Замена регулятора Р25: поиск оптимального варианта

Регулирующий электронный прибор Р25, в период своего появления на свет, оказался довольно удачной и востребованной разработкой, однако он давно уже выработал свой ресурс и требует замены

Валерий Викторович Дыхнилкин,
Владимир Богданович Онуфрик,
Роман Олегович Лукащук,
asutp@microl.ua



Регулятор Р25 – это регулятор производства Московского завода тепловой автоматики (МЗТА), поэтому позиционировался он как прибор для применения в системах автоматического регулирования различных теплотехнических процессов. Как пример – комплектный шкаф автоматики любого (за редким исключением) парового котла ДКВР включал в себя несколько регуляторов Р25. С другой стороны, учитывая свою достаточно высокую универсальность, Р25 использовался всюду, где нужно было «держать параметр» и где в качестве приводов использовались исполнительные механизмы с электродвигателями постоянной скорости (МЭО, ЕСПА и другие).

Выпускалось 3 модификации прибора Р25, которые разнились типом и числом входов:

1. Р25.1 – рассчитан на подключение до трех дифференциально-трансформаторных датчиков (входной сигнал 0...10 мГн).
2. Р25.2 – подключение одного или двух термосопротивлений.
3. Р25.3 – подключение термопары ХА, ХК или ПП.

Все модификации позволяли использовать и унифицированные сигналы (0...5 мА, 0...20 мА или 0...10 В).

Прибор получился действительно удачным, удобным в эксплуатации и достаточно простым в ремонте. Насчет удобства в эксплуатации читатель может и не согласится, но по большому счету, обслуживающий персонал в большинстве своем признает, что настраивать на объекте этот регулятор не так уж и сложно. И назвать Р25 «прибором с интуитивно понятным пользовательским интерфейсом» можно, пусть и с небольшими оговорками.



Рис.1. Регулятор Р25 (по центру), универсальный контроллер МИК-51 (слева) и универсальный одноконтурный регулятор МИК-121 (справа)

Постановка задачи

Вопрос о замене регулятора Р25 на современный прибор является частично риторическим. Прежде всего, чтоб не говорили на различных форумах в интернете, замены его «один к одному» все же не существует. Как зарубежное, так и украинское приборостроение выпускает довольно большую номенклатуру различных универсальных микропроцессорных регуляторов. Но когда стоит задача заменить Р25, что верой и правдой отработал не один десяток лет, на его современный аналог, разобраться во всем этом оказывается не так уж и просто. Целью, преследуемой авторами данной статьи, является именно помощь обслуживающему персоналу в вопросе успешного поиска для такой замены.

Прежде всего, необходимо составить список требований, которым должен отвечать данный прибор, чтоб переход с Р25 на него оказался максимально простым:

1. Прибор по входам, выходам и питанию должен соответствовать регулятору Р25 (желательно, чтоб входов и выходов было больше, и чтоб они были более универсальны по типам сигналов).
2. Прибор должен обеспечивать характер и качество регулирования не хуже Р25 (желательно, кроме реализованных в регуляторе Р25 ПИ-импульсной и двух/трехпозиционной структуры, иметь возможность выбора типа регулирования (аналоговое, импульсное или ШИМ) и возможность автоматической коррекции задания исходя из нужд технологического процесса).
3. Прибор должен иметь схожие и интуитивно-понятные органы настройки и оперативного управления, то есть – быть простым в эксплуатации, не требовать от обслуживающего персонала глубоких знаний в цифровой схемотехнике и других смежных областях.
4. Прибор должен быть надежным, иметь длительный гарантийный термин, продолжительный период эксплу-

атации, а также быть рассчитанным на работу в реалиях промышленного производства (стойкость к вибрациям, широкий диапазон рабочих температур и прочее).

