

Репин А.М. Анализ проблемы и создание нового эффективного устройства автоматического управления и контроля параметров объекта

Анонс. Впервые в электронном варианте и при авторском дизайне приведены полезные результаты научного отчёта и изобретений 1967-71 гг., в соавторстве с В.И. Дегтярёвым.

Фон. № 9775-67

*Личный арх.
Москва
23.3.1967г*



КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ, МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО НОРМАЛИЗАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ
ВНИИИМАШ**

Научный отчёт

Тема: СИГНАЛИЗАТОР УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ
КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА

Этап I: Анализ сигнализации переходных и
установившихся режимов медленно-
меняющихся контролируемых пара-
метров объекта.

Комитет стандартов, мер и измерительных приборов
при Совете Министров СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт по
нормализации в машиностроении

В Н И И Н М А Ш

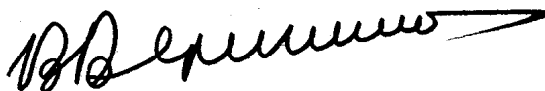
Научный отчёт

тема: СИГНАЛИЗАТОР УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ
КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА.

Этап I: Анализ сигнализации переходных
и установившихся режимов медленно-
меняющихся контролируемых парамет-
ров объекта.

На 30 стр.

Директор института
К.Т.Н.



В. ВЕРЧЕНКО

М о с к в а

1967г

Зам.директора по
научной части

Е. ПАНФИЛОВ

Нач. отдела № 32

В. СЕЛЬСКИЙ

Руководителя темы,
отв. исполнителя
и исполнителя :

В. ДЕГТЯРЁВ

А. РЕПИН

Согласовано:

/ Начальник научно-
технического отдела

В. ВИНОГРАДОВ

ПРОТОКОЛ № 7 от 28.3.1967 г.

Заседания НТС отдела № 32

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ - нач.отдела № 31 - Тетерюков В.А.

СЕКРЕТАРЬ - инж. Бурлацкая Т.Л.

ЧЛЕНЫ НТС - нач.отд. № 32 - Сельский В.А.
нач.отд. № 30 - Солин Ю.В.
зам.нач.отд. № 30 - Лоттерштейн А.Х.
зам.нач.отд. № 32 - Репин А.М.
рук.темы отд. № 31 - Собинов К.П.
рук.темы отд. № 31 - Дегтярёв В.И.
вед.инженер - Лам М.И.

Обсуждён научный отчёт по этапу "Анализ сигнализации переходных и установившихся режимов медленно-меняющихся контролируемых параметров объекта".

НТС отмечает:

1. Подобный анализ в технической литературе до последнего времени отсутствовал. На основе анализа разработано новое устройство, заменяющее оператора-человека в системе централизованного контроля и управления, приведена рациональная методика расчёта.

Приведенный метод и средства автоматического контроля параметров улучшают стабильность производственного процесса, значительно облегчает оценку качества контроля и, в конечном счёте, даёт существенный экономический эффект.

2. Результаты работы могут быть использованы в различных системах автоматического контроля и управления параметром.

3. Работа может быть рекомендована к опубликованию.

4. Работа рекомендуется к утверждению.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

Тетерюков

СЕКРЕТАРЬ



БУРЛАЦКАЯ

ЧЛЕНЫ НТС



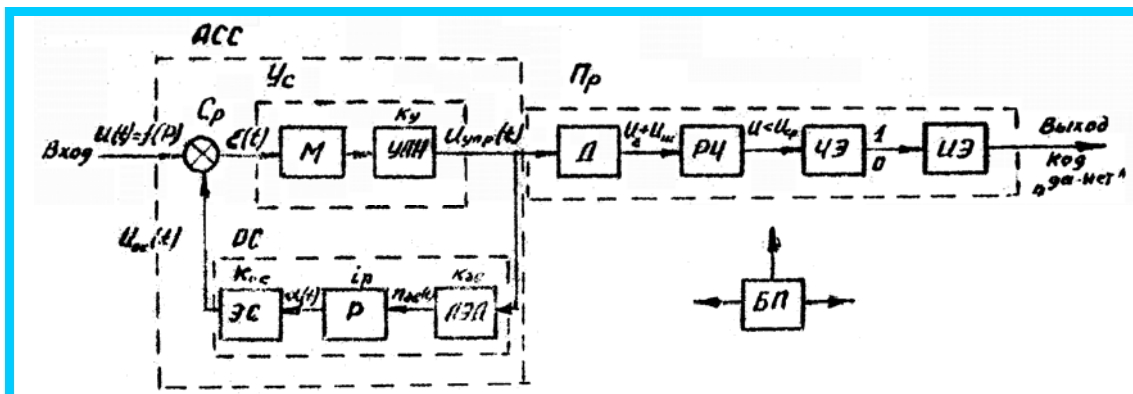
Сельский
Солин
Лоттерштейн
Репин
Собинов
Дегтярев
Лам

