ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

В.А. Смовж, Д.В. Васин, Е.И. Громаков
Томский политехнический университет
vasmovzh@gmail.com

Основной задачей газокомпрессорной станции (ГКС) ООО «Газпром трансгаз Томск» (далее – Общества) является обеспечение необходимого эксплуатационного режима работы – поддержание устанавливаемого нормативными требованиями давления газа в магистральной газопроводе. На ГКС Общества в основном эксплуатируются электроприводные газоперекачивающие агрегаты. Их мощность, которая может достигать мегаватт потребления электрической энергии, зависит от объемов транспортируемого газа по газопроводу и установленного давления. Регулирование давления газа в газопроводе осуществляется за счет изменения скорости (частотой) вращения электропривода ЭГПА..

Целью данной работы является совершенствование САР давления газа в магистральном газопроводе, позволяющее снизить потребление электрической энергии частотно-регулируемым ЭГПА в переходных режимах.

Сравнивая способы регулирования давления на выходе ЭГПА в основном рассматривают установившиеся режимы работы и режимы пуска, забывая о переходных режимах: разгоны и торможения ЭГПА. Здесь необходимо обратить внимание на то, что в переходных режимах при использовании частотного регулирования электропривод будет потребляться энергия на преодоление инерционного сопротивления, связанного с большими маховыми моментами на валу привода. При плохом качестве регулирования (большой колебательности САР давления газа и значительной величине ее перерегулирования) эти потери могут быть значительными. В таком случае дроссельный принцип регулирования представляется сравнительно лучшим, т.к. из-за небольшой инерционности привода задвижек электрические потери в динамике переходного процесса позиционного перемещения регулирующего дроссельного органа оказываются меньшими по сравнению с нагнетателем.

Предлагается для повышения энергоэффективности эксплуатации ЭГПА в переходных режимах в автоматическом режиме регулирования давления газа использовать комбинированную САР, которая включает в себя три контура регулирования: частотное регулирование электроприводом, позиционное регулирование основной и вспомогательной задвижкой. В такой схеме дроссельное регулирование берет на себя динамическое противодействие высокочастотным составляющим возмущений давления в газопроводе, а частотное регулирование электроприводом ЭГПА – низкочастотным составляющим.

При выборе структуры дроссельного регулирования задвижками следует обратить внимание на то, что на практике, как правило, используются низкоскоростные приводы позиционного перемещения задвижек. Это означает, что электромеханическая постоянная времени электропривода ЭГПА оказывается значительно меньшей по сравнению с постоянной времени электропривода дроссельных устройств. Поэтому в САР предлагается использовать высокоскоростной привод для дополнительной вспомогательной задвижки (дроссельной задвижки на байпасном обводном газопроводе) с постоянной составляющей меньшей, чем у электропривода ЭГПА. Основная задача данной дроссельной задвижки – обеспечение быстрого перепуска транспортируемого газа в обход основного трубопровода (по байпасу). Одновременно для высвобождения нагнетателя от противодействия быстрым возмущениям давления в трубопроводе инерционность контура регулирования электропривода следует увеличить, чтобы обеспечить плавное изменение скорости электропривода ЭГПА. Это можно достичь путем использования низкочастотного фильтра в контуре регулирования электропривода ЭГПА. Если в качестве фильтра использовать апериодическое звено вида:

$$W_{\text{ф}}(s) = \frac{k_{\text{ф}}}{T_{\text{ф}}s + 1},$$

где

k_{ϕ} – коэффициент прямой передачи фильтра,

T_{ϕ} – его постоянная времени,

то при выборе большого значения постоянной времени фильтра в контуре регулирования электроприводом можно алгоритмически обеспечить плавное изменение скорости вращения. При этом, естественно, снизятся токи потребления электроприводом, вызванные изменениями расхода газа и тем самым уменьшатся динамические потери электроэнергии.

