

УДК 621.316.925

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ЗАЩИТ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ



MODERN TYPES OF PROTECTION FOR RELAY PROTECTION OF HIGH-VOLTAGE ELECTRIC MOTORS AND THEIR MODELING

Беседин Евгений Алексеевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры электроснабжения
промышленных предприятий,
Кубанский государственный
технологический университет
omega54@mail.ru

Рейзов Александр Сергеевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
79189855535@yandex.ru

Барчо Руслан Асланович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
barcho.ruslan.96@mail.ru

Джихаев Вячеслав Дмитриевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
dzhikaev13s@gmail.com

Аннотация. В статье сделан анализ основных ненормальных режимов высоковольтных синхронных и асинхронных электродвигателей. Рассмотрены основные виды релейной защиты, применяемые для защиты высоковольтных электродвигателей. Подробно рассмотрена температурная защита высоковольтного электродвигателя на современной электронной базе. Отмечены основные преимущества рассмотренного устройства температурной защиты электродвигателей. Рассмотрена модель данного устройства в среде Simulink пакета MatLab.

Ключевые слова: ненормальные режимы электродвигателей, релейная защита высоковольтных электродвигателей, температурная защита высоковольтных электродвигателей, прогнозирование ненормального режима, модель защиты.

Besedin Evgeniy Alexeevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Power Supply of Industrial Enterprises,
Kuban State Technological University
omega54@mail.ru

Reizov Alexander Sergeevich

Student,
Kuban State Technological University
79189855535@yandex.ru

Barcho Ruslan Aslanovich

Student,
Kuban State Technological University
barcho.ruslan.96@mail.ru

Dzhikaev Vyacheslav Dmitrievich

Student,
Kuban State Technological University
dzhikaev13s@gmail.com

Annotation. The article analyzes the main abnormal modes of high-voltage synchronous and asynchronous electric motors. The main types of relay protection used to protect high-voltage electric motors are considered. The temperature protection of a high-voltage electric motor on a modern electronic base is considered in detail. The main advantages of the considered device of temperature protection of electric motors are noted. The model of this device is considered in the Simulink environment of the Matlab package.

Keywords: abnormal modes of electric motors, relay protection of high-voltage electric motors, temperature protection of high-voltage electric motors, prediction of abnormal pressure, protection model.

Релейная защита является обязательной частью всех электроэнергетических установок, объектов и систем напряжением 1 кВ и выше. Она имеет особо важное и самостоятельное функциональное назначение, представляет собой сложную информационную систему, состоящую из комплекса взаимосвязанных электромагнитных, электронных и микроэлектронных устройств, а также источников питания.

В системах электроснабжения нередко внезапно возникают короткие замыкания (к.з.) и другие ненормальные режимы работы. Различают к.з. между фазами электрической установки (междуфазное к.з.), а так же между фазой и землей (замыкание на землю). В трансформаторах и электрических машинах, кроме того, возможны межвит-

ковые замыкания в обмотке одной фазы. К.з. возникают вследствие дефектов, старения и загрязнения изоляции токоведущих частей, обрыва и схлестывания проводов при сильном ветре или гололеде, неисправности в цепях электроподвижного состава, ошибочных переключений и т.п. Электрическая дуга в месте замыкания способна вызывать пережоги, оплавление и разрушения электрического оборудования и распределительных устройств, отжиг и обрыв контактных проводов. Разрушения оказываются тем значительнее, чем больше ток в дуге и время ее существования. Чтобы к.з. не вызвало большого ущерба, поврежденное электрооборудование необходимо как можно быстрее отключить.

К другим ненормальным режимам относят прежде всего перегрузки. Этот режим характеризуется протеканием по неповрежденному оборудованию токов, превышающих длительно допустимое значение. Перегрузки опасны вследствие чрезмерного повышения температуры токоведущих частей и преждевременного старения изоляции. Снижение или увеличение напряжения относительно предельных нормативных значений и качания в энергосистеме также являются проявлением ненормальных режимов.

