



Устройство защиты экскаваторных двигателей

Ковалев А.И., Сапрыкин Д.К.,
 Степанченко В.Н., ОАО "ЮГОК",
 Хижняк В.Я., КФ НМетАУ,
 Кобзарь В.И. ООО "АВТОМЭЛ", г. Кривой Рог

Экскаваторы типа ЭКГ-8 и ЭКГ-10, используемые в карьерах, снабжены приводами постоянного тока, которые обеспечивают передвижение экскаватора, подъем и опускание ковша, забор груза, его перемещение и выгрузку. Привода выполнены по системе "Генератор - двигатель". Общее количество двигателей - восемь (три привода двухдвигательные). ПВ двигателей - 80%. Системы регулирования позволяют выполнять работу приводам на так называемых упорных характеристиках. Например, при остановке двигателя напора за счет попадания ковша на скальный грунт ток двигателя достигает максимально допустимой величины, равной $2,1 \cdot I_n$ (I_n - номинальный ток двигателя). Через время, определяемое параметрами время-токовой характеристики, двигатель отключается. Момент времени повторного включения двигателя ничем не лимитирован. Поэтому машинист после отключения двигателя производит те же самые действия, ток снова достигает тока упора и т.д. Такой режим работы приводит к перегреву двигателя, ухудшению изоляции и, в

конечном счете, к выходу двигателя из строя. А этого допускать, конечно же, нельзя. Необходима защита, позволяющая автоматически определять факт тепловой перегрузки двигателя и его отключение при этом.

Существующие устройства защиты и системы регулирования, работающие на принципах "жесткой" логики, не обеспечивают определение тепловой нагрузки двигателя. Вот почему и была поставлена задача разработки, изготовления, испытаний и внедрения опытно-промышленного образца устройства защиты экскаваторных двигателей.

На страницах журнала "ПиКАД" (№3-2005, стр.12-14) были описаны микропроцессорные средства для защиты двигателей переменного тока от перегрузок. Однако из-за принципиальной разницы приводов и их назначения из этих решений можно использовать разве что только самый общий подход.

Принцип работы созданного устройства защиты основан на измерении тока нагрузки двигателей, расчета эквивалентного значения тока и выдачи сигнала на отключение двига-

теля, если величина эквивалентного тока превышает номинальный ток двигателя. Лучшим пояснением сказанного является график тока при работе двигателя подъема, где броски тока обусловлены фактом потери контакта зубьев ковша с грузом при его заборе.

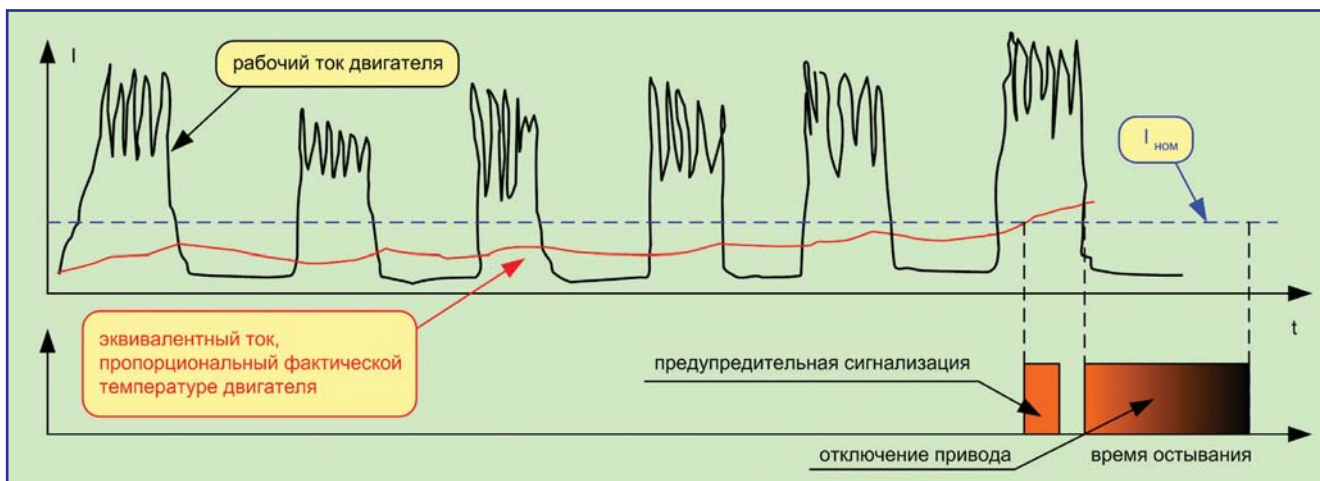
Эквивалентный ток определяется как:

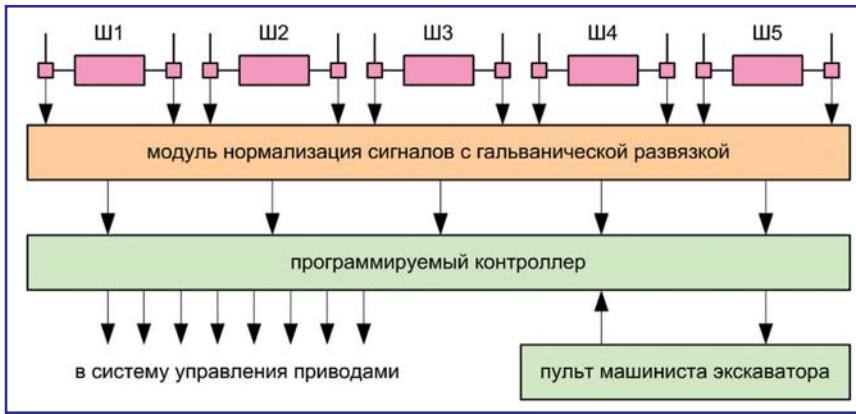
$$I_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_k^2 t_k}{\sum t_i}}$$

Для рассматриваемых условий t_i взято равным Δt , где Δt - период съема и обработки сигналов датчиков. Поэтому эквивалентный ток можно определять таким выражением:

$$I_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_k^2}{K}}$$

где K - количество циклов, длительностью Δt , требуемых для принятия решения о загрузке привода (см. ниже численные значения время-токовой характеристики), т.е. по существу это время в секундах.





В состав технических средств устройства защиты включены:

- шунты в силовых цепях приводов;
- модули гальванической развязки и нормализации сигналов; шунт плюс канал модуля гальваноразвязки можно условно назвать датчиком тока;
- программируемый контроллер;
- пульт ввода-вывода данных;
- блок питания.

В качестве контроллера, модуля гальваноразвязки и операторского пульта в разработанном образце устройства защиты были использованы модели PSA-04, PSA-01 и HMI-245 отечественных производителей ("ПРОМСАТ", "ХОЛИТ Дэйта Системс", Киев), а вот в качестве источника питания был применен недорогой, но надежный, S25-24 от хорошо себя зарекомендовавшей фирмы MeanWell (Тайвань).

В программном обеспечении контроллера реализован достаточно простой алгоритм работы, на упрощенной блок-схеме которого приняты следующие обозначения:

Δτ - период съема и обработки сигналов датчиков;;

Z - признак, формируемый при выдаче команды на отключение привода;

T - текущие показания счетчика времени;

T₀ - показания счетчика времени в момент отключения двигателя при перегрузке;

T_з - заданное время "остывания" двигателя (для каждого двигателя это время индивидуально, а, кроме того, время "остывания" зависит от времени года);

γ - признак, разделяющий показания датчиков на моменты времени, соответствующие текущим **α** и последующим **β** показаниям датчика относительно **Δτ**;

α - ячейка для хранения показаний датчика, соответствующих моменту времени **Δτ_i**;

β - ячейка для хранения показаний датчика, соответствующих моменту времени **Δτ_{i+1}**;

Сч - ячейка для хранения количества циклов работы программы (количество сигналов **Δτ**);

v - адреса ячеек для хранения среднеквадратических значений тока **I_v**;

I_v - ячейки для хранения среднеквадратических значений тока, вычисленных как квадрат среднеарифметического значения тока на двух соседних обращениях контроллера к датчику тока;

K - константа, определяющая требуемое время измерения по время-токовой характеристике;

ΔI - допуск на принятие решения об отключении двигателя.

