УДК 62-83:621.3

А.Я.МИКИТЧЕНКО, В.В.САФОШИН,
А.А.АРТЕМОВ, Ю.А.БИРЮКОВ
ОАО «Рудоавтоматика», Железногорск

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПО СИСТЕМЕ РИТ-Д ДЛЯ БУРОВОГО СТАНКА

Рассматриваются особенности построения системы электропривода постоянного тока с двумя каналами управления.

In this article the specificity of direct current electric motor-drive system with two channels of controlling is described.

В настоящее время в отечественных буровых станках используются два вида регулируемых электроприводов основных механизмов – постоянного и переменного тока.

Электроприводы постоянного тока выполняются по системе тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д). Преобразователь в якорной цепи здесь, как правило, – трехфазный мостовой нереверсивный, а оперативный реверс осуществляется по каналу возбуждения, для чего в этом канале имеется отдельный более или менее сложный реверсивный возбудитель. Такой системой привода обычно оснащаются механизм ротора (вращателя), а в некоторых типах станков – механизмы гусеничного хода.

Электроприводы переменного тока только отчасти можно назвать регулируемыми, так как используются они лишь для регулирования тока (в меньшей степени – момента) в переходных процессах пуска, иногда – торможения. Выполняются эти привода по системе тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель (ТРН-АД). Такой системой обычно оснащаются электропривод компрессора и в части станков – механизмы гусеничного хода. В последнем случае используется реверсивная схема ТРН, содержащая пять пар тиристоров. Такая же схема используется в приводе лебедки подъема бурового става в станках с нижним расположением вращательно-подающего механизма.

Отметим, что по количеству силовых модулей, потерям энергии в них, т.е. площади охладителей, насыщенности схем управления элементами, наполненности шкафов, все перечисленные решения примерно равноценны. В отношении возможности плавного регулирования скорости все привода на переменном токе уступают электроприводам на постоянном токе.

Электроприводы хода и подъемной лебедки на переменном токе вообще не создают тормозных моментов при заданиях на нулевую скорость, не могут работать в этом режиме без механических тормозов и тем самым не соответствуют требованиям к подобным механизмам. К сожалению, для этих же механизмов подобные возможности и у применяемых приводов постоянного тока. При нереверсивном преобразователе в якорной цепи и неизменной полярности возбуждения привод хода не может создавать рекуперативного торможения в направлении движения, но может создавать тормозные моменты при нулевой скорости только в направлении, обратном предшествующему движению, и не «понимает» опасного направления под уклон. Привод лебедки при этих же условиях может нормально работать лишь с грузом, без режима силового спуска. Таким образом, известно «абсолютно дикое» решение, при котором параллельно якорям двигателей хода наглухо подключены тормозные резисторы, которые

в маршевом режиме рассеивают столько же мощности, сколько развивают двигатели.

ОАО «Рудоавтоматика», имея большой опыт в области разработки и эксплуатации экскаваторного электропривода, обширные контакты с эксплуатационными службами на предприятиях горно-добывающей промышленности, зная проблемы в области электропривода буровых станков, решило попробовать свои силы в разработке НКУ для буровых станков. Понимая, что будущее в этой сфере принадлежит частотно-регулируемым электроприводам переменного тока, начать эту работу мы решили с НКУ на постоянном токе, с последующим переходом к частотно-регулируемому электроприводу. Для буровых установок по ГОСТу требуется двигатель с механической прочностью не ниже М18, и такие двигатели выпускаются отечественной промышленностью («Кросна-Мотор») только для постоянного тока. Договорная цена асинхронной машины с учетом разработки при таком же классе механической прочности оказывается в два раза выше. Поэтому из чисто коммерческих соображений выгоднее разрабатывать НКУ на постоянном токе.

В сферу наших интересов входят электроприводы вращения, хода и подъемной лебедки, которые могут быть выполнены однотипными. В качестве прототипа избран незаслуженно забытый, разработанный четверть века назад в МЭИ под руководством профессора В.И.Ключева, при участии одного из авторов данной статьи, полностью управляемый при нереверсивном якорном преобразователе электропривод по системе регулируемый источник тока – двигатель (РИТ-Д).

Структурная схема электропривода, выполненного по системе РИТ-Д, представлена на рис.1. Система содержит два канала управления двигателем: основной – канал управления возбуждением, вспомогательный – быстродействующий канал управления якорным током. Наличие первого позволяет иметь структуру с нереверсивным преобразователем в якорной цепи, второй создает дополнительные возможности обеспечения максимальной перегрузочной способности двигателя и ограничения механических нагрузок рабочего оборудования.