Ненормальные режимы, как и к.з., могут явиться причиной аварий, т.е. порчей или разрушением оборудования, недоотпуском потребителям электроэнергии. Чем быстрее отключается участок электрической системы, на котором произошло к.з. или возник ненормальный режим работы, тем меньше возможностей для возникновения и развития аварий. За доли секунды необходимо выявить такой участок и отключить как можно меньшую часть электрической системы, чтобы обеспечить бесперебойное электроснабжение максимально возможного числа потребителей.

Применение микроэлектроники и микропроцессорных систем еще больше повышает эффективность релейной защиты и автоматики, открывает перспективы для передачи функций релейной защиты и автоматики специальным управляющим вычислительным машинам, которые будут управлять устройствами электроснабжения в нормальных и аварийных режимах. В этой связи особое значение приобретает изучение алгоритмов (программ), которым должно подчиняться действие релейной защиты вне зависимости от той элементной базы, на основе которой она выполнена.

При многофазных коротких замыканиях существенно возрастает ток, термическое действие которого ведет к повреждению изоляции всей обмотки, пережогу проводников и выплавлению железа статора электрической дугой.

Однофазное замыкание на землю в сети с глухозаземленной нейтралью является однофазным коротким замыканием и его последствия также опасны, как при многофазных повреждениях. Если же нейтраль системы заземлена через дугогасящие реакторы или изолирована, то опасность такого повреждения проявится лишь при замыкании на землю в другой точке. В этом случае возникает двухфазное короткое замыкание (двойное замыкание на землю).

При витковых замыканиях в одной фазе двигателей переменного тока происходит местный перегрев изоляции из-за увеличения тока в замкнувшихся накоротко витках и ее разрушение. Кроме того, дополнительные разрушения вызываются и электрической дугой между замкнувшимися витками. Эти же явления имеют место при витковом замыкании в якоре двигателей постоянного тока.

Обрывы в цепи возбуждения синхронных двигателей сопровождаются значительным увеличением тока статора и переходом в асинхронный режим. Однако такие обрывы чрезвычайно редки и защита от такого повреждения устанавливается только для мощных электродвигателей.

Обрывы в цепи полюсов электродвигателей постоянного тока с параллельным или независимым возбуждением приводят в режиме холостого хода к разному, при котором частота вращения якоря резко увеличивается, и он может разрушиться. Если же на валу двигателя имеется нагрузка, то он остановится. Поскольку в остановленном якоре ЭДС не наводится, то значительно возрастает ток якоря, что может привести к разрушению изоляции.

При технологических перегрузках, когда тормозной момент приводимого во вращение механизма превышает длительно допустимое значение, возрастает потребляемый двигателем из сети ток и его термическое действие может разрушить изоляцию.

Такое же явление имеет место при *понижении напряжения* для синхронных, асинхронных двигателей переменного тока и для двигателей постоянного тока (кроме двигателей с последовательным возбуждением). Снижение напряжения уменьшает момент вращения на валу, при этом синхронный двигатель может перейти в асинхронный режим, а для асинхронного двигателя возможно «опрокидывание», т.е. остановка. Возрастающий при этом ток вызывает перегрев двигателей.

При коротком замыкании в цепи, питающей группу электродвигателей, напряжение снижается особенно сильно и двигатели останавливаются. После автоматического отключения поврежденного элемента напряжение восстанавливается и все двигатели переходят в режим самозапуска. В этом режиме электродвигатель потребляет ток, в несколько раз превышающий номинальное значение. При нормальном напряжении этот режим не опасен из-за своей кратковременности. Однако, если в режиме самозапуска всех двигателей суммарный ток будет слишком велик, то из-за увеличенного падения напряжения в сети уровень напряжения окажется значительно ниже номинального, что затягивает и затрудняет процесс самозапуска двигателей и может привести к их перегреву.

Во избежание такой ситуации менее ответственные двигатели, а также двигатели, для которых самозапуск недопустим по технологическим причинам, при снижении напряжения следует отключать.

Обрыв фазы чаще всего имеет место при перегорании предохранителя в одной фазе. При этом уменьшается вращающий момент на валу и увеличивается ток статора. Защита от этого режима осуществляется, как правило, защитой от перегрузки.

Релейная защита электродвигателей напряжением 1000 В должна правильно реагировать на внутренние повреждения электродвигателя и на опасные для него ненормальные режимы. Необходимо, чтобы электродвигатели не отключались защитой при ненормальных режимах, не грозящих повреждением электродвигателя или приводимого им механизма, и не опасных для питающей сети.

