

C-355

26/III-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P8 - 3679

В.Ф.Сиколенко, В.Л.Тищенко

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЬНОЙ
ОЖИЖИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ
С ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ ЦИКЛОМ

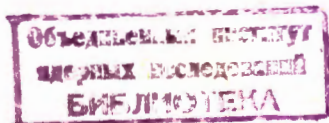
1968

Р8 - 3679

В.Ф.Сиколенко, В.Л.Тищенко

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЬНОЙ
ОЖИЖИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ
С ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ ЦИКЛОМ

Направлено в журнал
"Приборы и системы управления"



В в е д е н и е

В последнее время в физических экспериментах все большее применение находит аппаратура, работающая при криогенных температурах: пузырьковые камеры, водородные мишени, сверхпроводящие магниты и т.п. Используемые для этих целей ожигительные установки, как правило, управляются вручную или снабжены автоматическими регуляторами отдельных независимых параметров, не связанных общей логической системой соответствующего технологического процесса /1/, /2/, /3/.

В работе приводится описание электронной логической системы управления, охватывающей основные параметры технологического процесса ожигения. Применение такой системы исключает обязательное присутствие во время её работы обслуживающего персонала, что особенно существенно при использовании ожигительных установок в радиационно- или взрывоопасных условиях.

Технологический процесс ожигения достаточно полно описан в /5/, а совместная работа логической системы управления с ожигителем и выполняемые ею функции описаны в /4/.

Основные принципы построения системы

Протекание процесса ожигения в установках рассматриваемого типа /4/, /5/ характеризуется сравнительно медленными изменениями контролируемых параметров (от долей до единиц сек), поэтому для исключения возможных дрейфов и нестабильностей, присущих системам передачи сигналов постоянного тока, был принят метод дискретного съема информации в течение короткого промежутка времени. Частота поступления информации определяется тактовым генератором, жестко связанным с сетью 50 гц, питающей установку. Выбор такой тактовой частоты обусловил минимальное влияние помех и наводок со стороны питающей сети.

Дискретный метод съема информации позволил применить схемотехнику переменного тока, однако, в связи с этим датчики и исполнительные устройства имеют ряд особенностей, определяющих принцип построения функциональной схемы установки. Ниже будут рассмотрены узлы логической схемы, исключая системы блокировок, сигнализации и исполнительных устройств предельно допустимых величин (по давлению, уровню и т.п.).

Датчики и исполнительные устройства

Как было отмечено выше, тактовый генератор жестко связан с питающей сетью. Генератор вырабатывает две серии импульсов: ТГ- серия узких пусковых импульсов, предназначенных для запуска исполнительных устройств, и серия ТКР – стандартных по амплитуде и длительности импульсов, предназначенных для съема и передачи информации. Длительность импульсов ТКР значительно меньше периода питающей сети.

Измерение давлений осуществляется с помощью емкостных датчиков, модулирующих по частоте высокочастотный генератор ГВЧ (см. функциональную схему рис.1). Между генератором и дискриминатором Д включен нормально закрытый ключ К, открываемый лишь на время существования импульса тактового

генератора ТКР. Таким образом, на выходе дискриминатора появляется импульс тактового генератора, амплитуда и полярность которого определяются величиной измеряемого давления.

Измерение уровня газгольдера осуществляется потенциометрическим датчиком, питаемым импульсами серии ТКР и механически связанным с колоколом газгольдера.

Исполнительные устройства представляют собой вентили (ПВ1–ПВ4), снабженные электроприводом. Исполнительные двигатели – постоянного тока с редуктором, обеспечивающим необходимую степень замедления. Питание двигателей осуществляется от реверсивного моста, состоящего из амплитудно-широтных преобразователей АШП и усилителей мощности УМ. Каскады АШП преобразуют импульсы переменной амплитуды в импульсы переменной длительности при постоянной амплитуде. Такое преобразование введено с целью повышения коэффициента полезного действия и позволяет использовать выходные транзисторы в ключевом режиме, что существенно повышает надежность системы питания электропривода. Амплитудно-широтные преобразователи прямого и обратного хода питаются от усилителей, избирательных по полярности входного импульса. Запуск АШП производится импульсами тактового генератора серии ТГ. Входы избирательных усилителей соединены со схемой суммирования Σ . Полярность выходного сигнала зависит от соотношения амплитуд приходящих на её входы импульсов.

