

$$V_i(t) = \gamma$$

Гамма-процентный ресурс используется в случае, когда по количеству отказов продлевается период эксплуатации.

Основными дефектами для кладки пекококсовой печи являются деформации кладки во внутрь, сколы, деформации в обратную сторону, образование графита, наличие прогаров, трещинообразование. Работа с дефектами ведется исходя из визуального состояния простенков после пече-выдачи. Причем работа с дефектами, особенно для пекококсовых печей, проводится каждую пече-выдачу, ввиду значительной текучести жидкого пека.

Таким образом, пекококсовые печи являются специфическими агрегатами для термической переработки жидкого пека. Данного рода агрегаты требуют качественного уровня эксплуатации, строгого соблюдения режима обогрева, правильной и слаженной работы обслуживающего оборудования. Очень чувствительны к изменению периода коксования, составу обогревающего газа. Поэтому требуют особого внимания для работы в течение проектного срока службы, ввиду возможных резких ухудшений состояний простенков, нарушений режимов обогрева.

Список литературы: 1. Шеррюбле В.Г., Селезнев А.Н.: Пековый кокс в углеродной промышленности. – Челябинск: Издатель Татьяна Лурье, 2003. – 296 с. 2. Привалов В.Е., Степаненко М.А.: Каменноугольный пек. М.: «Металлургия», 1981. 208 с. 3. Торогов А.А., Alexeyeva O. E., Borovlev V.N. Analysis of work conditions of coke-pitch block equipment // Young scientists researches and achievements in science.- Материалы межвузовской конференции для молодых ученых . Донецк: ДонНТУ, 2011 – С. 123-127. 4. Генералов М.Б. : Машины и аппараты нефтехимических производств. Т.IV-12. М.: «Машиностроение» 2004.- 832с

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Сивокобыленко В.Ф., Ткаченко С.Н. (ДонНТУ, Донецк, Украина)
Тел. Факс: +38 (062) 3010372; E-mail: svf@elf.dgtu.donetsk.ua, tsn1981@mail.ru

Abstract: In order to improve the reliability of considered set of relay protection of induction motors with squirrel cage rotor with minor form of the skin effect in the rotor winding Proposed addition of a set of advanced thermal overload protection.

Keywords: Induction motor, relay protection, squirrel cage rotor, thermal protection, skin-effect.

Постановка задачи. Асинхронные электродвигатели (АЭД) с короткозамкнутым ротором (КЗР) являются основным типом электропривода механизмов промышленных предприятий, что обусловлено простотой их конструкции и эксплуатации. Однако повреждаемость данного типа двигателей достаточно велика и составляет примерно 25 % от общего количества эксплуатируемых машин [1]. Одной из причин выхода из строя АЭД является недостаточная чувствительность устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), построенных как с использованием современной микропроцессорной, так и уже устаревшей электромеханической базы. Существующие устройства РЗА не позволяют надёжно защитить машины в таких аварийных и аномальных режимах как многократные пуски подряд, работа при

несимметрии питающего напряжения, обрыв стержней обмотки КЗР и др. В связи с этим актуальным является совершенствование цифровых систем РЗиА АЭД.

Анализ исследований и публикаций. В [2] приведен анализ применяемых сейчас микропроцессорных устройств РЗиА АЭД, из которого следует, что в большинстве терминалов реализована стандартная защитная логика, рекомендуемая ПУЭ [3] и международным стандартом IEEE [4], которая не обеспечивает работу защиты в ранее описанных режимах, когда температура стержней ротора может превышать допустимую. Поэтому актуальным является дальнейшее совершенствование цифровой РЗиА асинхронных машин за счёт применения более совершенной их защиты от тепловой перегрузки (ЗТП).

Цель статьи. Совершенствование микропроцессорной релейной защиты АЭД с короткозамкнутым ротором за счет новых подходов к реализации защиты от тепловой перегрузки ротора на основе контроля активного сопротивления обмотки ротора.

Результаты исследований. Терминал релейной защиты и автоматики АЭД включает в себя следующие основные блоки: блок измерений, блок цифровой фильтрации, блок вычислений, блок уставок срабатывания и блок констант.

