

### **Автоматика безопасности и розжига парового котла.**

Паровой котёл является сложным технологическим объектом, элементы которого, в процессе эксплуатации, испытывают значительные нагрузки давлением и температурой. Обычно авария котла связана со значительными материальными, а порой и человеческими, потерями. Исходя из этого, защита котла, при возникновении аварийных режимов, является одной из основных задач комплексной автоматизации котельных установок.

Для паровых котлов давлением свыше 0.7 кгс/см<sup>2</sup> необходимо предусматривать автоматическое прекращение подачи газообразного и жидкого топлива в случае [1]:

- понижения уровня воды в барабане котла;
- повышения уровня воды в барабане котла;
- повышение давления пара в барабане котла;
- повышения и понижения давления газообразного топлива (понижение давления жидкого топлива);
- уменьшение разрежения в топке;
- понижение давления воздуха перед горелкой;
- погасание факела;
- отключение тягодутьевых устройств.

Аварийные режимы возникают чаще всего в результате неправильных действий обслуживающего персонала, преимущественно при пуске котла [2].

Функции защиты котла выполняет схема автоматики безопасности (САБ), которая должна обеспечивать заданную последовательность операций при растопке котла и отключении его при возникновении аварийных режимов. Перед пуском в работу котла его топка и газоходы должны быть провентилированы в течении 10-15 минут. Для котлов работающих на газообразном топливе, в конце цикла вентиляции, содержимое газа в топке не должно превышать 1/5 НПВ (нижний предел взрываемости) [3].

САБ должна быть защищена от воздействия (отключение, изменение регулировки и т.п.) лиц не связанных с её обслуживанием и ремонтом, и иметь приспособление для проверки исправности их действия [1].

Обычно САБ собирается на основе электромагнитных реле. В пользу реле говорит достаточно высокая надёжность релейных схем, их ремонтпригодность и нечувствительность к внешним электромагнитным полям. Но, используя в качестве элементной базы реле, порой не просто реализовать в достаточной мере автоматизированный контроль процесса розжига и работы котла.

В последнее время САБ зачастую реализуется на основе промышленных контроллеров. Разумеется, в этом случае практически нет ограничения на сложность алгоритма функционирования, но значительно повышаются требования к реализации сигнальных цепей и цепей питания САБ. Кроме этого такая САБ требует более квалифицированного обслуживающего персонала.

В данной статье описана релейная схема автоматики безопасности и розжига парового котла (АБРК), созданная на основе САБ водогрейного котла ПТВМ-30М [2]. Не смотря на свою "релейность", схема достаточно функциональна и обеспечивает полный контроль за процессом розжига котла и автоматический перевод котла в работу, при удачном розжиге (в противном случае цикл розжига повторяется).

Принципиальная электрическая схема АБРК изображена на рис.1. Для простоты обслуживания и ремонта, основная часть АБРК выполнена в виде сменного блока (на рис.1 обведён линией), а параллельно обмотке каждого реле блока включен светодиодный индикатор HL1-HL21, позволяющий визуальное контролировать прохождение логических сигналов внутри схемы блока. Внешний вид блока изображён на рис.2, а вид АБРК, смонтированной в щите КИПиА котла ДЕ16, на рис.3.

Рассмотрим работу АБРК.

Питание схемы АБРК осуществляется от трёх источников напряжения:

- Сменный блок питается переменным напряжением ~36В, снимаемым со вторичной обмотки трансформатора Т1. Внутри блока это напряжение выпрямляется диодным мостом VD27 и сглаживается с помощью конденсатора С1.
- Для питания промежуточных реле и индикаторных светодиодов используется постоянное напряжение 24В.
- Для питания звонка аварийной сигнализации, трансформатора розжига и соленоидных клапанов используется переменное напряжение ~220В.

