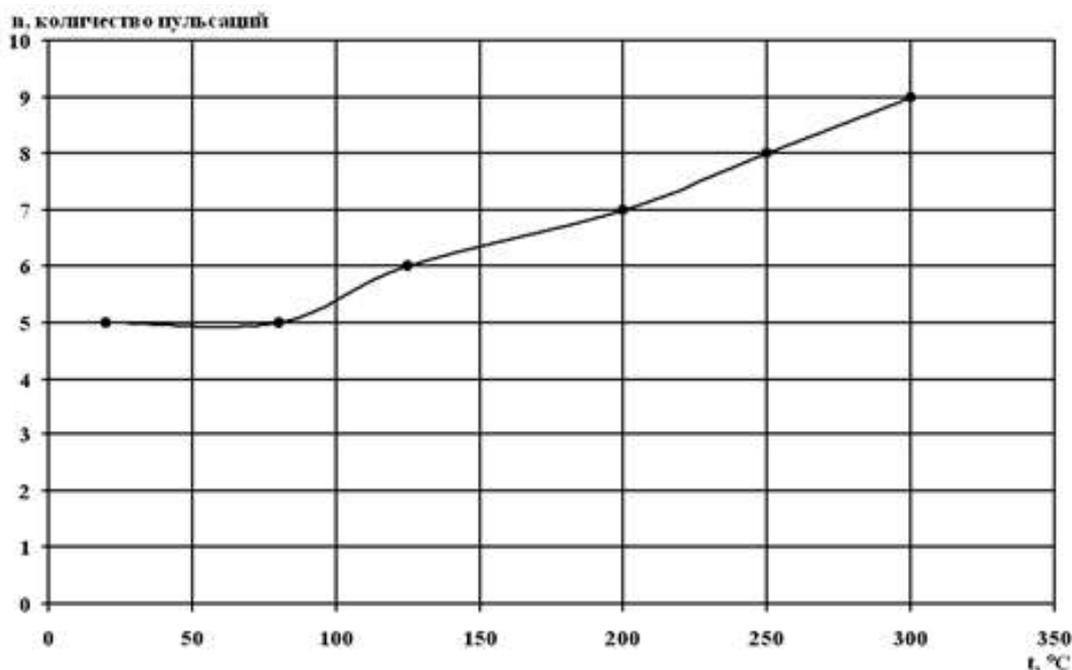


Рисунок 2. Зависимость количества пульсаций тока от температуры статорных обмоток в режиме пуска

Список использованной литературы

1. Рудаков В.В., Столяров И.М. Специальные электрические машины для горной промышленности. Ленинград 1981г.
2. В.И. Ключев., Теория электропривода. Москва 2001г.

Нұрмағанбетова Ж.С., Булатбаева Ю.Ф.

Асинхронды электр қозғалтқышының статор орамасын қыздыру температурасының рұқсат етілген ең жоғары мәнінен асып кетуден жанама қорғау

Мақалада асинхронды электр қозғалтқыштарын термиялық қорғаудың жанама әдістерінің өзектілігі негізделген. Асинхронды электр қозғалтқышын электр қозғалтқыштары үшін статор орамаларының кедергісін бақылаушы моделі негізінде температураның жоғарылауынан жанама қорғау жүйелері қарастырылған. Жанама қорғау жүйесіне қойылатын талаптар әзірленді. Модельдеу эксперименттерін жүргізу үшін электр қозғалтқыштарының түрлері анықталды. Электродинамикалық сипаттамаларды анықтау үшін имитациялық модель жасалды. Бақылаушының дәлдігіне талдау жасалды. Асинхронды электр қозғалтқышының статор орамаларының температурасының рұқсат етілген ең жоғары мәнінен асып кетуден қорғау жүйесінің құрылымдық схемасы әзірленді.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

Түйін сөздер: асинхронды электр қозғалтқышы, қорғаныс, оқшаулау, қарсылық, статор, орам, сенсор, температура, жылдамдық, динамикалық сипаттама.

Nurmaganbetova Zh.S., Bulatbaeva Yu.F.

Indirect protection of the stator winding of an asynchronous electric motor from exceeding the maximum permissible value of the heating temperature

The article substantiates the relevance of indirect methods of thermal protection of asynchronous electric motors. The existing systems of indirect protection of an asynchronous electric motor from temperature excess based on the model of the observer of the resistance of the stator windings for electric motors are considered. Requirements for an indirect protection system have been developed. The types of electric motors for conducting simulation experiments are determined. A simulation model has been developed to determine the electrodynamic characteristics. An analysis of the observer's accuracy has been performed. A block diagram of the protection system against exceeding the maximum permissible temperature of the stator windings of an asynchronous electric motor has been developed.

Keywords: asynchronous electric motor, protection, insulation, resistance, stator, winding, sensor, temperature, speed, dynamic characteristic.

List of used literature

1. Rudakov V.V., Stolyarov I.M. Special electric machines for the mining industry. Leningrad, 1981.
2. V.I. Klyuchev., Theory of electric drive. Moscow 2001.