

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВодОВ НА ПИТАТЕЛЯХ СЫРОГО УГЛЯ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

А.В. Петров, Н.И. Татаринцев (НПФ "Ракурс")

Рассматривается применение частотно-регулируемых приводов на питателях сырого угля (ПСУ) котельных агрегатов. Производится качественный анализ экономического эффекта, который может быть достигнут в результате замены приводов постоянного тока на современный асинхронный регулируемый электропривод с частотным управлением. Приводимые инженерные расчеты и рекомендации подтверждены успешным опытом практической реализации подобных систем.

Электроприводы ПСУ. Инженерно-экономические предпосылки модернизации

На сегодняшний день в большинстве котельных агрегатов, исполнительные механизмы питателей сырого угля приводятся в движение регулируемые электроприводами постоянного тока. Управление скоростью машин постоянного тока осуществляется с помощью тиристорных преобразователей в относительно узком диапазоне регулирования: рабочая угловая скорость вращения вала двигателей изменяется в диапазоне 500...1900 об/мин. В зависимости от требуемой производительности котлоагрегата, работа может производиться на любой скорости указанного диапазона в течении длительного времени. Часто задание на требуемую производительность является единственным для всех электроприводов, подключенных к общей тиристорной станции.

По отношению к электроприводу, ПСУ можно рассматривать как нагрузку, статический момент которой не зависит от скорости. Режим работы является длительным, не предусматривающим частых пусков и остановок. Жестких требований к динамике электропривода не предъявляется, не накладывается также ограничений на характер переходных процессов при пуске, торможении и переходе с одной скорости на другую.

Из общей характеристики следует, что требования к работе электропривода в штатном режиме сравнительно невелики. Однако,

при эксплуатации не исключены кратковременные скачкообразные набросы нагрузки, сопровождающиеся существенным ростом статического момента, вплоть до заклинивания исполнительного механизма. Кроме того, электрические машины эксплуатируются в окружающей среде, насыщенной угольной пылью. Поэтому, при модернизации таких электроприводов, в первую очередь стремятся увеличить надежность их работы и эксплуатационные характеристики. С технологической точки зрения, при модернизации желательно обеспечить независимое регулирование производительности ПСУ.

В таких случаях предлагается перейти к использованию асинхронных электроприводов с частотным регулированием, которые по функциональным возможностям и эксплуатационным характеристикам отвечают техническим требованиям и условиям поставленной задачи. Однако, при принятии решения о модернизации необходимо правильно оценить затраты, и что более важно, соизмерить их с достигаемым эффектом. Наиболее значимые экономические предпосылки перехода к асинхронному электроприводу (здесь укажем те, которые имеют место быть для данного объекта автоматизации):

1. низкая стоимость асинхронной короткозамкнутой машины по отношению к машине постоянного тока. Связано это с ее более простой конструкцией и высо-

кой технологичностью изготовления. Асинхронные двигатели распространены гораздо шире, чем любые другие виды электрических машин;

2. низкие эксплуатационные затраты – асинхронная короткозамкнутая машина практически не требует обслуживания в течение всего времени эксплуатации, в то время как машина постоянного тока нуждается в регулярном обслуживании коллекторного узла;

3. затраты на ремонт электрической машины и двигателей постоянного тока зачастую оказываются соизмеримыми (а для данного применения – превышает) со стоимостью новой асинхронной короткозамкнутой машины;

4. степень защиты – исполнения асинхронных короткозамкнутых машин имеют широкий ряд степеней защиты. Это имеет важное значение для рассматриваемого применения (в окружающей среде высокая концентрация угольной пыли). Изготовление машины с коллектором на высокую степень защиты вызывает ее существенное удорожание и осложняет обслуживание. Иногда прибегают к созданию локальных условий установки с более благоприятной окружающей средой, что требует еще больших затрат.

Перечисленные предпосылки затрагивают только электрические машины. Преобразователи приводов здесь не рассматриваются. Их сравнение было бы крайне некорректным по отношению к используемому преобразователю привода постоянного тока. Такие приводы

на существующих ПСУ часто являются не только морально устаревшими, но и давно отработавшими свой ресурс. Что приводит не только к определенным затратам на поддержание их работоспособности и снижению надежности ТП в целом, но и невозможности включения их в современные системы управления без значительных дополнительных усилий.