Обслуживание одного привода можно представить четырнадцатью операторами алгоритма:

■ оператор 1 обеспечивает цикличность работы алгоритма через 15 мсек.;

■ оператор 2 проверяет условие "Было ли отключение привода?";

■ оператор 3 выполняет контроль времени, необходимого на остывание двигателя;

■ оператор 4 разрешает включение привода и обнуляет признак **Z**;

■ оператор 5 организует ветвление, при первом входе в программу обеспечивает работу оператора 6, а при следующих - работу оператора 8;

■ оператор 6 выполняет прием сигнала датчика тока в ячейку **α**, формирует команду на включение привода, заносит единицу в ячейку для хранения признака **γ** и обнуляет ячейку счетчика количества циклов;

■ оператор 7 в каждом цикле выполняет пересылку показания датчика тока из ячейки **β** в ячейку **α**;

■ оператор 8 выполняет прием сигнала датчика тока в ячейку **β**, заносит единицу в счетчик и формирует адрес ячейки **v**;

■ оператор 9 рассчитывает значе-

ние среднеквадратического значения тока на двух соседних обращениях контроллера к датчику тока;

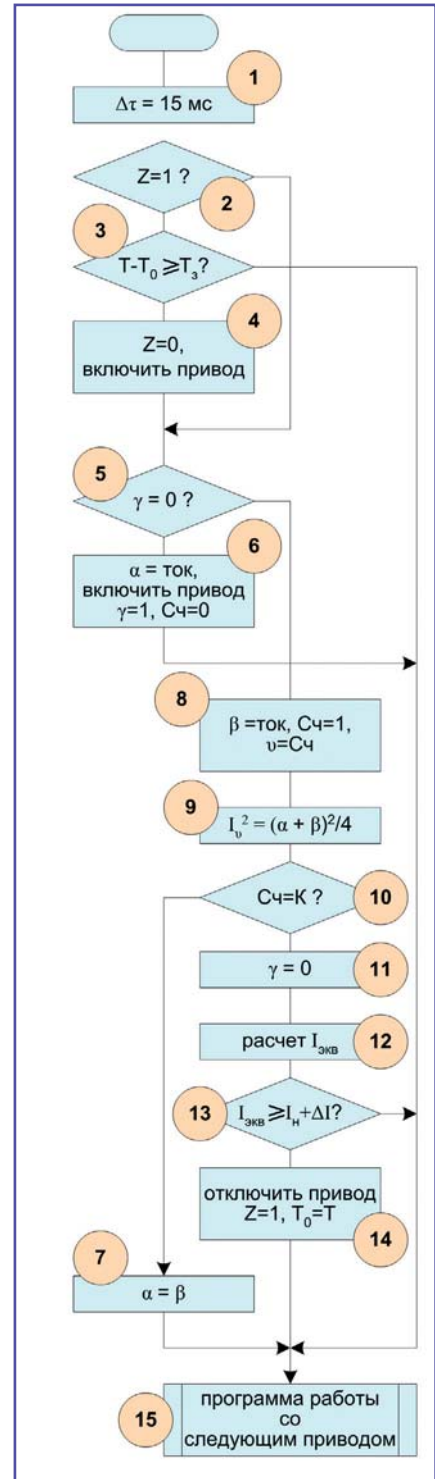
■ оператор 10 проверяет условие выполнения требуемого количества циклов контроля;