Новый регулятор на смену старого

Полноценную замену регулятору Р25 выпускает предприятие «Микрол» (г. Ивано-Франковск). Причем, выпускает в различных вариантах как конструктивного, так и функционального исполнения (рис. 1). На сегодняшний день «Микрол» производит 11 различных типов одно- и двухканальных регуляторов и 2 модификации 8-канальных регуляторов (последние как замену Р25 рассматривать не будем, так как применяются они немного для других задач). Из регуляторов остановимся на МИК-121 – универсальном микропроцессорном одноконтурном регуляторе.

Как было отмечено, МИК-121 – регулятор универсальный. Настройки данного прибора настолько гибки, что позволяют сконфигурировать на нем один из 13(!) возможных вариантов регулятора, среди которых 2-, 3-позиционные регуляторы, регулятор соотношения, каскадный регулятор, регулятор с внешней коррекцией внутреннего задания и регулятор с внешним заданием. Выходными являются аналоговый и дискретные сигналы (ШИМ-выход, реализация 2- и 3-позиционного и ПИД-импульсного регулирования).

Так как регулятор Р25 разрабатывался для использования в теплотехнических процессах, возможность и целесообразность замены будем определять на типовых задачах его применения. В качестве объекта управления возьмем паровой котел серии ДКВР (рис. 2), а в частности, два важнейших контура его системы автоматики – регулятор соотношения «топливо-воздух» и регулятор питания котла.

Регулятор соотношения «топливо–воздух»

Первый вариант замены регулятора Р25 на МИК-121 рассмотрим на примере контура регулирования соотношения «топливо-воздух» парового котла (рис. 3). Назначение данного контура – поддерживать заданное соотношение между количеством топлива и воздуха во всем диапазоне изменения подачи топлива, которое определяется по графику. Регулятор предусмотрен для поддержания соотношения «газ-воздух» или «мазут-воздух», в зависимости от типа топлива, что используется на котле.