Защиту электродвигателей необходимо выполнять возможно более простой, что повышает ее надежность. Требование надежности для защиты электродвигателей напряжением выше 1000 В особенно важно, так как отказ основной защиты даже при надежном действии защиты, установленной на следующем участке, обычно приводит к серьезным разрушениям, требующим длительного ремонта или полной замены электродвигателя. Поэтому следующим основным требованием к защите от многофазных коротких замыканий (к.з.) в электродвигателе является быстрота действия, вследствие чего данная защита выполняется без выдержки времени.

Чувствительность этой защиты принято оценивать коэффициентом чувствительности $k_{\text{ч}}$ из отношения:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.з.мин}}}{I_{\text{с.з.}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{к.з.мин}}$ – ток двухфазного к. з. на выводах обмотки статора в минимальном режиме питающей сети; $I_{\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания защиты.

Чувствительность защиты электродвигателя от многофазных к.з. считается достаточной при условии, если коэффициент чувствительности находится в пределах:

$$k_{\text{ч}} \geq 2. \quad (2)$$

Защиту от однофазных замыканий на землю по приведенным ранее соображениям целесообразно устанавливать только в том случае, если значение тока замыкания на землю в сети, питающей электродвигатель, превышает 5 А. В небольших сетях, например, в сетях собственных нужд электростанций, а также и в протяженных сетях, где емкостные токи при однофазных замыканиях на землю достаточно точно скомпенсированы токами дугогасящих реакторов, значение остаточного тока не превышает 5 А.

С целью упрощения на электродвигателях мощностью 2000 кВт и менее ПУЭ обязывают устанавливать защиту от замыкания на землю, если ток замыкания на землю достигает 10 А и более. Ток срабатывания этой защиты для электродвигателей до 2000 кВт включительно должен быть около 10 А.

Допускается иметь первичные токи срабатывания и меньшей величины, если это не вызывает усложнения защиты.

Требование быстродействия не является решающим для данной защиты, поскольку токи однофазного замыкания на землю малы. Поэтому допустимо вводить в защиту выдержку времени 1–2 с, если без этого нельзя получить необходимую чувствительность защиты.

Двойные замыкания на землю, сопровождающиеся прохождением больших токов, опасны, как и многофазные к.з., и должны отключаться защитой без выдержки времени, если одно из мест повреждения находится в электродвигателе. Защита электродвигателя от многофазных к.з. при этом может обеспечить работу без выдержки времени только в тех случаях, когда чувствительность ее достаточна и замыкание на землю в электродвигателе произошло на одной из тех фаз, на которых установлены трансформаторы тока защиты (обычно фазы А и С).

Поэтому целесообразно возложить функции отключения электродвигателя при двойных замыканиях на землю на защиту электродвигателя от однофазных замыканий на землю, которая при двойных замыканиях на землю, связанных с электродвигателем, будет действовать с достаточно высокой чувствительностью.

В тех случаях, когда защита от однофазных замыканий на землю имеет выдержку времени, для защиты от двойных замыканий на землю необходимо установить дополнительно реле тока, имеющее ток срабатывания около 50–100 А, действующее без дополнительной выдержки времени.

Если защита от однофазных замыканий на землю при малых токах замыкания на землю не установлена, то защита от многофазных к.з. электродвигателей мощностью 2000 кВт и более, в качестве которой используется отсечка (а при установке дифференциальной защиты независимо от мощности двигателя) для надежного действия при двойных замыканиях на землю в разных точках, в соответствии с ПУЭ должна иметь.

Правилами устройства электроустановок не предусматривается установка защиты электродвигателей напряжением выше 1000 В от витковых замыканий в одной фазе обмотки статора, так как в настоящее время нет простых способов выполнения такой защиты. Этот вид повреждения обычно сопровождается замыканием на землю или переходит в многофазное к.з., после чего действует защита от однофазных замыканий на землю или защита от многофазных к.з.

