

**СРАВНЕНИЕ ЗАЩИТ ОТ ПЕРЕГРУЗОК АСИНХРОННОГО  
ДВИГАТЕЛЯ НА ТЕРМОРЕЗИСТОРАХ И НА ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ  
С БИМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПЛАСТИНАМИ**

**И. С. Авраамов, А. М. Паунов**

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин  
и общей электротехники)

Тепловые реле на биметаллических пластинах, используемые для защиты асинхронных двигателей от перегрузок, обладают общезвестными недостатками [3]. В работе приводится сравнение тепловой защиты на биметаллических реле, используемых в автомате АП-50 с защитой на терморезисторах типа ТР-33 с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления [1, 2, 6]. Терморезисторы данного типа имеют релейный эффект, заключающийся в скачкообразном увеличении тока при определенном значении температуры окружающей среды. Релейный эффект широко используется для защиты асинхронных двигателей от перегрева [2, 3, 4, 6]. Для защиты двигателей выбираются терморезисторы с такими температурными интервалами уменьшения сопротивления, которые соответствуют нагревостойкости изоляционного материала, примененного в машине.

Это свойство хорошо используется при фиксировании локальной температуры обмотки машины, например максимальной.

Исследуемый двигатель серии АО-51-6 с номинальными данными  $P_n=2,8$  квт,  $n_n=950$  об/мин,  $I_n=6,8$  а,  $U=380$  в подвергался тепловым испытаниям с целью определения максимальных перегревов обмотки статора при различной степени загрузки машины в длительных режимах (холостой ход;  $P=0,5 P_n$ ;  $P=0,75 P_n$ ;  $P=P_n$ ;  $P=1,15 P_n$ ;  $P=1,25 P_n$ ;  $P=1,35 P_n$  и  $P=1,5 P_n$ ), в повторно-кратковременных режимах (ПВ=40 и 60%), а также в режиме работы на двух фазах. В каждом из этих режимов были измерены средние превышения температуры обмотки статора методом сопротивления. Анализ тепловых исследований двигателя позволяет заключить следующее:

1) наиболее нагретой частью обмотки статора является лобовая часть со стороны привода, куда и были заложены три терморезистора в каждую фазу;

2) при увеличении нагрузки на двигатель возрастает перепад температур между наиболее нагретой частью обмотки и менее нагретой (средина паза);

3) при увеличении нагрузки на двигатель возрастает перепад температур между наиболее нагретой частью обмотки и средней температурой.

В качестве датчиков температуры при исследовании теплового состояния двигателя использовались медь-константовые термомпары. Кроме теплового анализа двигателя были проведены исследования тепловых защит.

На рис. 1 приведена схема сравнения защит асинхронного электро-

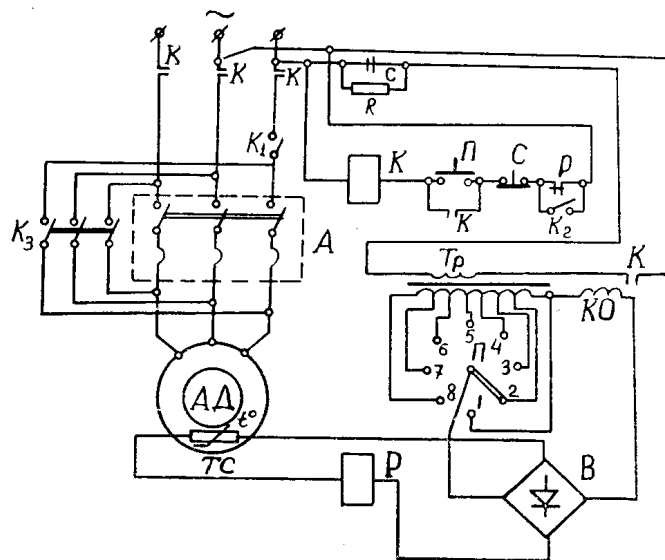


Рис. 1. Схема сравнения защит двигателя от перегрузок.