Программная структура регулятора МИК-121 позволяет задействовать в

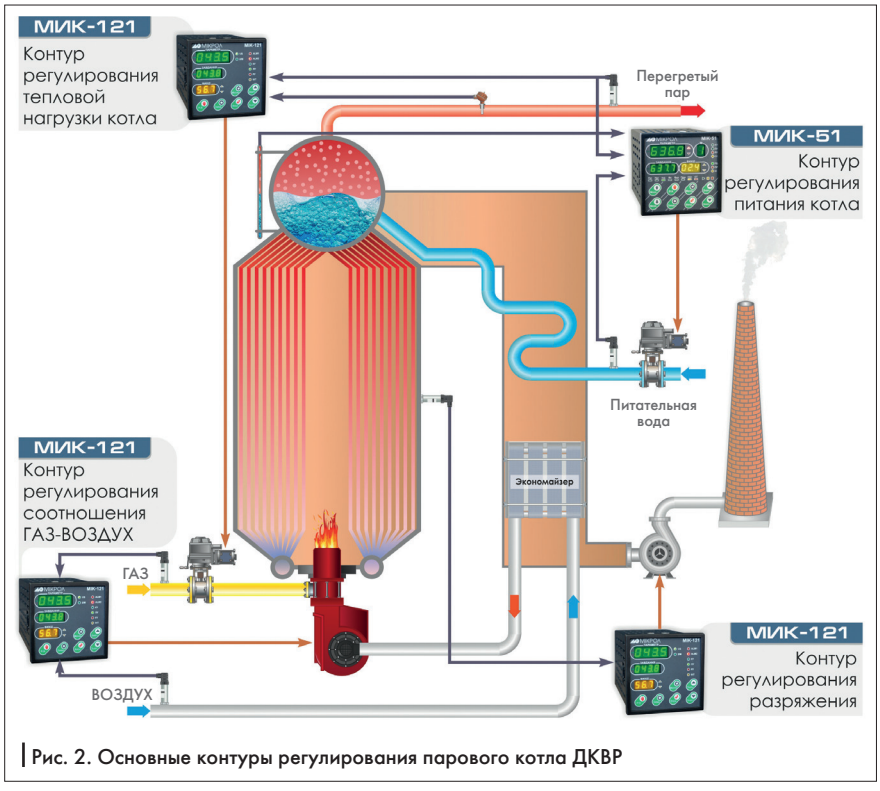


Рис. 2. Основные контуры регулирования парового котла ДКВР

нем готовый регулятор соотношения, функциональные возможности которого полностью перекрывают таковые у регулятора Р25 (рис. 4). Регулятор воздуха является следящим; соответственно расход топлива (газа либо мазута) – это задающий параметр, который поступает на аналоговый вход №2 регулятора МИК-121.

Сигнал на входе №2 нормализуется и поступает в блок коррекции, где кривую сигнала можно подправить для получения необходимой зависимости. Далее сигнал подается на сумматор, куда также поступает нормализованный сигнал со входа №1 регулятора – импульс с датчика давления (расхода) воздуха. Сигнал рассогласования поступает на ПИД-регулятор, выход которого управляет ключами БОЛЬШЕ-МЕНЬШЕ, формирующими соответствующие сигналы управления импульсным исполнительным механизмом.

Регулятор «топливо-воздух» работает по графику соотношения данных параметров («газ-воздух» либо «топливо-воздух»), получаемой после режимной наладки котла. Данный график технологами линеаризуется, дабы получить оптимальную линейную зависимость с учетом наиболее часто встречающихся нагрузок котла, так как на обычном Р25 невозможно реализовать нелинейный регулятор «топливо – воздух».

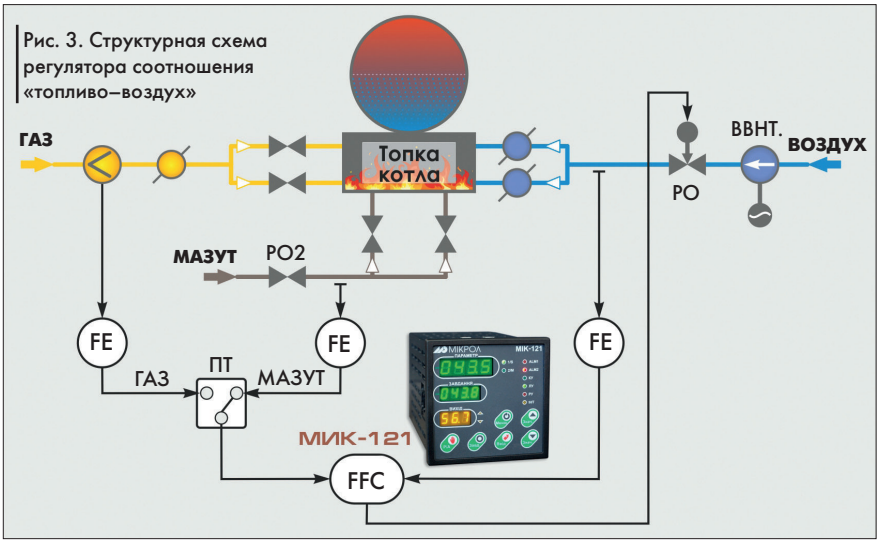


Рис. 3. Структурная схема регулятора соотношения «топливо–воздух»

