КонтрАвт

Увлекая к успеху

Контроль и Автоматика

МЕТОДИЧКА

для тех, кто занимается автоматизацией технологических процессов

2 **2007**

www.contravt.ru

Измерительные преобразователи с фиксированными диапазоном и типом преобразования

ПСТ	650 руб.
ПНТ	650 руб.

ПСТ

- Преобразование сигналов термопреобразователей сопротивления 100М, 100П, Pt100 по ГОСТ Р 6651-94 в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА
- Зависимость тока от температуры линейная

ПНТ

- Преобразование термо-ЭДС термоэлектрических преобразователей ХА (хромель-алюмель, тип К), ХК (хромель-копель, тип L), НН (никросил-нисил, тип N) по ГОСТ Р 8.585-2001 в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА
- Компенсация термо-ЭДС холодного спая

Программируемые измерительные преобразователи ПСТ-а-Pro, ПНТ-а-Pro

ПСТ-а-Pro	1500 руб.
ПНТ-а-Pro	1500 руб.

Программный выбор типа НСХ и диапазона измерения пользователем

- Выбор типа НСХ и диапазона преобразования на месте монтажа термопреобразователя
- Кнопочный интерфейс задания типа термопреобразователя и диапазона преобразования

Высокая точность преобразования

- ПНТ-а-Pro – 0,1 %
- ПСТ-а-Pro – 0,25 %

Большой выбор типов НСХ и диапазонов преобразования

- ПНТ-а-Pro – 12 типов термопар по 3–8 диапазонов измерения

ХА(К)	ПП(S)	ЖК(J)	ВР(А-1)	напряжение
ХК(L)	ПП(R)	МК(Т)	ВР(А-2)	
НН(N)	ПП(В)	ХКн(Е)	ВР(А-3)	

- ПСТ-а-Pro – 10 типов термосопротивлений по 7–13 диапазонов измерения

100М	100П	Pt 100	Ni 100	сопротивление
50М	50П	Pt 500	Ni 500	
		Pt 1000	Ni 1000	

Широкий диапазон температур эксплуатации: от -40 до +80 °С

Подробная информация в Методичках и на сайте www.contravt.ru

Контроль и Автоматика

МЕТОДИЧКА
для тех, кто занимается автоматизацией технологических процессов

Редакция

Главный редактор
Алексей Дементьев

Дизайн и вёрстка
Игорь Боровков

Метрологическая поддержка
Сергей Беневитский

Адрес редакции
Нижний Новгород
пр. Гагарина, 168

Для корреспонденции
603107
Нижний Новгород
а/я 21

e-mail
method@contravt.nnov.ru

сайт
http://contravt-metodichka.ru

Тираж
7000

Уважаемые друзья!

В преддверии лета и хорошей, будем надеяться, погоды, хочется завершить все дела и, наконец-то, отправиться в тёплые края. Чего мы Вам и желаем, дорогие читатели.

Надеемся, что Вы найдете время и силы прочитать наш очередной, седьмой, выпуск, несмотря на приближающуюся летнюю расслабленность.

Статья о принципах построения и функционирования импульсных источников питания продолжает нашу традиционную рубрику по теории построения приборов для автоматизации промышленности.

В следующей статье – рассказ и схемотехника решения по автоматизации вакуумной печи для термообработки металлов. Рассмотрены вопросы использования компараторов для реализации позиционного регулирования, сигнализации и осуществления взаимодействия всех подсистем технологического процесса.

В конце номера читатель найдёт статью о новом программном продукте компании Круг2000 – системе разработки человеко-машинных интерфейсов DataRate, обладающей возможностями небольшой и недорогой SCADA.

Ещё раз желаем приятно провести лето.

Главный редактор
Алексей Дементьев,
начальник Сектора рекламы

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Источники питания	
Линейные источники питания	3
Импульсные источники питания	4
Обратноходовый (flyback) преобразователь	7
Прямоходовый (forward) преобразователь	8
Двухтактный (Push Pull) преобразователь	9
Полумостовой преобразователь	10
Мостовой преобразователь	11
Резонансный преобразователь	11
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПАРАТОРОВ В РЕГУЛЯТОРАХ	
Описание задачи	12
Алгоритм управления процессом	18
Циклограммы процесса	19
Основные компоненты и их назначение	20
Описание работы системы управления	21
Действие сигнализации	22
Передача сигналов в смежные системы	23
СХЕМОТЕХНИКА	
Программное ПИД-регулирование температуры с электронагревом	24
SCADA/HMI DataRate	
SCADA	26
RNet и DataRate	27
Функциональные возможности DataRate	28
Технические характеристики и системные требования	29
HMI DataRate	31
Ценовая политика	32

Источники питания

Пахомов Александр, старший инженер

Ни одно радиоэлектронное устройство не обходится без источника питания. В системах АСУ ТП для питания промышленных контроллеров, датчиков, преобразователей, операторских панелей может использоваться до нескольких десятков источников питания.

Данная статья посвящена обзору различных схем источников питания и сравнению их основных характеристик.

Линейные источники питания

Линейные источники питания начали применять в электронной аппаратуре еще в начале 20 века. В настоящее время линейные источники питания считаются технологией «вчерашнего дня» из-за их дороговизны, большого веса, габаритов и низкого КПД. Несмотря на это, до недавнего времени более чем в 50 % всех электронных устройств использовались линейные источники питания.

Их преимуществами по сравнению с другими типами источников питания является:

- простота, высокая надежность, простота в обслуживании;
- превосходные регулировочные характеристики при изменении входного напряжения и нагрузки – от 0,01 % to 0,1 % ;
- очень малая амплитуда шумов и пульсаций – от 1 до 10 мВ;
- только один барьер изоляции от сети – сетевой трансформатор;
- быстрое восстановление при изменении нагрузки – 50 μS;
- очень низкий уровень помех и излучений, достигается без фильтров;

Блок питания с линейным стабилизатором крайне прост (рис. 1): трансформатор преобразует напряжение сети (220 или 110 В) в близкое к требуемому, затем оно выпрямляется диодным мостом, его пульсации сглаживаются конденсатором и уже постоянное напряжение поступает на вход стабилизатора. Последний состоит из регулирующего элемента – транзистора и управляющей схемы.

Принцип работы линейного стабилизатора заключается в том, что “излишки” напряжения падают на регулирующем транзисторе, т. е. практически он играет роль переменного резистора, только управляется напряжением схемы сравнения, а не поворотом ручки.

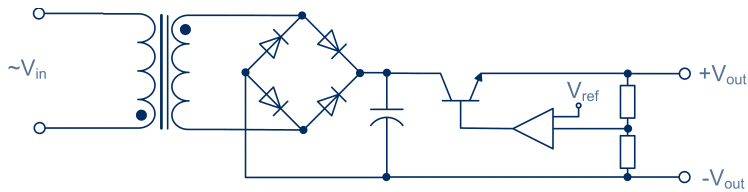


Рис. 1. Принципиальная схема блока питания с линейным стабилизатором.

Соответственно на этом транзисторе будет выделяться в виде тепла мощность $P = U \cdot I$, где U – разница между входным и выходным напряжениями стабилизатора, а I – отдаваемый им в нагрузку ток. А так как для нормальной работы мощного стабилизатора необходимо, чтобы разница напряжений была порядка нескольких вольт, то и выделяемая мощность оказывается большой. Если попробовать сконструировать линейный блок питания, отвечающий требованиям, которые предъявляются к современному 300 Вт АТХ-блоку, то один только стабилизатор напряжения +12 В на полной нагрузке будет рассеивать до 50 Вт.

Для решения этих проблем приходится использовать принципиально иной тип блока питания – так называемый импульсный

Импульсные источники питания

Импульсные источники питания были разработаны в 1960 году для применения в авиационных, космических и военных электронных системах, где линейные источники питания не могут использоваться из-за их размеров, веса и низкого КПД.

Общий принцип действия импульсных ИП заключается в следующем:

1. Сетевое напряжение преобразуется в высокое постоянное. Оно поступает на первичную обмотку трансформатора через сильнопоточный полупроводниковый ключ. В качестве ключа обычно используется полевой транзистор.
2. Ключ коммутирует напряжение на первичной обмотке с высокой частотой, гораздо более высокой, чем частота сетевого напряжения. Это позволяет существенно сократить габариты и вес трансформатора, а так же элементов фильтра.
3. Электронный ключ в любой момент времени находится либо в открытом, либо в закрытом состоянии. Он никогда не находится в «активном» состоянии. Поэтому на ключе рассеивается существенно меньшая мощность, чем на проходном транзисторе линейного источника питания.

