

## Опыт применения аппаратно-программного комплекса «Топогаз-02» для оптимизации режимов работы квартальных котельных

Бельянский А.Б., Пономаренко О.И., Сахаров С.Е., инж.

Исторически сложилось, что в нашей стране наибольшая доля тепла для отопления жилых домов и зданий для промышленного производства, а также их горячее водоснабжение, вырабатывается в котельных, работающих на природном газе. Поэтому, основное внимание было уделено именно газовым котельным, как наиболее распространенным. Однако, учитывая общность процессов при потреблении различных видов топлива (мазут, уголь и т.д.), можно смело распространить данный подход и на иные виды ископаемого топлива. Из этого вытекает острая необходимость разработки оптимальных методов их сжигания, при котором обеспечивается максимальная экономия энергетических ресурсов (природный топочный газ и электроэнергия) на производство единицы получаемого тепла.

Современные котельные, как правило, оснащены достаточно современной автоматикой для управления основными переходными режимами их работы: пуск, останов, кратковременные перерывы электроснабжения и т.д. Т.е. их основное и главное предназначение – обеспечение безопасного и надежного их функционирования.

Эффективность (экономичность) их работы, как правило, обеспечивается за счет периодической наладки котлов, когда выставляются оптимальные параметры их режимов работы при различных фиксированных условиях их эксплуатации. При дальнейшем их функционировании, оптимальность параметров их работы обеспечивается оперативным персоналом котельной, который, в соответствии с постоянно меняющимися условиями эксплуатации (изменение температуры окружающего воздуха, режима отопления, состава работающего оборудования и т.д.), в ручном режиме постоянно должен следить за режимами работы котлов в соответствии с заранее построенными режимными картами. Однако, здесь имеет место внутреннее неустрашимое противоречие, т.к. каким бы аккуратным и образованным не был оперативный персонал, он в принципе не может обеспечить идеальное поддержание оптимальных параметров режимов работы. Такое возможно только в случае наличия автоматизированной системы оперативного управления, когда в каждый момент времени, в автоматическом режиме, выполняется оптимальное управление. В связи с этим, была поставлена задача разработать/создать и испытать подобную систему, которая бы обеспечивала в автоматическом режиме в

каждый момент времени наиболее оптимальное управление режимом работы котла и всей котельной в целом. Выполнение такой работы изложено в данной статье, а также рассмотрены полученные при этом результаты.

В качестве контролируемых параметров, по которым осуществляется оптимизация работы котла, были приняты следующие данные (их количество и номенклатура определялись исходя из разумной достаточности, а также доступности и простоты их получения):

- давление топливного газа на входе в горелку;
- давление воздуха, подаваемого на горелку;
- разрежение в топке котла;
- содержание кислорода в отходящих дымовых газах.

В качестве управляющих воздействий были выбраны следующие:

- управление дутьевым вентилятором подачи воздуха в горелку через регулирование частотно-регулируемого привода (ЧРП), установленного на этот вентилятор;
- управление дымососом через регулирование ЧРП, установленного на нем.

При работе прибора дополнительно учитывались при выборе управляющих воздействий по оптимизации режима его работы, параметры из его режимной карты, определенной заранее, которые задавались в прибор в виде набора дополнительных уставок. Структурная схема разработанного аппаратно-программного комплекса представлена на рис. 1.

Прибор разработан на основе дальнейшего развития прибора «Топогаз – 01», предназначенного для оперативного контроля отходящих дымовых газов котельных по кислороду ( $O_2$ ), углекислому газу ( $CO_2$ ) и окислам азота ( $NO_x$ ). Он получил общее название Аппаратно-программный комплекс «Топогаз – 02», его общий вид представлен на рис.2.

После создания данного комплекса он был испытан в реальной котельной на паровом котле типа «ДКВр 10-13», Россия, установленный в котельной Подмосковья при сжигании природного газа с  $Q_{н}^p = 8012$  ккал/нм<sup>3</sup>.

По зарегистрированным входным счетчиком электроэнергии в течение мая – июня месяцев получены следующие данные.

С 1 по 31 мая 2015 года было потреблено 58 000 кВт\*ч электроэнергии.

С 1 по 14 (включительно) июня 2015 г. было потреблено 13 000 кВт\*ч электроэнергии.

На основе этих данных рассчитаем суточную экономию электроэнергии по котельной.