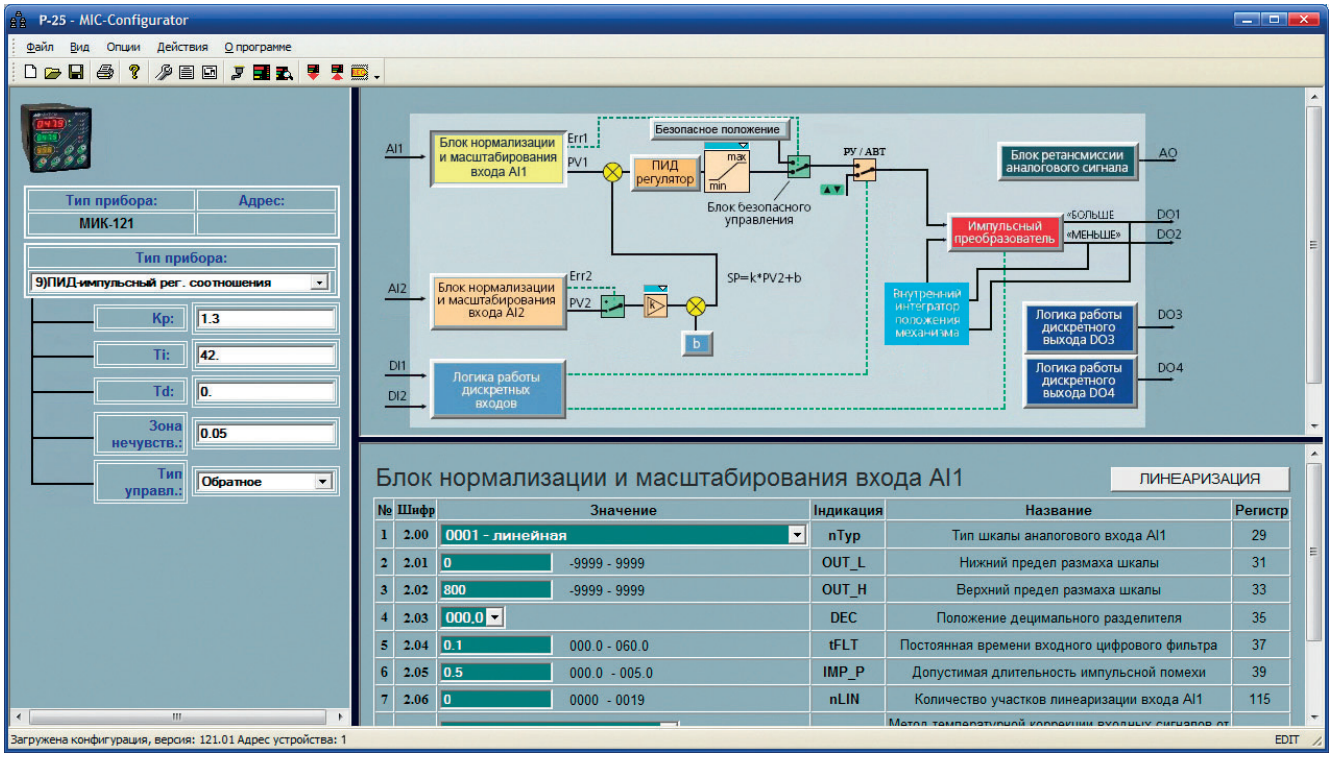


Рис. 4. Блок-схема настройки регулятора соотношения на базе МИК-121 в программе «МИК-Конфигуратор»

Все же Р25 – это только регулятор, не более и не менее. И добавить в контур регулирования какую-либо дополнительную переменную нелинейного соотношения не представляется возможным. А потребность в такой нелинейности растет прямо пропорционально росту мощности котла, так как позволяет, при правильной реализации, существенно экономить столь дорогие энергоресурсы. МИК-121, кроме того, что позволяет настроить смещение и наклон прямой на графике зависимости «топливо – воздух», по каждому из аналоговых входов имеет отдельный программный узел линеаризации, что позволяет искривить эту зависимость исходя из оптимальности процесса сжигания топлива на котле (рис. 5).

Замена Р25 на ПЛК

Там, где автоматическое регулирование предполагает отработку дополнительных логических условий, использования большего числа управляемых и корректирующих сигналов либо требует внесения специфической нелинейности в процесс, необходимо использование программируемого логического контроллера (ПЛК). Причем, контроллер, помимо наличия дискретных и аналоговых входов-выходов, должен быть со все тем же «дружественным пользовательским интерфейсом» (мы ведь ищем замену регулятору, а значит, прибор должен быть контроллером по сути (по своим функциональным возможностям) и регулятором по передней панели (иметь все необходимые органы настройки и отображения)). Таким требованиям целиком и полностью соответствует универсальный контроллер МИК-51 производства предприятия «Микрол».