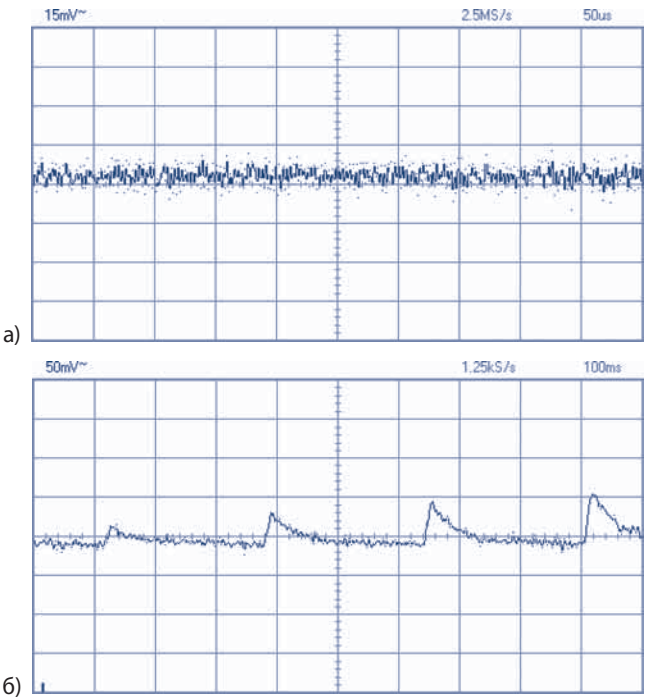
4. Высокочастотное напряжение на первичной обмотке трансформатора передается во вторичную обмотку. Во вторичную обмотку включаются фильтрующие цепи, а также цепь обратной связи.

5. Цепь обратной связи через гальваническую развязку управляет скважностью включения электронного ключа, обеспечивая поддержание выходного напряжения на заданном уровне.

К настоящему времени разработано около 14 различных топологий импульсных источников питания. Каждая обладает уникальными свойствами, позволяющими использовать её для решения своего круга задач.

Некоторые схемы лучшим образом подходят для построения преобразователей AC/DC (из переменного в постоянное) на небольшую выходную мощность (<200 Вт), некоторые – на большие мощности.

Другие являются оптимальным решением для высоких входных напряжений (>220 В AC), а некоторые – для 120 В и менее. Есть и топологии, которые можно использовать только для построения преобразователей DC/DC (из постоянного в постоянное).



а)

б)

Рис. 2. Осциллограммы напряжения на выходе линейного (а), масштаб 15 мВ/дел и импульсного (б), масштаб 50 мВ/дел блоков питания.

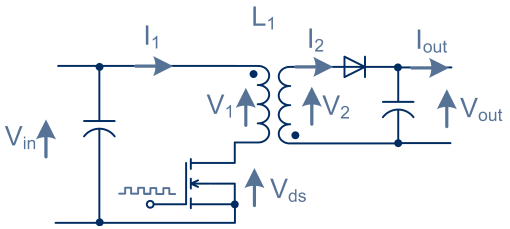
В таблице 1 приведено сравнение основных параметров линейного и импульсного источников питания.

Таблица 1

Источник питания	Линейный	Импульсный
Диапазон мощностей для данного типа ИИП (типовой, наиболее распространенный, целесообразный)	до 300 Вт	До десятков киловатт
Типовые значения плотности мощности (Вт/дм^3)	15–30	60–380
Сложность реализации	просто	В зависимости от выбранной топологии – от относительно простых до сложных
Устойчивость выходного напряжения к изменению входного напряжения и нагрузки, а также окружающей температуры	Стабильность от 0,01 % до 0,1 % при различных воздействиях	Хорошо переносит повышенную нагрузку. Устойчивость обеспечивается использованием обратной связи. В лучших моделях нестабильность от воздействия изменений входного напряжения (около 0,3 %), тока нагрузки (около 0,5 %), температуры, времени составляет не более 3 %.
Излучение помех в эфир и в сеть, простота фильтрации помех	Отсутствуют, фильтры не требуются	Пульсации на выходе на частоте переключения порядка 10–100 мВ. Требуется фильтр, сложность которого зависит от выбранной топологии, мощности и частоты.
Уровень и частота пульсаций выходного напряжения	1–10 мВ	Пульсации на выходе на частоте переключения порядка 10–100 мВ
Возможности реализации защиты от КЗ, перегрева и перегрузки	да	да
КПД	~ 50–70 %	~ 78–93 %

За импульсными источниками будущее, так как они дешевеют с каждым днем и их характеристики улучшаются. Но в таких областях, как питание прецизионной техники и средства измерений до сих пор используются линейные источники питания, так как по шумам они на порядок лучше (Рис. 2).

Обратноходовый (flyback) преобразователь



http://schmidt-walter.fbe.fh-darmstadt.de/smps_e/smps_e.html#Abw

Является наиболее распространенной схемой маломощных преобразователей (до 150 Вт) из-за простоты схемы и низкой стоимости. С понижением выходного напряжения область оптимального применения схемы смещается в область меньших мощностей. Причина – большие импульсные токи на вторичной стороне.

Когда ключ проводит, в первичной обмотке ток повышается линейно. Трансформатор разработан таким образом, чтобы иметь высокую индуктивность и запасти энергию. Полярность обмоток гарантирует, что диод смещен обратно в течение этого периода – во вторичной обмотке при открытом ключе ток не течет, так как его блокирует диод. Ток в нагрузку в течение этого периода поступает через конденсатор C2.

Когда ключ закрывается, магнитный поток вызывает возникновение обратного напряжения на вторичной обмотке и тока, который течет к нагрузке и заряжает конденсатор C2. Энергия запасается в поле трансформатора в течение открытого периода ключа Q1 и передается в нагрузку в период обратного хода. Конденсатор C2 поддерживает напряжение на нагрузке в течение периода открытого ключа.

Регулирование вторичного напряжения достигается путем сравнения выходного напряжения с заданным напряжением и использования разницы, чтобы изменить время включенного состояния Q1.

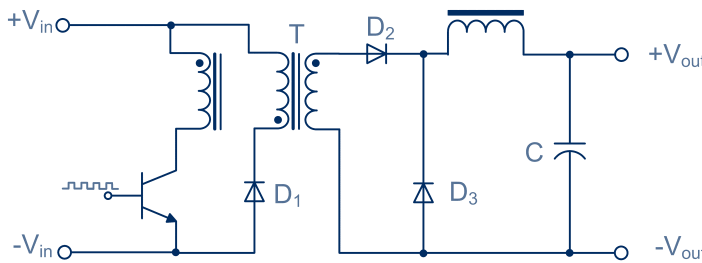
Обратная связь поддерживает постоянство выходного напряжения при изменениях величины нагрузки и напряжения питания. Изменение времени включенного состояния Q1 может быть выполнено модуляцией ширины импульса (PWM).

Типовые значения плотности мощности 60–380 Вт/дм^3.

Пульсации на выходе на частоте переключения порядка 10–100 мВ.

Хорошо переносит повышенную нагрузку. Устойчивость обеспечивается использованием обратной связи. В лучших моделях нестабильность от воздействия изменений входного напряжения около 0,3 %, тока нагрузки около 0,5 %, температуры, времени, составляет не более 3 %. Типовой КПД преобразователей данного вида 78–85 % .

Прямоходовый (forward) преобразователь



Когда переключающий транзистор закрывается, прекращение тока в обмотке приводит к возникновению обратного напряжения во вторичной обмотке. D2 сейчас блокирует прохождение тока, а D3 проводит, что позволяет энергии, накопленной в L, разрядиться через нагрузку.

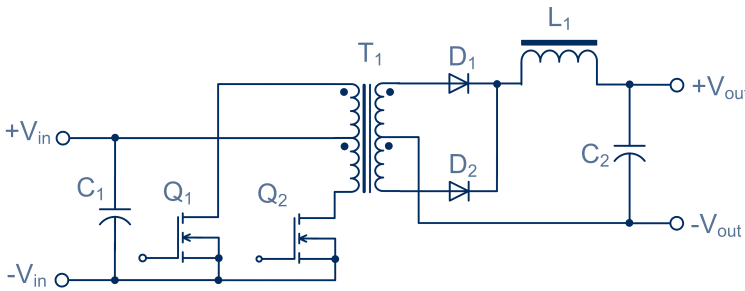
Третья обмотка позволяет энергии, накопленной в трансформаторе во время цикла включения, возвратиться во входную цепь постоянного тока через диод D1.

Дополнительная обмотка трансформатора прямоходового преобразователя гарантирует, что к моменту включения ключа магнитное поле сердечника трансформатора нулевое. При отсутствии дополнительной обмотки после нескольких периодов переключения сердечник трансформатора войдет в насыщение, ток первичной обмотки чрезмерно увеличится, таким образом ключ (то есть транзистор) выйдет из строя.