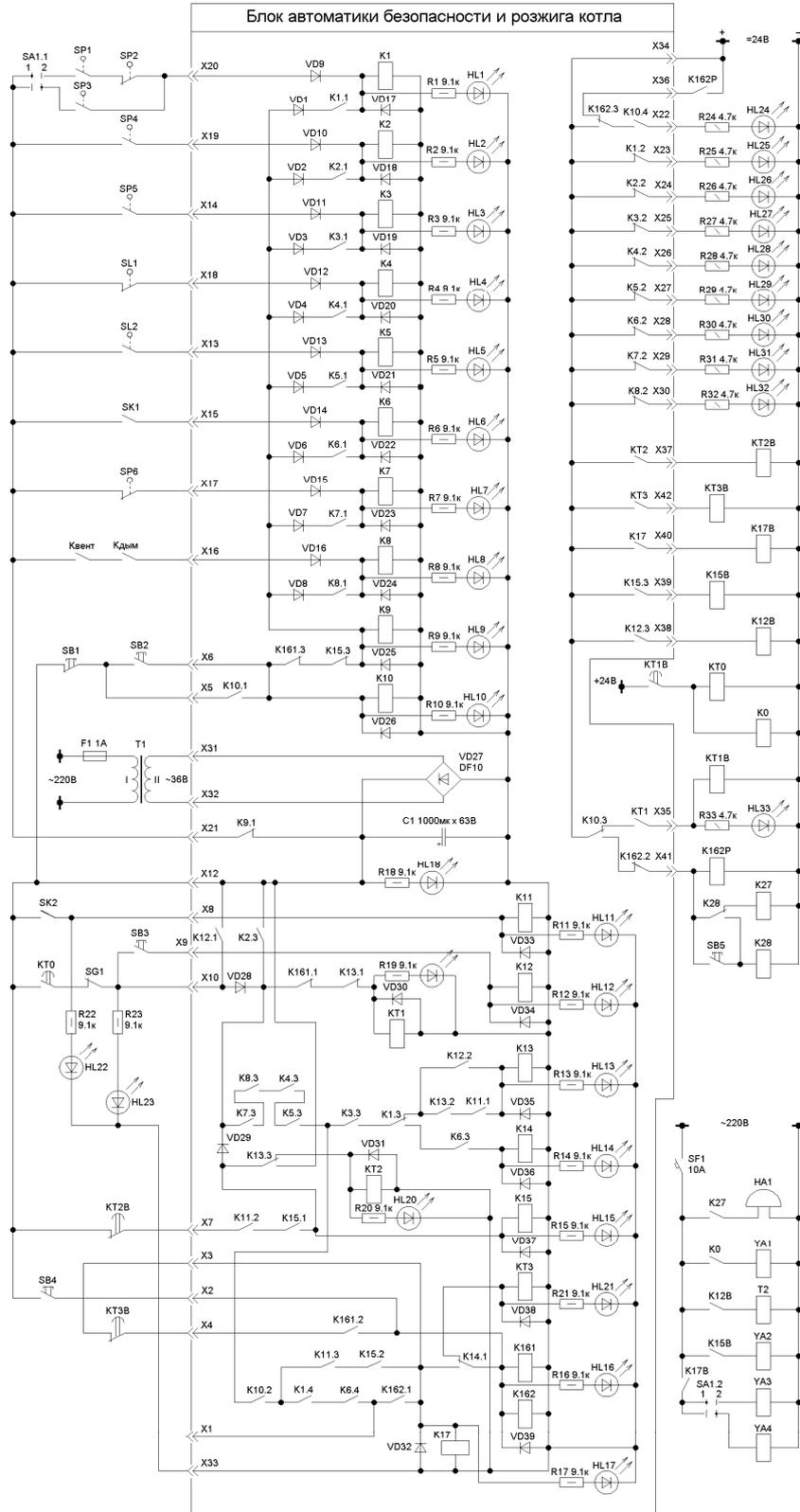
На этапе розжига котла, АБРК обеспечивает следующую последовательность циклов розжига:

1. вентиляцию котла в течении 10-15 минут;
2. контроль загазованности в топке котла;
3. дистанционный розжиг запальника;
4. розжиг основной горелки и автоматическое прекращение подачи газа к запальнику после непродолжительной совместной работы запальника и основной горелки.