В контроллере МИК-51 удалось оптимально объединить «в одном корпусе» функциональную мощь современного ПЛК (универсальность в логико-дискретном и непрерывном управлении), и простоту программирования и настройки, характерную современным цифровым ПИД-регуляторам. Нетипичным (как для ПЛК) является и конструктивное исполнение его передней панели: контроллер имеет свободно-конфигурируемую панель с возможностью использования ее как простого аналога цифровой панели оператора (отображение значений тех или иных технологических параметров) и как панели отображения и настройки регуляторов и программных задатчиков.

На передней панели контроллера имеются индикаторы отображения текущего и заданного значения регулируемого параметра с возможностью оперативного его изменения, положения исполнительного механизма, органы переключения режима работы регуляторов (РУЧ-АВТ), органы непосредственного управления исполнительными механизмами в ручном режиме, индикация состояния контроллера, срабатывания ключей БОЛЬШЕ-МЕНЬШЕ и многое другое. Но, прежде всего, МИК-51 – это свободно-программируемый контроллер, что имеет все необходимое для организации полноценной системы логико-программного и непрерывного управления контурами и узлами малых и средних технологических объектов. Программа для контроллера составляется на языке

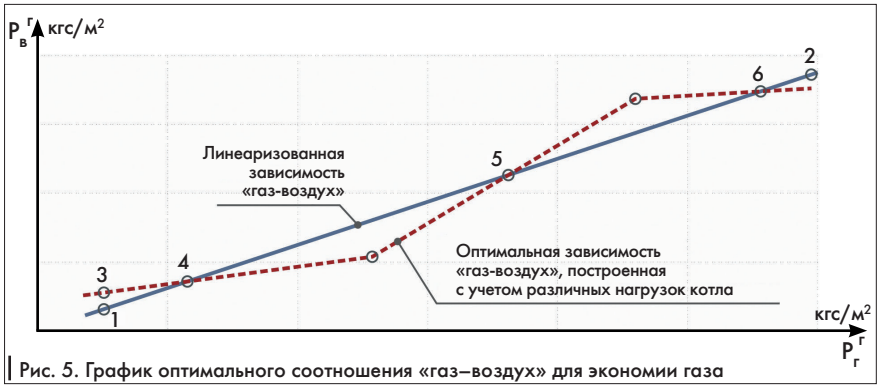


Рис. 5. График оптимального соотношения «газ–воздух» для экономии газа

функциональных блоков (FBD) в редакторе АЛЬФА (бесплатно доступен на сайте предприятия «Микрол» (*www.microl.ua*)).

Как полноценную замену регулятору Р25 контроллер МИК-51 можно рассматривать для тех задач, где по условиям техпроцесса необходимо регулирование по трем и более параметрам, либо там, где Р25 не справляется ввиду ограниченности его функциональных возможностей. Примером может быть указанная необходимость внесения нелинейной зависимости между входными параметрами, потребность (для некоторых задач) изменения логики работы по тем или иным условиям (самоподстройка параметров ПИД-регулятора) и многое другое.