■ оператор 11 обнуляет признак **γ** при выполнении условия оператора 10,

■ оператор 12 выполняет расчет **I_{экв}** по приведенной выше формуле;

■ оператор 13 проверяет выполнение условия отключения двигателя;

■ оператор 14 отключает двига-



ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1	825A5с 600A8м	605A50с 11:38
2	Включение ДП Разрешено	
3	Перегрев ДП отключ 09:15 на 30 мин	
4	0-1.2I _н 0-1.8I _н	0-1.5I _н 1-2.1I _н

тель при выполнении условия оператора 13, признак Z в единичное состояние и запоминает время отключения двигателя.

Ну а что же машинист экскаватора наблюдает на экране пульта? В зависимости от режима работы привода ему предоставляется информация в одном из четырех возможных форматов:

В окно 1 информация выдается постоянно, в окно 2 - при отключении двигателя, в окно 3 - при окончании времени остывания. В окно 4 информация выдается по запросу. А расшифровывается она следующим образом. В первом окне первые три цифры - это величина эквивалентного значения тока в амперах за время соответственно равное 5 сек, 50 сек и 8 минут, цифры в правом нижнем углу - время включенного состояния устройства защиты в часах и минутах. Информация во втором окне в комментариях не нуждается. В третьем окне индицируется время отключения двигателя (9 часов 15 минут от момента включения устройства защиты) и требуемое время на остывание (30 минут). В четвертом окне цифры до тире - количество случаев выполнения условий время-токовой характеристики за время работы устройства. Из рассмотренного примера следует, что за время 11 час 38 минут один раз было выполнено условие отключения двигателя из-за перегрузки на токе упора.

К сожалению, в связи с отсутствием в контроллере часов реального времени, время продолжительности работы выдается машинисту в абсолютной величине с началом отсчета от момента включения контроллера.

И тем не менее, созданный образец устройства защиты экскаваторных двигателей характеризуется неплохими техническими параметрами:

- количество обслуживаемых приводов - до 5;
- погрешность определения фактического тока нагрузки - не более 3%;
- м а к с и м а л ь н о е входное напряжение с шунта при нахождении привода в состоянии тока упора - 75 мВ;
- период съема и обработки сигналов датчиков - 0,015 сек;
- время - токовая характеристика устройства защиты для двигателя подъема в табличной форме:

2.1 I _н - 5 сек,	1.8 I _н - 15 сек,
1.5 I _н - 30сек,	1.2 I _н - 120 сек;
- выходные сигналы управления - восемь размыкающих "сухих" контактов (напряжение 220 В, ток до 5А);
- автоматическое определение факта "закорачивания" выходных сигналов;
- напряжение питания - 220 В, 50 Гц;
- потребляемая мощность - не более 7 Вт;
- габаритные размеры 300x250x150 мм;
- степень защиты - IP65;
- диапазон рабочих температур составляет -20°С..+50°С.



Монтаж комплектующих устройства в корпус шкафа NRP-12 выполнен на DIN-рельс. Корпус шкафа также с помощью двух DIN-рельс четырьмя болтами М10 прикреплен к стене кабины машиниста экскаватора. Ввод линий связи выполнен через разъем типа СШР32. Установлено, что через месяц эксплуатации крепление комплектующих (контроллер, блок питания, пульт и т.п.) к DIN-рельсу и шкафа к стене не ослабло. И у разъема типа ШР контакт не исчез, но примерно на один виток резьбы "сошла" ответная часть разъема. После подтяжки и контровки схода ответной части разъема более не наблюдалось.

В заключение отметим, что опытно-промышленный образец рассмотренного устройства был установлен для защиты двигателя подъема экскаватора № 5 в карьере ОАО "ЮГОК" в мае текущего года. За период более чем двухмесячной эксплуатации сбоев и отказов обнаружено не было. Количество срабатываний защиты за этот период времени - 12.



КОНТАКТЫ:

т. (0564) - 26 1529
e-mail: automel@ukr.net