Для стабилизации системы регулирования в каскады АШП введена отрицательная обратная связь по скорости, напряжение которой вырабатывается датчиком обратной связи ДОС и пропорционально ЭДС якоря двигателя, которая, в свою очередь, пропорциональна числу оборотов. В схеме АШП предусмотрены входы, предназначенные для ввода аварийных команд, обеспечивающих максимальную скорость выполнения этих команд независимо от полярности и амплитуды сигнальных импульсов.

Логическая схема системы составлена в соответствии с требованиями технологического процесса ожигения ^{/4/}. В первом варианте системы автоматического управления ожигителем предусмотрен контроль за тремя основными параметрами установки: давлением сжатого газа до ожигителя Д1, давлением в сборнике ожигителя Д2 и уровнем газгольдера УР1.

Диаграммы пределов изменения указанных величин приведены на рис.2.

Логическая схема управления дроссельным вентилем ПВ1 построена таким образом, что при сохранении давления до ожигителя Д1 в области нормальных

рабочих значений (заданных при настройке системы в соответствии с технологическим процессом ожигения) сигнал системы измерения D_1 проходит через суммирующее устройство ΣD и, попадая на реверсивный мост, воздействует на привод ПВ1, поддерживая нормальное значение D_1 за счёт изменения открытия дросселирующего вентиля. Сигнал с системы измерения D_2 поступает через схему ИЛИ на пороговый усилитель ПУ и при величинах D_2 ниже предмаксимального значения ($D_2 \ll \max$) (см. диаграмму рис. 2) на вход суммирующего устройства ΣD не проходит. Таким образом, в описанном режиме действует система стабилизации давления D_1 . Реверс ПВ1 определяется настройкой дискриминатора системы измерения D_1 . Глубина демпфирующей обратной связи зависит от величины давления D_2 и изменяется с помощью системы ГОС. Максимальное демпфирование системы происходит при приближении давления D_2 к значению $D_2 \ll \max^{1/4}$, что предотвращает изменение режима стабилизации (см. ниже) из-за перерегулирования в области давлений, близких к $D_2 \ll \max$.

Если в режиме стабилизации D_1 давление D_2 понижается до нижней границы нормальных значений ($D_2 \min$), закрытие дросселирующего вентиля ПВ1 прекращается за счёт прерывания команды "закрыть" ключом К. Сигнал управления ключом вырабатывается триггером Шмидта ТШ- $D_2 \min$, на вход которого через интегрирующее устройство подаются импульсы измерителя давления D_2 . Выходной сигнал триггера Шмидта поступает на ключ запрета закрытия ПВ1 через ключ контроля команды К и логическую схему ИЛИ.

При повышении давления D_2 до верхнего предела нормальных значений ($D_2 \ll \max$) сигнал системы измерения D_2 проходит через пороговый усилитель ПУ, а сигнал D_1 ограничивается. Система переходит в режим стабилизации $D_2 \ll \max$ за счёт воздействия через реверсивный мост на привод дроссельного вентиля. В этом режиме ограниченная величина сигнала измерителя D_1 является опорным напряжением для суммирующего устройства ΣD .

Поскольку малым изменениям открытия дроссельного вентиля соответствуют сравнительно быстрые изменения D_2 , необходимая степень демпфирования системы регулирования в режиме стабилизации D_2 существенно увеличивается за счёт системы ГОС. Если в случае каких-либо возмущений давление D_2 повысится до значения $D_2 \max$ (см. рис. 2) большего, чем $D_2 \ll \max$, но еще меньшего, чем предельно-допустимое, срабатывает триггер ТШ- $D_2 \max$ и прерывает команду увеличения демпфирования, глубина отрицательной обратной связи резко

уменьшается и система на большой скорости обрабатывает возмущение, прикрывая дросселирующий клапан. При подходе сверху к значению давления в сборнике близкому к $D2_{max}$ вновь включается система демпфирования, предотвращая возможное перерегулирование стабилизируемой величины.