Прямоходовый преобразователь является эффективным при мощностях от 100 до 250 ватт. Прямоходовый преобразователь является более сложным чем обратноходовый, однако более эффективен при низких выходных напряжениях. Типовые значения плотности мощности 120–200 Вт/дм^3.

Меньшие помехи по сравнению с обратноходовым, т. к. меньше пиковые токи. Пульсации на выходе на частоте переключения порядка 25 мВ. Типовой КПД преобразователей данного вида 75–92% .

Двухтактный (Push Pull) преобразователь



Двухтактный преобразователь относится к числу прямоходовых. Как показано на схеме выше, когда ключ Q1 включен, ток течёт через верхнюю половину первичной обмотки T1 и магнитное поле в сердечнике T1 растет. Растущее магнитное поле в T1 индуцирует напряжение во вторичной обмотке T1 такой полярности, что диод D2 смещён в прямом, а D1 – в обратном направлении. D2 проводит и заряжает выходной конденсатор C2 через дроссель L1. L1 и C2 составляют схему фильтра.

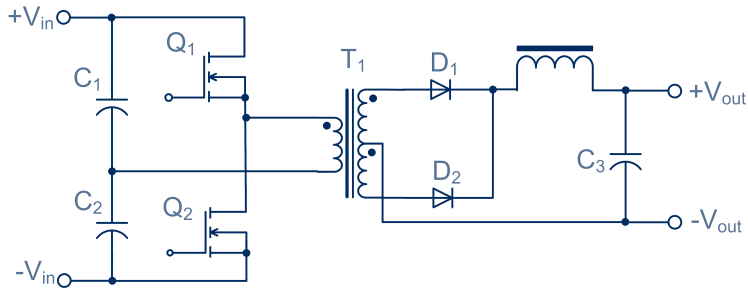
Когда ключ Q1 выключается, магнитное поле в трансформаторе T1 спадает, и после времени паузы (зависящего от скважности ШИМ), Q2 включается, ток течёт через нижнюю половину первичной обмотки T1 и магнитное поле в сердечнике T1 растёт в противоположном направлении. Растущее магнитное поле в T1 индуцирует напряжение во вторичной обмотке T1 такой полярности, что диод D1 смещён в прямом, а D2 – в обратном направлении. D1 проводит и заряжает выходной конденсатор C2 через дроссель L1.

После окончания мёртвого времени включается ключ Q1 и процесс повторяется.

Двухтактный преобразователь является эффективным при мощностях от 100 до 250 Вт. Типовые значения плотности мощности 120–330 Вт/дм^3.

Меньшие помехи по сравнению с обратноходовым, т. к. меньше пиковые токи. Пульсации на выходе на частоте переключения порядка 25 мВ. Типовой КПД преобразователей данного вида 72–80 % .

Полумостовой преобразователь



Полумостовой преобразователь подобен двухтактному преобразователю, только не требуется делать отвод от середины первичной обмотки. Изменение направления магнитного поля достигается изменением направление тока первичной обмотки.

Схема управления полумостового преобразователя подобна схеме управления двухтактного преобразователя.

Схема полумостового преобразователя стала наиболее популярной схемой при мощностях 200–400 Вт. Типовые значения плотности мощности 20–330 Вт/дм^3

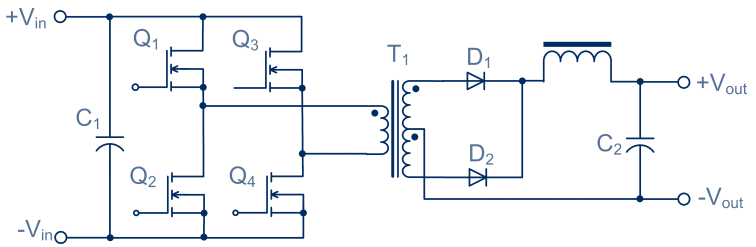
Некоторые из преимуществ полумостового преобразователя:

- Маленькие магнитные сердечники
- Нет магнитного промежутка, поэтому низкое магнитное поле рассеяния
- Частота вторичных цепей равна двойной частоте переключений
- Маленькие компоненты фильтра (L и C) во вторичных цепях, так как они работают на двойной частоте и нет таких импульсных токов, как в обратноходовой схеме.
- Низкая выходная пульсация и шум
- Относительно низкий излучаемый шум, особенно, если вторичные катушки индуктивности – тороидальные ядра (магнитное поле замкнуто в сердечнике).

При изменении напряжения сети в рабочем диапазоне и при изменении нагрузки от 25 % до 100 % выходные напряжения меняются на ±0,5 %.

Недостаток – поскольку данный преобразователь работает на половинном выпрямленном напряжении, ток коллектора переключающих транзисторов вдвое выше тока коллектора транзисторов по сравнению с двухтактной схемой.

Мостовой преобразователь



Мостовой преобразователь подобен двухтактному преобразователю, только не требуется делать отвод от середины первичной обмотки. Изменение направления магнитного поля достигается изменением направление тока первичной обмотки.

Диагональные пары транзисторов поочередно проводят, таким образом, достигается изменение направления тока в первичной обмотке трансформатора. Это можно пояснить следующим образом - когда включены ключи Q1 и Q4, ток будет течь “вниз” через первичную обмотку трансформатора (втекать в начало обмотки), а когда включены ключи Q2 и Q3, ток будет течь “вверх”.

Схема управления работает так же, как и для двухтактного и полумостового преобразователя, за исключением того, что надо управлять четырьмя транзисторами, а не двумя.

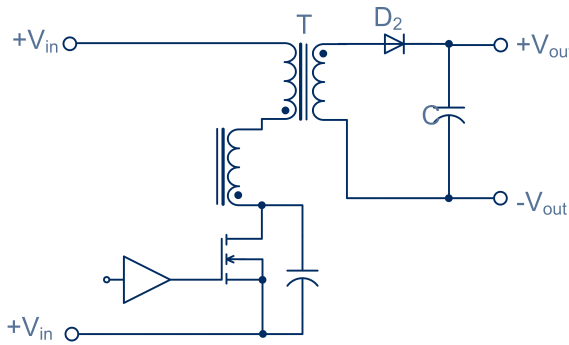
Некоторые из преимуществ мостового преобразователя:

- Токи и обратные напряжения транзисторов меньше по сравнению с другими схемами;

Недостаток – использование четырёх транзисторов, каждый из которых должен быть гальванически изолирован от схемы управления делает эту схему сложной и дорогой.

Резонансный преобразователь

В поисках более высоких энергетических плотностей, проектировщики увеличили скорости переключения в мощных преобразователях. Частота 100 кГц теперь относительно обычна в преобразователях. Выше этой частоты потери при переключении, ограничения компонентов и электромагнитные помехи являются труднопреодолимыми в рассмотренных схемах. Некоторые из недостатков могут быть устранены при использовании резонансных методов преобразования.



Преимущества резонансного метода преобразования начинаются при частотах переключения от 200 кГц до 2 МГц. Еще одним преимуществом резонансных схем является то, что помехи только на резонансной частоте проще фильтруются.

Один из недостатков резонансного способа преобразования то, что преобразователь с несколькими выходными напряжениями труднореализуем.

(Продолжение, начало в Методичках №1 и 2 за 2005 год)

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПАРАТОРОВ В РЕГУЛЯТОРАХ

Алексей Костерин, к. ф-м. н., директор

В предыдущих выпусках мы рассматривали применение компараторов для реализации функций сигнализации, защиты, контроля состояния и проч. В настоящем выпуске Методички мы рассмотрим комплексное применение компараторов для выполнения вышеуказанных функций и, главное, для организации взаимосвязанного управления различными технологическими параметрами в одном объекте.

ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

Рассмотрим вакуумную печь для термической обработки металлов в разреженной среде. Как и раньше, здесь мы уделим основное внимание функциональным аспектам, а технологические вопросы обсуждаем только на том уровне, который необходим для постановки задачи управления. Технологические тонкости оставляем технологам.

Технологическая задача заключается в термообработке металлических изделий в разреженной среде – вакууме. Вакуум используется для того, чтобы исключить насыщение обрабатываемых деталей газами, содержащимися в воздухе.

В вакуумной печи управление осуществляется двумя технологическими параметрами – температурой и давлением (разряжением). Кратко описание процессов в печи формулируется следующим образом. Графики процессов показаны на рис. 1.

В печи при нормальной температуре производится откачка воздуха до определенного уровня (задается технологическим регламентом) и затем этот уровень разряжения поддерживается. При достижении заданного уровня разряжения начинается разогрев печи и дальнейшая стабилизация температуры. Стабильный уровень температуры должен поддерживаться в течение некоторого заданного времени.

По истечении заданного периода времени отключается нагрев и происходит охлаждение печи. Когда печь остыла, отключается компрессор и открывается клапан, через который происходит выравнивание давление в печи до уровня атмосферного. После этого печь можно открывать.

