

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПО СИСТЕМЕ ТОКОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНЫЙ КАСКАД

Система электропривода асинхронно-вентильный каскад (АВК) хорошо известна, глубоко изучена и широко применяется в промышленности, однако имеет ряд недостатков, сдерживающих ее массовое использование [1].

С применением некоторых нетрадиционных типов преобразователей электрической энергии удается получить новые положительные качества указанной системы электропривода. Именно к такому типу преобразователей относится токопараметрический вентильный преобразователь (ТПВП), разработанный более двадцати лет тому назад, однако из-за экономического кризиса и консерватизма инженерного мышления, до сих пор не нашедший достойного применения [2, 3].

Система электропривода токопараметрический асинхронно-вентильный каскад (ТПАВК) является сочетанием ТПВП и традиционного АВК. ТПВП представляет собой устройство, основанное на совместном использовании параметрического источника тока (ПИТ) и полупроводниковых силовых вентильных комплектов (ВК). Благодаря применению ПИТ в составе преобразователя, стабилизировать выпрямленный ток можно не за счет воздействия на угол отпирания вентилей, а за счет естественных электромагнитных процессов, протекающих в электрических цепях с обратно противоположным характером реактивных проводимостей. Это дает возможность получить:

- постоянно высокий коэффициент сдвига, близкий к единице;
- малые искажения потребляемого из сети тока;
- благоприятные условия работы вентилей (низкие значения производных тока и напряжения).

На рис.1 представлена структурная однопроводная схема электропривода шахтной подъемной установки по системе ТПАВК. Приняты следующие обозначения: М – асинхронный электродвигатель с фазным ротором; ВК1 и ВК2 – диодные шестипульсные вентильные комплекты; ВК3 – тиристорный шестипульсный вентильный комплект; ПИТ – параметрический источник тока; TV – согласующий трансформатор; ВМ – автоматический выключатель; РН – регулятор тиристорный переменного напряжения; Тг – тахогенератор; СУ – система управления.

Основная отличительная особенность системы ТПАВК по отношению к традиционной системе АВК состоит в том, что электрическая машина работает в режиме двойного питания: со стороны статора – от источника напряжения, а со стороны ротора – от источника постоянного тока.

Электропривод по системе ТПАВК функционирует следующим образом. Включением автоматического выключателя ВМ, подают напряжение питающей сети, предварительно подав сигнал задания скорости ($U_{з\omega}$), соответствующий нулевой скорости двигателя М. Через трансформатор TV (в случае низковольтной машины может отсутствовать) напряжение сети поступает на ПИТ, который преобразует систему неизменного (по действующему значению) напряжения на своем входе в систему неизменного тока на выходе. Стабилизированный переменный ток выпрямляется диодным вентильным комплектом ВК2, а его выпрямленный ток $I_d = \text{const}$, обходя диоды вентильного комплекта ВК1, инвертируется в сеть тиристорным вентильным комплектом ВК3, который работает в режиме инвертора ведомого сетью. Работа ВК3 отличается предельной устойчивостью, т.к. его угол инвертирования $\beta = \text{const}$.

Величина угла β устанавливается в зависимости от мощности, на которую рассчитывается ПИТ, т.е., в соответствии с регулировочной характеристикой, практически, на полное напряжение $U_{д2}$. При этом выпрямленное напряжение $U_{д2}$ не должно быть меньше постоянного напряжения $U_{д1}$, которое определяется номинальной э.д.с. ротора машины М.