Правилами устройства электроустановок не предусматриваются также защиты от повреждений в цепях возбуждения. Однако для крупных синхронных электродвигателей необходима защита от обрыва цепи возбуждения. Применение ее нужно считать особо полезным в связи с тем, что при выходе электродвигателя из синхронизма, вызванном обрывом цепи возбуждения, защита от асинхронного режима, выполненная по любой схеме, обычно отказывает.

Появление замыканий на землю в цепях возбуждения синхронных электродвигателей должно предотвращаться периодическими проверками состояния изоляции цепей возбуждения.

Основным видом ненормального режима для электродвигателей является перегрузка током. Поэтому на электродвигателях, подверженных перегрузкам, должна устанавливаться токовая защита, которая с выдержкой времени при длительной перегрузке будет действовать на сигнал или на отключение электродвигателя. Если позволяют условия, целесообразно осуществлять действие этой защиты на разгрузку приводимого механизма.

Ненормальным режимом для электродвигателя является также исчезновение или длительное снижение напряжения. В тех случаях, когда самозапуск электродвигателя не обязателен, то по технологическим соображениям, по условиям безопасности персонала или для ограничения суммарного тока самозапуска бывает целесообразна установка минимальной защиты напряжения, отключающей электродвигатель при исчезновении или снижении напряжения.

Синхронные электродвигатели напряжением выше 1000 В при значительных длительных (более 0,5 с) снижениях напряжения или перегрузках могут выйти из син-

хронизма. Синхронные электродвигатели не рассчитаны на длительный асинхронный режим и должны иметь защиту от него, действующую на восстановление нормального синхронного режима или на отключение.

Одним из перспективных решений защиты высоковольтных электродвигателей является температурная защита, приведенная в [3, 4]. Более подробно рассмотрим устройство температурной защиты, приведенное в [3]. Указанное устройство относится к области релейной защиты, а более конкретно к системе защиты, реагирующей на отклонения от нормальной температуры, и может быть использовано для защиты электродвигателей от перегрузки.

На рисунке 1 представлена структурная схема устройства; на рисунке 2 – пусковой орган устройства; на рисунке 3 – диаграмма нагрева электродвигателя.

Устройство содержит датчик 1 (рис. 1) нагрева обмоток, выход которого подключен к входу пускового органа 2 и первого блока 3 дифференцирования, выход которого подключен к входу второго блока 4 дифференцирования. Выход пускового органа 2 соединен с вторыми входами первого, второго, третьего блоков 5–7 стробирования, выход третьего блока 7 стробирования подключен к первым входам первого и второго блоков 8 и 9 деления, к входу второго блока 9 деления подключен выход квадратичного преобразователя 10. Выход первого блока 8 деления через последовательно соединенные пропорциональный преобразователь 11 и функциональный преобразователь 12 соединен с первым входом блока 13 умножения, второй вход которого соединен с выходом второго блока 9 деления и входом инвертора 14, выходы блока 13 умножения и инвертора 14 подключены соответственно к второму и третьему входам сумматора 15, к первому входу которого подключен выход первого блока 5 стробирования. Выход сумматора 15 соединен с первым входом элемента 16 сравнения, к второму входу которого подключен задатчик 17 максимально допустимого нагрева.