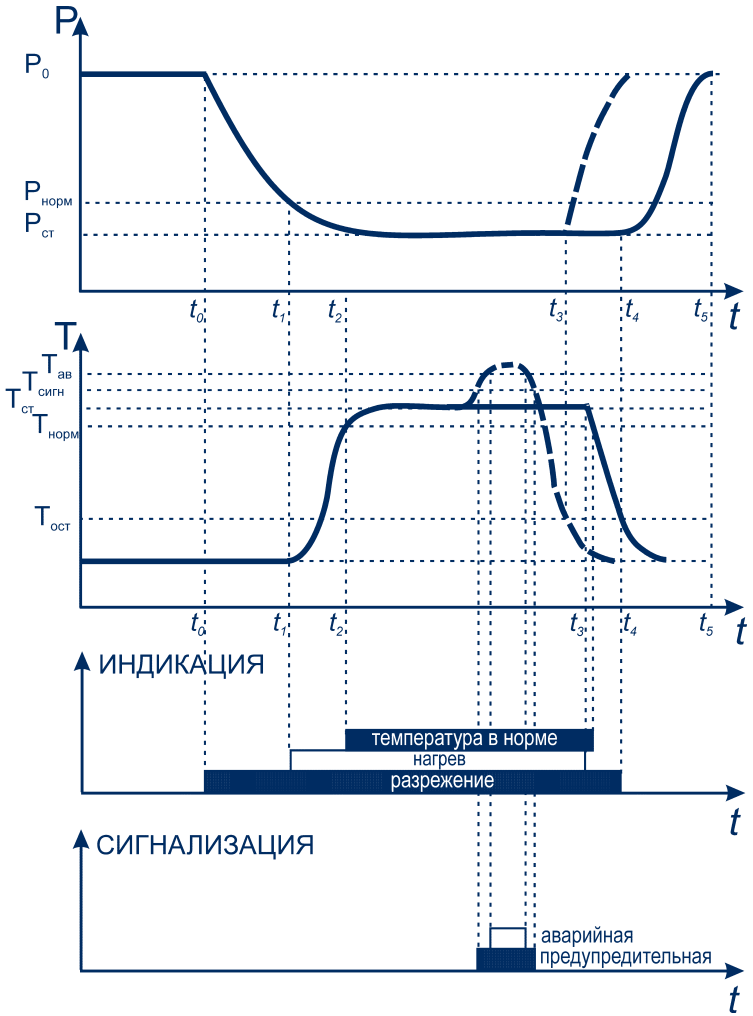

P
P0
Pнорм
Pст
t0
t1
t2
t3
t4
t5
t
T
Tав
Tсигн
Tст
Tнорм
Tост
t0
t1
t2
t3
t4
t5
t
ИНДИКАЦИЯ
температура в норме
нагрев
разрежение
t
СИГНАЛИЗАЦИЯ
аварийная
предупредительная
t

Рис. 1

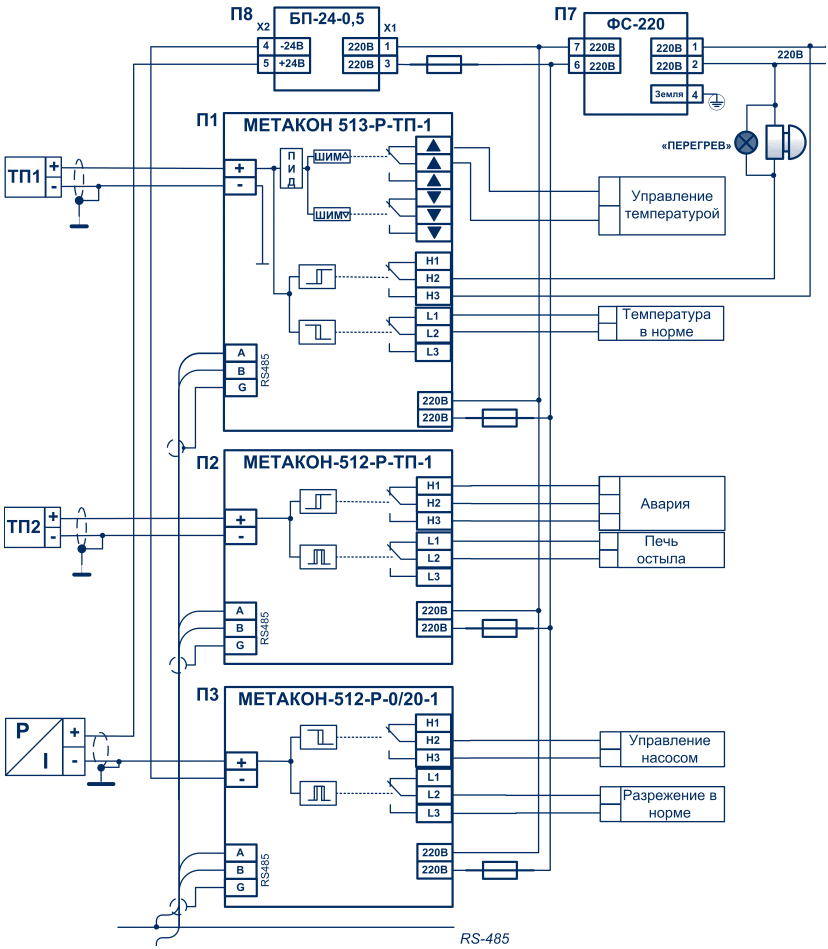

П8
БП-24-0,5
X2
X1
4 -24В
5 +24В
220В 1
220В 3
П7
ФС-220
7 220В
6 220В
220В 1
220В 2
Земля 4
220В
«ПЕРЕГРЕВ»
П1
МЕТАКОН 513-Р-ТП-1
ТП1
П И Д
ШИМ▲
ШИМ▼
Управление температурой
H1
H2
H3
L1
L2
L3
Температура в норме
A
B
G
RS485
220В
220В
П2
МЕТАКОН-512-Р-ТП-1
ТП2
Авария
Печь остыла
П3
МЕТАКОН-512-Р-0/20-1
P
I
Управление насосом
Разрежение в норме
RS-485

Рис. 2. 1

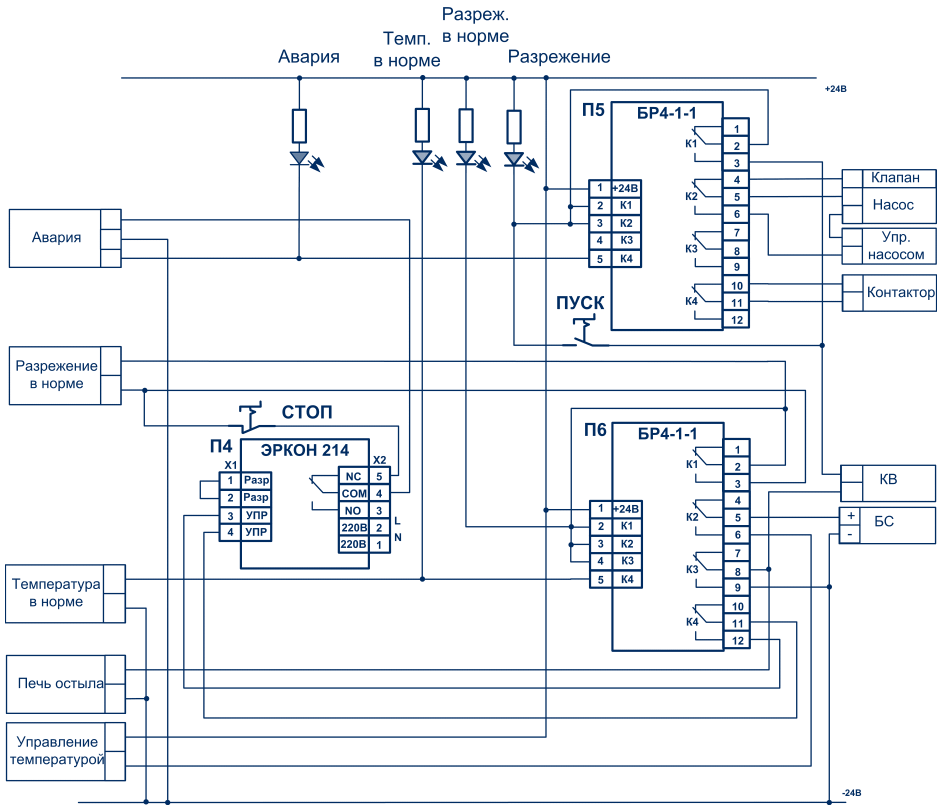

Разреж. в норме
Темп. в норме
Авария
Разрежение
+24В
П5
БР4-1-1
К1
К2
К3
К4
1 +24В
2 К1
3 К2
4 К3
5 К4
Клапан
Насос
Упр. насосом
Контактор
ПУСК
Авария
Разрежение в норме
СТОП
П4
ЭРКОН 214
X1
X2
1 Разр
2 Разр
3 УПР
4 УПР
NC 5
COM 4
NO 3
220В 2
220В 1
L
N
П6
БР4-1-1
КВ
БС
+
-
Температура в норме
Печь остыла
Управление температурой
-24В

