

О ВВЕДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БАЗОВЫХ ТЕРМИНОВ В ДИСЦИПЛИНУ «ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА»

*Миронов В.В., Токарев Л.И.,
Херсонский государственный морской институт,
Драгомарецкий Г.Г.,
ИПО «Одесский морской тренажерный центр», Херсонский филиал*

Введение. Термины и определения понятий в области электротехники устанавливаются соответствующими государственными стандартами. Отсутствие стандартизированных терминов и определений вызывает значительные неудобства в практической деятельности и в процессе обучения.

Изложение материала статьи. В настоящей статье предлагается временное, до появления соответствующего стандарта, введение 4-х определений:

- 1) нулевая защита;
- 2) минимальная защита;
- 3) опрокидывание электродвигателей;
- 4) саморегулирование электродвигателей.

1. Нулевая защита.

Как известно, нулевая защита предотвращает автоматическое повторное включение электроприводов, перед этим отключившихся вследствие отклонения параметров питающей сети или самого устройства (механизма) от допустимых значений.

В отсутствие этой защиты при восстановлении параметров питающей сети или самого устройства происходило бы не контролируемое человеком самопроизвольное включение электропривода, что может привести к аварии.

В используемых же учебниках и справочниках приводятся неточные и неполные определения упомянутого вида защиты.

Например, в подготовленном с использованием автоматизированного банка стандартизированных терминов Совтерм [1], определение понятия «нулевая защита» отсутствует.

В [2] приведено такое определение понятия «нулевая защита»: «Нулевая защита обеспечивает защиту от самозапуска двигателей при чрезмерном снижении или кратковременном исчезновении напряжения питающей сети». Недостаток такой формулировки состоит в том, авторы предполагают, что такая защита реагирует только на изменение напряжения.

В [3] есть несколько расширенное понятие: «Нулевая блокировка. Отключает привод при кратковременном исчезновении напряжения, в том числе и при срабатывании защиты от перегрузки. Определяет возможность ввода в действие электропривода только из нулевого положения поста управления». В приведенной формулировке вместо термина «нулевая

защита» используется термин «нулевая блокировка». Кроме того, отключение привода может произойти не только вследствие срабатывания защиты от перегрузок, но и в других случаях, например, при недопустимом изменении скорости, давления и т.п.

В [4] определение понятия «нулевая защита» не приводится, но есть такое: «На фидерах, отходящих от распределительных щитов, питающих электрические двигатели мощностью выше 0,5 кВт, должны устанавливаться устройства защиты от токов короткого замыкания и перегрузок, а также устройство нулевой защиты, если не требуется повторного автоматического пуска электрического двигателя. Защитные устройства по перегрузке и нулевой защите допускается устанавливать в пусковых устройствах электрических двигателей».

В [5] не приводится определение «нулевая защита», но есть такое (том 1-й): «Разновидностью реле напряжения являются нулевые реле, у которых задается только напряжение срабатывания, а отключение гарантируется при полном исчезновении напряжения. В узлах нулевой защиты используются, как правило, нулевые реле». Это утверждение не совсем правильно, так как на практике используемые в узлах нулевой защиты реле напряжения отключают питание при снижении напряжения до определенного значения, а не только «при полном исчезновении напряжения».

Из сказанного следует, что до сих пор в электротехнике отсутствует определение понятия «нулевая защита».

Значительный опыт работы на судах в качестве электромехаников и в учебных заведениях позволяет авторам статьи предложить как временное, до появления соответствующего стандартизированного определения, такое: *«Нулевая защита предназначена для предотвращения автоматического включения питания электротехнического устройства после исчезновения причин, перед этим вызвавших отключение этого питания».*

К таким причинам относятся недопустимое отклонение от заданных значений параметров питающей сети, электродвигателя и механизма».

К параметрам питающей сети относятся:

- 1) на постоянном токе – напряжение;
- 2) на переменном токе – напряжение и частота тока.

При снижении напряжения отключается:

- 1) в нерегулируемых приводах – линейный контактор;
- 2) в регулируемых – реле напряжения.

К параметрам двигателя можно отнести ток обмотки якоря (ротора) или статора.