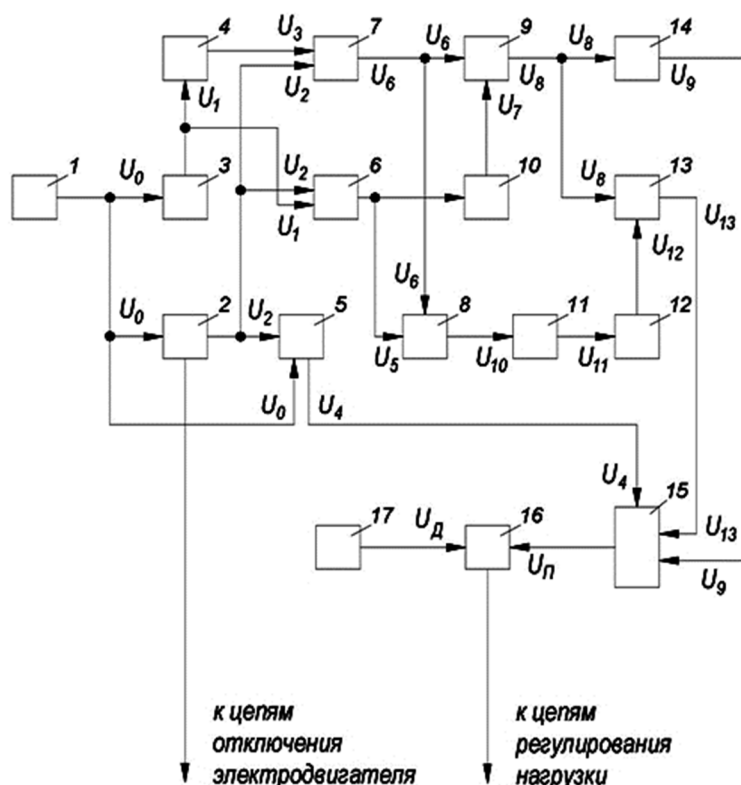


Рисунок 1 – Структурная схема устройства температурной защиты электродвигателя

Пусковой орган 2 (рис. 2) включает в себя два термореле 18 и 19 с разными уставками срабатывания.

Термореле 18 реагирует на превышение максимально допустимой температуры нагрева обмотки электродвигателя, а термореле 19 реагирует на температуру, меньшую максимально допустимой. Блоки 5–7 стробирования выполняются на базе элек-

тронных ключей. Функциональный преобразователь 12 известных устройств предназначен для получения сигнала в экспоненциальной форме.

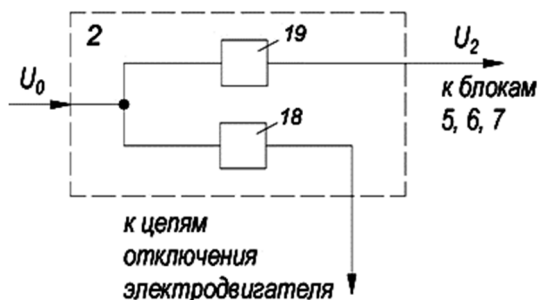


Рисунок 2 – Структурная схема пускового органа устройства

Устройство работает следующим образом.

С выхода датчика 1 нагрева обмотки электродвигателя (рис. 1) сигнал U_0 , пропорциональный температуре нагрева обмотки электродвигателя, поступает в пусковой орган 2, первый блок 3 дифференцирования и первый блок 5 стробирования. В блоке 3 сигнал U_0 дифференцируется, на выходе блока 3 появляется сигнал $U_1 = U'_0$, который затем разветвляется во второй блок 4 дифференцирования и на первый вход второго блока 6 стробирования. Пусковой орган 2 (рис. 2) функционирует в зависимости от величины сигнала U_0 .

В случае, когда $U_0 > U_d$ (U_d – сигнал, пропорциональный максимально допустимой температуре нагрева обмотки электродвигателя), срабатывает термореле 18, подающее команду на отключение электродвигателя от сети.

В случае, когда $U_{ном} < U_0 < U_d$ ($U_{ном}$ – сигнал, пропорциональный номинальной температуре нагрева обмотки электродвигателя), срабатывает термореле 18, подающее команду на отключение электродвигателя от сети.

В случае, когда $U_{ном} < U_0 < U_d$ ($U_{ном}$ – сигнал, пропорциональный номинальной температуре нагрева обмотки электродвигателя), срабатывает термореле 19 (рис. 2). Этому режиму соответствует момент времени T_0 (рис. 3). Выход термореле 19 связан с вторыми входами блоков 5–7 стробирования. При его срабатывании на указанные входы блоков 5–7 поступает управляющий сигнал U_2 , который запускает их. Кроме того, на первый вход третьего блока стробирования поступает сигнал $U_3 = U''_0$.