По данным электропотребления за июнь месяц (с учетом работы АПК «Топогаз-02») определим суточное электропотребление, которое оказывается равно

$$\Delta \text{Эпр} = 13\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / 14 \text{ суток} = 930 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$$

За 6 суток мая месяца, с 26 мая по 30 мая было потреблено (когда АПК «Топогаз-02» работал)

$$\Delta \text{Э} = 930 \text{ кВт}\cdot\text{ч} * 6 \text{ суток} = 5\,571 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Тогда всего за май месяц, без отсутствия прибора было потреблено

$$\Delta \text{Эмай} = 58\,000 - 5\,571 = 52\,430 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

что составляет в течение суток потребление без прибора

$$\Delta \text{Эб.пр} = 52\,430 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / (31-6) \text{ суток} = 2\,097 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$$

Таким образом, суточная экономия (самая минимальная) при включении прибора в работу, составляет

$$\Delta \text{Эсут} = 2\,097 - 930 = 1\,168 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$$

Суммарная экономия электроэнергии за год составит

$$\Delta \text{Эг} = 1\,168 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки} * (365 - 21) \text{ суток} = 401\,800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Что в денежном выражении, при тарифе 4 руб/кВт\*ч, составит

$$\Delta \text{Зэ} = 401\,800 \text{ кВт}\cdot\text{ч} * 4 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч} = 1\,600\,000 \text{ руб}$$

Следует отметить, что это самая минимальная оценка для котельной. Речь в данном случае идет о работе только одного котла в режиме горячего водоснабжения. С учетом того, что в отопительный сезон работают, как минимум, два котла, и с гораздо большей загрузкой (режим отопления и горячего водоснабжения одновременно), эта величина экономии электроэнергии буде гораздо больше.

При использовании ЧРП кривые напряжения (рис. 3) за ЧРП формируются искусственно с использованием ШИМ – модуляции (широтно-импульсной модуляции). Поэтому, получаемые кривые напряжения оказываются значительно искажены, и содержат большое количество высших гармоник в своем составе. Это также хорошо видно на кривых токов нагрузок до ЧРП, которые представлены на рис. 4. Однако, установка дополнительных высокочастотных фильтров, далеко не всегда оказывается жизненно необходимо. Конечно, дополнительные гармоники могут привести к дополнительному перегреву двигателя, но с учетом того, что нагрузка двигателя с ЧРП резко снижается, а напряжение на его вторичных зажимах значительно меньше номинального, эта перегрузка оказывается в пределах допустимой. Это подтверждается и итогами проведенного эксперимента, когда рассматриваемые двигатели достаточно долго работали под

управлением ЧРП, а их дополнительного нагрева, сверх нормально допустимого, не было зарегистрировано. И это при повышенной температуре окружающей среды (май = июнь месяцы).

Анализировалось потребление газа в течение 10 дней в конце мая месяца с включенным АПК «Топогаз-02» и без него. Регистрировались только данные по суткам, в течение которых не было отключений электроэнергии в котельной, а значит, и не было перерывов с ГВС. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

## Результаты эксперимента на коротком интервале времени

№ п/п	Дата	Суточное потребление природного газа (м <sup>3</sup> )	Включение АПК «Топогаз -02»
1	20.05.2015	7956	Нет
2	21.05.2015	7727	Нет
3	22.05.2015	7611	Нет
4	23.05.2015	7623	Нет
5	24.05.2015	7615	Нет
	Итого	38532 - <b>7706</b> (среднесуточное)	
6	28.05.2015	7296	Да
7	30.05.2015	7677	Да
8	31.05.2015	7047	да
	Итого	22020 - <b>7340</b> (среднесуточное)	

Соотнеся полученные среднесуточные показания потребления газа получаем величину экономии газа

$$\Delta = ((7706 - 7340) / 7340) * 100 = 5\%$$

получаем следующие результаты по величине экономии топливного газа от использования предлагаемого АПК «Топогаз-02».

$$\Delta Z_{г} = 4\,273\,602 \text{ м}^3 * 0,05 * 5,5 \text{ руб/м}^3 = 1\,175\,240 \text{ руб}$$

Полученные результаты позволяют сделать достаточно обоснованное заключение, что использование предлагаемого Аппаратно - программно комплекса «Топогаз-02», применительно к рассматриваемым котельным, обеспечивает в течение одного отопительного сезона экономию энергоресурсов (электрическая энергия и топливный газ) в объеме более 2,0 миллионов рублей. При этом, стоимость всех затрат на установку

такого комплекса на котельной, с учетом дисконта по банковскому кредиту, не превышает 1 млн. рублей единовременно. Т.е. величина окупаемости данного мероприятия составляет менее 0,5 года. С учетом возможности заключения энергосервисного контракта на несколько лет, выгодность и эффективность такого мероприятия совершенно очевидна.

#### Заключение.

Дополнительным достоинством предлагаемого решения по внедрению АПК «Топогаз – 02» в практику работы котельных, помимо чисто экономических, являются следующие:

- отсутствие необходимости изменений в уже существующих системах автоматизации котельных;
- совместимость с практически любыми системами АСУ котельных;
- значительное облегчение и упрощение работы персонала котельных.

