

МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КРУТОНАКЛОННОГО КОНВЕЙЕРА ПО СХЕМЕ АВК

Для конвейеров в зависимости от их конструкции, производительности и длины используются различные системы электропривода на базе асинхронных электродвигателей: от простых релейно-контакторных систем с асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором (прямой пуск) и асинхронными электродвигателями с фазным ротором (плавный запуск с последовательным выведением резисторов, включаемых в роторные цепи) до систем ПЧ-Д. К электроприводу конвейеров большой производительности и большой длины предъявляются требования не только обеспечения запуска с заданным моментом и ускорением, исключающим возникновение недопустимых статических и динамических нагрузок на ленту (упругое звено) и металлоконструкции, но и обеспечения заданного (требуемого) распределения нагрузок между приводными барабанами (электродвигателями). Электропривод конвейеров большой производительности и длины выполняется многодвигательным с несколькими приводными барабанами, передающими тяговое усилие ленте. Оптимальным является обеспечение поддержания между приводными барабанами заданного распределения передаваемого ленте тягового усилия (заданное распределение мощности между электроприводами конвейера) в процессе работы конвейера, которое изменяется в зависимости от загрузки, физического состояния и натяжения ленты и других факторов.

Электропривод по схеме асинхронного вентильного каскада (АВК) позволяет бесконтактно осуществлять плавный пуск и регулирование скорости асинхронного электродвигателя с фазным ротором, регулируя величину скольжения ротора электродвигателя путем введения регулируемой противо-ЭДС в цепь ротора. Регулирование ЭДС ротора электродвигателя в схеме АВК обеспечивается изменением по заданному закону угла открывания тиристорного преобразователя постоянного тока, включенного в цепь ротора в качестве регулируемой противо-ЭДС и работающего в инверторном режиме.

В процессе работы АВК происходит возвращение энергии скольжения ротора асинхронного электродвигателя в питающую сеть, благодаря чему эта схема электропривода имеет высокий коэффициент полезного действия.

При разработке электроприводов по схеме АВК следует учитывать, что механические характеристики АВК получаются достаточно «мягкими» из-за увеличения сопротивления цепи ротора.

Применение АВК оказывается экономически целесообразным для достаточно мощных электроприводов, для которых требуются плавный пуск и регулирование скорости, но требования к динамическим показателям системы регулирования (точность отработки, быстродействие) относительно невысоки, поэтому применение дорогостоящих преобразователей частоты в этих случаях нельзя считать оправданным.

Исходя из выше приведенных соображений, схема АВК была применена при разработке многодвигательного электропривода крутонаклонного конвейера КНК-30, изготовленного ОАО «АЗОВМАШ», г. Мариуполь, для карьера «Мурунтау», Узбекистан. Разработка системы автоматизированного управления электроприводами конвейера выполнена АОЗТ «Тяжпромавтоматика», г. Харьков.

Крутонаклонный конвейер (КНК) предназначен для перегрузки горнорудной массы из карьера в транспортную систему, состоящую из нескольких транспортеров. Перепад высот для перегружателя – 30 м, угол наклона конвейера – 37°.

Особенностью конструкции КНК является наличие грузонесущей и прижимной лент. Прижимная лента роликами прижимается к нагруженной грузонесущей для удержания рудной массы в процессе транспортировки и при остановках нагруженного конвейера. Длина ветви грузонесущей ленты – 88 м, прижимной ленты – 74 м. Усилие натяжения, создаваемое грузовыми натяжными устройствами в ветви грузонесущей ленты, – до 30 кН, в ветви прижимной ленты – до 25 кН.

Для привода грузонесущей и прижимной лент использованы асинхронные электродвигатели с фазным ротором во взрывозащищенном исполнении типа ВАОК-355М8У1, 160 кВт, 750 об/мин, 380 В, 50 Гц в количестве 4 штуки.

Электродвигатели устанавливаются на приводах опорной S-образной станции грузонесущей ленты: на нижнем барабане – два электродвигателя, на верхнем барабане – один и на приводном барабане прижимной ленты – один электродвигатель.

Основные требования к системе управления электроприводами КНК следующие:

- выравнивание скоростей грузонесущей и прижимной лент;
- выравнивание нагрузок между приводами грузонесущей ленты;
- поддержание заданного распределения нагрузок между приводами;
- плавный пуск КНК с заданным ускорением и ограничением тока электродвигателей.

Для питания и управления статорными и роторными цепями приводных асинхронных электродвигателей КНК, выполненных по схеме АВК, применены комплектные устройства типа ККПУФ-400/380-30Р32У3, 400А, 380В, разработанные и изготовленные ООО «Электроимпульсные системы», г. Чебоксары, Россия.