Приведенные преимущества не учитывают того факта, что асинхронная машина будет работать совместно с преобразователем частоты. Незнание ряда особенностей такой работы (по существу – недостатков) может привести, в лучшем случае, к нерациональному использованию привода, а в худшем – неправильному его выбору. Отметим те из них, которые отвечают за оптимальные энергетические показатели и правильный выбор привода по мощности:

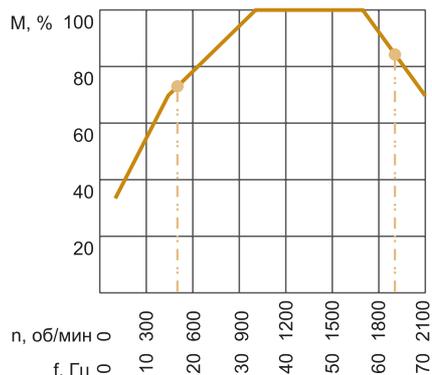


Рис. 1. К определению момента

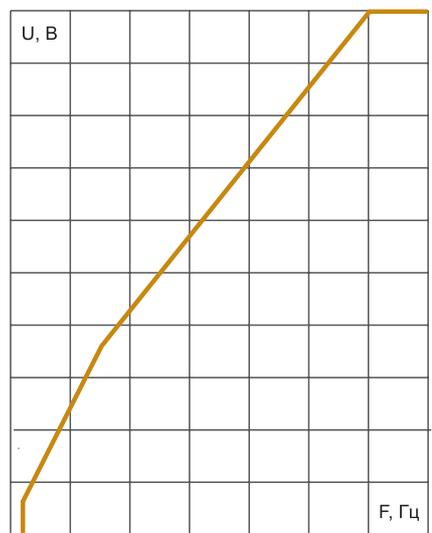


Рис. 2. Вольт/частотная характеристика

1. при работе асинхронных двигателей от преобразователей частоты их КПД снижается на 2 ... 3%, а $\cos\varphi_j$ – до 5%;

2. добавочные высокочастотные потери, вызванные несинусоидальностью напряжения, вызывают нагрев двигателя и снижение полезной мощности на его валу (до 25%).

Наличие добавочных потерь в обмотках и стали магнитопровода обусловлено высшими гармониками тока и магнитного потока. Поэтому, при использовании асинхронных приводов с частотным регулированием принимают меры по улучшению гармонического состава (устанавливают дополнительные устройства, корректируют параметры настройки преобразователя и т.п.).

Особенности выбора частотно-регулируемого привода

Выбор частотно-регулируемого привода для ПСУ имеет ряд особенностей. Укажем те из них, которые наиболее характерны для данного типа объектов автоматизации.

Напомним, что диапазон скорости приводов ПСУ невелик и может достигаться достаточно простым и наиболее широко распространенным методом управления – вольт/частотным. Диапазон регулирования современных асинхронных электроприводов при вольт/частотном методе управления, как правило, составляет 1:40, что является вполне достаточным для ПСУ. Помимо того, вольт/частотное управление при соблюдении закона $U/f=Const$ обеспечивает постоянство критического момента, необходимое для данного типа нагрузки. Однако, само расположение нижней (500 об/мин) и верхней (1900 об/мин) скоростей является несколько "неудобным" для стандартного ряда асинхронных машин. Наиболее близкими к данному применению являются асинхронные двигатели с синхронными скоростями 1500 и 3000 об/мин. Первый из них будет работать со значительным превышени-

ем частоты тока статора (по отношению к номинальной) в верхней части диапазона, а второй с более значительным снижением – в нижней части диапазона. В том и другом варианте потребуется создание запаса по моменту. В первом случае это объясняется тем, что при увеличении частоты при постоянстве первичного напряжения будет уменьшаться магнитный поток, а, следовательно, и максимальный момент двигателя. При этом отвод тепла у самовентилируемого двигателя будет эффективнее, а КПД и $\cos\varphi_j$ претерпят лишь незначительные изменения. На нижних частотах диапазона, наоборот, охлаждение двигателей собственным вентилятором будет недостаточным для продолжительной работы с полным моментом. На рис. 1 приведены скорости n (об/мин) для двигателя с числом пар полюсов $2P=2$ (синхронная скорость 1500 об/мин). Необходимо также помнить, что механизмы подобного класса требуют достаточно высоких коэффициентов кратности по пусковому k_s и максимальному k_m моментам. В типовых применениях, в зависимости от конкретного исполнения, $k_s=(1 \dots 3,5)$ и $k_m=(2 \dots 3,5)$. Сами по себе асинхронные короткозамкнутые двигатели стандартного исполнения не обладают столь высокими пусковыми свойствами и перегрузочной способностью. На практике это достигается увеличением мощности двигателя и настройкой параметров преобразователя частоты. К этим параметрам относятся те, которые определяют: функцию компенсации момента; вольт/частотную характеристику; время разгона/торможения.

Функция компенсации момента позволяет увеличить выходной момент при старте и работе двигателя на низких скоростях. При ее выполнении осуществляется корректировка выходного напряжения инвертора в соответствии с устанавливаемым коэффициентом компенсации.

Определяя параметры вольт/частотной характеристики, нижним

частотам ставят в соответствие значения напряжений выше чем при линейной пропорциональной зависимости (рис. 2). Такой вид характеристики предназначен для нагрузок, требующих большого стартового момента.