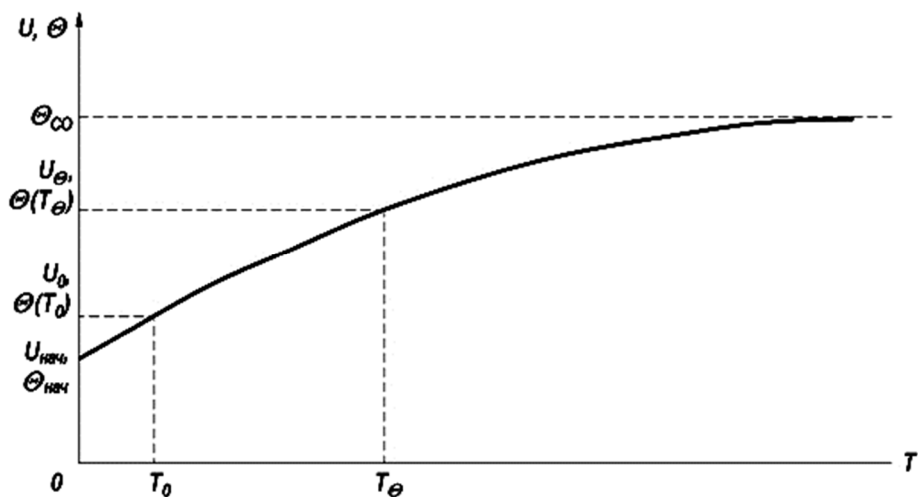


Рисунок 3 – Диаграмма нагрева электродвигателя

Стробирование сигналов U_0 , U_1 и U_3 происходит в момент времени T_0 . В результате стробирования на выходе блока 5 появляется сигнал $U_4 = U_0(T_0)$, на выходе блока 6 появляется сигнал $U_5 = U'_0(T_0)$, на выходе блока 7 появляется сигнал $U_6 = U''_0(T_0)$. Сигнал U_5 в квадратичном преобразователе умножается сам на себя. В результате этого на выходе квадратичного преобразователя 10 формируется сигнал $U_7 = [U'_0(T_0)]^2$. Во втором делителе 9 сигнал U_7 делится на сигнал U_6 , в результате чего

на выходе делителя 9 появляется сигнал $U_8 = [U'_0(T_0)]^2/[U''_0(T_0)]$. В первом делителе 8 сигнал U_6 делится на сигнал U_5 , в конечном итоге получается сигнал $U_{10} = [U''_0(T_0)]/[U'_0(T_0)]$, который затем умножается в K – раз в пропорциональном преобразователе 11. Здесь K – постоянная величина, зависящая от настройки устройства. С выхода пропорционального преобразователя 11 сигнал $U_{11} = KU_{10}$ поступает в функциональный преобразователь 12, где он приводится в экспоненциальной форме и приобретает вид $U_{12} = \exp [KU_{10}]$. Сигналы U_8 и U_{12} перемножаются в блоке 13, на выходе которого формируется сигнал:

$$U_{13} = \frac{[U'_0(T_0)]^2}{U''_0(T_0)} \cdot \exp \left[K \cdot \frac{U''_0(T_0)}{U'_0(T_0)} \right]. \quad (3)$$

Кроме того, сигнал U_8 при прохождении через инвертор 14 заменяет знак, т.е. сигнал на выходе инвертора $U_9 = -U_8$. Сигналы U_4 , U_9 , U_{13} складываются между собой в сумматоре 15. Результирующий сигнал сравнивается в элементе 16 с сигналом U_d , задаваемом в задатчике 17 максимально допустимого нагрева. В случае выполнения условия $U_n > U_d$ на выходе элемента 16 сравнения появляется сигнал $U_{ц}$, управляющий цепями регулирования нагрузки. При этом происходит разгрузка электродвигателя. В случае $U_n \leq U_d$ разгрузка электродвигателя не происходит. Формирование сигнала U_n позволяет прогнозировать температуру нагрева обмотки электродвигателя, которая может наступить в результате его перегрузки, что позволяет принять необходимые меры по облегчению режима работы электродвигателя заранее, не дожидаясь наступления перегрева последнего. В случае, когда сброс нагрузки не ограничивает нагрев электродвигателя, после превышения максимально допустимой температуры обмотки электродвигателя, срабатывает термореле 18, с выхода которого к цепям подключения электродвигателя поступает сигнал на отключение последнего от сети.

$$U_n = U'_0(T_0) - \frac{[U'_0(T_0)]^2}{U''_0(T_0)} + \frac{[U'_0(T_0)]^2}{U''_0(T_0)} \cdot \exp \left[K \cdot \frac{U''_0(T_0)}{U'_0(T_0)} \right]. \quad (4)$$

Данное устройство позволяет осуществить возможность прогнозирования температуры нагрева обмотки электродвигателя от перегрузки, основанная на учете температуры нагрева непосредственно. Это позволяет существенно повысить надежность и точность защиты электродвигателя, что является техническим преимуществом предлагаемого устройства по сравнению с известными решениями.