При подаче сигнала $U_{з\omega}$ задания, например, максимальной скорости привода, на тиристоры регулятора напряжения РН из системы управления СУ поступают управляющие импульсы с минимальными углами регули-

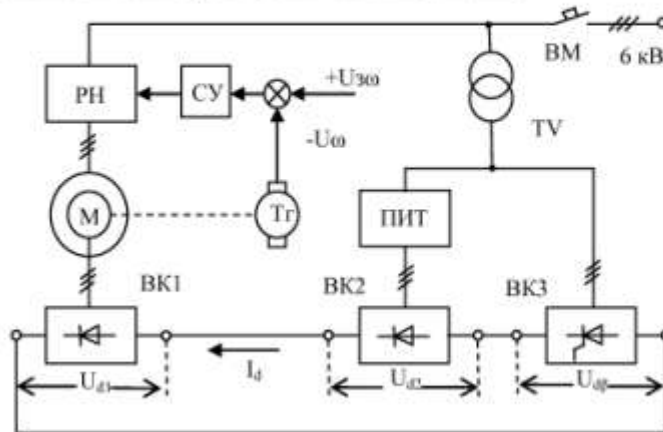


Рис. 1. Структурная схема электропривода шахтной подъемной установки по системе ТПАВК

рования α . К статорной обмотке M будет подводиться, практически, номинальное напряжение, которое обусловит номинальные намагничивающий ток и потокосцепление статора, при которых в роторной обмотке M будет индуцироваться номинальная э.д.с. Под действием суммарных значений роторной э.д.с. и противо-э.д.с. инвертора $U_{дв}$, диоды $ВК1$ начинают переключаться в порядке естественной коммутации, что, в свою очередь, обеспечит протекание тока I_d по фазам ротора машины. Это обстоятельство позволяет передать энергию ПИТ в ротор машины и обеспечить стабилизацию тока в фазах ротора, а следовательно, и пускового момента двигателя на интервале разгона электропривода. Стабилизация тока ротора необходима для получения равноускоренной динамики электропривода, которая существенно увеличивает ресурс эксплуатации муфт, редукторов, канатов и др. механического оборудования. В системе ТПАВК равноускоренная динамика формируется без наличия каких-либо обратных связей и оптимизирующих регуляторов, что является положительным качеством системы.

На рис.2 приведены осциллограммы тока фазы ротора и скорости при пуске электродвигателя шахтной терриконной подъемной установки, работающей с системой ТПАВК (рис.2,а), а также с релейно-контакторной роторной станцией управления (рис.2,б). Электродвигатель типа МА36-42/8Ф-У5, 55 кВт, 730 об/мин, статор 380 В, 116 А, ротор 310 В, 105 А.

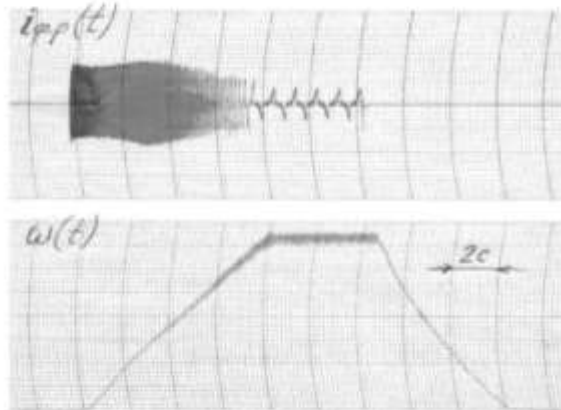


Рис. 2,а. Пуск и торможение выбегом электропривода по системе ТПАВК

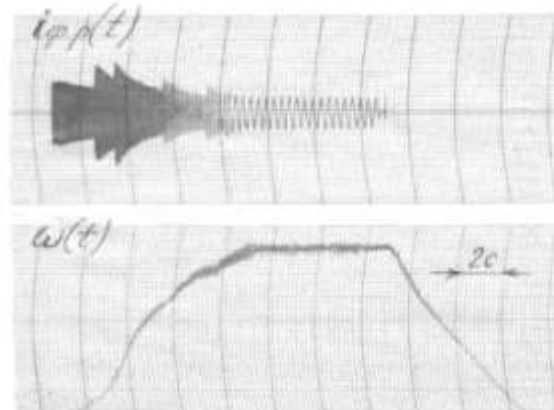


Рис.2,б. Пуск и торможение выбегом электропривода с релейно-контакторной роторной станцией

