

3-501

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P8 - 3678

А.Г.Зельдович, Ю.К.Пилипенко,

В.Ф.Сиколенко, В.Л.Тищенко

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДРОССЕЛЬНОЙ ОЖИЖИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

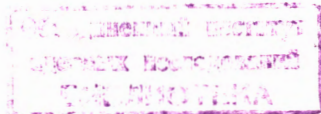
1968

Р8 - 3678

А.Г.Зельдович, Ю.К.Пилипенко,
В.Ф.Сиколенко, В.Л.Тищенко

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДРОССЕЛЬНОЙ ОЖИЖИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ**

Направлено в ЦТЭ



421513 пр.

В настоящее время в ядерной физике ведутся многочисленные исследования с использованием аппаратуры, работающей при криогенных температурах (жидководородные пузырьковые камеры, мишени, сверхпроводящие магниты и др.). В связи с этим в институтах ядерной физики значительно увеличилось количество установок по получению жидких газов. Эти установки работают как самостоятельно, так и совместно с экспериментальной физической аппаратурой. В большинстве случаев управление ожижителями производится вручную, что требует квалифицированного обслуживающего персонала и не всегда обеспечивает необходимую точность поддержания рабочих параметров. В ряде случаев пребывание обслуживающего персонала около установок нежелательно из-за взрывоопасности и недопустимо из соображений радиационной безопасности. По вопросам автоматизации ожижительных установок имеется ограниченное число публикаций и они не дают полного представления о состоянии вопроса^{/1,2,3/}.

Некоторой попыткой восполнить этот пробел явилась разработка автоматической электронной системы управления дроссельным ожижителем, работающим в замкнутом циркуляционном цикле с газгольдером. Система прошла испытания на специальном стенде, имитирующем ожижительную установку.

При разработке системы автоматического управления было использовано то обстоятельство, что в рассматриваемых ожижительных установках из большого числа запорных органов можно выбрать четыре вентиля, достаточных для управления: дроссельный вентиль (ПВ 1), байпасный вентиль (ПВ 2), вентиль пополнения газа в газгольдере (ПВ 3) и вентиль сбора газа высокого давления в ресивер (ПВ 4). Остальные вентили используются лишь в режимах пуска и

остановки. Для поддержания нормального хода технологического процесса достаточно слежения за тремя основными параметрами: давлением сжатого газа до ожигателя Д1, давлением в сборнике ожигателя Д2 и уровнем поднятия колокола газгольдера УР1.

На рис.1 приведена технологическая схема ожигательной установки с нанесенной на ней упрощенной функциональной схемой электронной системы автоматического управления (подробное описание электронной системы приведено в [4]).

Типовая схема ожигателя дополнена датчиками, вырабатывающими электрические аналоги давлений Д1, Д2 и уровня поднятия колокола газгольдера УР1. Регулирующие вентили ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4 снабжены электроприводами и конечными выключателями.

Регулирование подачи азота в ожигатель не связано с логической схемой управления вышеуказанными вентилями, осуществляется независимыми контурами управления с пневморегуляторами и в данной работе не рассматривается.

Проследим основные операции, выполняемые системой автоматического управления в ходе процесса ожигения.

В стационарном режиме ожигения давление сжатого газа до ожигателя Д1 с помощью логической схемы 2 (анализирующей величины электрических аналогов давлений Д1 и Д2, поступающих со схем 1 и 4) путем воздействия на логическую схему управления 3 приводом ПВ1 стабилизируется за счет открытия или закрытия дроссельного вентиля. Скорость вращения вентиля пропорциональна отклонению величины Д1 от заданного нормального значения $D1_n$ (см. рис.2). Так система работает, когда давление в сборнике ожигателя Д2 находится в пределах $D2_{\text{мин.}} \div D2_{\text{макс.}}$. Если по каким-либо причинам давление в сборнике Д2 достигло некоторого предмаксимального значения $D2_{\text{макс.}}$ (к ожигателю поступает много газа, нарушился тепловой режим ожигателя и т.п.), логическая схема 2 путем воздействия на вентиль ПВ1 будет поддерживать давление в сборнике на уровне $D2_{\text{макс.}}$. Переход на ограничение давления в сборнике характеризуется появлением командного сигнала от электрического аналога 4 давления в сборнике Д2 и скорость вращения дроссельного вентиля будет определяться величиной сигнала ошибки от величины $D2_{\text{макс.}}$. Превышение $D2_{\text{макс.}}$ до величины $D2_{\text{макс.}}$ вызывает резкое нарастание скорости закрытия дроссельного вентиля ПВ1 (см. рис. 2). При этом возможно повышение давления сжатого газа до ожигателя Д1. Если Д1 достигает не-