Рис. 2. 2

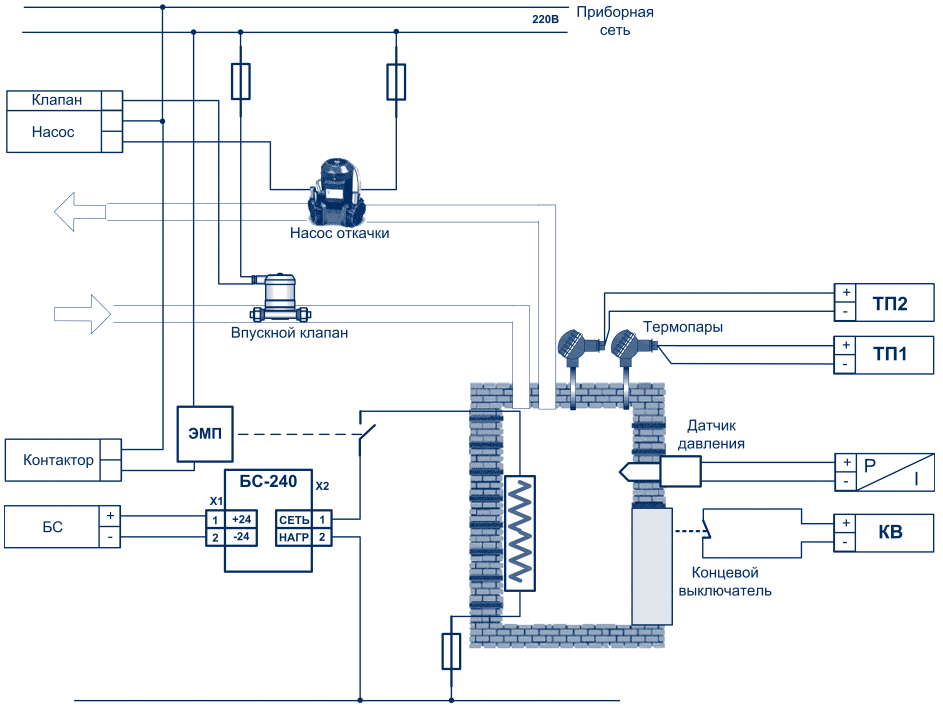

220В
Приборная сеть
Клапан
Насос
Насос откачки
Впускной клапан
Термопары
ТП2
ТП1
ЭМП
Контактор
БС-240
X1
X2
БС
+24
-24
СЕТЬ
НАГР
Датчик давления
P
I
КВ
Концевой выключатель

Рис. 2. 3

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ

1. Открывается дверь печи. Системы откачки воздуха и нагрева блокированы.
2. Загружаются изделия в рабочую камеру печи.
3. Закрывается дверь печи. Блокировки откачки воздуха и нагрева снимаются.
4. Кнопкой ПУСК запускается процесс. Начинается откачка воздуха до заданного уровня разряжения $P_{НОРМ}$, при достижении которого начинается разогрев. Разряжение в печи стабилизируется на уровне $P_{СТ}$, несколько ниже того уровня, при котором начинается нагрев.
5. При достижении температурой заданного уровня $T_{НОРМ}$ запускается реле времени. Его задача – сформировать интервал времени, в течение которого производится термическая обработка металла.
6. По окончании временного интервала нагрев отключается и происходит охлаждение печи за счет естественных теплопотерь. Разряжение в печи продолжает поддерживаться.
7. Когда печь остынет до нужного уровня $T_{ОСТ}$, стабилизация разряжения прекращается и открывает запорный клапан, впускающий наружный воздух в остывшую печь. Давление в печи выравнивается. Клапан остается открытым до следующего пуска печи.

Требованиями безопасности установлено, что в период термообработки контролируется температура в печи независимым прибором. Нормативом установлены два уровня срабатывания сигнализации. Первый уровень $T_{СИГН}$ предупредительный, при его достижении срабатывает звуковая и световая сигнализация, второй уровень $T_{АВ}$ – аварийный. При достижении аварийного уровня $T_{АВ}$ прерывается отсчет временного интервала и начинается досрочное охлаждение печи, но которое выполняется по штатному расписанию: отключается нагрев, после охлаждения печи прекращается откачка, давление выравнивается с помощью впускного клапана.

Дополнительно в печи предусмотрена возможность ручной аварийной остановки процесса с помощью аварийной кнопки. Алгоритм выполнения аналогичен алгоритму при срабатывании аварийной сигнализации.

Несмотря на то, что алгоритм управления двумя технологическими параметрами довольно сложный, реализация системы управления и стабилизации технологических параметров может быть полностью реализована с помощью достаточно простых технических средств, выпускаемых НПФ КонтрАвт.

ЦИКЛОГРАММЫ ПРОЦЕССА

Графики процесса показаны на Рис. 1, описание основных этапов процесса дано в Табл. 1.

Таблица 1.

Этап	Время	Наименование	Описание
0	**Подготовительные операции**		
	Не регламентируется	Открытие печи	Открывается крышка, системы откачки и нагрева блокированы
	Не регламентируется	Загрузка изделий в печь	Изделия размещаются в печи, системы блокированы
	Не регламентируется	Закрытие печи	Дверь печи закрывается, блокировки снимаются
1	**Начало процесса и предварительная откачка воздуха**		
	t_0	Команда **ПУСК**	Нажатие кнопки **ПУСК**, устанавливается сигнализация **РАЗРЯЖЕНИЕ**
	t_0–t_1	Предварительная откачка	Работает насос откачки воздуха
	t_1	Предварительная откачка воздуха завершена, начинается разогрев	Уровень разряжения поддерживается регулятором Сигнализация **НАГРЕВ**
2	**Нагрев и термообработка**		
	t_1–t_2	Нагрев печи до рабочей температуры	Сигнализация **НАГРЕВ**
	t_2	Начало термообработки	Температура в печи достигла рабочего уровня, началась термообработка. Сигнализация **НАГРЕВ** Сигнализация **ТЕМПЕРАТУРА В НОРМЕ** Реле времени начинает отсчет временного интервала
	t_2–t_3	Термообработка	Этап термообработки изделия Сигнализация **НАГРЕВ** Сигнализация **ТЕМПЕРАТУРА В НОРМЕ**

Этап	Время	Наименование	Описание
2	**Охлаждение печи**		
	t_3	Термообработка завершена	Срабатывает реле времени, термообработка завершена, начинается естественное охлаждение печи. Сигнализация **НАГРЕВ** После некоторого остывания Сигнализация **ТЕМПЕРАТУРА В НОРМЕ** выключается
	t_3–t_4	Охлаждение печи	Сигнализация **НАГРЕВ**
	t_4	Печь остыла	Отключается откачка, срабатывает впускной клапан Сигнализация **НАГРЕВ** выключается
	t_5	Печь открыта, изделия выгружаются	Температура и давление в печи близки к нормальным, системы откачки и нагрева блокированы.

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Для реализация описанного выше алгоритма управления может быть использована схема , представленная на Рис. 2.

В схеме используются:

Регулятор П1 МЕТАКОН-513 используется для поддержания температуры на заданном уровне $T_{СТ}$ с использованием ПИД-алгоритма. ПИД алгоритм используется для обеспечения требуемой точности поддержания температуры. Сигнал управления у ПИД-регулятора является импульсным и его частота должна быть достаточно большой. Частая коммутация силовой нагрузки обуславливает применение бесконтактного симисторного блока БС. Его мощность выбирается исходя из мощности нагревателей в печи. Один компаратор регулятора используется для предупредительной сигнализации при перегреве в печи. Сигнализация световая и звуковая. Второй компаратор формирует сигнал управления **Температура в норме**. По этому сигналу начинается отсчет времени с помощью реле времени П4 ЭРКОН-215. Это реле времени формирует временной интервал t_3-t_2, в течение которого происходит термическая обработка изделия.

Первый компаратор регулятора П2 МЕТАКОН-512 формирует сигнал **Авария** при достижении температуры в печи аварийного уровня $T_{АВ}$. Второй компаратор выдает сигнал **Печь остыла** после того, как окончится этап термообработки, нагрев отключится и произойдет остывание печи до температуры $T_{ОСТ}$.

Регулятор П3 МЕТАКОН-512 применяется для управления разрежением в печи с помощью насоса на уровне $P_{СТ}$. Второй компаратор формирует сигнал **Разряжение в норме** при давлении $P_{НОРМ}$.

