

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ МОЩНЫХ РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ КАСКАДНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Матвеев Ю.В.

Ключевые слова: электропривод, электродвигатель, инвертор, ротор.

Аннотация. Энергосбережение является важной составной частью при внедрении и использовании регулируемых электроприводов большой. Одним из способов по энергосбережению в асинхронных электроприводах является использование энергии скольжения. Рассматриваются виды и характеристики каскадных схем асинхронных электроприводов большой мощности.

ENERGY-SAVING ASPECTS OF POWERFUL ADJUSTABLE ASYNCHRONOUS CASCADE ELECTRIC DRIVES

Matveev Yu. V.

Keywords: electric drive, electric motor, inverter, rotor.

Abstract. Energy saving is an important part in the implementation and use of adjustable electric drives large. One of the ways to save energy in asynchronous electric drives is the use of sliding energy. The types and characteristics of cascade circuits of high-power asynchronous electric drives are considered.

Внедрение в промышленность новых технологических энергоустановок с более высокими мощностями энергопотребления требует внедрения надежных, хорошо управляемых и энергосберегающих электроприводов. Основным видом регулируемых электроприводов являются асинхронные электроприводы, включающие асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым и фазным ротором. При применении в электроприводе АД с короткозамкнутым ротором получили распространение частотно-регулируемые приводы с тиристорными (транзисторными) регуляторами напряжения, а также приводы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Важными характеристиками привода являются скорость вращения вала двигателя и вращающий момент на его валу. Вследствие того, что скорость вращения вала АД пропорциональна частоте сети, то изменение этого параметра можно производить изменением частоты питающего напряжения. В тоже время вращающий момент в электродвигателе пропорционален магнитному потоку в воздушном зазоре электрической машины, который с ростом частоты падает, а с увеличением питающего напряжения растет. В результате в случае “просадки” напряжения, например при пуске или росте частоты питающего напряжения, момент на валу падает, что может привести к аварийным последствиям. Поэтому для стабилизации характеристик привода с изменением частоты питающего напряжения производят соответствующую дополнительную регулировку амплитуды питающего напряжения. На рисунке 1 изображена функциональная схема частотно-регулируемого привода.

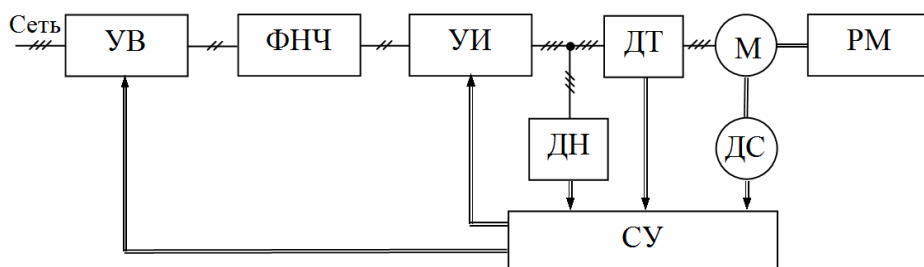


Рис. 1. Функциональная схема частотно-регулируемого привода

Схема частотно-регулируемого привода включает в себя: управляемый выпрямитель с регулируемым уровнем постоянного напряжения (УВ); управляемый инвертор (ИН), преобразующий постоянный ток в переменный ток с заданной частотой; фильтр нижних частот (ФНЧ), снижающий уровень высших гармоник; датчиков тока и напряжения (ДТ, ДН), включающих измерительные трансформаторы тока и напряжения соответственно; датчик скорости вращения вала двигателя (ДС); схема управления (СУ); электродвигатель (М), приводящий в движение рабочий механизм (РМ) [1]. В схеме электропривода с ШИМ используется неуправляемый выпрямитель с инвертором, переменный ток которого на выходе, имея более низкий уровень высших гармоник, может регулироваться как по частоте, так и по уровню. Адаптивное управление инвертора с ШИМ с учетом: подстройки его работы под характеристики рабочего механизма, коэффициента загрузки двигателя, вращающего момента, различного рода защит от перенапряжений, коротких замыканий и температуры, позволяет уменьшить электропотребление приводом.

В тех случаях, когда требуется уменьшить пусковой ток и повысить пусковой момент, а также когда требуется регулирование скорости в небольших пределах, в электроприводе применяют АД с фазным ротором. Электродвигатели с фазным ротором имеют: приблизительно постоянную скорость при различных перегрузках, меньший пусковой ток по сравнению электродвигателями с короткозамкнутым ротором, большой начальный вращающий момент, терпят кратковременные механические перегрузки. Вместе с тем, ступенчатая регулировка скорости вращения вала двигателя, заключающаяся во введении в цепь ротора добавочных сопротивлений, приводит к большим тепловым потерям энергии ($\approx$ до 30...40% мощности). Кроме того, при снижении скорости вращения вала двигателя возрастают потери энергии, пропорциональные величине скольжения. С целью использования энергии скольжения, применяют каскадные электроприводы с АД с фазным ротором, позволяющие эту энергию рекуперировать обратно в сеть или вернуть ее на вал ротора АД. Такие электроприводы целесообразно применять в электроустановках средней и большой мощности, работающих в длительном режиме при относительно небольших диапазонах регулирования, например: компрессоры, вентиляторы, центробежные насосы и т.д. Каскадные электроприводы