двигателя. Сравняется тепловая защита автомата АП-50-3Т, выполненная на биметаллических пластинах с устройством типа АТВ-229 для температурной защиты двигателей. Датчиком температуры обмотки двигателя является терморезистор типа ТР-33 с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления [5, 6]. Терморезистор ТС включен последовательно с катушкой промежуточного реле Р через выпрямитель В на вторичное напряжение трансформатора Тр. Размыкающий контакт реле Р включен в цепь катушки контактора К.

Для стабилизации напряжения питания цепи термодатчика трансформатор Тр снабжен компенсационной обмоткой КО, а в цепь его первичной обмотки включен конденсатор С. Такая схема позволяет обеспечить надежную работу защиты при значительных (до 50%) снижениях напряжения сети.

Температура срабатывания защиты может устанавливаться в пределах  $70\text{—}120^\circ\text{C}$  через каждые  $10^\circ$  при помощи переключателя П. Погрешность по температуре срабатывания не превышает  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Аппаратура АТВ-229 четко работает при колебаниях температуры окружающей среды от  $-40$  до  $+50^\circ\text{C}$ .

Терморезистор ТР-33 предназначен для работы в релейном режиме при контроле температур до  $+120^\circ\text{C}$  в устройствах температурной защиты и сигнализации. Он имеет температурный коэффициент сопротивления от  $-5$  до  $6\%$  на  $1^\circ\text{C}$  и постоянную времени  $30\text{—}35$  сек. В качестве нагрузки на двигатель используется генератор постоянного тока независимого возбуждения.

Пуск двигателя осуществляется включением автомата и контактора. В случае перегрева работает защита от перегрузок автомата, выполненная на биметаллических пластинах, и защита на терморезисторной защитой.

### Работа схемы

Схема сравнения защит работает следующим образом. Для пуска двигателя включается автомат А. Затем при нажатии на кнопку П включается контактор К. Двигатель пускается.

В момент перегрева работает защита от перегрузок автомата, выполненная на биметаллических пластинах, и защита на терморезисторах.

Последняя срабатывает в случае перегрева обмотки двигателя до температуры, равной температуре уставки. При этом в термочувствительной цепи, в которую включено реле Р, ток резко возрастет, реле Р срабатывает, разомкнув свой замыкающий контакт в цепи катушки контактора К. Двигатель отключается от сети.

При исследовании защиты только на биметаллических пластинах, во избежание влияния защиты на терморезисторах, замыкающий контакт Р шунтируется рубильником К<sub>2</sub>. И наоборот, при исследовании защиты на терморезисторах и устранения влияния защиты автомата автомат шунтируется рубильником К<sub>3</sub>. Рубильник К<sub>1</sub> используется для создания 2-фазного режима работы двигателя.

На рис. 2 приведены зависимости тока фазы от времени срабатывания защит двигателя при включении холодного двигателя. Здесь же, в некоторых гочках кривых, указаны перегревы обмоток, при которых происходит срабатывание. Перегрев определяется для наиболее горячих мест обмотки при помощи термопар.

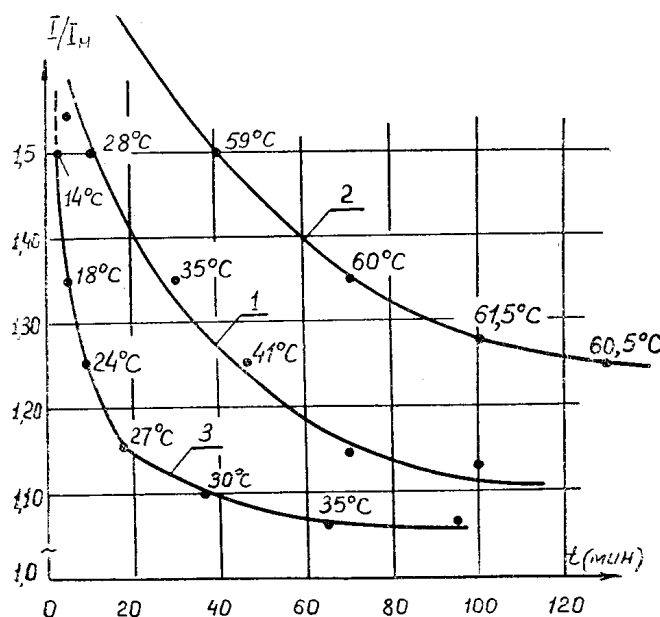


Рис. 2. Зависимости тока двигателя от времени срабатывания: 1 — тепловой защиты автомата, 2 — тепловой защиты на терморезисторах, 3 — тепловой защиты автомата при температуре окружающей среды = 60° С, двигатель в работу включался холодным

Тепловая защита автомата настраивается в соответствии с рекомендациями [2, 5].