Датчики автоматики безопасности	
SP1 - пониженное давление газа	SP2 - повышенное давление газа
SP3 - пониженное давление мазута	SA1 - Переключатель вида топлива
Положения: 1 - Газ 2 - Мазут	
SP4 - пониженное давление воздуха	
SP5 - уменьшенное разрежение	
SL1 - повышенный уровень в барабане парового котла	
SL2 - пониженный уровень в барабане парового котла (или уменьшение расхода воды через водогрейный котёл)	
SK1 - погасание факела	
SP6 - повышенное давление пара в барабане парового котла (или повышение температуры воды за водогрейным котлом)	
Отключение тягодутьевых устройств	
Квент - контакт пускателя вентилятора	Кдым - контакт пускателя дымососа
SB1 - Кнопка "Останов котла"	SB2 - Кнопка "Пуск котла"

Питание блока автоматики безопасности	
F1 1А	T1
-220В	I - II ~36В

SK2 - Контроль наличия факела запальника
SB3 - Кнопка "Розжиг котла"
Цель разрешения розжига котла KT0 - время газонализа (1-2мин) SG1 - контроль загазованности в топке котла
HL21 - "Факел запальника"
HL22 - "Розжиг разрешён"
KT2B - отсчёт времени совместной работы запальника и основной горелки (1-2мин)
SB4 - кнопка "Возврат"
KT3B - отсчёт времени задержки срабатывания защиты (10-30сек)



Питание =24В цепей сигнализации и промежуточных реле	
K162P - контакт пульсатора	
Индикация работы котла HL23 - "Котёл включён"	
Индикация аварийных параметров	
HL24 - "Нормальное давление топлива"	
HL25 - "Пониженное давление воздуха"	
HL26 - "Уменьшенное разрежение"	
HL27 - "Повышенный уровень в барабане парового котла"	
HL28 - "Пониженный уровень в барабане парового котла"	
HL29 - "Нет факела"	
HL30 - "Повышенное давление пара в барабане парового котла"	
HL31 - "Тягодутьевые устройства отключены"	
KT2B - отсчёт времени совместной работы запальника и основной горелки (1-2мин)	
KT3B - отсчёт времени задержки срабатывания защиты (10-30сек)	
K17B - промежуточное реле включения отсекаателя топлива	
K15B - промежуточное реле включения солонидного клапана запальника	
K12B - промежуточное реле включения трансформатора зажигания запальника	
KT0 - отсчёт времени анализа загазованности в топке котла	
K0 - промежуточное реле включения солонидного клапана газонализатора	
KT1B - отсчёт времени вентиляции топки котла (10-15 мин)	
HL32 - "Идёт вентиляция топки"	
K162P - реле-пульсатор	
K27 - промежуточное реле звуковой сигнализации	

Питание ~220В исполнительных цепей	
SF1 10А	HA1
K27	YA1
K0	T2
K12B	YA2
K15B	YA3
K17B	YA4
SA1.2 1 2	

Рис.1 Принципиальная электрическая схема автоматики безопасности и розжига парового котла

### **1. Вентиляция котла**

После включения тягодутьевых устройств (дымососа и вентилятора), оператор, согласно инструкции по розжигу, устанавливает необходимый режим вентиляции топки котла (разрежение в топке и давление воздуха перед горелкой). После того, как давление воздуха достигнет порога срабатывания реле напора SP4, оно сработает и своим контактом подаёт напряжение на катушку реле K2. Через замкнутый контакт K2.3 и нормально закрытые контакты реле K161.1, K13.1 напряжение поступает на катушку реле КТ1, которое своим контактом, через нормально закрытый контакт реле K10.3, подаёт напряжение на реле времени КТ1В. Одновременно загорается сигнальный светодиод HL33 “Идёт вентиляция топки”, сообщающий оператору, что вентиляция топки началась.

### **2. Контроль загазованности в топке котла**

После окончания времени вентиляции реле времени КТ1В срабатывает и своим контактом подаёт напряжение на реле времени КТ0 и промежуточное реле К0. Через замкнутый контакт К0, напряжение поступает на катушку соленоидного клапана YA1, установленного на линии побуждения расхода через датчик газоанализатора ДТХ-128, из комплекта ЩИТ-2 (или аналогичный). Реле времени КТ1В отсчитывает время, необходимое для гарантированного газоанализа. Если, после срабатывания КТ0, вентиляция прошла удачно и в топочной атмосфере не содержатся горючие газы, то, через замкнутые контакты реле времени КТ0 и газоанализатора SG1, напряжение поступает на светодиодный индикатор HL22 “Розжиг разрешён” и кнопку SB3 “Розжиг котла”.