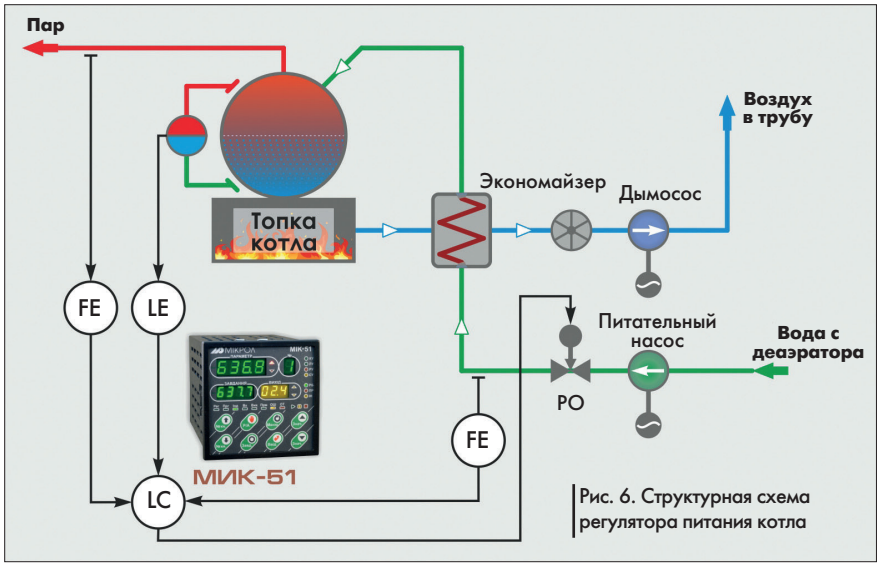


Рис. 6. Структурная схема регулятора питания котла

Регулятор питания котла на ПЛК

Вариант замены Р25-го контроллером МИК-51 рассмотрим на примере регулятора питания котла – типового контура регулирования уровня воды в барабане парового котла, построенного по классической трехимпульсной схеме (рис. 6). Регулятор питания учитывает 3 импульса, основным из которых является импульс по уровню воды в барабане котла, дополненный двумя корректирующими – импульсом по расходу питательной воды и импульсом по расходу пара. Импульсы суммируются и поступают на регулятор (рассогласование = заданное значение уровня воды в барабане котла (0 мм) – текущий уровень в барабане + расход пара – расход питательной воды). Для каждого из трех импульсов предусмотрен свой масштабный коэффициент. Выходной сигнал регулятора в форме двух дискретных сигналов поступает на исполнительный механизм типа МЭО, регулирующий орган которого установлен на линии питания котла водой.

Программа контроллера МИК-51, реализующая подобный трехимпульсный регулятор, представлена на рис. 7. Логика работы программы целиком и полностью соответствует описанию, приведенному выше. Остановимся лишь на некоторых нюансах.

1. Регулятор Р25 конструктивно выполнен так, что демпфирование по входных сигналах выполняется в узле регулирования, а не измерения, то есть, сглаживаются не сами измеряемые параметры, а уже готовый сигнал рассогласования, между заданием и выходом сумматора входных сигналов. В программе контроллера МИК-51 реализован несколько иной подход: сглаживание выполняется отдельно по каждому из трех входных импульсов. Раздельное демпфирование позволяет более качественно отстроить регулятор, так как появляется возможность сделать большим демпфер по импульсу уровня воды в барабане (который постоянно «дрожит») и задать меньшие значения для демпферов импульсов расхода воды и пара. Правильный подбор постоянных времени фильтров сглаживания по каждому из импульсов позволяет в значительной мере ослабить негативное влияние «набухания» уровня в процессе изменения нагрузки котла на работу контура регулирования.
2. В FBD-блоках всех типов регуляторов контроллера МИК-51 предусмотрена автоматическая балансировка. Она обеспечивает плавный переход при смене задания и отрабатывает постепенное изменение значения задания регулятора от величины текущего значения регулируемого параметра до заданного (при их неравенстве) после переключения регулятора из ручного в автоматический режим.
3. Заводить импульс обратной связи по положению исполнительного механизма в контур регулирования на базе МИК-51 нет необходимости. По опыту эксплуатации подобных контуров жесткая обратная связь по положению механизма приносит, в конечном счете, больше вреда, чем пользы. Она требует тщательной отстройки механической передачи на исполнительном механизме, а так как зачастую используются еще и устаревшие механизмы с реостатным или индуктивным датчиком положения, неточности и дрейф в их показаниях «не лезут» ни в какие разумные рамки. По этой причине в программе контроллера МИК-51 используется внутренняя переменная определения положения исполнительного механизма, реализованная в самом блоке импульсного ПИД-регулятора. Если обслуживающему персоналу необходимо видеть положение регулирующего органа, то можно задействовать 4-й свободный аналоговый вход контроллера и вывести значение на лицевую панель прибора.
4. Приведенная программа составлена с упором на простоту понимания ее работы. При необходимости, ее можно значительно оптимизировать как по размеру, так и по функциональности. Например, можно реализовать самоподстройку коэффициентов регулятора в зависимости от величины рассогласования, поставив за цель обеспечить высокую чувствительность контура вблизи задания и отсутствие «расшатывания» при значительных возмущениях.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод об оправданности замены регулятора Р25 на программируемый контроллер МИК-51. Он полностью соответствует всем требованиям для подобной замены, как с точки зрения функциональности, так и с учетом субъективного удобства в наладке и последующей эксплуатации. МИК-51 удобен и прост, но, вдобавок, позволяет учесть множество дополнительных факторов, обеспечив тем самым качество регулирования контура, оптимальное ведение техпроцесса с точки зрения экономии энергоресурсов и надежность системы в целом.