Блок реле П5 содержит четыре реле с контактами на переключение. Реле К1 используется для организации самоподхвата кнопки **ПУСК**. Реле К2 управляет работой насоса и впускного клапана. Его контакты используются в режиме на переключение, поэтому работает либо насос, либо впускной клапан. Реле К4 управляет силовым контактором, который разрывает силовые цепи нагревателя при аварийном перегреве в печи.

Блок реле П6 также содержит четыре реле. Реле К1 используется для организации самоподхвата сигнала **Нагрев**. Реле К2 разрешает прохождение сигнала управления температурой при условии, что **Разряжение в норме**. Реле К3 задействовано в организации логики управления. Реле К4 запускает реле времени П4.

Фильтр сетевой П7 ФС-220 устраняет влияние сетевых помех на схему контроля и управления.

Блок питания П8 БП24 обеспечивает стабилизированным напряжением схему управления и индикации.

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Этап 0

Подано сетевое напряжение, измерительные приборы отображают значения технологических параметров.

На этом этапе дверь печи открыта и концевой выключатель КВ разомкнут. Тем самым он блокирует работу кнопки **ПУСК** и всей остальной схемы управления. Нормально замкнутые контакты реле К2 блока П5 включают впускной клапан. После загрузки печи, дверь закрывается, концевой выключатель КВ замыкается и разрешает работу кнопки **ПУСК**.

Этап 1

Работа установки запускается кнопкой **ПУСК**. Кнопка **ПУСК** через замкнутый концевой выключатель КВ и нормально замкнутые контактны второго компаратора регулятора П2 включает реле К1, К2 блока реле П5. Одновременно включается сигнализация **Разряжение**. Реле К1 обеспечивает самоподхват кнопки **ПУСК**. Реле К2 замыкает цепь управления насосом. Начинается откачка воздуха.

При достижении заданного уровня разряжения, регулятор П3 формирует сигнал **Разряжение в норме**, который через нормально замкнутые контакты реле времени и кнопку **СТОП** включает реле К1,

К2, К3 блока П6. Одновременно включается сигнализация **Нагрев**. Реле К1 обеспечивает самоподхват. Реле К2 включает цепь управления нагревом – сигнал **Управление** нагревом проходит на симисторный блок БС. Реле К3 дублирует нормально замкнутые контакты сигнала **Печь остыла**. Поскольку сигнал **Печь остыла** формируется дважды – при нагреве и при остывании – дублирование исключает действие сигнала при нагреве.

Регулятор П3 управляет процессом откачки, а при достижении уровня стабилизации $P_{ст}$ – поддерживает разряжение на заданном уровне $P_{ст}$.

Регулятор П2 управляет нагревом, в дальнейшем поддерживает температуру на заданном уровне $T_{ст}$. При достижении порога $T_{норм}$ срабатывает компаратор, который формирует сигнал **Температура в норме**. Срабатывает сигнализация **Температура в норме** и реле К4 блока П6. Его контакты запускают реле времени П4. В реле времени ЭРКОН-215 установлена диаграмма № 1 ***Задержка на включение***. Реле времени не включается в течение времени Т1 (время термообработки), а затем включается на время Т2.

Этап 2

После того, как реле времени через время Т1 сформирует сигнал, срабатывают его нормально замкнутые контакты реле, которые размыкают цепи питания реле К1, К2, К3 блока П6. В результате размыкается цепь управления нагревом (реле К2), отключается сигнализация **Нагрев**, снимается дублирование контактов сигнала **Печь остыла**.

Нагрев отключен и начинается естественное охлаждение печи. При снижении температуры до заданного уровня $T_{охл}$ сработает второй компаратор регулятора П2, который формирует сигнал **Печь остыла** – нормально замкнутые контакты размыкаются и разрывают цепь питания реле К1, К2 блока П5. Реле К2 разрывает цепь управления насосом и включает впускной клапан. Сигнал **Разряжение** выключается. Через впускной клапан происходит поступление воздуха в печь, давление выравнивается. Печь можно открывать. Открытая дверь разрывает цепь концевого выключателя, которая блокирует все цепи управления. Система управления перешла в исходное состояние.

ДЕЙСТВИЕ СИГНАЛИЗАЦИИ

Системе предусмотрена двухуровневая сигнализация при неуправляемом повышении температуры. Первый уровень – предупредительная сигнализация: световая и звуковая. Цепь данной сигнализации – привлечь внимание персонала при достижении темпеартуры в печи уровня $T_{сигн}$, поэтому используется и световое и звуковое оповещение.

Алгоритм работы не меняется. Второй уровень – аварийная сигнализация. При ее срабатывании (при температуре T_{AB}) происходит отключение нагрева, плановое охлаждение, выравнивание давления. Контакты сигнала **Авария** включены в цепь реле времени, поэтому срабатывание аварийной сигнализации (первый компаратор регулятора П2), вызывает такую же последовательность действий как и при окончании временной выдержки.

Дополнительно включается световая индикация **Авария**, а реле К4 блока П5 отключает контактор, который в свою очередь размыкает силовую цепь питания нагревателя. Поскольку сигнал **Авария** разрывает непосредственно силовую цепь, то такая защита предохраняет и от выхода из строя регулирующего прибора П1, так и от короткого замыкания в симисторном блоке БС. Это наиболее надежный способ защиты. Обратим внимание на то, ч то два уровня сигнализации реализовано на различных приборах П1 и П2, что повышает безопасность системы.

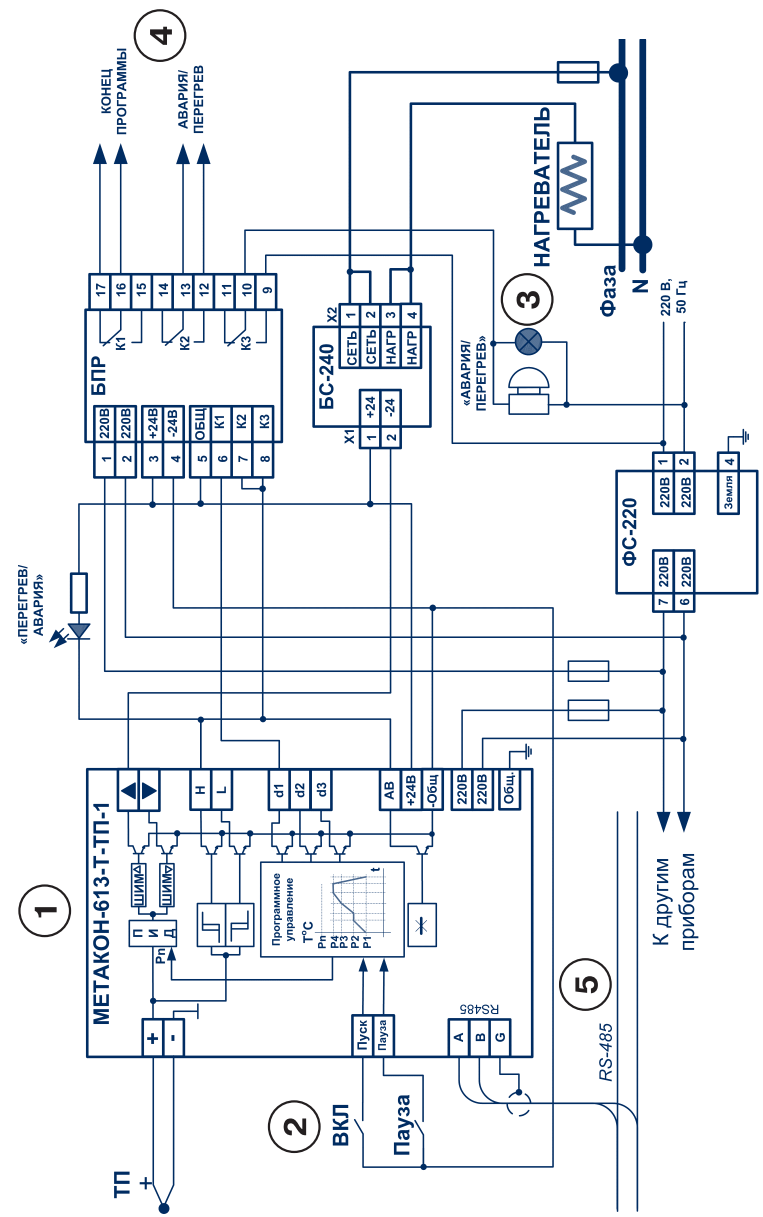
В системе также предусмотрена возможность ручной остановки процесса термообработки. Для этого должна быть нажата кнопка **СТОП**, которая также включена в цепь реле времени и сигнала **Авария**. Поэтому порядок действий и в этом случае такой же.