Если в результате внутренних или внешних возмущений давление $D1$ превышает верхний предел нормальных значений $D1_{n\ max}$ (см.рис. 2), открывается клапан сброса газа в ресивер (ПВ4). Сигнал измерителя давления $D1$ поступает на суммирующее устройство $\Sigma B4$, уровень срабатывания которого определяется величиной опорного импульса ТКР. При превышении напряжения датчика $D1$ опорного уровня происходит открытие ПВ4 со скоростью, пропорциональной величине рассогласования. Система стремится стабилизировать давление $D1$ на уровне, соответствующем равенству напряжения измерителя $D1$ напряжению опорного импульса ТКР на входе $\Sigma B4$.

При сравнительно больших скоростях и величинах возмущений, когда система сброса газа в ресивер не успевает понизить давление и $D1$ продолжает расти, превышая следующий контрольный уровень $D1_{max}$ (см.рис. 2), открывается клапан байпаса (ПВ2). Эта операция осуществляется путем воздействия сигнала измерителя давления $D1$ через усилитель и схему ИЛИ на суммирующее устройство $\Sigma Б$, выходной сигнал которого воздействует на реверсивный мост привода клапана байпаса. Опорным напряжением в этом случае для $\Sigma Б$ служит ограниченный сигнал с выхода усилителя-ограничителя ОГ. На вход ОГ поступает сигнал с суммирующего устройства $\Sigma ГБ$, которое следит за нижним допустимым уровнем колокола газгольдера, и когда газгольдер находится в зоне нормальных уровней, сигнал с выхода $\Sigma ГБ$ положителен и импульсное напряжение на входе $\Sigma Б$ неизменно, поскольку оно ограничено усилителем ОГ. Такое рефлексное использование усилителя ОГ позволяет упростить схему подачи опорного импульсного напряжения на сумматор и обеспечить скорость открытия клапана байпаса пропорционально величине отклонения давления $D1$ от установленного контрольного уровня. О других функциях усилителя ОГ будет сказано ниже.

Логические действия по поддержанию уровня газгольдера иллюстрируются соответствующей диаграммой рис. 2.

Средняя величина зоны нормальных уровней газгольдера определяется настройкой суммирующего устройства $\Sigma ГВ3$, сравнивающего импульсное напряжение

с датчика УР1 с опорными импульсами ТКР. В случае рассогласования, выходное напряжение Σ ГВЗ воздействует на реверсивный мост привода ПВЗ, регулируя степень открытия вентиля пополнения. Это основная цепь поддержания нормального значения УР1. Помимо этого, существуют системы, которые поддерживают УР1 в зоне нормальных значений в течение технологического процесса при внутренних или внешних возмущениях.

Причины отклонения уровня газгольдера от нормы здесь не рассматриваются, и в дальнейшем приводятся лишь описания логических действий по приведению уровня газгольдера к нормальному установленному значению.

При приближении УР1 к нижнему предельно-допустимому уровню $УР1_{\min}$ в случае, если открытие вентиля пополнения не приводит к поднятию колокола газгольдера, открывается вентиль байпаса и часть газа расходуется на поддержание УР1 в окрестности безопасной величины уровня колокола газгольдера. Начало открывания байпаса определяется соотношением сигналов с датчика УР1 и опорным напряжением на выходах суммирующего устройства Σ ГБ. Выходные сигналы Σ ГБ через избирательные по полярности усилители поступают на Σ Б, выполняющее в этом случае роль фазоинвертора. Сигнал открытия вентиля байпаса по уровню газгольдера проходит через ключ контроля команды и через логическую схему ИЛИ. ОГ работает как усилитель команды закрытия байпаса и в окрестностях нулевого уровня сумматора Σ ГБ выходной сигнал им не ограничивается.

Рассмотрим следующий случай, когда газгольдер находится вблизи верхней границы зоны нормальных уровней и открытие вентиля байпаса (например, по команде избыточного Д1) привело к чрезмерному повышению УР1. В этой ситуации вступает в действие система закрытия байпаса по уровню газгольдера (ЗБ по УР1). Этот уровень определяется порогом срабатывания триггера Шмидта ТШ4, который вырабатывает команду закрытия ключа контроля прохождения команды "открыть байпас" и включает сигнал безусловного полного закрытия вентиля байпаса непосредственным воздействием на соответствующий АПП реверсивного моста.