### **3. Дистанционный розжиг запальника**

Оператор устанавливает необходимый режим розжига (разрежение в топке и давление воздуха перед горелкой), согласно инструкции по розжигу. К этому времени параметры “Давление в барабане котла”, “Уровень в барабане котла”, “Разрежение в топке котла” должны быть в норме. Поэтому контакты датчиков SP5, SL1, SL2, SP6, Квент, Кдым замкнуты, катушки реле K3, K4, K5, K7, K8 находятся под напряжением и светодиодные индикаторы HL27 “Уменьшенное разрежение”, HL28 “Повышенный уровень в барабане парового котла”, HL29 “Пониженный уровень в барабане парового котла”, HL31 “Повышенное давление в барабане парового котла” и HL32 “Тягодутьевые устройства отключены” погашены. Поскольку, обычно в момент розжига, давление воздуха ниже номинального, то контакт реле K2.3 шунтируется цепочкой КТ0, SG1 и VD28. И далее, через замкнутые контакты реле K7.3, K8.3, K4.3, K5.3, K3.3 и нормально замкнутый контакт K1.3, подготавливается цепь включения реле K13. Теперь, когда оператор нажмет кнопку SB3 “Розжиг котла”, сработает реле K12 и своим контактом K12.1 зашунтирует цепочку КТ0, SG1, подаёт напряжение на катушку реле K13 и, через промежуточное реле K12В, включает высоковольтный трансформатор Т2 зажигания запальника. Через контакт K13.3 напряжение подаётся на катушку реле K15, а нормально закрытый контакт K13.1 отключает катушку реле КТ1, что гарантирует повторную вентиляцию в случае неудачного розжига. Контакт K15.3 подаёт напряжение на катушку промежуточного реле K15В, которое подаёт напряжение на соленоидный клапан запальника. Оператор удерживает кнопку SB3 “Розжиг котла” нажатой до появления факела запальника (но не более времени, оговоренного инструкцией по розжигу) и чёткой фиксации его блоком контроля факела запальника. После возгорания факела запальника замыкается контакт SK2 и загорается светодиодный индикатор HL22 “Факел запальника”. Контакт SK2 подаёт напряжение на катушку реле K11, которое срабатывает и своими контактами K11.1 и K11.2 позволяет встать на самоблокировку реле K13 и K15. Реле K13 своим контактом K13.3, через диод VD29, шунтирует контакт K2.3 реле K2, контролирующего давление воздуха перед горелкой.

### **4. Розжиг основной горелки**

Теперь, чтобы открыть соленоидный клапан на выбранной топливной линии (вид топлива выбирается переключателем SA1), оператор нажимает кнопку SB2 “Пуск котла”. По цепочке SB1, SB2 напряжение подаётся на катушку реле K10, реле K10 срабатывает и своим нормально открытым контактом K10.1 становится на самоблокировку. Кроме этого контакт реле K10.2 собирает цепочку K13.3, VD29, K7.3, K8.3, K4.3, K5.3, K10.2, K11.3, K15.2, по которой подаётся напряжение на катушку реле K17. Реле K17 срабатывает и своим нормально открытым контактом включает промежуточное реле K17В, которое подаёт питание на катушку соленоидного клапана, установленного на топливной линии основной горелки котла. Одновременно, своим контактом K10.3, реле K10, через нормально закрытый контакт K162.2, подаёт напряжение на реле-пульсатор K162P и промежуточное реле звуковой сигнализации K27, а так же, через контакт пульсатора K162P и контакты K162.3, K10.4 подаётся напряжение на светодиодный индикатор HL24 “Котёл включен”, который светится пульсирующим светом. Своим контактом реле K27 включает звуковой сигнал HA1. Для снятия звукового сигнала оператор кратковременно нажимает кнопку SB5 “Съём звукового сигнала”. После этого срабатывает реле K28, которое своим контактом отключает реле K27 и становится на самоблокировку через контакты K10.3 и K162.2. После этого оператор подаёт топливо на основную горелку. После повышения до нормального давления топлива замыкаются контакты датчика давления топлива (SP1 или SP3, в зависимости от выбранного топлива), через которые напряжение поступает на катушку реле K1. Реле K1, своим контактом K1.3 отключает реле K13, которое своим нормально закрытым контактом K13.3 включает реле времени КТ2, отсчитывающее время совместной работы запальника и основной горелки. В течении этого времени может эпизодически не фиксироваться факел основной горелки, уменьшаться разрежение (на время срабатывания реле времени КТ3В) в топке и давление воздуха перед горелкой, при условии если будет устойчиво фиксироваться факел запальника. После окончания времени совместной работы реле КТ2 срабатывает и отключает реле K15, которое

