

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

В.О. Астанин, А.В. Гордейчик, В.В. Панкратов, А.П. Усачев

(Россия, Новосибирск, ООО "Сибирь-Мехатроника":

630092, Новосибирск-92, пр. К.Маркса, 20

тел. +(383-2)-461164, тел./факс +(383-2)-462784, e-mail: sibmech@online.nsk.su)

Аннотация. В докладе анализируется опыт предприятия "Сибирь-Мехатроника" (г. Новосибирск) в области разработки и применения станций частотного регулирования для электроприводов насосных агрегатов ЦТП и КНС, обсуждаются специфические требования, предъявляемые к законам частотного регулирования, способы и проблемы их реализации.

Огромный парк электроприводов (ЭП) на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АД), потребляющий по различным оценкам не менее 30...35% производимой электроэнергии, задействован в настоящее время в отечественной промышленности, теплоснабжении и коммунальном хозяйстве. Асинхронными ЭП, оборудованы, в частности, центральные тепловые пункты (ЦТП) и канализационные насосные станции (КНС) водоканалов. В связи с существенно изменяющимися суточным и сезонным графиками нагрузки на большинстве ЦТП и КНС, имеющих несколько насосных агрегатов, предусмотрено ступенчатое регулирование производительности путем включения-отключения одного из них. Это обуславливает относительно частые пуско-тормозные режимы ЭП, вызывающие ускоренный износ электрооборудования и дополнительные потери энергии как в электрических машинах, так и в гидросистеме, низкие коэффициент полезного действия и коэффициент мощности каждого работающего агрегата в целом. Известно, что с целью экономии электроэнергии и повышения ресурса электрооборудования КНС и ЦТП следует переходить к плавному регулированию производительности управляемого агрегата посредством частотного регулирования приводного АД. При этом технически целесообразно не оснащать преобразователем частоты (ПЧ) каждый из насосных агрегатов, а использовать специальные станции частотного регулирования (СЧР), которые позволяют гибко сочетать ступенчатое и плавное регулирование производительности и построены на базе одного ПЧ и коммутационной аппаратуры.

На предприятии "Сибирь-Мехатроника" (г. Новосибирск) освоено мелкосерийное производство СЧР "СЧ-400" с полностью цифровым микропроцессорным управлением преобразователем частоты и технологическим процессом в целом. Станции имеют удобный пользовательский интерфейс с возможностью программирования как с операторского пульта, так и через последовательный канал – от персонального компьютера. Реализован полный комплект программного обеспечения. К обсуждению на конференции предлагается опыт разработки и промышленных испытаний СЧ-400 на предприятиях Новосибирской и Омской областей.

От системы управления преобразователем частоты СЧР насосных агрегатов не требуется высоких динамических характеристик и глубоких (свыше 1 : 10...20) диапазонов регулирования скорости ЭП, однако она должна выполнять несколько специфических функций, непосредственно влияющих на эффективность применения СЧР. Во-первых, алгоритм управления ПЧ должен обеспечивать возможность "подхвата" вращающегося АД "на ходу" при включении или отключении одного из насосных агрегатов, что подразумевается требованием непрерывности регулирования при "переключении ступеней". Во-вторых, закон частотного регулирования должен учитывать возможность возникновения автоколебательных режимов в окрестности точки открытия клапанов насосных агрегатов (25...35% от номинальной частоты вращения) и располагать эффективными средствами их демпфирования. В-третьих, для частотного регулирования ЭП с транзисторным инвертором

напряжения и неререверсивным звеном постоянного тока характерно наличие некоторого числа "резонансных" частот и алгоритм управления, безусловно, должен это учитывать. Так как насосные агрегаты, управляемые общей СЧР, могут существенно отличаться друг от друга по мощности, характеристики системы ПЧ-АД должны быть мало чувствительны к изменениям параметров объекта управления.

Опыт показывает, что наиболее простым и целесообразным подходом к построению алгоритмов управления АД в СЧР насосных агрегатов являются так называемые скалярное и двухканальное частотное регулирование, не требующие наличия датчика частоты вращения и сравнительно легко реализуемые на базе современных цифровых сигнальных процессоров (DSP). Несмотря на многочисленность известных и подробно описанных в литературе скалярных структур, они, по-видимому, существенно уступают двухканальным по возможностям демпфирования автоколебаний и управления АД в электромеханических переходных процессах. Не обращать внимания на этот факт нельзя, так как при неререверсивном звене постоянного тока (ЗПТ) ПЧ и отсутствии "клампера" (цепи для "слива" рекуперированной двигателем энергии) даже незначительные колебания векторов электромагнитных величин в окрестности равновесного состояния способны приводить к недопустимым колебаниям тока двигателя и/или напряжения ЗПТ. На этом основании в серии СЧ-400 реализовано двухканальное частотное регулирование с комбинированной стабилизацией магнитного состояния АД, трехуровневым токоограничением, параметрической компенсацией частоты скольжения и падений напряжения на активных сопротивлениях обмотки статора, а также возможностью форсировки магнитного потока АД на низких частотах для обеспечения требуемого пускового момента.

В алгоритме прямого управления выходными напряжениями трехфазного широтно-импульсного преобразователя СЧР путем предискажения модулирующих функций осуществляется предмодуляция по принципу SVPWM и компенсация "мертвого" времени и падений напряжения на проводящих ток нагрузки полупроводниковых приборах, благодаря чему форма тока двигателя во всем диапазоне частот близка к гармонической. Здесь следует подчеркнуть, что "злоупотребление" при настройке преобразователя глубиной положительных обратных связей по фазным токам (независимо от способа определения их величины и знака) и неверное восстановление моментов прохождения токов через ноль способны приводить к усилению "резонансных" явлений в ПЧ.

В качестве основных вопросов, подлежащих дальнейшему исследованию, на предприятии "Сибирь-Мехатроника" в настоящее время рассматриваются алгоритм поиска начальной частоты включения ПЧ при "подхвате" вращающегося АД "на ходу" и закон формирования напряжения статора в течение этого режима. Для определения частоты в СЧ-400, как и в большинстве известных ПЧ, используются принципы поисковых экстремальных систем, в связи с чем требуется формулировка технически рационального критерия оптимальности автоматического поиска и синтез параметров тестовых воздействий. Кроме того, проводятся работы по созданию надежных алгоритмов коррекции темпов электромеханических переходных процессов в функции напряжения ЗПТ и, возможно, других координат состояния ЭП, обеспечению функционирования СЧР при кратковременном исчезновении питающей сети путем подтормаживания двигателя с "подкачкой" ЗПТ, законам формирования максимальных темпов электромеханических процессов с учетом токоограничения.