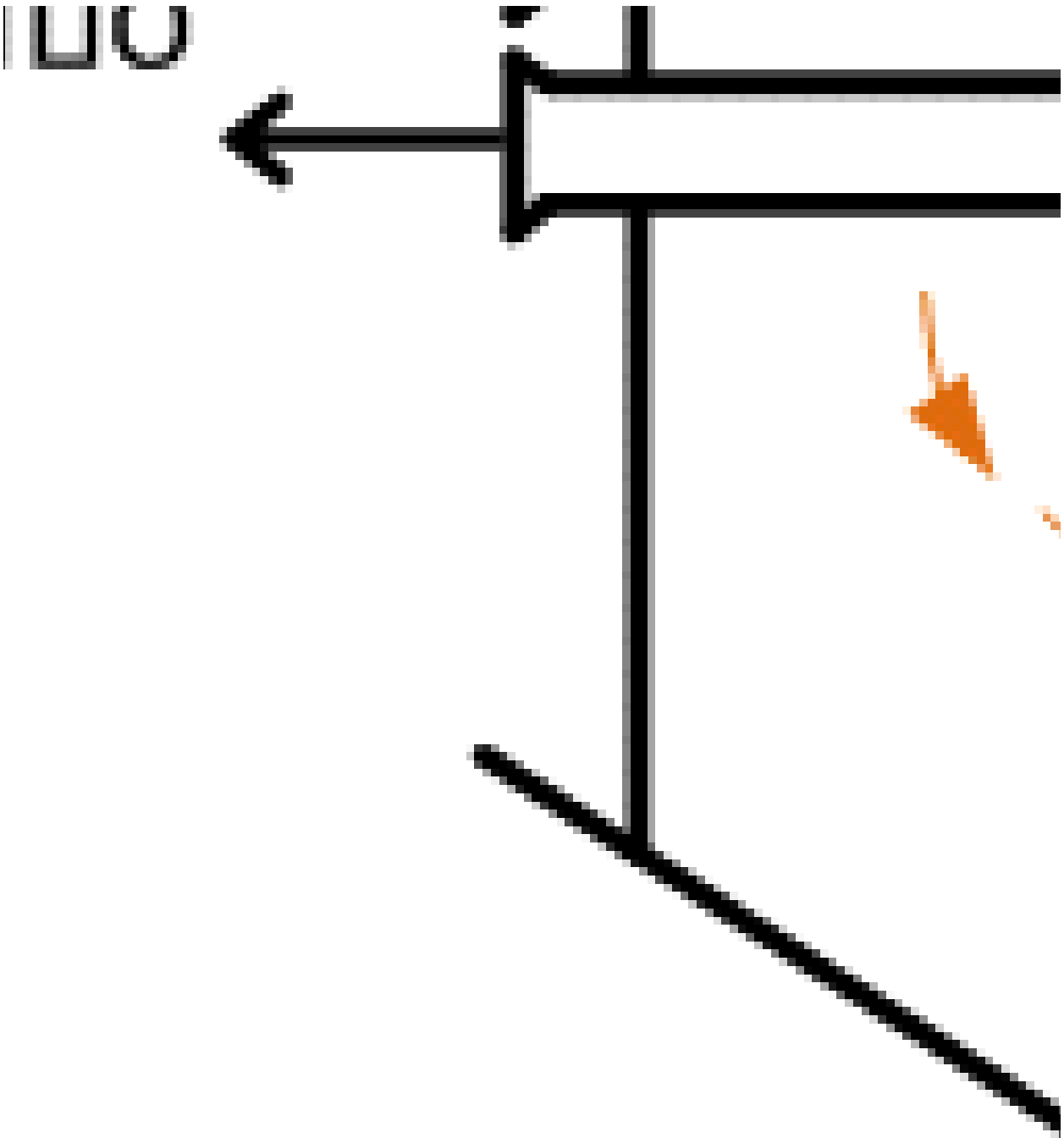


Рис. 1. Общая структура аппаратно - -программного комплекса «Топогаз – 02»



Рис. 2. Внешний вид АПК «Топогаз – 02»

