

Определение временных пусковых параметров электродвигателя для адаптивной блокировки его защиты

Д. Е. МАРУСЬКИН, К.И. НИКИТИН, Д. С. ОСИПОВ, А. А. ПЛАНКОВ
Омский государственный технический университет
Российская Федерация

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электродвигатель, пуск, самозапуск, токовая защита, блокировка, перегрузка

АКТУАЛЬНОСТЬ

Защита от перегрузки электродвигателя (ЭД), отстраивается с большим запасом от максимально возможного времени [1] его пуска (или самозпуска). Важным фактором является то, что ЭД должен запуститься до того момента, пока его температура (в случае тяжелого затянувшегося пуска) не превысит температуру термического пробоя изоляции (назовем ее критической температурой). До этого момента как раз и должна сработать упомянутая защита. Сложность в том, что отличить короткое замыкание (КЗ) в ЭД от пуска очень сложно. Возможны следующие ситуации:

а) затянувшийся пуск с благоприятным исходом. Длительный пуск, при котором температура не повышается больше критической;

б) затянувшийся пуск с неблагоприятным исходом. Длительный пуск, при котором температура превышает критическую, двигатель повреждается, спустя время больше уставки отключается защитой. Такой режим исключается, так как он связан с неправильной настройкой защиты;

в) короткое замыкание в ЭД при включении. Защита не может различить КЗ от пускового тока, и сверхтоки воздействуют на ЭД, усугубляя повреждение, после чего он становится неремонтопригодным.

Известно [1], что ток пуска (самозпуска) ЭД в первый момент увеличивается (рис.1) в несколько раз (до 5...7).

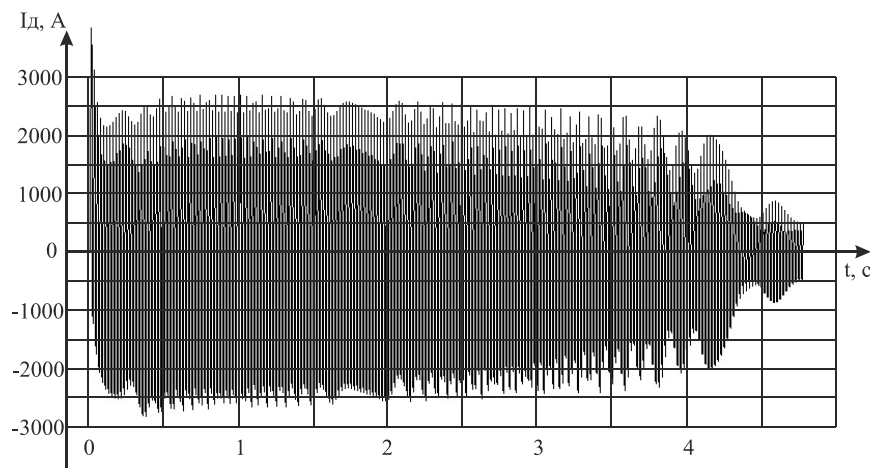


Рис. 1. Осциллограмма тока затянувшегося пуска 8 МВт ЭД.

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Предлагается [2, 3] контролировать изменение величины тока во время включения выключателя ЭД, а дополнительным фактором, повышающим достоверность процесса пуска является контролирование изменения величины фазы тока относительно напряжения. Проведены моделирование и эксперименты для определения временных пусковых параметров электродвигателя, чтобы обосновать адаптивную блокировку его защиты. Были рассчитаны при пусках (и самозпусках) ЭД изменения во времени его параметров: U - напряжения, I_d - тока, s - скольжения и φ - фазы, которые приведены на рис. 2 и хорошо согласуются с экспериментальными данными.