О г л а в л е н и е

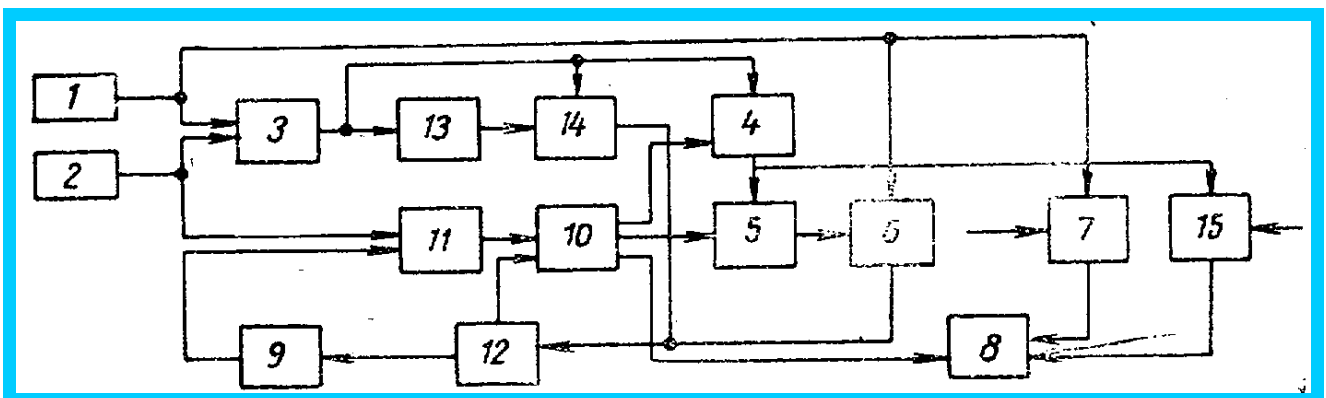
	Стр.
Аннотация	1
1. Введение	2
1. Постановка задачи	2
2. Характерные особенности контроля параметров	5
2. Анализ возможных способов сигнализации переходных и установившихся режимов	7
3. Принцип работы устройства кода "да-нет"	12
4. Обоснование основных узлов устройства и рекомендации по выбору их схем	13
5. Методика расчета устройства	19
6. В ы в о д ы	22
7. Заключение	24
<i>Литература</i>	26
Приложение /графики, схемы/	27

А н н о т а ц и я

В работе рассмотрен обобщающий процесс параметров контроля проанализированы возможные способы фиксации уровней установления процессов. Описано новое устройство сигнализации при контроле установившихся и переходных режимов медленно-меняющихся процессов, уровни установления которых могут быть неопределёнными и зависеть от внешних факторов. Обоснованы основные узлы устройства, даны рекомендации по выбору их конкретных электрических схем. Приведена методика расчёта устройства. Показано значительное повышение надёжности, качества и экономической эффективности контроля с применением рассмотренного устройства в сравнении с контролем характеристик гонки двигателя при участии оператора-человека. Показана область применения устройства.



Функциональная схема сигнализатора



УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ
ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ

I. Введение

I. Постановка задачи

Известно, что контроль параметров объектов, его качественные характеристики зависят от средств контроля и испытания, от их проектного и конструкторского решения, от чего

в конечном счёте зависит качество и надёжность испытываемого изделия.