В соответствии с нашими заданиями комплектные устройства ККПУФ, первоначально разработанные только как устройства плавного пуска электроприводов по схеме АВК и поэтому рассчитанные на работу в повторно-кратковременном режиме, были модернизированы для возможности обеспечения регулирования скорости электропривода по схеме АВК в длительном режиме.

После модернизации комплектные устройства ККПУФ обеспечивают:

- ограничение максимального тока двигателя в переходных режимах на уровне до 2-х $I_{ном}$;
- плавное уменьшение напряжения на зажимах ротора за заданное время при пуске двигателя;
- поддержание скорости двигателя на заданном уровне.

Управляющий микроконтроллер, входящий в состав ККПУФ-Р, обеспечивает импульсно-фазовое управление тиристорами инвертора АВК, управляет режимами переключения силовой коммутационной аппаратуры, формирует сигнал задания напряжения на входе аналогового регулятора напряжения ротора.

Система автоматического регулирования параметров АВК – аналоговая, построенная по принципу подчиненного регулирования, двухконтурная: с внешним контуром регулирования напряжения ротора и внутренним контуром регулирования тока.

Система управления электроприводами КНК, выполненная на базе устройств ККПУФ-Р, управляется программируемым контроллером (ПК) типа SIMATIC S7-300 фирмы SIEMENS с центральным процессором CPU313C-2DP.

В качестве датчиков скорости приводных и холостых барабанов КНК используются импульсные индуктивные датчики, на которые воздействуют две стальные пластины, установленные на каждом барабане через 180°. Импульсы датчиков поступают в ПК, который измеряет не частоту импульсов, а время паузы между ними. Примененный способ вычисления скорости барабанов позволил отказаться от применения импульсных датчиков частоты вращения, установка которых усложняла конструкцию барабанов.

Система управления электроприводами КНК решает следующие основные задачи:

1. Осуществление разгона и торможения всех электроприводов КНК с заданным ускорением при помощи общего задатчика интенсивности, реализованного в ПК и выдающего задания скорости на входы АВК всех электроприводов КНК.

2. Реализация выравнивания скоростей грузонесущей и прижимной лент. При возникновении разности скоростей холостых барабанов этих лент формируется сигнал коррекции соответствующего знака, который суммируется с сигналом задания скорости от общего задатчика интенсивности и выдается на вход АВК прижимной ленты.

3. Реализация деления нагрузок между электродвигателями нижнего барабана S-образной тянущей станции грузонесущей ленты и электродвигателем верхнего барабана в соотношении 2:1. Скорость движения ленты определяется скоростью электродвигателей нижнего барабана, которые работают в соответствии с заданием. Выравнивание нагрузок между электродвигателями нижнего барабана обеспечивается предварительной настройкой жесткости механических характеристик АВК каждого двигателя. В ПК производится сравнение тока статора электродвигателя верхнего барабана с полусуммой токов электродвигателей нижнего барабана. При возникновении разницы токов более 5-10% формируется сигнал коррекции скорости электродвигателя верхнего барабана с соответствующим знаком (плюс при уменьшении нагрузки электродвигателя верхнего барабана). Сигнал коррекции скорости суммируется с сигналом задания скорости от общего задатчика интенсивности и поступает на вход АВК электродвигателя верхнего барабана. Скорость верхнего барабана устанавливается при отработке заданной нагрузки барабана, обеспечивая распределение нагрузок между барабанами. Максимальная величина сигнала коррекции скорости верхнего барабана ограничена на уровне $\pm 5\%$ от рабочей скорости ленты перегружателя.

4. Контроль проскальзывания лент на барабанах путем сравнения скоростей приводных и холостых барабанов посредством использования сигналов вышеописанных индуктивных датчиков.

В системе управления электроприводами КНК в состав объекта регулирования входит упругое звено – конвейерная лента, имеющая достаточно большую длину. В связи с этим, с целью исключения колебательности (рывков ленты) регулятор выравнивания скоростей лент и регулятор деления нагрузок между электродвигателями барабанов тянущей станции грузоподъемной ленты выполнены интегральными с достаточно большими величинами постоянных времени интегрирования по результатам моделирования динамики электроприводов, которое проводилось в процессе проектирования.

Таким образом, опыт проектирования и предварительной наладки вышеописанных электроприводов механизмов крутонаклонного конвейера по схеме АВК показал, что, несмотря на наличие широкой гаммы преобразователей частоты для построения электроприводов по схеме ПЧ-АД, электропривод по схеме АВК может быть использован для подобных механизмов, где он обеспечивает выполнение необходимых технических требований и является более экономичным.