В случае интенсивного возврата газа от потребителя из-за каких-то внешних возмущений предпринятых действий может оказаться недостаточно, и уровень газгольдера может возрасти. В этом случае, при достижении определенного установленного значения УР1 происходит автоматическое переключение цепей

управления дроссельным вентилем на слежение за положением газгольдера. Включается система ограничения поднятия колокола газгольдера за счёт регулировки прикрытия дроссельного вентиля.

Операция переключения осуществляется с помощью триггера Шмидта ТШ5, который, закрывая соответствующий ключ К, снимает блокировку закрытия дроссельного вентиля по минимальному значению $D2_{\min}$. Одновременно открываются нормально закрытые ключи, пропускающие команды блокировок сигналов открытия и закрытия дроссельного вентиля. Положение газгольдера в этом режиме не будет превышать уровня, определяемого настройкой суммирующего устройства $\Sigma ГД$. $\Sigma ГД$ вырабатывает только один сигнал - "закрыть", который через схему ИЛИ поступает на $\Sigma Д$. Полярность сигнала $\Sigma ГД$ совпадает с полярностью сигнала "закрыть" системы измерения $D2$ и воздействует на цепи управления дроссельным вентилем через $\Sigma Д$. Преимущество такой подачи сигналов состоит в том, что система управления дроссельным вентилем остается чувствительной к изменениям величины давления $D1$ (команда "открыть" вентиль ПВ1 осуществляется сигналом $D1$, поступающим на $\Sigma Д$). Это обеспечивает быстрый возврат к нормальному процессу ожигения при понижении уровня газгольдера до границы нормальной зоны.

Каждая из рассмотренных систем слежения за уровнем газгольдера может быть рассмотрена как система автоматического регулирования, содержащая ряд звеньев с большими постоянными времени (постоянная времени соответствующей части технологического процесса, колокола газгольдера и т.д.). Из-за малых скоростей протекающих процессов получение сигнала производной для демпфирования системы авторегулирования весьма затруднительно. Поэтому для демпфирования всех систем слежения за уровнем газгольдера процесс взятия производной заменен процессом определения знака производной и прерывания исполнительной команды на время существования производной. С этой целью газгольдер снабжен датчиком, вырабатывающим сигнал при перемещении его колокола. При этом состояние покоя колокола рассматривается как его перемещение с нулевой скоростью. Выходной сигнал датчика (УРД1) совместно с интегратором и триггером Шмидта ТШ1 представляет собой напряжение постоянного тока, полярность которого зависит от того, находится ли колокол газгольдера в движении или в покое. Следует отметить, что для демпфирования рассматриваемых систем регулирования достаточно фиксировать лишь одно из двух возможных направлений

движения колокола газгольдера. В нашем случае сигнал "ход" вырабатывается при перемещении колокола газгольдера. Выходное напряжение ТШ1 - "ход" накладывает запрет на цепи всех систем, вырабатывающих команды открытия соответствующих вентилей. Таким образом, увеличение подачи газа в газгольдер прекращается в момент начала движения колокола вверх. Выходное напряжение ТШ1 - "покой" накладывает запрет на цепи всех систем, вырабатывающих команды закрытия соответствующих вентилей, т.е. уменьшение подачи газа прекращается в момент остановки колокола газгольдера. Описанные манипуляции позволяют весьма эффективно демпфировать все системы слежения за уровнем газгольдера. Однако введение блокировки закрытия вентилей состоянием "покой" приводит к неоднозначному определению ситуации: команда "покой" существует не только в момент остановки колокола после движения в каком-либо направлении, но и в любом стационарном режиме. Такая неопределенность может привести к тому, что при некоторых значениях уровней газгольдера прерывание команды "закрыть" может привести к нарушению оптимальных условий технологического процесса. Для устранения отмеченного явления, а также с целью получения более гибкого режима управления положением газгольдера, введены дополнительные системы блокировки бланкирующих импульсов (ББ), возникновение которых привязано к определенным уровням колокола газгольдера.