которого предмаксимального значения $D1_{\text{макс}}$. (рис. 2), логическая схема 5 вырабатывает команду на открытие вентиля ПВ4 сброса газа высокого давления в ресивер. Характер команды иллюстрируется графиком рис.2.

В случае, если открытие вентиля сброса ПВ4 не произошло из-за неполадок или на открытие этого вентиля наложен запрет системой измерения 13 максимального допустимого в ресивере давления, $D1$ может дорасти до некоторого заданного порога $D1_{\text{макс}}$. (рис. 2). В этом случае логическая схема 6 вырабатывает команду на схему управления 7 приводом вентиля байпаса ПВ2, который начнет открываться, перепуская газ в газгольдер. Как следует из графиков (см. 2), логические схемы 2,5,6 стремятся сохранить давление до ожигателя $D1$ в пределах установленной нормы при его отклонении в сторону повышения. При понижении давления $D1$ ниже нормального значения из-за уменьшения расхода газа вследствие понижения производительности компрессора и т.п. дроссельный вентиль ПВ1 будет закрываться, стремясь удержать $D1$ на заданном уровне. Степень закрытия вентиля ПВ1 контролируется логической схемой 2 и при уменьшении давления в сборнике до некоторой величины $D2$ логическая схема 2 налагает запрет на закрытие дроссельного вентиля, оставляя вентиль открытым для небольшого протока газа (рис. 2). После устранения причины, вызвавшей падение давления $D1$, система автоматически возвращается к нормальному процессу ожигения.

С помощью логической схемы 15, измеряющей электрические аналоги давлений до ожигателя $D1$ и до дроссельного вентиля $D1a$, осуществляется контроль сопротивления прямого потока в теплообменниках и в случае их закупорки, путем воздействия на схему управления 3, производится полное закрытие дроссельного вентиля.

Контроль за нормальным значением уровня колокола газгольдера осуществляется с помощью логической схемы 8, на которую поступают электрические сигналы датчика УР1 (рис. 1). Схема 8 воздействует на схему управления 9 привода вентиля пополнения ПВ 3 и в случае понижения уровня газгольдера вырабатывает команду на его открытие. Характер команды иллюстрируется графиком рис. 3. Если по каким-либо причинам (например, мало давление в ресивере) пополнение газгольдера через вентиль ПВ 3 оказалось недостаточным, и уровень газгольдера снижается до некоторого предминимального значения $УР1_{\text{мин}}$ (рис. 3), логическая схема 10 путем воздействия на схему 7 управле-

ния вентилем байпаса ПВ2 вызывает открытие байпасного вентиля независимо от значения давления сжатого газа Д1, предохраняя компрессор от подсоса масла из газгольдера. Если установка работает совместно с потребителем П, который возвращает газ в газгольдер (рефрижераторный режим), то система не нуждается в пополнении газом извне, за исключением пополнения утечек. В этом случае вентиль ПВ 3 может быть отключен от логической схемы. Тогда снижение уровня газгольдера характеризует накопление жидкости в системе за счет излишней холодопроизводительности. Открытие байпаса ПВ 2 поддерживает уровень газгольдера и снижает холодопроизводительность установки.