Поведение параметров при аварийной сигнализации и при кнопке **СТОП** показана на Рис. 1 пунктиром.

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ В СМЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ

Измеренные технологические параметры, а также информацию о состоянии компараторов (а значит и о ходе выполнения процесса, аварийных ситуациях) можно передавать в системы сбора данных и управления. Передача данных осуществляется по интерфейсу RS485. Применение OPC сервера позволяет передавать данные не только в систему сбора данных RNet производства НПФ КонтрАвт, но и во все другие SCADA системы, поддерживающие OPC технологию.

Продолжаем публиковать схемы применения оборудования НПФ КонтрАвт.



- Программное управление температурой в зависимости от времени
- Бесконтактное управление нагревателем при помощи симисторного блока БС-240
- Дистанционное управление нагревом по программе
- Формирование сигналов во внешние системы об аварии и окончании программного нагрева
- Звуковая и световая сигнализация «ПЕРЕГРЕВ» и «АВАРИЯ» (обрыв датчика температуры)

1

Возможно применение регуляторов-измерителей МЕТАКОН-614 при ПИД-регулировании с электроприводной арматурой (см. Задачу III)

2

Органы дистанционного управления типа «Тумблер» для включения программного нагрева (ВКЛ) и приостановки выполнения программы (Пауза). В памяти прибора МЕТАКОН-613 возможно одновременное хранение до 10 программ по 20 сегментов каждая

3

Световая и звуковая сигнализация при «ПЕРЕГРЕВЕ» и «АВАРИИ» (обрыве датчиков)

4

Выдача сигналов типа «сухой контакт» в смежные системы при «ПЕРЕГРЕВЕ» и «АВАРИИ» и по окончании программы нагрева

5

Организация работы в сети с применением интерфейса RS-485 для передачи данных, подключения к компьютеру и другим устройствам

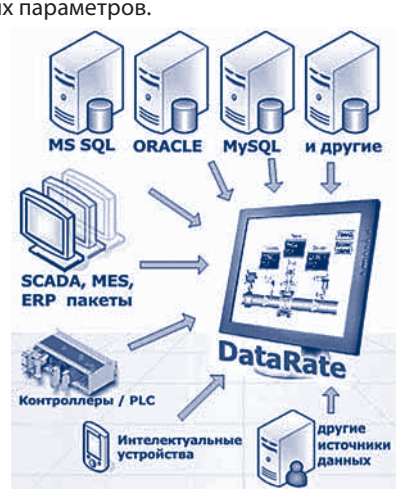
SCADA/HMI DataRate

Альберт Варпаев, старший инженер-программист

SCADA

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерская программа управление и сбор данных) – это технология сбора информации в режиме реального времени, позволяющая получить информацию из удаленных объектов, обработать в соответствии с заложенной программой и передать на эти объекты управляющие или ограничивающие команды-воздействия при помощи промышленных сетей или радиосвязи.

SCADA также представляет собой программный комплекс для визуализации и диспетчеризации технологических процессов. SCADA-система дает наглядное представление процесса и предоставляет оператору пользовательский графический интерфейс HMI (Human-Machine Interface, человеко-машинный интерфейс) для контроля и управления. Она позволяет исключить необходимость постоянного присутствия персонала, участвующего в технологическом процессе, или существенно сократить периодические посещения объектов. SCADA дает возможность оператору технологического процесса, находящемуся на центральном диспетчерском пункте, управлять производственными механизмами и аппаратами: открывать или закрывать задвижки на трубопроводах, следить за параметрами разветвленного технологического процесса, просматривать историю/архивы значений технологических параметров.



Прообразом современных систем SCADA на ранних стадиях развития автоматизированных систем управления явились системы телеметрии и сигнализации. На данный момент существует великое множество SCADA-систем: InTouch, Genesis, RealFlex, FIX, RSView, Trace Mode, MasterSCADA, Круг2000, DataRate и др.

Современные SCADA применяются практически во всех отраслях современной промышленности, сельского хозяйства, коммунального хозяйства, науки и образования – практически везде, где необходима автоматизация.

RNet и DataRate

Строго говоря, RNet, выпускаемый НПФ КонтрАвт, SCADA не является, так как не предоставляет возможности автоматического управления по определяемым пользователем алгоритмам. При этом RNet отличается простотой освоения: подавляющее большинство инсталляций было проведено заказчиком самостоятельно, сложных консультаций и дополнительного обучения при этом не потребовалось.

Программный продукт DataRate позиционируется производителем как продукт класса HMI (Human-Machine Interface), т.е. средство разработки человеко-машинных интерфейсов. В среде разработки широко используется типизация и объектный подход, что позволяет с легкостью использовать созданные пользователем виды, типы и скрипты повторно.

Это одна из наиболее простых и удобных систем, требующая минимальных знаний программиста для выполнения несложных задач, и одновременно позволяющая наращивать объем и функциональную сложность проектов при повышении квалификации разработчика проекта.

Имеет смысл использовать DataRate если:

- ваше устройство поддерживает обмен данными по технологии OPC и нужно увидеть “красивые картинки” (мнемосхемы, тренды, таблицы) с динамически обновляемыми данными;
- у Вас есть несколько интеллектуальных датчиков, малоканальных контроллеров, компьютер, и необходимо быстро собрать небольшую систему контроля и управления;
- система управления производством требует визуализации данных из Вашей СУБД в виде динамических мнемосхем, трендов и т.п.

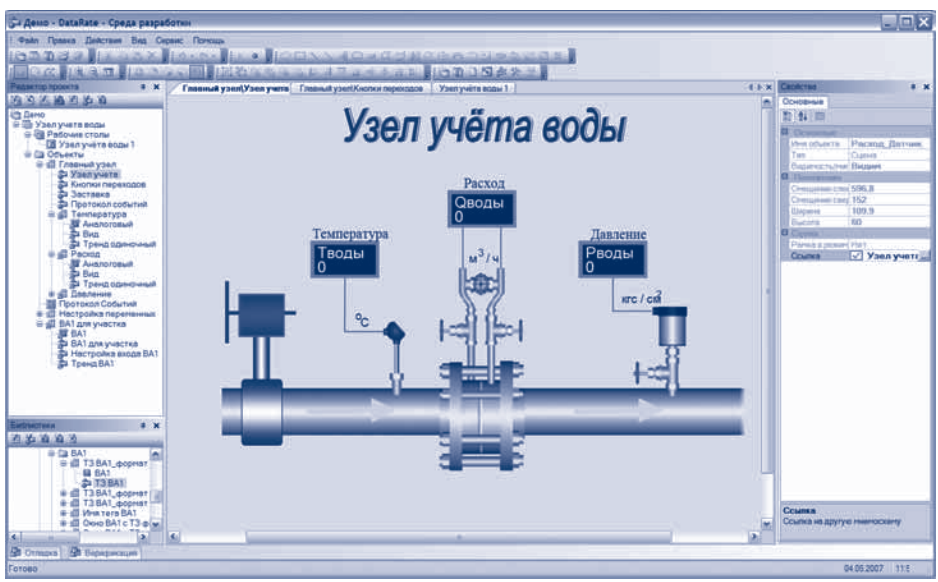
Функциональные возможности DataRate

Интегрированная среда разработки:

- Легкое освоение и быстрая разработка.
- Объектная модель.
- Повторное использование объектов.
- Встроенный механизм верификации проекта.

Создание HMI-приложений промышленной автоматизации:

- Специализированные объекты и библиотеки.
- Ведение тренда для любого входа/выхода объекта.
- База данных трендов.
- Подсистема событий и тревог.
- Пользовательские функции на C# (с подсветкой синтаксиса).

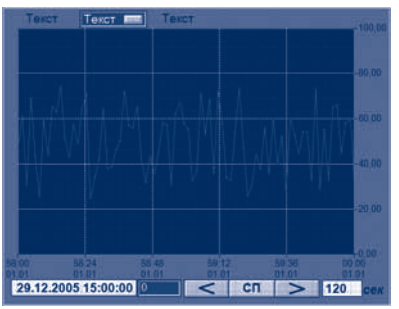


Динамическая визуализация данных:

- Анимация любого свойства графического примитива.
- Настраиваемые алгоритмы анимации.
- C#-скрипты для обработки и визуализации данных.
- Библиотеки шаблонов и скриптов.
- Динамика, управляемая событиями.
- Применение ActiveX и .NET контролов.

Экспорт\импорт данных:

- Источники данных – УСО, информационные системы, СУБД (MS SQL Server, Oracle, MySQL, Interbase, IBM DB2 и многие другие).
- Поддержка стандарт OPC DA.
- Одновременное подключение до 16 OPC-серверов.
- Экспорт в формате XML и CSV позволяет легко интегрировать данные в распространенные офисные приложения Microsoft Office.
- Обмен с СУБД по технологии OPC, ODBC, “родные” драйверы.