Уставка защиты на терморезисторах выбирается с учетом класса изоляции машины (класс А) и температуры окружающего воздуха (35° С) и составляет 95° С = 60° С + 35° С.

На рис. 3 приведены зависимости тока фазы от времени срабатывания защит двигателя при включении прогретого двигателя номинальным током до установившейся температуры.

Из рис. 2 и 3 видно, что защиты на терморезисторах более точно отражают защитную характеристику двигателя. Она срабатывает согласно уставке защиты, которая ориентирована на предельную температуру изоляции. В то же время тепловая защита автомата отключает двига-

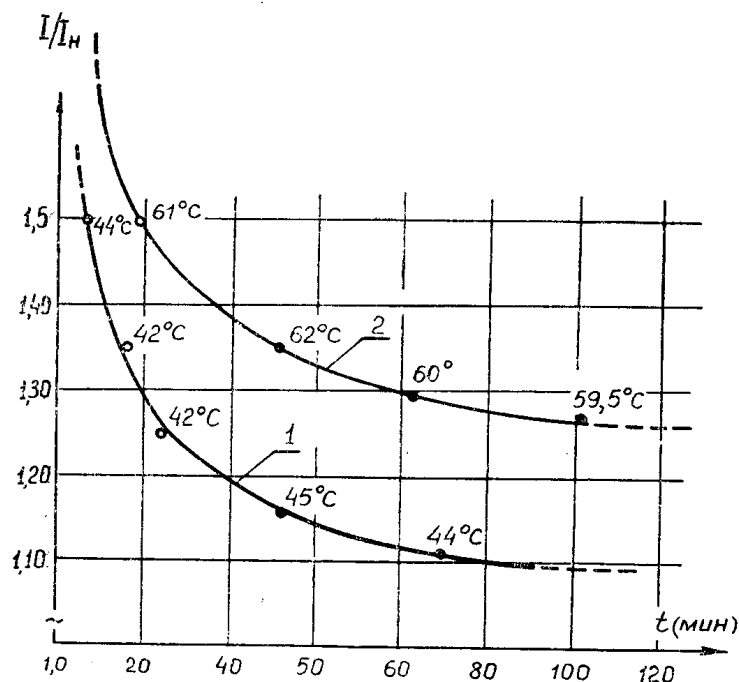


Рис. 3. Зависимости тока двигателя от времени срабатывания: 1 — тепловой защиты автомата, 2 — тепловой защиты на терморезисторах при включении двигателя в работу прогретым номинальным током до установившейся температуры

тель при пониженных перегревах, что приводит к неполному использованию двигателя по нагреву. Например, при полуторакратной перегрузке (рис. 2) тепловая защита автомата срабатывает через 10 мин, при перегреве обмотки на  $28^\circ\text{C}$ , тепловая же защита на терморезисторах срабатывает через 40 мин и перегреве на  $59^\circ\text{C}$ . В этом примере двигатель, имея защиту на терморезисторах, может дополнительно работать 30 минут. Из рис. 2 видно также влияние температуры окружающей среды на работу тепловой защиты автомата. Кривая 3 получена при помещении автомата в термошкаф с температурой  $60^\circ\text{C}$ , при этом двигатель оставался в нормальных температурных условиях ( $30\text{—}35^\circ\text{C}$ ). Настройка автомата бралась при температуре окружающей среды, равной  $35^\circ\text{C}$ .

Были проведены исследования тепловой защиты на терморезисторах и при других уставках температур срабатывания. Они показали четкую и надежную работу данной защиты. Например, при настройке на перегрев  $50^\circ\text{C}$  защита срабатывала при температурах, равных  $50\text{—}52^\circ\text{C}$ .