Таким образом, в предлагаемой САР контур регулирования положением вспомогательной задвижки будет обеспечивать подавление высоких частот динамики возмущений давления газа в газопроводе, освобождая контура регулирования электроприводом от непосредственного динамического противодействия подобным возмущениям. При этом задачей контура регулирования электроприводом будет являться противодействие низкочастотным составляющим возмущения. Контур регулирования положением основной задвиж-

ки играет промежуточную роль, позволяя выполнить плавный переход электропривода ЭГПА с одной скорости вращения на другую (например, при снижении давления газа основная задвижка плавно закрывается, затем скорость вращения двигателя начинает снижаться и основная задвижка возвращается в исходное положение). Важным решением также является максимальное открытие основной задвижки в установившихся или квазиустановившихся режимах. Типовая схема САР давление газа на выходе ЭГПА представлена на рис.1.

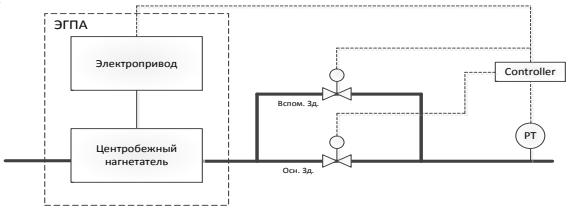

Рис. 1 Типовая схема САР давления газа на выходе ЭГПА

Для оценки работоспособности предлагаемой САР выполнено моделирование в программном продукте MathLAB Simulink.

Модельные исследования показали, что в установившемся режиме работы система находится в следующем состоянии:

– основная задвижка занимает положение близкое к состоянию открытия (90% открытия);

– вспомогательная задвижка занимает положение близкое к состоянию закрытия (10% открытия);

– контур автоматического регулирования подачи газа нагнетателем стремится обеспечить заданное давление за счет максимальной подачи газа.

Подбором соответствующих параметров регуляторов переходные режимы сводятся к апериодическим. В установившихся режимах давление стабилизируется равным заданному значению.

Возмущение ступенчатого типа вызывает динамику всех контуров САР. В начальный момент времени вспомогательная задвижка отрабатывает возникшее возмущение, в этот же момент основная задвижка начинается прикрываться. При этом контур регулирования нагнетателем газа стремится изменить его подачу путем изменения скорости вращения электропривода при плавном возвращении основной и вспомогательной задвижки в исходное состояние.

На быстрое периодическое изменение давления наиболее динамично реагирует байпасная задвижка, которая стремится максимально быстро открыться в начальный момент времени, а затем она прикрывается за счет изменения подачи газа нагнетателем. Периодическое 10% возмущение давления в трубопроводе оказывают незначительное влияние на изменение подачи газа нагнетателем.

Таким образом контур регулирования нагнетателя практически не участвует в коррекции быстрых динамических возмущений давления в трубопроводе и тем самым не расходуется электрическая энергия на разгон торможении нагнетателя.

Вывод

Предложенная САР регулирования давления газа в магистральном трубопроводе, которая включает в себя основную и быструю дроссельные заслонки, может быть применена в газовой отрасли для управления подачей газа на электроприводных ГКС. Данный принцип регулирования позволит обеспечить противодействие как быстрым, так и медленным возмущениям давления газа в магистральном газопроводе с минимальными потерями электроэнергии.

Снижение расхода электрической энергии частотно-регулируемого ЭГПА в переходных режимах достигается за счет реализации плавного изменения скорости вращения электропривода агрегата, благодаря медленной перестройки частоты его питающего напряжения. При этом контуры регулирования вспомогательной и основной задвижками стабилизируют давление газа в переходных режимах путем позиционного перемещения регулирующего дроссельного органа. В таком случае электрические потери при перемещении регулирующего дроссельного органа в динамике переходного процесса оказываются меньшими по сравнению с электрическими потерями, связанными с непрерывным разгоном или торможением электропривода ЭГПА с использованием частотного регулирования.

Список литературы

1. Костюк А.В., О.В. Диброва, С.А.Соколов Энергоэффективность насосных систем. //Вода Magazine/ - 2011.- № 10; URL: http://www.valve-industry.ru/pdf_site/75/75_Kostuk.pdf (дата обращения 15.10 2014).

2. Громаков Е.И., Кравчук Д.Е., Лиепиньш А.В. Многоконтурное регулирование давления в магистральном нефтепроводе // Международный научно-исследовательский журнал .- 2014.- №5; URL: http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/5-1-24.pdf (дата обращения 15.10 2014)