существуют двух типов: электромеханические и электрические. В варианте электромеханического электропривода вал ротора дополнительной электрической машины постоянного тока (МПТ) механически связан с валом ротора АД. Энергия скольжения возвращается с учетом потерь на вал АД. Управление скорости вращения АД производится за счет регулирования тока возбуждения МПТ. При увеличении тока в обмотке возбуждения МПТ вращающий момент АД увеличивается, а скорость вращения вала двигателя падает. Регулирование скорости вращения перекрывает диапазон скоростей 2:1, достаточный в большей мере для работы рабочих механизмов длительного режима работы. Недостатком данной схемы привода является то, что при расширении диапазона угловой скорости вращения вала АД, увеличивается установленная мощность МПТ. В следующем варианте электромеханического электропривода обмотка статора АД подключается к трехфазной сети, а в цепь ротора АД включен неуправляемый мостовой выпрямитель, напряжение с которого подается на МПТ, вал которого механически связан с валом синхронного генератора (СГ), подключенного к электрической сети. В этом случае мощность потерь, возникающая за счет процесса скольжения, отдается в сеть, но уже с СГ. Наличие в электроприводах этого типа дополнительной МПТ (или МПТ с СГ) является недостатком.

При использовании АД с фазным ротором получила распространение схема электропривода с асинхронно-вентильным каскадом (АВК), изображенная на рисунке 2.

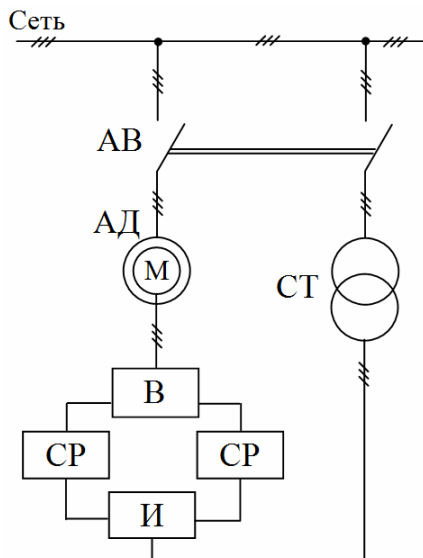


Рис. 2. Схема электропривода с АВК

На этой схеме цепь статора АД подключена к трехфазной сети. При пуске схемы привода с АВК ротор отключается от выпрямителя и подключается к пусковым сопротивлениям, как в обычной схеме пуска АД с фазным ротором. Когда скорость вращения вала АД станет номинальной,

цепь ротора подключается к выпрямителю (В). Для преобразования постоянного тока в переменный ток применяется инвертор (И). С целью согласования напряжения ротора с сетью в схеме имеется согласующий трансформатор (СТ). Сглаживание пульсаций выпрямленного тока осуществляется сглаживающими реакторами (СР). ЭДС инвертора является той дополнительной ЭДС, которая вносится в цепь выпрямленного тока ротора АД. Регулирование ЭДС инвертора осуществляется изменением угла опережения открывания тиристорov (ключей инвертора) β . Принцип получения энергосбережения в приводе с АВК заключается в следующем. Получаемая мощность скольжения с ротора АД через выпрямитель и инвертор поступает через трансформатор обратно в сеть. Управление ЭДС инвертора привода приводит к изменению потока энергии от ротора АД в сеть, вследствие чего изменяется угловая частота вращения вала АД. Вследствие того, что вращающий момент АД пропорционален выпрямленному току ротора АД, то управлением ЭДС инвертора можно регулировать как момент, так и частоту вращения вала АД. Если ЭДС инвертора уменьшается, то ток в цепи ротора увеличивается, результатом чего будет увеличение частоты вращения вала АД и вращающего момента. При уменьшении ЭДС инвертора все происходит наоборот. На рисунке 3 изображены механические характеристики АВК, которые являются менее “жесткими” из-за наличия падений напряжения на элементах преобразователя и трансформатора. Диапазон регулирования скоростей ограничен минимальными допустимыми углами угла опережения открывания тиристорov β .

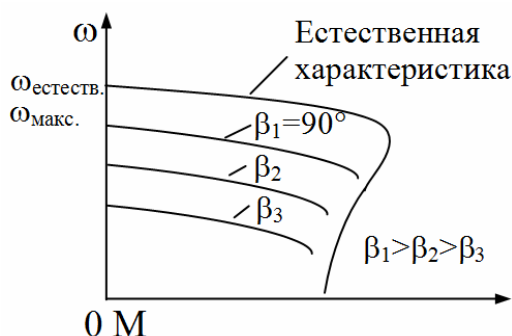


Рис. 3. Механические характеристики АВК

Коэффициент мощности системы АВК зависит от коэффициента загрузки, угловой скорости вращения вала двигателя и наличия дополнительной реактивной мощности, потребляемой инвертором. Недостатком системы с АВК является генерация преобразователем высших гармоник, приводящих к искажению формы напряжения сети и нагреву двигателя. Для компенсации этих гармоник устанавливают фильтро-компенсирующие устройства. По сравнению со стандартной схемой включения АД с фазным ротором, потери электрической энергии системы с АВК могут быть снижены до $\approx 30\%$. Наибольший эффект по

энергосбережению при применении системы с АВК проявляется при использовании двигателей большой мощности (порядка 10...40 тыс. кВт).

Список литературы

1. Браславский И.Я. Асинхронный полупроводниковый электропривод с параметрическим управлением. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.

References

1. Braslavsky I.Ya. Semiconductor asynchronous electric drive with parametric control. – M.: Energoatomizdat, 1988. – 224 p.

Матвеев Юрий Валентинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры “Судовое электрооборудование”, Севастопольский государственный университет, г.Севастополь, Россия, yuriy-radio@mail.ru	Matveev Yuri Valentinovich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of “Ship electrical equipment”, Sevastopol state University, Sevastopol, Russia, yuriy-radio@mail.ru
---	---

Received 19.09.2019