В ряде случаев нарушения рабочего режима (неполадки в системе пополнения газгольдера газом, испарение жидкости из сборника вследствие порчи изоляционного вакуума, переполнение транспортного дьюара жидкостью, чрезмерный возврат газа от потребителя, работающего совместно с установкой) может произойти повышение уровня газгольдера до некоторого предмаксимального уровня $УР1_{\text{макс}}$. (рис. 3). В этом случае логическая схема 11 с помощью ключей К1 и К2 производит переключение входных цепей схемы управления 3 дроссельным вентилем ПВ1 на логическую схему 12. Логическая схема 12 вырабатывает команду закрытия дроссельного вентиля, ограничивая поднятие колокола газгольдера на уровне $УР1_{\text{макс}}$. Степень закрытия дроссельного вентиля определяется уровнем поднятия колокола газгольдера и лишь в пределе стремится к полному закрытию. Если дроссельный вентиль будет закрыт полностью, установка перейдет в режим закачки газа в ресивер. В случае понижения колокола газгольдера ниже $УР1_{\text{макс}}$, система автоматически переходит в режим нормального ожигения.

Следует отметить, что при описании возможных действий системы автоматического управления ожигителем для упрощения изложения произведено искусственное расчленение возмущений по характеру их воздействия на контролируемые параметры (давление, уровень газгольдера). В действительности, давление до ожигителя, давление в сборнике, уровень подъема колокола газгольдера тесно связаны единым технологическим процессом, и соответствующие логические системы контроля этих параметров работают одновременно, не допуская больших уходов от установленных нормальных величин. За исключением системы контроля закупорки теплообменников, все логические системы двустороннего действия, т.е. стремятся восстановить нормальный технологический про-

цесс при отклонении контролируемых параметров как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, что иллюстрируется графиком рис. 2 и 3.

Система автоматического управления снабжена сигнализацией двух назначений. Одна из них показывает, какая команда - открыть или закрыть поступает на данный вентиль. Другая дает световой и звуковой сигнал при аварийных ситуациях, возникающих в сфере действия логической системы управления: закупорка теплообменников, давление в сборнике выше нормы, давление в ресивере выше нормы. Помимо этого имеется обычная сигнализация о предельных значениях других контролируемых параметров.

Описанная система отработана для дроссельной ожижительной установки любого типа вне зависимости от рабочего тела (водород, гелий и т.п.). Применение этой системы к детандерной установке потребует включения дополнительной схемы, производящей распределение сжатого газа между детандером и дросселем на основании показаний температурного датчика.

Л и т е р а т у р а

1. A rend Vander P.C. Chem. Eng. Prog. 57, N10, 62-67 (1961).
2. Р.Б. Скотт. Техника низких температур. Изд. иностр. литература. Москва, 1962г.
3. Die Tieftemperaturanlage ($23^{\circ}\text{K} = -250^{\circ}\text{C}$) für die Zwei - Meter Wasserstoff-Blasen-kammer der Europ Organisation für kernforschung (CERN). Kältetechnik band 14, 1962, N9.
4. В.Ф. Сиколенко, В.Л. Тищенко. Препринт ОИЯИ № 3679.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 января 1968г.