Нереверсивный тиристорный преобразователь якорной цепи, охваченный контуром регулирования тока с ограниченным быстродействием, обладает свойствами регулируемого источника тока. Работа тиристорного преобразователя в инверторном режиме обеспечивает рекуперацию энергии в сеть. Формируемый узлом задания тока (УЗТ) однополярный сигнал задания тока якоря связан функциональной зависимостью, задаваемой характеристикой УЗТ, с напряжением на выходе регулятора скорости РС, являющимся одновременно задающим для контура регулирования возбуждения.

Для привода хода характеристика УЗТ выполняется симметричной, как на рис.1, т.е. нечувствительной к полярности входного сигнала, что обусловлено реактивным характером статической нагрузки и позволяет ограничивать ускорение привода допустимым значением независимо от направления движения механизма. Такой же она может быть и для привода вращения. Для привода подъемной лебедки характеристика УЗТ несимметрична, что вызвано необходимостью ограничения ускорений привода в переходных режимах при активном характере статической нагрузки.

Регулирование момента в системе РИТ-Д сопровождается интенсивным изменением потока двигателя и, следовательно, его ЭДС,

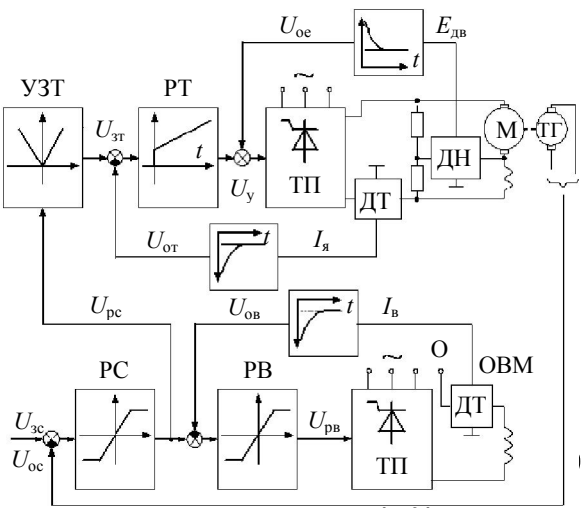


Рис.1. Структурная схема электропривода по системе РИТ-Д

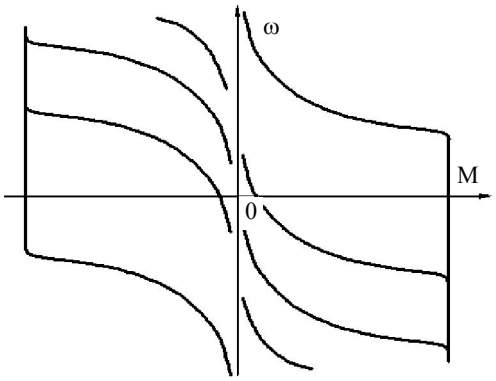


Рис.2. Механическая характеристика электропривода по системе РИТ-Д с отрицательной обратной связью по ЭДС

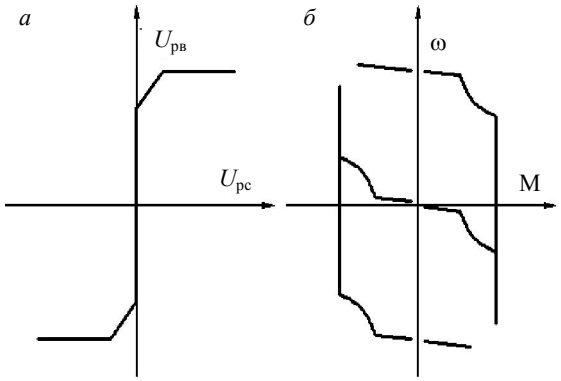


Рис.3 Характеристика регулятора тока возбуждения (*а*) и соответствующая механическая характеристика электропривода (*б*)

что для контура тока является возмущением, аналогичным возмущению по нагрузке. Такие возмущения отрабатываются с ошибкой, тем более значительной, чем больше постоянная времени регулятора тока и темп изменения ЭДС. При этом в моменты начала реверсов и торможений могут появляться недопустимо большие выбросы тока якоря за стопорное значение. Если требования к демпфирующему действию привода невелики, то для целей компенсации возмущающего воздействия по ЭДС может быть введена положительная критическая связь непосредственно на вход тиристорного преобразователя (рис.1).

