

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА С НАЛОЖЕНИЕМ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА НА ОБМОТКУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Канд. техн. наук БОХАН А. Н.

Гомельский политехнический институт

В современных электродвигателях наблюдается увеличение скорости роста температуры обмоток при перегрузке. Это связано с уменьшением габаритов электродвигателей и увеличением плотности тока. Поэтому требуется разработка более совершенных тепловых защит, позволяющих своевременно выявлять перегрев обмоток.

В настоящее время большое распространение получили тепловые защиты со встроенными термодатчиками [1]. Для контроля температуры используются позисторы, миниатюрные терморезисторы, а также ферритовые термодатчики, у которых при определенной температуре нагрева происходит исчезновение ферромагнитных свойств. Совершенствование защит такого типа связано с разработкой термодатчиков, имеющих малую постоянную времени. Однако быстрдействие защиты зависит не только от конструктивного исполнения термодатчика, но и от величины теплового сопротивления между датчиком и медью обмотки электродвигателя. Наиболее трудным режимом для тепловых защит такого типа является режим заторможенного электродвигателя, когда через обмотки статора протекает максимальный ток. При этом происходит наибольшее отставание температуры встроенного термодатчика от температуры меди обмоток.

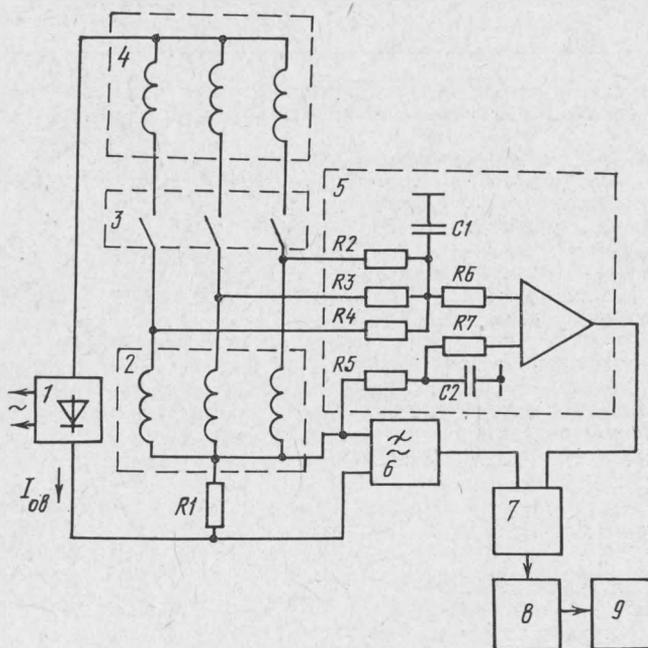


Рис. 1. Функциональная схема тепловой защиты электродвигателя

Продолжают совершенствоваться косвенные аналоговые защиты, которые, как правило, выявляют перегрев по величине тока, протекающего в обмотках. Защиты этого типа требуют дополнительной установки, как минимум, двух датчиков тока. Совершенствование косвенных защит связано с подбором аналогов, которые более точно моделируют тепловую характеристику двигателя.

Представляется эффективным способ измерения превышения температуры электрических машин без отключения их от сети, основанный на контроле сопротивления обмотки постоянному току [2]. Он применяется в электромашиностроении при испытаниях электрических машин.

В разработанной тепловой защите, функциональная схема которой приведена на рис. 1, на обмотку электродвигателя накладывается выпрямленный ток.

Вследствие неодинаковых фазных проводимостей обмотки электродвигателя в его нейтрали имеется некоторое переменное напряжение. Представив выпрямитель в нулевом проводе постоянной составляющей э. д. с. E_0 и полагая, что ток в нулевом проводе непрерывен, можно определить постоянную составляющую напряжения в нейтрали электродвигателя:

$$U_0 = \frac{E_0 g_0}{g_a + g_b + g_c + g_0}, \quad (1)$$

где g_a, g_b, g_c, g_0 — эквивалентные активные проводимости фазных ветвей и ветви нулевого провода.

Постоянная составляющая напряжения на j -й фазе обмотки электродвигателя

$$U_{0jm} = \frac{E_0 g_0 g_j}{(g_a + g_b + g_c + g_0) g_{jm}}, \quad (2)$$

где g_{jm}, g_j — соответственно активная проводимость фазы электродвигателя и эквивалентная активная проводимость фазной ветви.

Принимая

$$(g_a + g_b + g_c) \gg 0,$$

можно получить следующее приближенное выражение:

$$U_{0jm} \approx \frac{E_0 g_0}{3g_{jm}}. \quad (3)$$

Изменение температуры обмотки приводит к соответствующему изменению ее активных проводимостей. В результате произойдет изменение постоянной составляющей напряжения на фазах электродвигателя.

Полагая температурный коэффициент сопротивления равным $\alpha_\tau = 0,00411 \text{ Ом} \cdot \text{град}^{-1}$, можно определить предельно допустимые уменьшения проводимостей обмоток электродвигателей вследствие нагрева при различных классах изоляции (табл. 1). Начальная температура обмоток принимается $\tau_n = 20^\circ \text{C}$.

Таблица 1

Класс изоляции	A	E	B	F
Предельно допустимая температура, $\tau_h, ^\circ\text{C}$	105	120	130	155
Уменьшение проводимости при τ_h $\Delta g, \%$	34,9	41,1	45,2	55,5

Как видно из приведенной таблицы, изменение фазных проводимостей при нагреве обмоток весьма значительно и перегрев электродвигателя можно выявлять, контролируя постоянную составляющую напряжения на его обмотках.