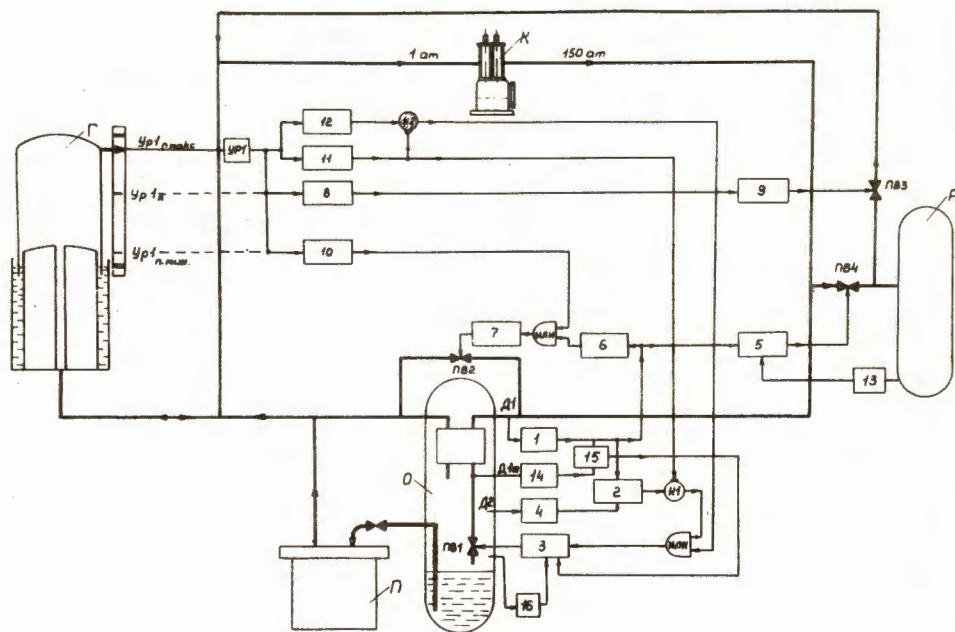


Рис. 1. Принципиальная схема дроссельной ожижительной установки с системой автоматического управления.

К - компрессор; Р - ресивер; О - ожижитель; Г - газгольдер;
 П - потребитель жидкого газа; ПВ1 - дроссельный вентиль;
 ПВ3 - вентиль пополнения газа в газгольдере; ПВ4 - вентиль сброса
 газа высокого давления в ресивере.
 1, 4, (13, 14), 16 - измерители давлений; УР1 - датчик уровня газ-
 гольдера; 2, 6, 8, 10, 12, 15 - логические схемы;
 3, 5, 7, 9 - системы управления вентилями; К1 - нормально открытый
 ключ; К2 - нормально закрытый ключ.

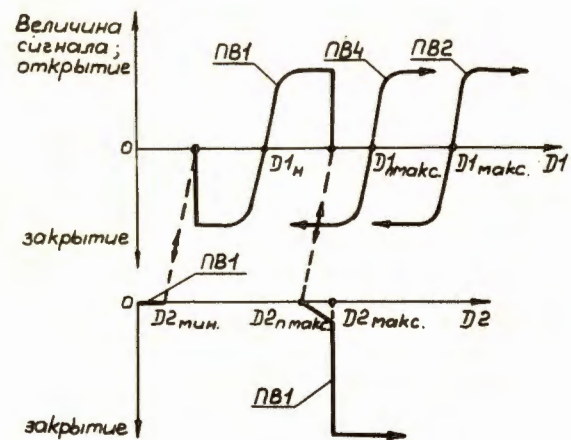


Рис. 2. Величина сигнала в зависимости от давления в ожижителе Д1 и давления в сборнике Д2. Скорость вращения вентилей пропорциональна величине сигнала. Обозначение вентилях см. на рис. 1.
 Д2 мин., Д2 макс., Д2 макс., - минимальное, предмаксимальное и максимальное значения давлений до ожижителя.
 При значениях Д2 мин. и Д2 макс. сигналы на привод дроссельного вентиля передаются с логической схемы, связанной с Д1, на логическую схему, связанную с Д2.
 Выключение электроприводов в предельных положениях производится концевыми выключателями.

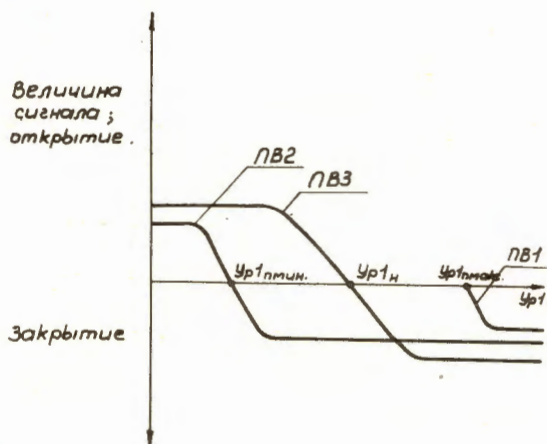


Рис. 3. Величина сигнала в зависимости от положения колокола газгольдера. Обозначение вентилей см. рис. 1. УР1 мин., УР1н., УР1макс. - предминимальное, нормальное (рабочее), предмаксимальное положения колокола газгольдера.