Расчеты, произведенные специалистами НПФ "Ракурс" с учетом изложенных рекомендаций, позволили выбрать электропривод на один ряд по мощности ниже, чем обычно предлагается другими организациями. Это позволяет сократить затраты на приобретение асинхронного двигателя и соответствующего ему преобразователя частоты. Практическая эксплуатация таких электроприводов на объектах (Котласский ЦБК, установлено 9 приводов) подтверждает их превосходные рабочие и энергетические характеристики.

При выборе преобразователей частоты для таких электроприводов следует обращать внимание на такие характеристики (наиболее критичные для ПСУ), как высокая перегрузочная способность, организация системы защит и предупреждений, возможность настройки вольт/частотной характеристики.

Другие характеристики менее критичны, но они соответствуют уровню современных частотно-регулируемых асинхронных электроприводов.

ООО НПФ "Ракурс" (С.-Петербург) использует для этих целей в своих проектах преобразователи сер. 3G3RV (корпорация OMRON, Япония), полностью отвечающие условиям поставленной задачи.

Дополнительные устройства

Преобразователи частоты рекомендуют использовать совместно с дополнительными (опциональными) устройствами. Опциональные устройства, в зависимости от их назначения, устанавливаются как в силовые цепи преобразователя, так и в цепи управления. К устройствам, устанавливаемым в силовую

цепь, относятся: реакторы переменного и постоянного тока, входные/выходные фильтры, тормозные резисторы. Нет необходимости подробно описывать назначение этих устройств, они хорошо известны специалистам по электроприводу. На практике, для приводов ПСУ ООО "НПФ "Ракурс" использует входные фильтры и реакторы переменного и постоянного тока (рис.3).

Установка входных фильтров связана с требованием соответствия условиям по электромагнитной совместимости. Если такие требования не регламентируются, а воспроизводимые преобразователем шумы не оказывают вредного воздействия на другие устройства и узлы системы, фильтр можно не устанавливать.

Одновременное использование реакторов переменного и постоянного тока способствует достижению наилучшего эффекта по воздействию на гармонический состав. Связано это с тем, что реакторы переменного и постоянного тока имеют различную эффективность подавления высших гармонических составляющих с различными номерами. Не стоит пренебрегать этой рекомендацией при проектировании высококачественных систем электропривода.

В приводе ПСУ используется торможение выбегом. При этом не требуется установка тормозных резисторов или других устройств для поглощения инерции механизма.

Управление инвертором производится по традиционной схеме: задание скорости – аналоговый сигнал, задание режимов и контроль состояния инвертора – дискретные сигналы. При такой организации схемы управления, введение дополнительных опциональных устройств в управляющие цепи не требуется.

Достижимые с технологической точки зрения преимущества:

1. независимое управление каждым из трех ПСУ котла позво-

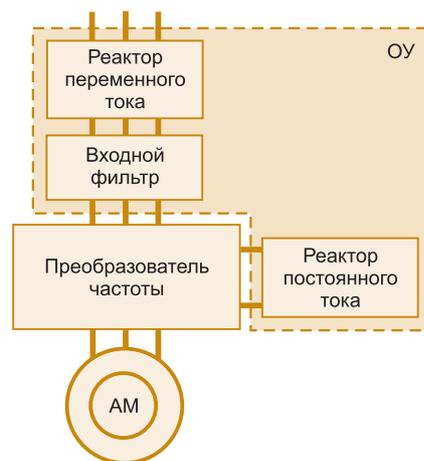


Рис.3. Опциональные устройства (ОУ), где АМ – Асинхронная машина

ляет легко организовать регулирование нагрузки котла без скачков при переходе с одной пылесистемы на другую;

2. резкое сокращение занимаемых под систему управления площадей, поскольку отсутствует необходимость установки магнитной станции или строительства помещения под тиристорный привод;

3. переход к управлению от переменного напряжения 380В 50 Гц с отключением цепей 220 В постоянного тока. Это разгружает аккумуляторные батареи станции и позволяет отказаться от громоздких релейных схем управления по цепям постоянного тока;

4. современные преобразователи частоты легко интегрируются в любые системы управления, как низовой интеллектуальный элемент автоматики, не требуют сложных согласующих схем и обладают отличным набором встроенных сервисных возможностей (контроль за током и скоростью приводного двигателя, развитая система защит и т.д.).

ООО "НПФ "Ракурс" готово к сотрудничеству в области замены приводов постоянного тока асинхронными электрическими машинами с преобразователями частоты в любой области промышленного производства.

Петров Алексей Владимирович – директор производственно-инжинирингового комплекса, Татаринцев Николай Иванович – директор учебно-консультационного центра НПФ "Ракурс"
 Контактный телефон (812) 252-43-90.
 E-mail: info@rakurs.com Http://www.rakurs.com