Блок измерений служит для преобразования аналоговых сигналов в цифровой код и представляет собой группу АЦП и дискретных входов. Для необходимых вычислений в реальном времени производятся непрерывно-дискретные измерения мгновенных значений фазных токов (i_a, i_b, i_c) и напряжений (u_a, u_b, u_c), тока и напряжения нулевой последовательности ($3I_0$ и $3U_0$), угла поворота ротора γ и температуры нагрева обмоток статора V_S . Сигналы токов и напряжений поступают от соответствующих измерительных трансформаторов тока и напряжения. Сигналы о положении ротора поступают от датчика положения ротора (ДПР) при его наличии. Датчик температуры служит для измерения температуры нагрева обмотки статора.

Преобразовавшись в цифровой вид, токи и напряжения поступают на вход блока цифровой фильтрации, в котором выделяется первая гармоника токов и напряжений на основе использования фильтра Фурье [5].

Блок вычислений представляет собой вычислительный модуль терминала, в котором заложены алгоритмы РЗиА АЭД в цифровом виде. Данный блок включает в себя токовую отсечку мгновенного действия, защиту от перегрузки током статора, защиту от замыкания на землю в обмотке статора, защиту от несимметрии питающего напряжения (на основе контроля составляющих обратной последовательности), защиту от многократных пусков, защиту минимального напряжения от потери питания, защиту обмотки КЗР от тепловой перегрузки.

Алгоритмы описанных защит изложены в [5]. В качестве алгоритма ЗТП будем использовать алгоритм, изложенный в [2], основанный на контроле параметров текущего режима и адаптированный для работы при несимметрии питающего напряжения. Для машин мощностью до 200 кВт, со слабым проявлением скин-эффекта в роторе, предлагается использовать модернизированную ЗТП обмоток машины. Для сокращения времени вычислительных операций, по сравнению с [2], предлагается ввести ряд допущений, таких как не учёт насыщения главного магнитного потока и потоков рассеяния, а также не учёт эффекта вытеснения тока в обмотке ротора. Для этих целей применим эквивалентную схему замещения (ЭСЗ) с контуром потерь в стали статора, показанную на рис.2.

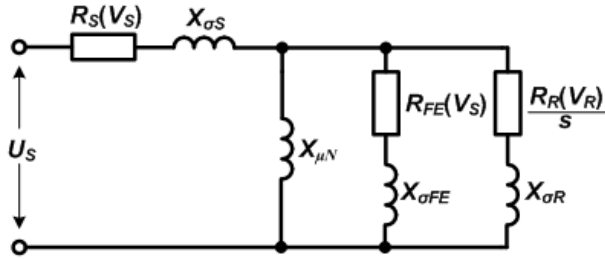


Рис. 2. Одноконтурная схема замещения асинхронного электродвигателя с контуром потерь в стали статора

Алгоритм ЗТП за один такт работы микроконтроллера показан на рис. 3.

Для проверки работоспособности предложенного метода были определены параметры ЭСЗ для АЭД с КЗР типа 5AM250S4/2 ($P_{НОМ} = 75$ кВт, $U_{НОМ} = 380$ В; $I_{НОМ} = 138$ А; $\cos\varphi_{НОМ} = 0,88$; $\eta_{НОМ} = 94$ %; $s_{НОМ} = 0,0233$ о.е.; $K_I = 5,5$; $M_{МАХ} = 3,1$; $M_P = 0,94$).

Параметры ЭСЗ данного АЭД ($R_S = 0,017$; $X_{\sigma S} = 0,062$; $X_{\mu N} = 3,08$; $R_{FE} = 12,303$; $X_{\sigma FE} = 25,168$; $R_R^{s_{НОМ}} = 0,024$; $X_{\sigma R}^{s_{НОМ}} = 0,108$) были синтезированы по методике, изложенной в [6].

Работоспособность алгоритма ЗТП с АЭД КЗР проверена на ПЭВМ с использованием методов математического моделирования [7]. Использовалась математическая модель асинхронной машины на основе полных дифференциальных уравнений [8], но без учета эффектов насыщения и скин-эффекта.

С целью проверки работоспособности предложенной ЗТП АЭД принимался закон изменения температуры обмотки КЗР (V_r^*) как и в [2] на основе решения уравнения (1).

$$\frac{dV_r^*}{dt} = \frac{2}{P_{НОМ} \cdot T_a} \cdot M(t) \cdot s(t), \quad R_R(V_r^*) = R_R \frac{(1 + \alpha \cdot V_r)}{(1 + \alpha \cdot V_r^{нач})}, \quad (1)$$

где M – текущее расчётное значение электромагнитного момента на валу; s – текущее значение скольжения; T_a – постоянная времени агрегата, с, t – время, с, $V_r^{нач}$ – начальное значение температуры нагрева ротора, $^{\circ}\text{C}$.