Системы с реверсом поля отличаются от РИТ-Д тем, что канал возбуждения в них играет вспомогательную роль и служит лишь для реверса поля за возможно короткое время. Управление идет по силовому каналу якорной цепи.

Чтобы избежать выбросов тока в момент перехода через режим короткого замыкания, якорная цепь на время реверса поля запирается. Образуется неуправляемая пауза. Непрерывность управления утрачивается.

Система с параметрическим источником тока (ИТ-Д) отличается от РИТ-Д тем, что в ней цепь возбуждения двигателя является единственным каналом плавного управления. Непрерывность управления сохраняется, но не реализуется допустимая перегрузочная способность двигателя по якорной цепи и отсутствует режим рекуперации.

Таким образом, система РИТ-Д обладает наилучшей управляемостью среди систем постоянного тока с нереверсивным преобразователем в якорной цепи и реверсивным в цепи возбуждения.

Система РИТ-Д обладает наибольшими возможностями среди систем с силовыми тиристорными преобразователями в отношении улучшения энергетических показателей. Поскольку якорный канал не является основным и управляемость при малых токах по этому каналу неэффективна, в РИТ-Д пределы регулирования тока можно снизить до 4:1, иногда до 2:1. Пропорционально снижается диапазон изменения реактивной мощности, что дает возможность использовать одну ступень нерегулируемого ФКУ, выбранного на мощность, равную полусумме максимальной и минимальной реактивных мощностей якорного преобразователя в цикле работы механизма. Весогабаритные показатели у такой системы как минимум вдвое выше, чем у компенсированной системы с реверсивным тиристорным преобразователем в якорной цепи.

Первоначально нами была исследована система без тахогенератора с обратной связью по ЭДС двигателя как более удобная в эксплуатации. Такой электропривод при характеристиках регуляторов, изображенных на рис.1, обеспечивает тяговые механические характеристики (рис.2), ограничивает максимальный момент при форсированном возбуждении во всех четырех квадрантах. В нем возможен режим рекуперации. Однако

торможение без специальных мер происходит лишь как начальный этап реверса. При установке командоконтроллера в ноль поток спадает к нулю и происходит выбег. Не создается тормозной момент и при задании нулевой скорости ни в каком из направлений.

При изменении характеристики регулятора тока возбуждения РВ (рис.3, *а*) можно получить более приемлемые механические характеристики для упомянутых механизмов (рис.3, *б*), которые позволяют производить ограничение момента, мощности и скорости предельно допустимыми значениями, опускать грузы или перемещать станок в режиме рекуперативного торможения, плавно или ступенчато регулировать скорость вплоть до нулевой для удержания груза или предотвращения самохода на склоне. Проблем с управляемостью по заданию нет.

В этом варианте при остановке во время подъема вперед задание до нуля нужно убирать плавно, а во время спуска вперед – скачком, при остановке во время движения назад – все манипуляции наоборот, в противном случае двигатель размагничивается и возникает самоход. Поэтому на рис.3, *б* при нулевом моменте характеристики показаны с разрывом, так как поток равен нулю, и они не определены. По нагрузке привод не в состоянии определиться с направлением движения. В зависимости от полярности возбуждения в одну сторону момент будет, в другую – нет. Для того, чтобы правильно выбрать полярность, исключающую самоход, необходимо наличие хотя бы датчика направления движения по типу реле контроля скорости (РКС), либо датчика, определяющего направление уклона.

Для того, чтобы обеспечить непрерывность и полную управляемость электропривода, как по заданию, так и по нагрузке, в статике и в динамике, необходима связь по скорости. Механические характеристики электропривода по системе РИТ-Д с обратной связью по скорости будут такими, как на рис.3, *б*, но только без разрыва в зоне нулевых нагрузок.

В заключение отметим, что полным аналогом системе РИТ-Д на переменном токе является система автономный инвертор тока – асинхронный двигатель (АИТ-АД); последняя получается из первой только добавлением частотного коммутатора. При наличии тахогенератора, построение систем управления в обоих случаях одинаково (по типу частотно-токового). Полностью идентичной оказывается энергетика со стороны питающей сети. Поэтому наиболее естественным представляется переход в будущем от системы РИТ-Д к системе АИТ-АД, в том числе и для привода компрессора.