Траектория движения электропривода в системе ТПАВК соответствует ломаной deb на рис. 3. При выключенном же ПИТ, траектория движения определяется прямой de . При движении привода по «моментному» участку механической характеристики (прямая dc) происходит автоматическое перераспределение энергии в контуре, состоящем из трех последовательно соединенных вентиляльных комплектов: $ВК1$, $ВК2$ и $ВК3$. В точке d $ВК1$ работает в выпрямительном режиме и через него передается в цепь постоянного тока I_d энергия скольжения ротора машины, откуда затем через инверторный вентиляльный комплект $ВК3$ эта энергия поступает в питающую сеть переменного тока. В указанной точке все вентили $ВК2$ открыты, поэтому ПИТ работает в режиме к.з. и потребляет из сети энергию только для покрытия внутренних своих незначительных потерь. По мере уменьшения скольжения ротора, уменьшается э.д.с. ротора и, следовательно, фазный роторный ток машины. Для поддержания величины этого тока на заданном уровне, открываются вентили $ВК2$ и через них ПИТ «пополняет» контур постоянного тока энергией ровно на столько, на сколько уменьшилась энергия скольжения ротора электродвигателя. При этом $ВК1$ переходит в режим инвертора ведомого машиной, а $ВК2$ выходит из режима к.з. ПИТ и переходит в выпрямительный режим. Работа $ВК1$ в режиме, не свойственном для диодного вентиляльного комплекта – инверторном, становится возможной т.к. с помощью противо-э.д.с. инвертора $U_{дв}$ обеспечивается принудительная коммутация вентилей $ВК1$ с частотой и фазой, которые определяются роторной э.д.с.

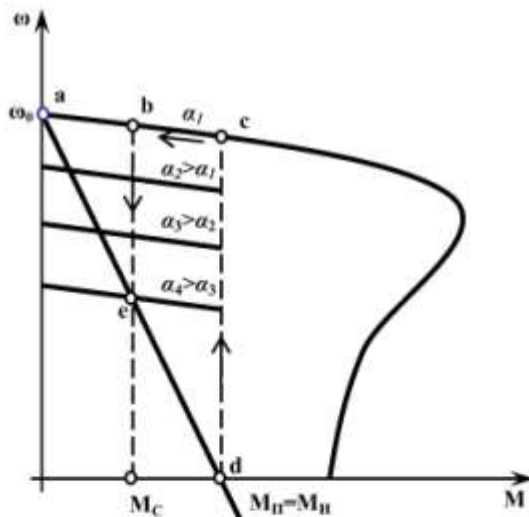


Рис.3. Механические характеристики электропривода по системе ТПАВК

Если нагрузочный момент $M_c < M_{II}$, то траектория движения электропривода осуществляется по линии cb , уменьшением потокосцепления статора. Это может

быть обеспечено за счет увеличения угла регулирования регулятора напряжения РН до значения α_1 . Сигнал U_{ω} обратной связи по скорости и предназначен для согласования момента электромагнитного, развиваемого машиной, с моментом M_c . При прохождении рабочей точки электропривода по участку cb механической характеристики, к машине подводится избыточная электромагнитная энергия ПИТ. В точке b происходит автоматическое ограничение самой машиной потребляемой энергии из контура постоянного тока (за счет соответствующего перераспределения тока I_d), следствием этого является установившийся режим работы электропривода с максимальной скоростью.

Для получения угловых скоростей электропривода ниже максимальной, изменяют U_{ω} в сторону еще большего увеличения угла α регулятора напряжения. Это приводит к дальнейшему уменьшению потоко-сцепления статора. Понижается момент электромагнитный двигателя, а т.к. роторный ток сохраняет свое прежнее действующее значение, то для сохранения баланса мощности при заданном приведенном нагрузочном моменте M_c , уменьшается (по линии bc) угловая скорость ротора машины.