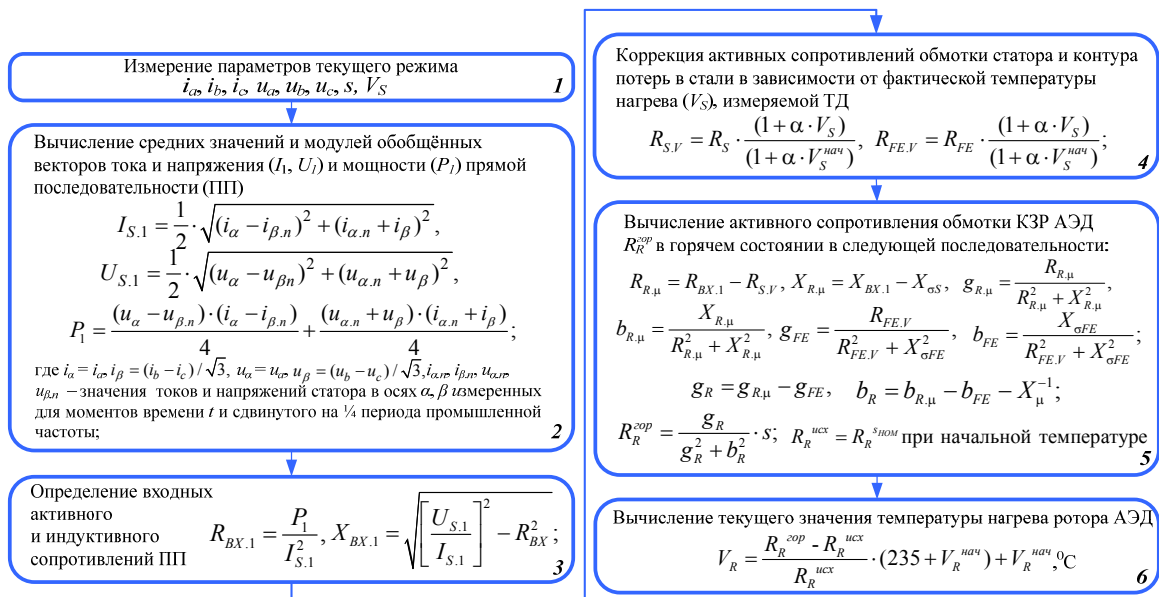


Рис. 3. Блок-схема алгоритма защиты от тепловой перегрузки АЭД

В модели в функции от V_R^* изменялось активное сопротивление контура ротора $R_r(V_R^*)$. В задачу алгоритма тепловой защиты входило определение указанной температуры нагрева обмотки КЗР. Совпадение найденной по предложенному методу температуры нагрева ротора V_R с V_R^* являлось критерием правильности работы защиты.

В качестве примера промоделированы режимы работы под нагрузкой и наброса нагрузки для АЭД типа 5AM250S4/2. Зависимости мгновенных значений тока статора фазы А, модуля тока прямой последовательности и температуры нагрева обмотки КЗР показаны на рис. 4.

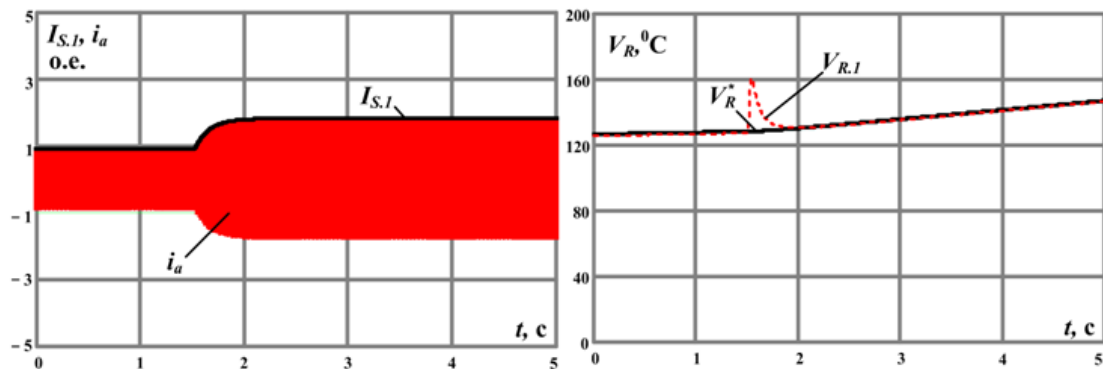


Рис. 4. Зависимости мгновенных значений тока статора фазы А, модуля тока прямой последовательности, и температуры нагрева обмотки КЗР

Из рис. 4 видно, что величина температуры, рассчитанная по предложенному алгоритму ЗТП практически полностью отрабатывает заданный закон изменения температуры (1).