В рассматриваемой защите (рис. 1) выпрямленный ток от выпрямителя 1 протекает последовательно через резистор $R1$, обмотки электродвигателя 2, контакты контактора 3, обмотки питающего трансформатора 4 и нулевой провод. Резистор $R1$ выполняется термостабильным и к нему подключается источник опорного напряжения 6, фильтрующий постоянную составляющую.

Напряжения на выходе дифференциального усилителя 5 определяется постоянной составляющей на обмотках машины, так как усилитель осуществляет фильтрацию входного сигнала. На вход нуль-органа 7 поступает сигнал с усилителя 5 и от источника опорного напряжения 6. Изменение величины выпрямленного тока, протекающего через обмотки электродвигателя, не приведет к срабатыванию нуль-органа, так как сигналы, поступающие на его вход, изменяются в равной степени (δ — элемент выдержки времени; 9 — исполнительное реле).

Увеличение температуры обмоток вызывает увеличение их активного сопротивления и соответственно изменение выходного сигнала усилителя.

При соответствующей настройке устройство защиты будет срабатывать, когда температура обмоток достигнет предельно допустимого значения.

Активные сопротивления обмоток мощных электродвигателей имеют небольшие значения. Поэтому для уменьшения величины выпрямленного тока и обеспечения высокой чувствительности защиты требуется применить усилитель с большим коэффициентом усиления и малым температурным дрейфом нуля.

Для односкоростных асинхронных электродвигателей серии 4А значение постоянной составляющей напряжения на обмотках можно оценить по рис. 2. Кривые, приведенные на нем, ограничивают область возможных значений U_{0m} при номинальных режимах электродвигателей и величине постоянной составляющей тока выпрямителя $I_{0в} = 0,01 I_{нм}$, где $I_{нм}$ — номинальный ток электродвигателя. Они позволяют определить требования к усилителю при заданной величине тока $I_{0в}$, налагаемого на обмотки электродвигателя.

В разработанном устройстве защиты для электродвигателя мощностью 110 кВт дифференциальный усилитель выполнен по структуре модулятор — демодулятор.

При величине тока выпрямителя $I_{0в} = 0,5\% I_{нм}$ обеспечивается требуемое усиление полезного сигнала и устройство надежно выполняет защитные функции.

Напряжение с выводов электродвигателя на один из входов усилителя подается резисторами $R2, R3, R4$, соединенными в звезду. Это значительно снижает величину переменного напряжения, подаваемого на вход усилителя, и облегчает задачу фильтра-

ции постоянной составляющей сигнала. Конденсаторы $C1$ и $C2$ позволяют также защитить входы усилителя от перенапряжений при неполнофазных режимах электродвигателя. Для исключения ложных срабатываний защиты при переходных процессах, связанных с резкими изменениями напряжения на обмотках электрической машины, необходимо стремиться к тому, чтобы постоянные времена блоков 5 и 6 были близки друг к другу.

Время срабатывания разработанного образца защиты обусловлено постоянной времени усилителя, которая составляет примерно 0,5 с, а также элементом независимой выдержки времени, посредством которого к органу сравнения подключается исполнительное реле. Независимая выдержка времени принята равной 1 с для исключения срабатывания защиты при кратковременных повышениях температуры обмоток, связанных с бросками тока при толчках нагрузки.

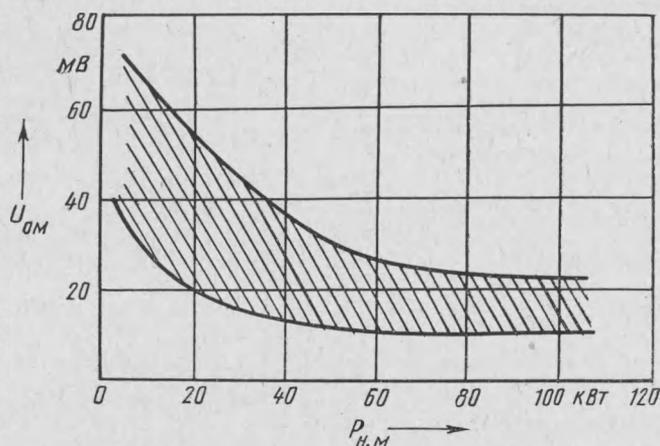


Рис. 2. Зависимость постоянной составляющей напряжения на обмотке от номинальной мощности электродвигателя (постоянная составляющая тока выпрямителя $I_{0в} = 0,01 I_{нм}$)

Проведенные испытания защиты показали, что она надежно срабатывает при перегрузке электродвигателей, а также при неполнофазных режимах. В настоящее время она находится в опытной эксплуатации на ПО «Гомсельмаш».

ВЫВОД

Предложенная тепловая защита обладает достаточно высоким быстродействием, не требует дополнительной установки трансформаторов тока или термодатчиков, встраиваемых в электродвигатель, и может применяться для низковольтных электродвигателей со схемой соединения обмотки в звезду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдянский В. А. Новые тенденции в развитии тепловой защиты электродвигателей.— Электротехника, 1974, № 12.
2. Машины электрические вращающиеся. Метод определения сопротивления обмоток без отключения машины от сети / СТ. СЭВ 1107-78, 1979.

Представлена кафедрой ЭСХ