Описанный преобразователь ТПАВК по сравнению с серийным преобразователем типа ПАВК, работающим, например, в составе шахтной подъемной установки, позволяет получить следующие положительные качества:

- увеличивается надежность работы преобразователя, из-за полного устранения предпосылок для «опрокидывания» инвертора ведомого сетью в роторной цепи двигателя, т.к. формирование равноускоренной динамики электропривода обеспечивается без воздействия на систему управления инвертором;

- тиристорный регулятор переменного напряжения в статорной цепи двигателя делает систему электропривода полностью бесконтактной, ввиду исключения высоковольтных контакторов для реверсирования и динамического торможения (отпадает необходимость в тиристорном выпрямителе для подмагничивания статора двигателя при динамическом торможении, если двигатель низковольтный);

- не требуются быстродействующие автоматические выключатели и плавкие предохранители для защиты преобразователя, вследствие того, что в электроприводе формируется «упорная» механическая характеристика источником тока в роторе электродвигателя;

- микропроцессорная система управления СУ регулятором РН переменного напряжения статора позволяет не только реверсировать и тормозить двигатель, но также обеспечивать в автоматическом режиме любые, достаточно сложные, диаграммы работы шахтного подъема;

- массогабаритные показатели электрооборудования роторной цепи двигателя системы ТПАВК практически такие же, т.к. функции сглаживающего реактора между роторным выпрямителем и инвертором, а также фильтров конденсаторов на выходе инвертора, которые установлены в преобразователе типа ПАВК, успешно выполняют LC-элементы параметрического источника тока;

- коэффициенты сдвига и искажений тока, потребляемого из сети системой электропривода ТПАВК, как уже указывалось выше, имеют лучшие показатели (за счет внутренних средств ПИТ возможно получение коэффициента сдвига даже емкостного).

Применение электропривода по системе ТПАВК может быть рекомендовано для различных машин и механизмов (в том числе и первой категории), как например, шахтные подъемные установки, 90% которых базируются на асинхронных двигателях с фазным ротором. Повышенная надежность, описанной выше системы, не требует обязательного наличия обслуживающего и наладочного персонала высокой квалификации. Система ТПАВК может быть также использована для питания многодвигательных механически не связанных электроприводов, с целью синхронизации их вращения [4]. Например, указанная система успешно применяется уже несколько лет для реконструкции механизмов перемещения мостовых и козловых кранов, работающих в условиях интенсивного металлургического производства [5]. При реконструкции крановых электроприводов удается существенно упростить крановую панель управления типа ДК, а также улучшить условия работы механического оборудования крана, т.к. уменьшается (не менее чем вдвое) износ реборд и подшипников колес, головок рельс, муфт, промежуточных валов, снижается количество трещин в сварных швах по балкам крана.

Список литературы

1. Онищенко Г.Б. Асинхронный вентильный каскад. – М.: Энергия, 1967. – 152 с.
2. Лабунцов В.А., Обухов С.Г., Чаплыгин Е.Е. и др. Токопараметрические вентильные преобразователи. – ЭП, серия «Преобразовательная техника», 1980, вып.1 (120), с. 3-4.
3. Обухов С.Г., Калюжный В.В., Марченко В.И. Энергетические режимы токопараметрических вентильных преобразователей при работе на якорь машины постоянного тока. – Электротехника, 1986, № 9, с. 52-55.
4. Патент на изобретение UA 44951A, МПК6 H02P 7/74. Асинхронный электропривод с синхронным вращением роторов/ И.В.Волков, В.Н.Исаков, В.В.Калюжный, С.В.Калюжный, И.С.Шевченко. – Опубл. 2002, бюл. № 3.
5. Бондарь И.А., Меделяев А.А., Мишура В.М., Филонец А.А., Калюжный В.В., Калюжный С.В., Шевченко И.С. Реконструкция электроприводов передвижения мостовых и козловых кранов, „Металл и литье Украины“, 2006 г., № 2, с.16-18.