Кроме того, улучшается режим работы технологического оборудования, приводимого электродвигателем, и увеличивается срок службы изоляции электродвигателя, а значит, и самого электродвигателя в целом.

Работу данного устройства моделирует следующая модель, приведенная на рисунке 4.

Сигнал $U_0(t)$ от датчика температуры поступает на первый, а затем второй блоки дифференцирования. Кроме того, сигнал с выхода первого блока дифференцирования поступает на два входа первого блока перемножения, где умножением на самого себя возводится в квадрат. Далее с выхода первого блока перемножения сигнал поступает на первый вход первого блока деления, а на второй вход этого блока поступает сигнал с выхода второго блока дифференцирования. На выходе первого блока деления получим вторую составляющую сигнала кривой нагрева обмоток электродвигателя. Эта составляющая поступает на первый вход сумматора со знаком минус. На третий вход этого сумматора со знаком плюс поступает сигнал непосредственно от датчика температуры.

Для получения третьей составляющей температурной кривой найдем аргумент экспоненты. Для этого на первый вход второго блока деления подадим сигнал с выхода второго блока дифференцирования, а на второй вход – сигнал с выхода первого блока дифференцирования. На третий вход второго блока деления подадим сигнал величиной K от источника постоянного сигнала. При этом во втором блоке деления зададим деление сигнала, поступающего на первый вход, на сигнал, поступающий на второй вход. И частное от деления умножим на коэффициент K . Получим аргумент экспоненты, который подадим на вход блока вычисления экспоненты.