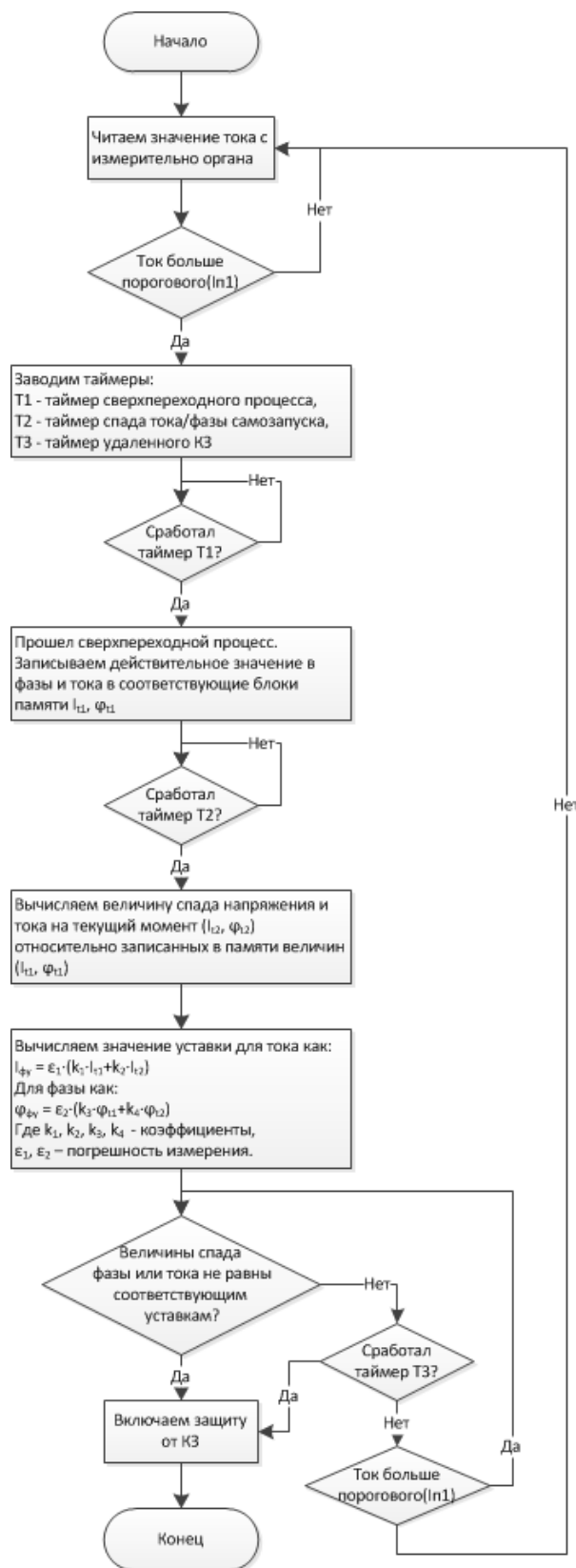


Рис. 3. Адаптивный алгоритм распознавания пуска ЭД

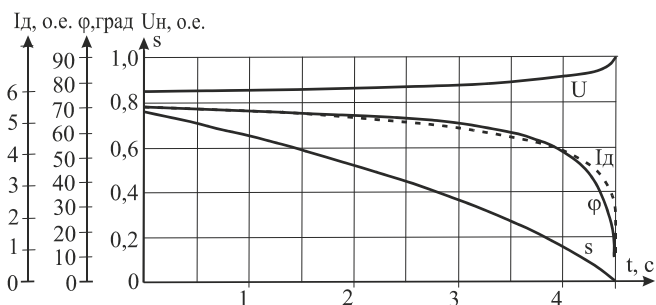


Рис. 2. Зависимости изменения U , I_d , s и φ во времени.

Анализируя приведенные графики зависимостей можно несколько уменьшить время действия защиты и не считать по традиционной формуле:

$$t_{c,3} = t_{c,3п} + \Delta t,$$

где $t_{c,3}$ – время срабатывания защиты, Δt – ступень селективности.

Если уставку сделать адаптивной, т.е., следящей за уменьшением тока [2] и его фазы [3], как дополнительного параметра, повышающего надежность, то время можно уменьшить на 10...20%. В соответствии с рис.1, наименьшее время защиты по традиционной методике равно $t_{c,3} = 4,5 + 0,5 = 5$ с (если считать 4,5 с – наиболее длительный пуск ЭД). Используя графики можно сделать вывод, что уже к 4 с мы с уверенностью можем определить пуск (самозапуск) ЭД.

Предлагается использовать адаптивный алгоритм (рис. 3) для реализации на программируемых контроллерах. Входными параметрами алгоритма являются стандартный набор характеристик отдельных двигателей и режима их нагрузки. По схеме питания секции двигателей, с заявленными характеристикам, формируются параметры ЭД. Расчет формы кривой тока в алгоритме выполняется для самого тяжелого случая – запуск с подключенной нагрузкой из полностью остановленного положения. В таком тяжелом случае, затраты энергии на разгон двигателей будут максимальными, соответственно, запуск максимально длительным, а убывание пускового тока самым медленным. В любом, более легком случае убывание пускового тока будет интенсивнее, а значит, критерий отстройки будет выявляться четче.