своим контактом K15.3 отключает соленоид запальника, а контактом K15.2 разрывает цепь шунтирующую цепочку K1.4, K6.4, K162.1. Если к этому времени контролируемые параметры котла нормализуются, то, через контакт K14.1 реле K14, будет подано напряжение на катушки реле K161 и K162. Реле K162, своим контактом K162.2, отключит звуковой сигнал, а контактом K162.3 включит светодиодный индикатор HL24 на непрерывное свечение, что сигнализирует о нормальной работе котла. Если к моменту времени окончания совместной работы все параметры котла не нормализуются, то реле K15, своим контактом K15.2, обесточит катушку реле K17, которое, в свою очередь, обесточит катушку соленоидного клапана топлива основной горелки. В результате чего розжиг будет прекращён.

#### **Аварийный останов котла**

Если какой-то из параметров котла, контролируемых автоматикой безопасности, становится аварийным, то шлейф K2.3, K7.3, K8.3, K4.3, K5.3, K10.2, K1.4, K6.4, K162.1 разрывается и реле K161, K162, K17 отключаются. Реле K17 прекращает подачу топлива к горелке, отключая катушку соленоидного клапана на топливопроводе. Реле K162, своим контактом K162.2, включает звуковой сигнал и реле-пульсатор K162P, благодаря чему сигнальный светодиод HL24 “Котёл включен” горит пульсирующим светом, сигнализируя об аварии котла. Те реле (K1-K8), параметры которых были в норме, становятся на самоблокировку через свои нормально открытые контакты, диоды VD1-VD8 и нормально закрытые контакты K15.3, K161.3. Катушка реле параметра, вызвавшего остановку котла, остаётся обесточенным, т.к. напряжение с датчиков снимается нормально закрытым контактом K9.1, чем осуществляется фиксация первопричины остановки котла. Для сброса параметра первопричины необходимо нажать кнопку SB1 “Останов котла”. Для принудительной остановки котла достаточно нажать кнопку SB1, что вызовет останов котла без аварийной сигнализации и фиксации первопричины.

Реакция автоматики безопасности на уменьшение разрежения в топке котла может быть задержана на время срабатывания реле времени KT3B. Происходит это следующим образом – после того, как разрежение в топке уменьшилось ниже аварийного значения, контактами реле тяги SP5 отключается реле K3, которое своим контактом K3.3 отключает реле K14. Контакт K14.1, реле K14, разблокирует контакт реле KT3B и включает реле KT3, которое включает реле времени KT3B. После срабатывания реле времени KT3B, контакт KT3B отключает реле K161, K162, которые, в свою очередь, отключают реле K17 и производят вышеописанные действия.