На основе проведенных исследований можно сделать заключение о целесообразности применения данной ЗТП для общепромышленных АЭД с КЗР мощностью до 200 кВт со слабым проявлением скин-эффекта в обмотке ротора.

Выводы.

1. Предложен усовершенствованный набор защитной логики АЭД с КЗР мощностью до 200 кВт, с незначительным проявлением скин-эффекта в обмотке ротора, для микропроцессорной платформы. Для повышения надёжности предложено дополнить набор стандартных защит электродвигателя защитой от тепловой перегрузки, основанной на основе контроля параметров текущего режима. Вычисление температуры нагрева производится в реальном времени путём расчёта активного сопротивления ротора и его сравнения с известным значением для холодного состояния на основе измерения мгновенных значений фазных токов и напряжений, скольжения и температуры нагрева обмотки статора.

2. Предложенный алгоритм ЗТП реализован в виде математической модели для современной ПЭВМ, состоящей из модели самого АЭД с КЗР и предложенной защиты. Совпадение величины температуры, рассчитанной по алгоритму защиты от тепловой перегрузки со значением, определённым по заданному закону, подтверждает корректную работу ЗТП.

Список литературы: 1. Корогодский В.И. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ / С.Л. Кужеков, Л.Б. Паперно – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 248 с. 2. Сивокобыленко В.Ф. Совершенствование микропроцессорной тепловой защиты короткозамкнутых асинхронных электродвигателей / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Збірник наукових праць ДВНЗ «Донецький національний технічний

університет». Серія «Електротехніка і енергетика». – випуск 11 (186). – Донецьк, 2011. – С. 353 – 359. **3.** Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с. **4.** IEEE Guide for AC Motor Protection IEEE Std C37.96-2000. Revision of IEEE Std C37.96-1988 / IEEE Power Engineering Society – Approved 30 March 2000. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Copyright © 2000 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. **5.** Сивокобыленко В.Ф. Микропроцессорная защита от тепловой перегрузки асинхронного электродвигателя / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка». Тематичний випуск «Проблеми сучасної енергетики». Інститут електродинаміки, Національна академія наук України. – Частина 1. – Київ, 2008. – С. 47 – 52. **6.** Сивокобыленко В.Ф. Математическое моделирование характеристик асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором с учётом потерь в стали / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Збірник наукових праць ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Серія «Електротехніка і енергетика». – випуск 7 (128). – Донецьк, 2007. – С. 126 – 131. **7.** Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К. Переходные процессы в системах электроснабжения собственных нужд электростанций. Уч. пособие, Донецк, ДонНТУ, 2002. – 136 с. **8.** Сивокобыленко В.Ф. Моделирование алгоритма тепловой защиты короткозамкнутого ротора асинхронного электродвигателя / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Вісник національного університету «Львівська політехніка». «Електроенергетичні та електромеханічні системи». – № 654. – Львів, 2009. – С. 203–209.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СУДОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Стальниченко О.И. (ОНМУ, Одесса, Украина)
Тел./Факс 0506533104; E-mail: tm.kafedra@yandex.ua

***Abstract:** In the field of restoring of details has accumulated a huge experience, carried out a great volume of research. Developed high-performance technologies, created specialized equipment and accessories, surfacing materials, specialized areas for the restoration of the ship's parts.*

Ежегодно на судоремонтных предприятиях восстанавливается и ремонтируется 75–80 % изношенных деталей машин и механизмов. Масштабы применения сварки увеличиваются. Особое место в сварочном производстве занимает механизированная наплавка. Среди способов наплавки как по номенклатуре наплавляемых изделий, так и по массе наплавленного металла на дуговую наплавку приходится около 90 %. Применяется механизированная наплавка под флюсом, в среде защитных газов порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения, электродной лентой под флюсом, плазменно-порошковая наплавка и напыление.

В промышленно-развитых странах придают большое значение совершенствованию технологических процессов, поиску новых способов восстановления, разработке сварочных и наплавочных материалов. На запасные части приходится основная доля затрат (40-75 %) в себестоимости капитального ремонта машин. Восстановительная наплавка позволяет уменьшить поставку запасных частей, снизить себестоимость ремонта и сэкономить большое количество металла и трудовых ресурсов.