Напоследок следует отметить еще одну важную деталь. Оба прибора – и регулятор МИК-121, и контроллер МИК-51 предусматривают возмож-

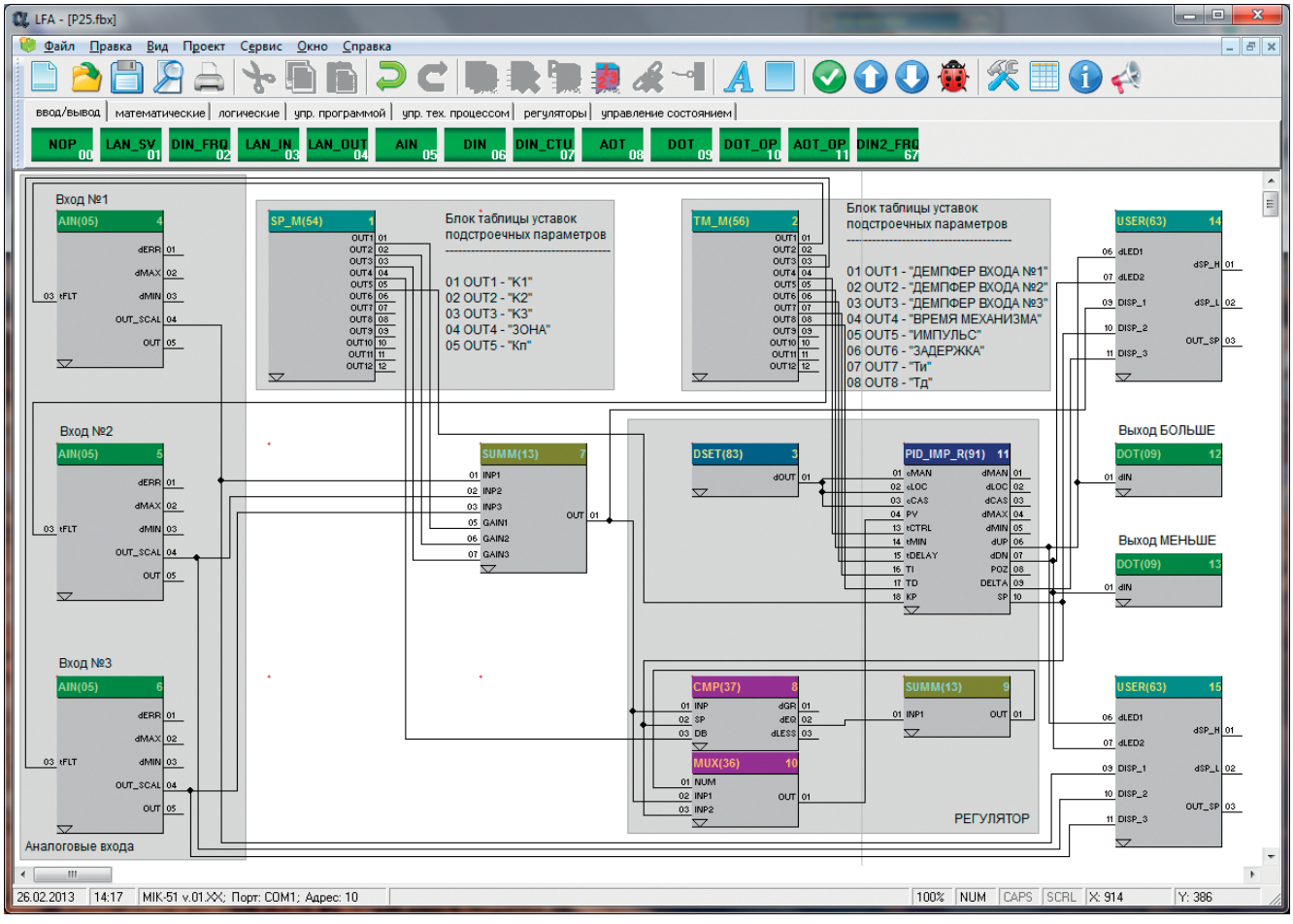


Рис. 7. Программа контроллера МИК-51, реализующая на нем регулятор питания котла.

ность как автономной работы, так и позволяют построить полномасштабную распределенную систему автоматического управления узлами и целыми технологическими объектами с объединением в сеть и управлением с верхнего уровня (оба прибора поддерживают обмен данными по интерфейсу RS-485). А это – серьезный задел на будущее, когда возникнет потребность централизованного контроля и управления всей используемой на предприятии автоматикой (посредством SCADA-системы).

Вообще, замена Р25 на современную процессорную технику – это всего лишь начало, вершина айсберга. На многих производствах сохранились (и кое-как все еще работают) даже более древние приборы – те же ламповые РПИБы на тепловых электростанциях, – сколько их еще «осталось в строю»? Много, очень и очень много. И замена всего этого на современное оборудование рано или поздно станет насущным на повестке дня. Не стоит опасаться перехода на новую аппаратную базу.