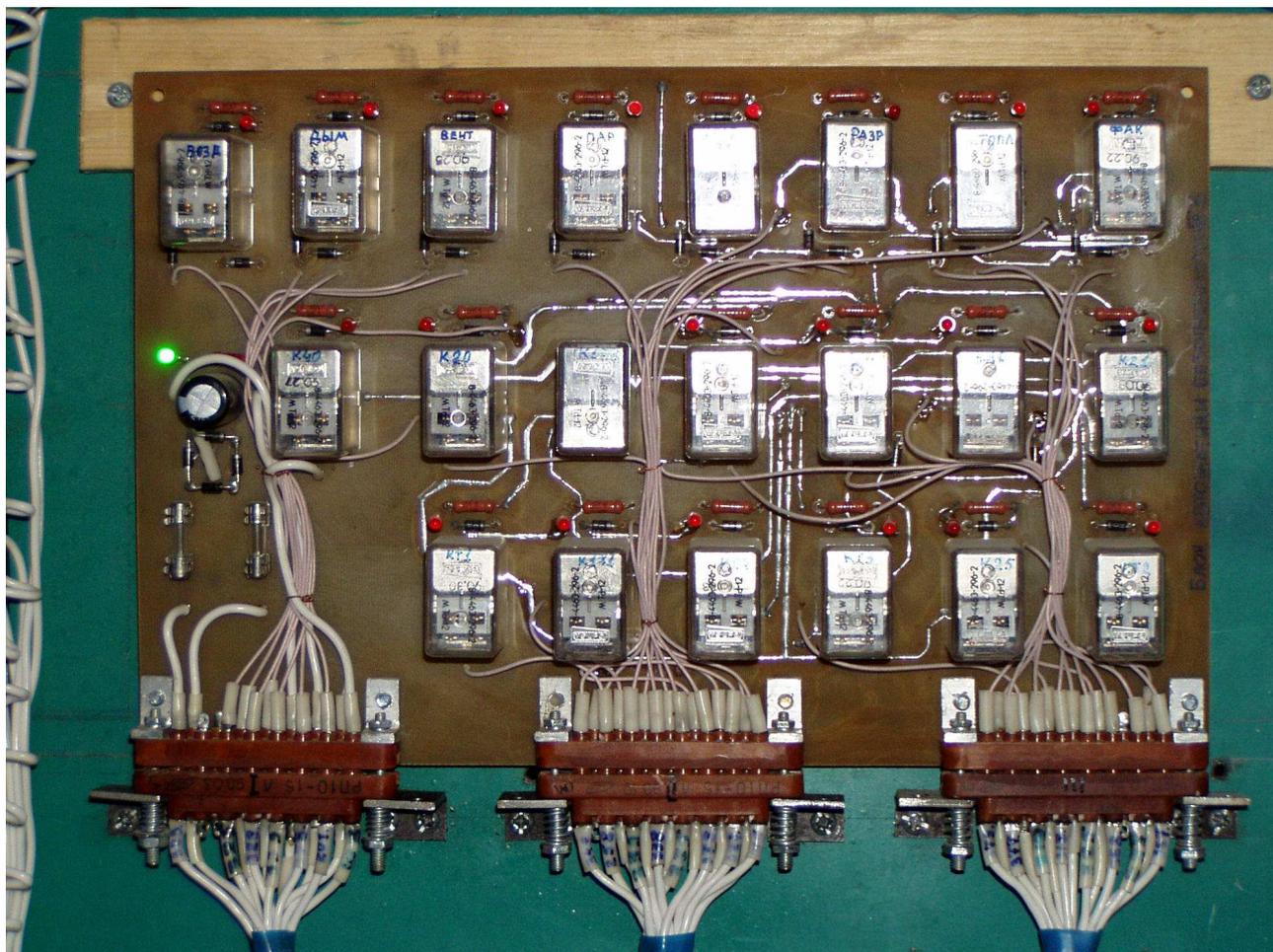


Рис.2 Внешний вид релейного блока автоматики безопасности и розжига парового котла

Данная автоматика безопасности и розжига может быть использована для защиты и розжига водогрейного котла. В этом случае вместо параметра “Понижение уровня в барабане парового котла” вводится параметр “Уменьшение расхода воды через водогрейный котёл”, а вместо параметра “Повышение давления пара в барабане парового котла” вводится параметр “Повышение температуры воды за водогрейным котлом”.

Проверка автоматики безопасности производится согласно утверждённого графика проверок. Обычно проверку совместно производят работник участка КИПиА и оператор котла. Для возврата автоматики безопасности в рабочий режим, после проверочного срабатывания по одному из параметров, служит кнопка SB4 “Возврат”. Данная кнопка служит для проверки автоматики безопасности и должна находиться в месте не доступном для лиц не связанных с обслуживанием автоматики безопасности котла.