Получив характеристики ЭД, возникает задача рассчитать значения трех временных интервалов для алгоритма:

- интервал переходных процессов;
- интервал проявления спада токов самозапуска;
- интервал защиты от перегрузки;

Интервал переходных процессов характеризует период времени, в течение которого уменьшается до допустимого уровня влияние переходных процессов включения питания на энергосистему. В этот период, любые суждения о

форме кривой тока будут ошибочны в связи с тем, что величины переходных токов могут быть весьма существенны, и исказить картину, как при коротком замыкании, так и при самозапуске ЭД.

Интервал проявления спада токов самозапуска характеризует период времени, в течение которого КПД разгона двигателя минимальное, а просадка напряжения максимальная, в связи с чем, снижение тока самозапуска самое неинтенсивное. После этого периода, КПД двигателя и внутреннее сопротивление обмотки статора увеличивается, потому падение кривой тока становится более интенсивным, а значит, доступным для анализа. С этого момента выявление ситуации самозапуска становится достаточно достоверным для принятия решения.

Интервал защиты от перегрузки, это как раз тот период, для отстройки от самозапуска, который применяется в настоящее время. Этот интервал характеризует время, необходимое для падения напряжения на достаточном уровне, чтобы выявить отбросить или подтвердить ситуацию самозапуска по величине мгновенной амплитуды.

Сигналом для срабатывания механизма отстройки от самозапуска является переход огибающей тока определенного критического порога, после которого, ток достигает величин сопоставимых с величинами тока КЗ. В данный момент запускаются все три таймера: таймер переходных процессов (Т1), таймер самозапуска (Т2) и защиты от перегрузки (Т3).

По условиям, величины интервалов таймеров соотносятся следующим образом:

$$T1 < T2 < T3$$

При срабатывании Т1 разрешается работа обработчиков срабатываний таймеров Т2 и Т3. Таким образом алгоритм отстраивается от переходных процессов.

При срабатывании таймера Т2, выполняется расчет скорости изменения тока и фазы ЭД. Данные величины нормируются рассчитанными и заданными заранее уставками срабатывания защиты, учитывающими максимальную нагрузку и остановленное состояние роторов двигателей. При малой величине падения тока и фазы, принимается решение о выявлении КЗ. Если же падение напряжения достаточно велико, алгоритм продолжает функционировать до срабатывания Т3 постоянно проверяя превышение величиной тока значения первоначальной уставки выявления КЗ. При снижении тока ниже первоначальной уставки до срабатывания Т3 алгоритм отключается.

При срабатывании Т3 проверяется, превышает ли величина тока первоначальную уставку тока КЗ, если превышает, выносится решение об определении КЗ. После чего алгоритм отключается.

ВЫВОДЫ

Благодаря чему показано, что за время, составляющее $\frac{2}{3}$ от процесса пуска ЭД можно его распознать и отличить от КЗ. При стандартном времени отстройки (10 секунд) оно уменьшается приблизительно на 3 с. Это позволяет на такую величину уменьшить время воздействия КЗ на ЭД, тем самым, сохранив его для ремонта. Предлагаемая блокировка может использоваться для любых существующих электромеханических и для микропроцессорных защит, у которых нет гибкой логики и в которые невозможно запрограммировать предлагаемый адаптивный алгоритм. Предлагается алгоритм для его использования в проектируемых микропроцессорных защитах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корогодский В.И. и др. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. / В.И. Корогодский, С.Л. Кужеков, Л.Б. Паперно. М.: Энергоатомиздат, 1987. 248 с.
2. Пат. 1808160 СССР, МКИ5 Н02Н 3/08. Устройство токовой защиты электроустановки от коротких замыканий / М. Я. Клецель, А. Г. Кошель, А. Н. Метельский, К. И. Никитин, В. В. Челпаченко ; – № 4638583/07 ; заявл. 29.06.90 ; опубл. 07.04.93, Бюл. № 13. – 3 с.: ил.
3. Пат. 2168824 Российская Федерация, МКИ7 Н02Н 3/10, 3/38. Способ токовой защиты электроустановки от коротких замыканий / К. И. Никитин, Е. К. Никитин, Т. С. Стрижак ; - № 99125091/09 ; заявл. 29.11.99 ; опубл. 10.06.2001, Бюл. № 16. – 4 с.: ил.