Приведенное в данной статье описание вариантов замены устаревшего Р25 современным цифровым регулятором МИК-121 и контроллером МИК-51 является примером выполнения модернизации существующих систем управления с минимумом капиталовложений. Затраты времени и сил, необходимые для ввода в эксплуатацию модернизированной на базе этих приборов САР котлоагрегата, являются минимальными, так как все необходимое – файлы настроек конфигурации (в случае применения регуляторов МИК-121) и готовые шаблоны FBD-программ (в случае с МИК-51) можно бесплатно скачать с сайта предприятия «Микрол» (раздел «Поддержка» – «Примеры FBD программ для контроллеров» и «Примеры конфигураций приборов»). Готовые варианты программ для контроллера составлены для четырех основных контуров регулирования на котле: регулятор давления пара в барабане котла, регулятор соотношения «топливо-воздух», регулятор разрежения в топке и регулятор уровня воды в барабане котла.

Такая модернизация выполнена уже на многих паровых и водогрейных котлах различной мощности по всей Украине, начиная с котельных небольших предприятий (замена Р25 на котлах ДКВР) и заканчивая тепловыми электростанциями (замена РПИБ на котлах Бурштынской ТЭС, Запорожской ТЭС, Добротворской ТЭС, Кураховской ГРЭС, Луганской ТЭС, Харьковской ТЭЦ-5, Херсонской ТЭЦ и т.д.).