Вышеперечисленные функциональные возможности позволяют DataRate:

- отображать любой технологический объект в виде мнемосхемы и иерархической структуры
- динамически отображать контролируемые параметры
- показывать и хранить тренды
- управлять исполнительными механизмами и отображать их состояние
- производить расчеты
- вести протокол событий

Технические характеристики и системные требования

DataRate спроектирован и работает на базе платформы Microsoft .NET.

DataRate – это однопользовательская система, с возможностью выполнения на локальном компьютере одного или нескольких элементов проекта в одном процессе. В качестве устройства связи с объ-

ектом (УСО, контроллеры, приборы и другие) могут выступать любые устройства, для которых существует OPC DA (OPC Data Access) сервер (версии 1.0 или 2.0).

- Количество OPC-серверов, данные которых одновременно визуализирует DataRate – до 16.
- Обмен данными с реляционными базами данных (MS SQLServer и другими) и офисными приложениями (MS Excel).
- Количество тегов, поступающих от OPC-сервера – до 500.
- Количество технологических объектов – до 300.
- Количество графических динамических элементов в одном окне – до 500.
- Количество графических динамических элементов в графическом проекте в целом – до 10000.
- Количество одновременно открываемых окон – до 20.
- Системный класс самописцев с хранением данных по изменению.
- Количество трендов – до 2000.
- Количество точек в трендах – до 60000.
- Минимальный период заполнения тренда не превышает 0,1 с.
- Период времени обновления информации в окне – не более 250 мс.
- Звуковая сигнализация.
- Количество скриптов – до 1000.
- Системная библиотека шаблонов и изображений легко дополняется и модифицируется пользователем.

Системные требования к компьютеру, на котором должна работать DataRate, следующие:

Компонент	Минимальные требования	Рекомендуемые требования
Операционная система	Microsoft Windows 2000	Microsoft Windows XP
.NET Framework	Версия 1.1	Версия 1.1 (русская локализация)
Процессор	Pentium III 733 Mhz	Pentium IV 1.4 Ghz и более
Память	128 MB	256 MB и выше

HMI DataRate

В среде DataRate можно разрабатывать приложения, позволяющие динамически визуализировать оперативную информацию. Встроенный в DataRate редактор мнемосхем достаточно удобен, имеет большое количество графических примитивов и позволяет создавать собственные графические объекты для отображение информации – виды.

Любое свойство графического объекта может быть анимировано, для этих целей также возможно использование скриптов на языке C# как из встроенной библиотеки, так и собственноручно написанных. Созданные виды сохраняются в библиотеке. Возможно использование внешних объектов .NET и ActiveX, что позволяет легко 'добавить функциональности' системе.

Информация с датчиков, контроллеров и баз данных – теги – доступна через соответствующие OPC-серверы, так что DataRate вполне успешно выступает как клиент OPC DA.

Для подключения к серверам OPC может потребоваться библиотека OPC Core Components Redistributable, бесплатно распространяемая OPC Foundation (***http://www.opcfoundation.org***). Используя OPC-сервер регуляторов МЕТАКОН и OPC-сервер протокола Modbus пользователь может получать данные с наших регуляторов МЕТАКОН и модулей MDS.

Для любого тега возможно ведение трендов. Тренды сохраняются для последующего просмотра.

Существует и системный класс самописцев, архивирующих данные при их изменении. Сохранение данных возможно только средствами внешней системы управления базами данных (СУБД). В программе отсутствует встроенная единая для всех тэгов подсистема архивации.

Также существует возможность экспорта данных в распространенные офисные приложения, например, Microsoft Excel.

DataRate имеет встроенную подсистему событий и тревог. Любые события и тревоги могут быть запротоколированы для целей отчетности. Звуковая сигнализация также поддерживается системой.

Полученная информация может быть обработана C#-скриптами, например, для вычисления электрической мощности из измеренных тока и напряжения. Естественно, производимые расчеты могут быть намного сложнее этого простого примера.

Кроме функций операторского интерфейса, DataRate имеет и функции управления технологическими процессами, т. е. выступать в качестве контроллера. Для целей управления также могут быть использованы скрипты.

Ценовая политика

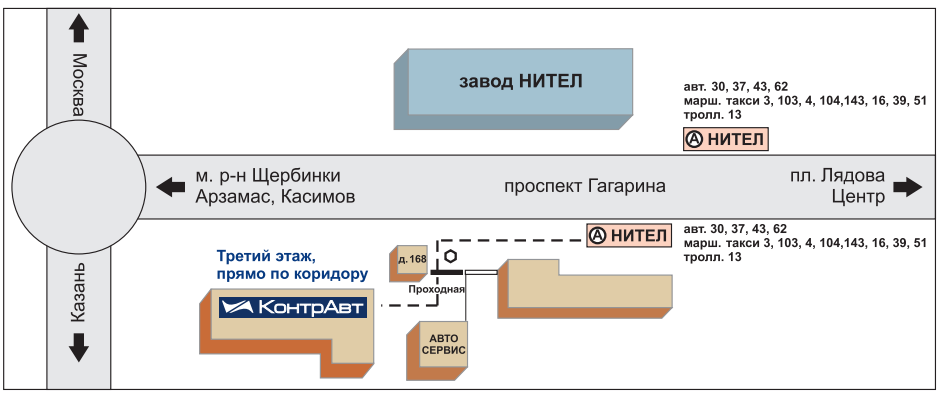
В комплект поставки DataRate входит среда разработки, среда исполнения и OPC-коннектор на 50 тэгов. При необходимости за отдельную плату можно увеличить количество тэгов до 100, 250 или 500, подключить SQL-коннектор и в любое время продлить техническую поддержку еще на один год.

Производитель предоставляет зарегистрированным пользователям бесплатную техническую поддержку программных продуктов (базовый уровень) в течение первого года эксплуатации со дня поставки и регулярное информирование о новых версиях и других разработках компании. Для этого достаточно заполнить регистрационную форму на сайте компании (***http://www.datarate.krug2000.ru***) или отправить ее электронной почтой.

Измерители технологических параметров	**МЕТАКОН-512/522/532/562**	
Регуляторы-измерители для управления технологическими процессами	**МЕТАКОН-512/522/532/562** **Т-424** **МЕТАКОН-515** **МЕТАКОН-513/523/533** **МЕТАКОН-514/524/534** **МЕТАКОН-613/614**	
Оборудование для распределённых систем	**Модули удалённого ввода-вывода MDS** **Аналоговые** **Дискретные**	
Реле времени универсальные	**ЭРКОН-214** **ЭРКОН-224**	
Преобразователи измерительные программируемые	**ПСТ-а-Pro (109 диапазонов, 11 НСХ)** **ПНТ-а-Pro (59 диапазонов, 14 НСХ)**	
Преобразователи измерительные с фиксированным диапазоном и типом	**ПСТ** **ПНТ**	
Устройства электропитания и коммутации	**БП, БПР, PS105.1, PS305.1, PSM-24, ФС-220** **БС, БУРМ, БР4, БКР**	
Решения по автоматизации технологических процессов	**Система сбора данных и управления технологическими процессами** **Преобразователи интерфейса I-7520** **Программное обеспечение RNet**	

НПФ КонтрАвт

тел./факс	(8312) 16-63-08 - многоканальный (8312) 66-16-94, 66-16-04
e-mail	sales@contravt.nnov.ru
internet	www.contravt.ru
почтовый адрес	Россия, 603107, Нижний Новгород, а/я 21
местонахождение	Нижний Новгород, пр. Гагарина, 168, офис 318



филиалы НПФ КонтрАвт

Екатеринбург

Россия
620143, Екатеринбург, а/я 293

Заварзина
Светлана Александровна

тел. +7 (343) 341-2561, 341-68-05
моб. +7 922-616-41-31
contravt-ural@yandex.ru

Самара

Россия
443013, Самара, а/я 13743

Высоцкий
Андрей Витальевич

тел./факс +7 846 249-00-89
тел. +7 927 603-65-01
факс +7 846 338-17-19
contravt_samara@mail.ru

Уфа

Башкортостан
450075, Уфа, а/я 115

Маслова
Лариса Ивановна

тел. +7 (3472) 35-23-42
тел. +7 (3472) 73-93-87
моб. +7 917 416-23-57
maslovali@bashnet.ru

Ярославль, Кострома, Иваново

Россия
150006, Ярославль, а/я 23

Гарипов
Ибрагим Равилевич

тел./факс +7 (4852) 74-42-29
моб. +7 910 665-34-19
contravt-yar@mail.ru

Астрахань, Волгоград, Саратов

Россия
400112, Волгоград, а/я 602

Бондаренко
Александр Александрович

тел. +7 (8442) 67-22-46
моб. +7 902 314-83-62
contravt-volga@vlink.ru