При некотором превышении уровня газгольдера над значением, установленным за счёт открывания байпаса, становится нецелесообразным держать открытым вентиль байпаса, заблокированный командой датчика движения "покой". Этот бланк снимается триггером ТШ2 путем запираания ключа К (сигнал ББЗБ), пропускающего блокирующее напряжение на ключ контроля команды "закрыть" вентиль байпаса. Уровень срабатывания системы ББЗБ отмечен на рис. 2. Аналогичным образом введена система ББЗБ - блокировка бланка закрытия вентиля пополнения (ТШ3) и система ББЗДр - блокировка бланка закрытия дроссельного вентиля по уровню газгольдера (ТШ6 - рис. 1,2).

Для контроля за состоянием теплообменников, расположенных перед дросселирующим вентилем, применена логическая схема сравнения давлений на входе и выходе теплообменников (Д1а и Д1). Неравенство этих давлений свидетельствует о закупорке теплообменников. В этом случае суммирующее устройство

Σ Д1а вырабатывает сигнал безусловного закрытия дросселирующего вентиля с включением соответствующей световой и звуковой сигнализации.

З а к л ю ч е н и е

Описанная логическая система испытана применительно к водородному ожижителю /5/, однако, она может быть с успехом применена для управления ожижительными установками подобного типа с другим рабочим веществом (гелий и т.д.).

Подобная система автоматического управления может быть использована в других производствах, связанных с регулированием давлений и количеств перемещающихся газов и жидкостей.

Л и т е р а т у р а

1. Arend Vander P.C.Chem. Eng. Prog. 57.
2. Р.Б.Скотт "Техника низких температур". Изд.иностранной литературы, Москва 1962 г.
3. Die Tieftemperaturanlage ($23^{\circ}\text{K} = -250^{\circ}\text{C}$) für die Zwei-Meter wasserstoff-Blasekammer der Europ. Organisation für kernforschung (CERN). Kaltetechnik band 14, 9, 1962.
4. А.Г.Зельдович, Ю.К.Пилипенко, В.Ф.Сиколенко, В.Л.Тищенко. Препринт ОИЯИ Р8-3678, Дубна 1968.
5. А.Г.Зельдович, Ю.К.Пилипенко. ПТЭ, 4 (1963), 191.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 января 1968 года.