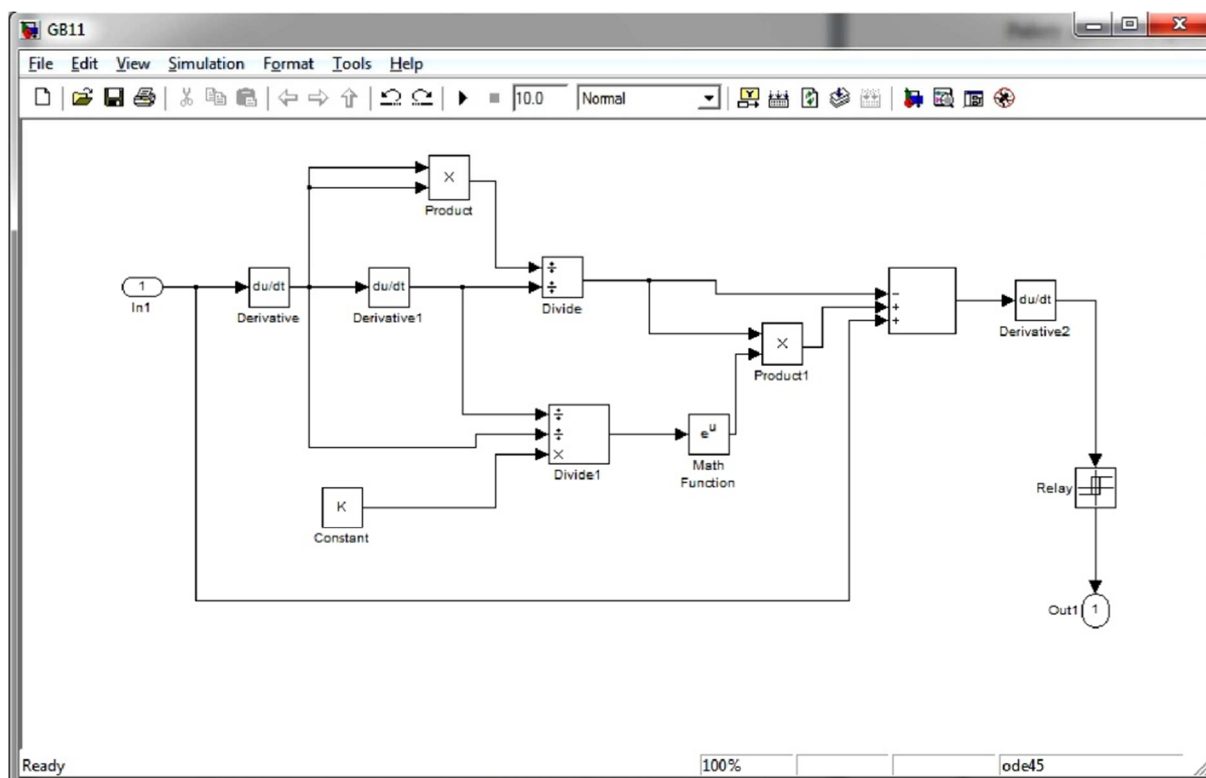


Рисунок 4 – Модель температурной защиты синхронного двигателя

С выхода блока вычисления экспоненты сигнал подадим на второй вход второго блока перемножения, при этом на первый вход этого блока подадим сигнал с выхода первого блока деления. В результате на выходе второго блока перемножения будет сформирована третья составляющая температурной кривой. Ее сигнал со знаком плюс подадим на второй вход сумматора.

После выполнения действий в сумматоре на его выходе будет сформирован сигнал температурной кривой $U(t)$. Этот сигнал подается на вход третьего блока дифференцирования. С выхода этого блока сигнал подается на релейный элемент. Если сигнал превысит некоторое установленное значение, то релейный элемент сработает и подаст сигнал на включение устройства частичной разгрузки синхронного электродвигателя.

Таким образом, полученная модель температурной защиты синхронного электродвигателя позволяет моделировать динамические процессы в системе электропитания при наличии в узле нагрузки высоковольтных синхронных двигателей, оснащенных современной температурной защитой обмоток.

Для дальнейшего использования данной модели с целью анализа систем электропитания было произведено ее маскирование и размещение в пользовательской библиотеке Simulink-5.

Литература

1. Корогодский В.И., Кужеков С.Л., Паперно Л.Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.
2. Фигурнов Е.П. Релейная защита // Учебник для вузов ж.-д. трансп. – М. : Желдориздат, 2002. – 720 с.
3. А.С. 1372449 СССР Н 02 Н 5/04. Устройство для температурной защиты электродвигателя / Б.А. Коробейников, А.И. Ищенко, Е.А. Беседин, А.М. Смаглиев и Е.И. Гарькуша. – № 4108511/24-07. – Заявл. 17.06.86. – Оpubл. 07.02.88. – Бюл. № 5.
4. А.С. 1474783 СССР Н 02 Н 5/04. Устройство для температурной защиты электродвигателя / Б.А. Коробейников, С.В. Щербин, А.И. Ищенко, Е.А. Беседин и А.М. Смаглиев. – № 4286650/24-07. – Заявл. 20.07.87. – Оpubл. 23.04.89. – Бюл. № 15.
5. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М. : ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

References

1. Korogodsky V.I., Kuzhekov S.L., Paperno L.B. Relay protection of electric motors with a voltage higher than 1 kV. – M. : Energoatomiz-DAT, 1987. – 248 p.
2. Figurnov E.P. Relay protection. Textbook for universities W.– Di. transposition. – M. : Jeldorado, 2002. – 720 p.
3. A.S. 1372449 USSR N 02 H 5/04. Device for temperature protection of the electric motor / B.A. Korobeynikov, A.I. Ishchenko, E.A. Besedin, A.M. Smagliev And E.I. Garkusha. – № 4108511/24-07. – Declared. 17.06.86. – Publ. 07.02.88. – Bull № 5.
4. A.S. 1474783 USSR N 02 H 5/04. Device for temperature protection of the electric motor / B.A. Korobeynikov, S.V. Shcherbin, A.I. Ishchenko, E.A. Besedin and A.M. Smagliev. – № 4286650/24-07. – Declared. 20.07.87. – Publ. 23.04.89. – Bull № 15.
5. Diakonov V. P. Simulink 5/6/7: Self-help Guide. – M. : DMK-Press, 2008. – 784 p.