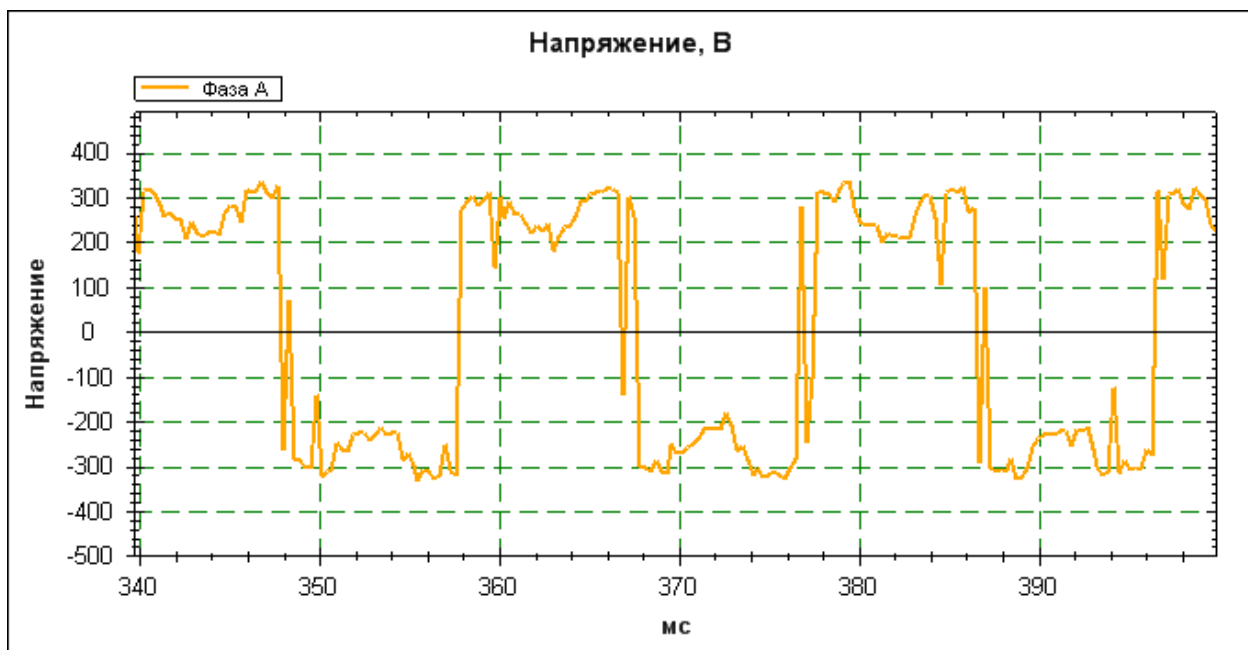


Рис. 3. Кривая напряжения на выходе ЧРП

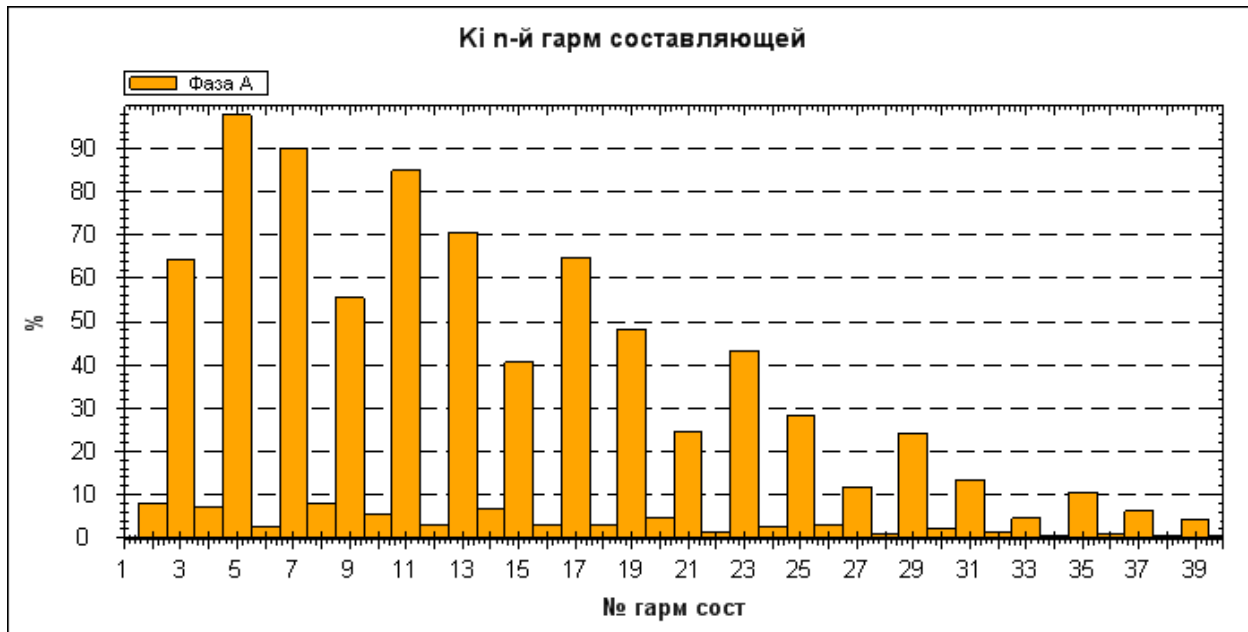


Рис. 4. Гармонический спектр токов на участки от источника питания до ЧРП