При увеличении тока обмотки якоря сверх допустимого срабатывает, как правило, реле тока, тока обмотки статора – тепловое реле. Это также приводит к отключению линейного контактора или реле напряжения.

К параметрам механизма относятся давление, температура, частота вращения и т.п. Размыкающие контакты реле, контролирующих эти

параметры, включаются в цепь катушки линейного контактора (реле напряжения). При недопустимом отклонении параметров, контролируемых этими реле, их контакты размыкаются.

В качестве примера можно предложить схему нереверсивного магнитного пускателя (рис. 1).

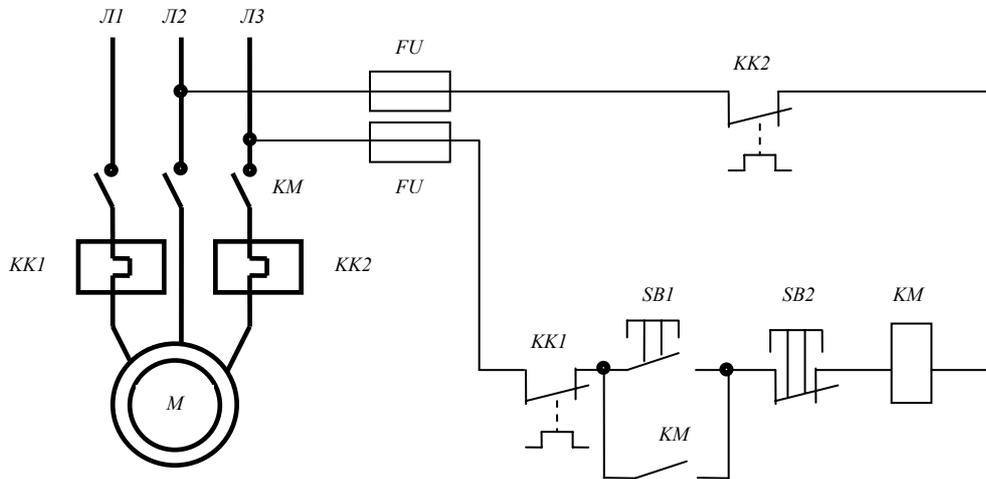


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема нереверсивного магнитного пускателя

В этой схеме при понижении напряжения питающей сети или срабатывания теплового реле КК1 (КК2) линейный контактор отключается КМ, а после восстановления напряжения или замыкания контактов теплового реле контактор можно включить только после нажатия кнопки SB1 «Пуск».

Нулевая защита применяется во всех судовых электроприводах, кроме рулевых.

2. Минимальная защита.

Минимальная защита используется только в рулевых электроприводах (рис. 2).

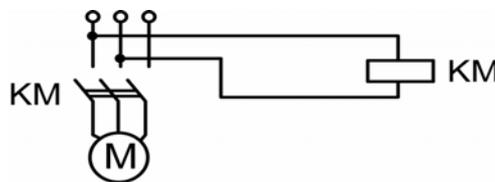


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема минимальной защиты

Схема на рис. 2 работает так:

при наличии напряжения контактор КМ включен, электродвигатель работает.

При снижении напряжения до значения напряжения отпускания, якорь контактора отпадает, контакты КМ в силовой части схемы размыкаются, двигатель отключается от сети.

При восстановлении напряжения до значения напряжения втягивания якорь притягивается, контактор включается, подключая электродвигатель к сети.

Таким образом, минимальная защита представляет собой защиту *по снижению напряжения*.

Поэтому для этого вида защиты можно предложить такую формулировку: «*Минимальная защита по напряжению предназначена для автоматического включения питания электротехнического устройства после восстановления напряжения*».

Этот вид защиты применяется только в рулевых электроприводах. Как следует из схемы, для повторного, после восстановления напряжения, включения электродвигателя не требуется участие человека. Тем самым повышается безопасность мореплавания.

3. *Опрокидывание электродвигателей.*

Опрокидывание может наблюдаться в электроприводах как постоянного, так и переменного тока.

Для понятия «*опрокидывание электродвигателя*» может быть предложена следующая формулировка: «*Опрокидыванием электродвигателя называют его переход из нормального режима работы в режим стоянки под током или режим тормозного спуска (реверса)*».