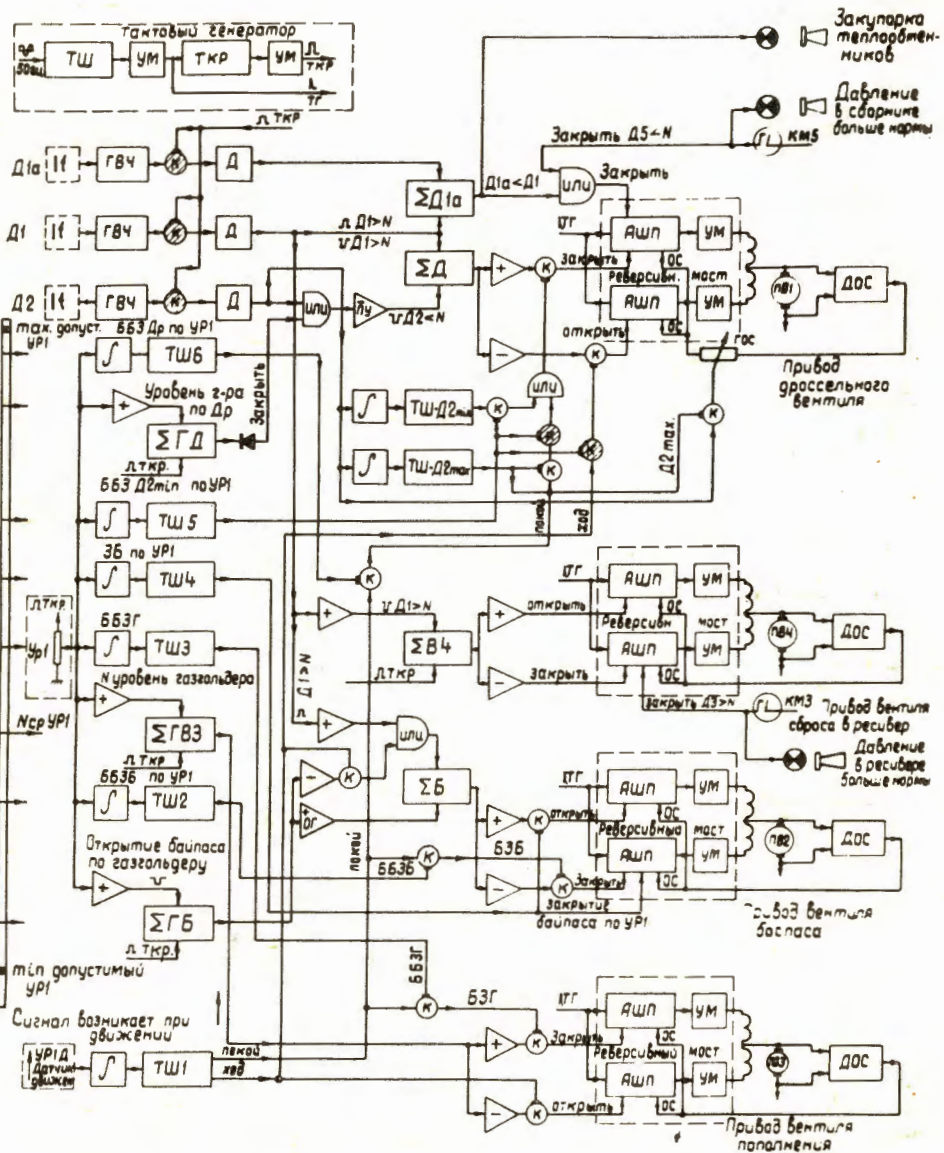


Рис. 1. Функциональная схема электронной системы для управления дроссельной ожигательной установкой. ТШ - триггер Шмидта; f - интегратор; АШП - амплитудно-широтный преобразователь; К - ключ; Σ - суммирующее устройство; УМ - усилитель мощности; ДОС - датчик обратной связи; Д - дискриминатор.

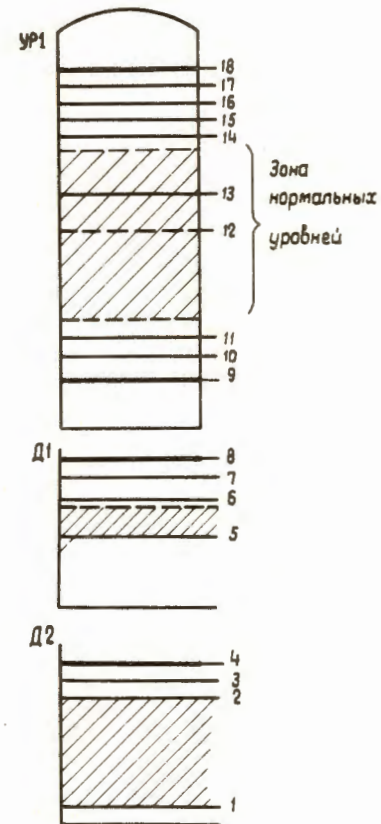


Рис. 2. Диаграмма контрольных уровней регулируемых параметров. Д2 - Давление в сборнике; Д1 - Давление сжатого газа до ожигателя. 1 - Граница нижнего предела нормальных значений; 2 - Д2 max - Граница перехода на стабилизацию верхнего предела нормальных значений Д2. Уменьшение глубины обратной связи; 3 - Д2 max. Граница срабатывания ТШ-Д2 max; 4 - Верхний предел давления Д2; 5 - Уровень стабилизации давления (нуль дискриминатора Д1); 6 - Уровень срабатывания вентиля сброса газа в ресивер (нуль $\Sigma В4$). 7-Д1 max Уровень открытия байпаса (нуль $\Sigma Б$); 8 - Верхний предел давления Д1; 9 - Нижний допустимый уровень газгольдера; 10 - начало открытия байпаса при поддержании уровня газгольдера; 11 - ББЗБ - блокировка бланка закрытия байпаса по УР1 (ТШ2); 12. $n_{ср}$ - средний уровень газгольдера (нуль ББЗБ - блокировка бланка закрытия вентиля пополнения (ТШ3); 14 - ЗБ по УР1 - закрытие байпаса по УР1 (ТШ4); 15 - ББЗД - начало стабилизации уровня дросселем (ТШ5); 16 - Наивысшее положение газгольдера при регулировке уровня дросселем ($\Sigma ГД$); 17 - ББЗД по УР1 - блокировка бланка закрытия дросселя по УР1 (ТШ6); 18 - Верхний допустимый уровень газгольдера.