Проведен анализ работы защит при 2-фазном режиме работы двигателя при  $1,25 P_n$ ;  $P_n$ ;  $0,75 P_n$ ;  $0,6 P_n$  до обрыва фазы. Например, двигатель включался в сеть в нормальном режиме работы с номинальным током. После того как он увеличивал скорость до номинальной, производился обрыв одной фазы. На рис. 4 показаны кривые срабатывания защит при работе в 2-фазном режиме. Наиболее быстродействующей здесь явилась тепловая защита автомата. Это единственный случай, где защита автомата проявила свои положительные качества.

Сравнение 2-х видов защит позволяет сделать следующие выводы.

1. Надежная и четкая работа тепловой защиты на терморезисторах наблюдается в следующих режимах работы двигателей: а) в длительном с перегрузками, б) при работе на 2 фазах, в) в повторно-кратковременных режимах, г) при работе с заторможенным ротором.

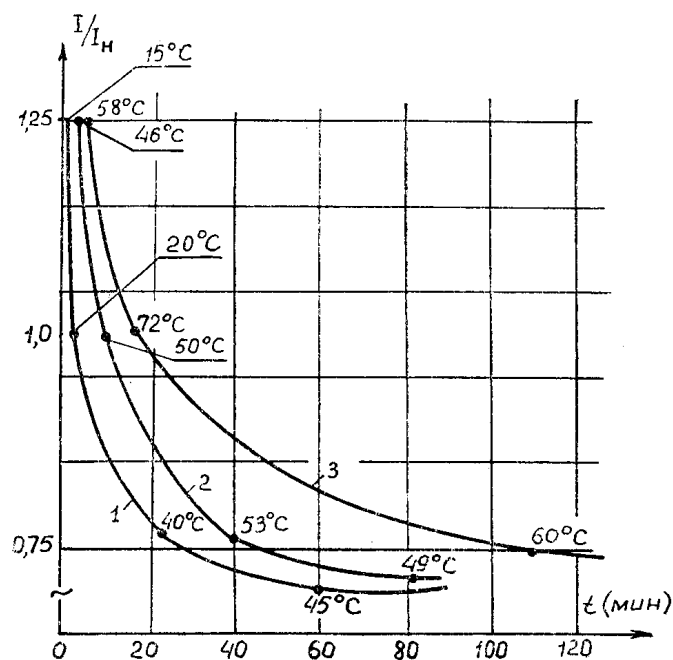


Рис. 4. Зависимости тока двигателя от времени срабатывания при работе двигателя на двух фазах: 1 — тепловая защита автомата, 2 — тепловая защита на терморезисторах, настроенная на перегрев 50°С, 3 — защита на терморезисторах, настроенная на перегрев 60°С

2. На работу защиты с терморезистором не влияет окружающая среда.

3. Применение терморезисторов в качестве защитных средств позволяет полнее использовать электродвигатель по нагреву.

4. Система защиты на терморезисторах по сравнению с тепловой защитой автомата АП-50 ЗТ или магнитного пускателя ПМЕ-222 в несколько раз дороже. Однако при правильной эксплуатации этой защиты, с учетом ее повышенной точности и надежности, целесообразно рекомендовать защиту на терморезисторах для промышленных приводов, особенно работающих в тяжелых тепловых режимах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Удалов. Полупроводниковые датчики. М.—Л., Изд-во «Энергия», 1965.
2. Е. Н. Зимин. Защита асинхронных двигателей до 500 в. М.—Л., Изд-во «Энергия», 1967.
3. Ю. В. Зайцев, А. Марченко. Защита электрических машин при помощи полупроводниковых терморезисторов. «Электротехническая промышленность», вып. 798, 1968.
4. В. А. Клейменов. Тепловая защита асинхронных электродвигателей. М., Отделение ВНИИЭМ, 1966.
5. Центральный институт научно-технической информации электротехнической промышленности и приборостроения. Автоматические выключатели типа АП-50.
6. Номенклатура изделий предприятий на 1967 год. «Севкавказэлектроприбор».