Условия и последствия опрокидывания электродвигателей переменного и постоянного тока – разные.

Двигатель постоянного тока в результате опрокидывания перейдет:

1) в режим стоянки под током при выполнении условия: если $M_{ст} = M_{к.з}$, т.е. статический момент механизма равен моменту короткого замыкания двигателя (моменту стоянки). В данном случае характер статического момента механизма не имеет значения;

2) в режим тормозного спуска при выполнении двух условий: а) если $M_{ст} > M_{к.з}$; б) статический момент механизма – активный.

Двигатель переменного тока в результате опрокидывания перейдет:

1) в режим стоянки под током при выполнении двух условий: а) если $M_{ст} > M_{кр}$, т.е. статический момент механизма больше критического момента двигателя; б) статический момент механизма – реактивный;

2) в режим тормозного спуска при выполнении двух условий: а) если $M_{ст} > M_{кр}$; б) статический момент механизма – реактивный.

Причины опрокидывания 3-фазных асинхронных двигателей следующие:

1) провал напряжения судовой сети;

2) повышение частоты тока питающей сети при частотном регулировании по закону: $f_1 = \text{var}, U_1 = \text{const}$;

3) при переключении обмотки статора с «треугольника» на «двойную звезду» при регулировании скорости изменением числа пар полюсов.

4. Саморегулирование электродвигателей постоянного и переменного тока.

Понятие «саморегулирование», формулировка которого предлагается ниже, имеет ключевое значение в понимании физических процессов, происходящих в системе «механизм-электродвигатель».

В основе этого явления лежит закон сохранения энергии.

Предлагается такая формулировка понятия «саморегулирование электродвигателя»: «Саморегулированием электродвигателя называют процесс автоматического изменения электромагнитного момента двигателя вследствие изменения статического момента механизма».

Для электродвигателей постоянного тока процесс саморегулирования можно записать в виде логической цепочки:

$$M_{cm} \uparrow \rightarrow \omega_{ог} \downarrow \rightarrow E = c\omega_{ог}\Phi \downarrow \rightarrow I_a = \frac{U - E}{r_a} \uparrow \rightarrow M = cI_a\Phi \uparrow$$

Словами: при увеличении механической нагрузки на валу (статического момента M_{cm}) скорость электродвигателя $\omega_{ог}$, а значит, значение противоэлектродвижущей силы обмотки якоря двигателя E уменьшаются, что приводит к увеличению тока якоря I_a и электромагнитного момента M .

Таким образом, сравнивая начало и конец логической цепочки, можно сделать вывод: увеличение статического момента механизма автоматически приводит к увеличению электромагнитного момента двигателя.

Аналогичная цепочка может быть записана для асинхронных электродвигателей.

При уменьшении статического момента механизма процесс протекает в обратном порядке.

Для синхронных неявнополюсных двигателей, у которых в пределах рабочего участка угловой характеристики $P(\theta)$ скорость ротора неизменна, логическая цепочка выглядит так:

$$M_{cm} \uparrow \rightarrow \theta \uparrow \rightarrow P = m \frac{UE_0}{X} \sin \theta \uparrow \rightarrow M_{эм} = \frac{P}{\omega} \uparrow,$$

где θ – угол отставания оси ротора от оси магнитного поля статора;

m – число фаз обмотки статора;

U – фазное напряжение обмотки статора;

E_0 – э.д.с. обмотки статора;

X – синхронное индуктивное сопротивление.

При уменьшении статического момента механизма процесс протекает в обратном порядке.

Аналогичную цепочку можно записать для синхронных явнополюсных двигателей.

Выводы. Предложения, изложенные в статье, позволят устранить разночтения в трактовке некоторых базовых понятий в теории

электропривода и тем самым облегчить изучение и применение на практике этих понятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехника. Терминология : справочник. – М. : Издательство стандартов, 1989.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М. : Энергоатомиздат, 1983.
3. Бабаев А.М., Ягодкин В.Я. Автоматизированные судовые электроприводы. – М. : Транспорт, 1986.
4. Правила классификации и постройки морских судов (Правила Регистра). – СПб. : Регистр, 2008.
5. Судовые электроприводы : справочник в 2-х томах. – Л. : Судостроение, 1983.