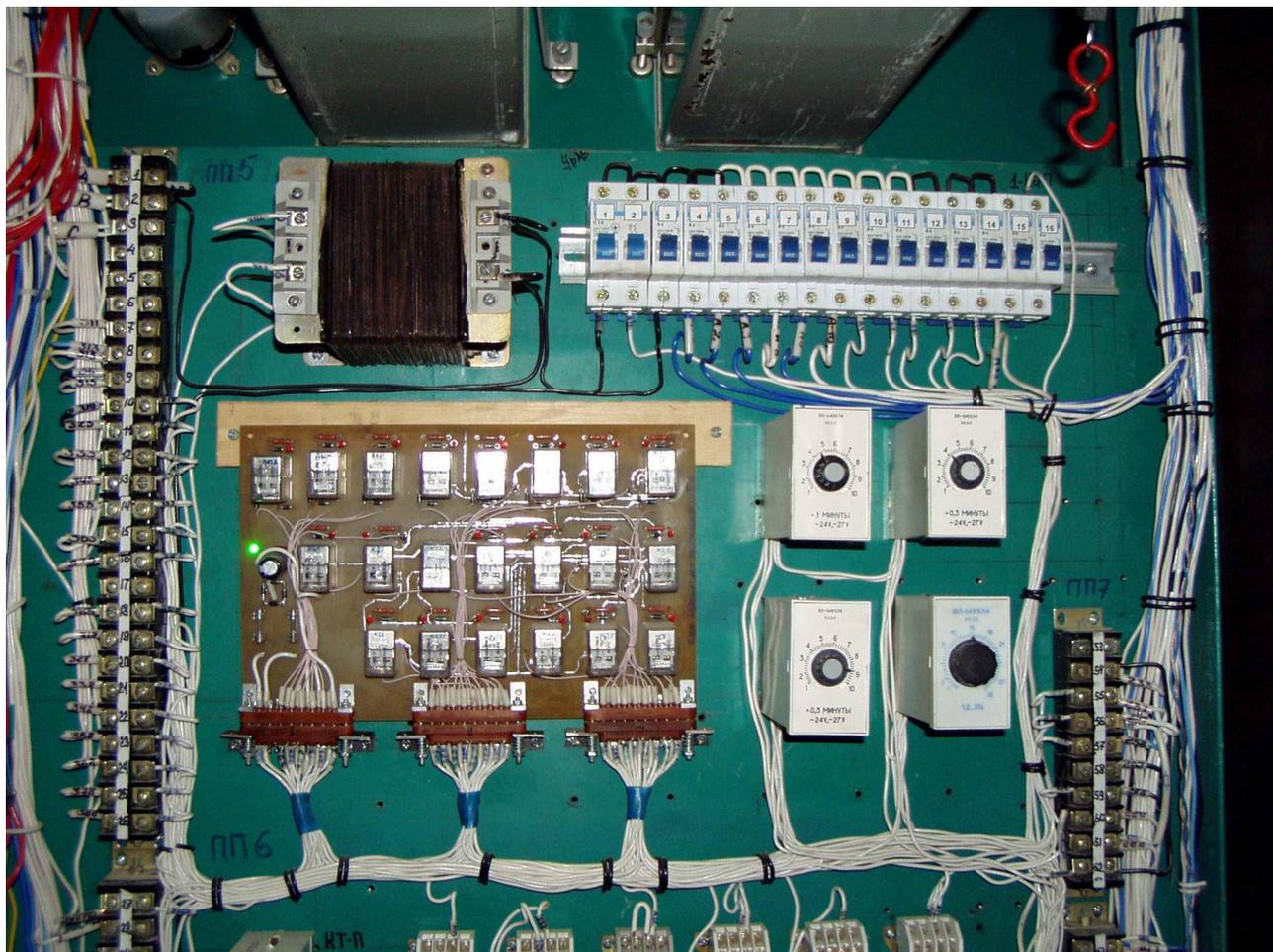


Рис.2 Внешний вид автоматики безопасности и розжига парового котла

#### Используемая литература:

1. ДНАОП 0.00-1.08-94. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов (с изменениями и дополнениями). Киев 1998 год.
2. Л.М. Файерштейн, Л.С. Этинген, Г.Г. Гохбойм. Справочник по автоматизации котельных. Под общей редакцией Л.М. Файерштейна. М.: Энергия, 1972 год.
3. ДНАОП 0.00-1.20-98. Правила безопасности систем газоснабжения Украины.