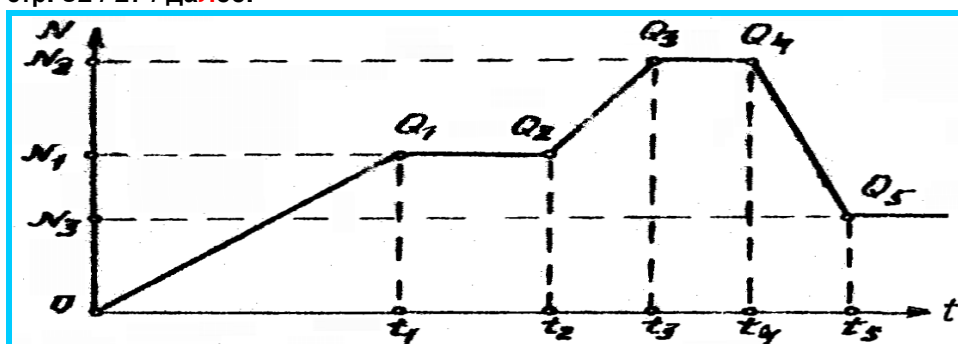
В данном случае объектом испытания является самолёт, а параметрами контроля — число оборотов его двигателя, ^{давление, температура и т. п.}

Характеристика гонки двигателя представлена на фиг. 1.

Контроль параметров двигателя ^У заключается в определении установившихся оборотов N_i при соответствующих режимах двигателя, в определении моментов t_i окончания переходных процессов и перехода на новый режим, ^{измерении давления, температуры на определенных режимах и т. п.} Это значит, что, кроме получения информации о состоянии параметра контроля N (переходный или установившийся режим), требуется осуществить измерение, обработку и регистрацию его величины в момент достижения параметром некоторого уровня установления или в момент отклонения от него, а также измерение, обработку и регистрацию самих этих моментов и другие операции.

Выполнение этих операций или подача команд на их осуществление может производиться как оператором, так и автоматически, как при локальном, так и дистанционном управлении. В случае автоматической подачи команд возможно использование программных устройств. Они, как известно, автоматически выполняют определённые циклы работы при запуске управляющими сигналами. Запуск также может осуществляться как автоматически, так и оператором.

См. также стр. 32 / 27 / далее.



Фиг. 1.

К стр. / 2, 4, 24 /

До недавнего времени определение состояния параметра производилось визуально, а выдача команд на выполнение необходимых операций осуществлялась вручную. Это ведёт не только к значительным затратам времени и трудоёмкости, ухудшению производительности труда, но и к значительному снижению точности и надёжности контроля параметров.

Это очевидно, т.к. указанные влияния обусловлены субъективными факторами оператора с его возможностями и недостатками. Даже в случае, если все остальные операции автоматизированы, присутствие "неавтомата" в системе автоматического контроля в основном определяет и ухудшает качество контроля числа оборотов двигателя. Человек превращается в звено системы контроля, рассматривается как её технический элемент, надёжность которого зависит как от внешней среды, "параметров человека", продолжительности работы, так и от медико-биологических качеств человека, учитывающих психические, физиологические, биологические процессы.

Следовательно, на качество контроля числа оборотов, определяемого в основном качеством человека, как звена системы, влияет множество факторов, как внутренних, так и внешних. В первом приближении их учесть не удаётся, поэтому они исследуются, изучаются, анализируются [1,2]. Все это, безусловно, ведёт к значительному усложнению оценки качества контроля параметров самолёта.

С целью упрощения оценки качества контроля, повышения точности, объективности, надёжности и, в конечном счёте, качества контроля, увеличения производительности труда при испытании самолётов введение полной автоматизации управления и контроля параметров самолётов (в частности числа оборотов двигателя) является очевидным, давно назревшим, и, следовательно, необходимым действием.

В данном отчёте приведён анализ и разработка основного устройства комплекса автоматизированного управления и контроля параметров самолёта, *которым является сигнализатор установившихся и переходных режимов.*

На **фиг.2** приведена наиболее приемлемая функциональная схема автоматического управления и контроля какого-либо процесса (параметра). Датчик преобразует контролируемый параметр в нормализованный электрический сигнал, от которого работает устройство контроля и управления, автоматически управляющее программным устройством, которое в свою очередь, также автоматически, управляет всеми необходимыми при контроле параметра объектами агрегатами.

В рассматриваемой задаче программное устройство осуществляет управление агрегатами Q , выполняющими различные операции, связанные с автоматическим контролем параметров самолета, оно выдает команды на измерение, обработку и регистрацию интересующих величин (в частности, числа оборотов двигателя, моментов времени, **фиг.1**), на включение определенных устройств и механизмов (например, ^{включение устройств для} изменения режимов двигателя) и т.д.

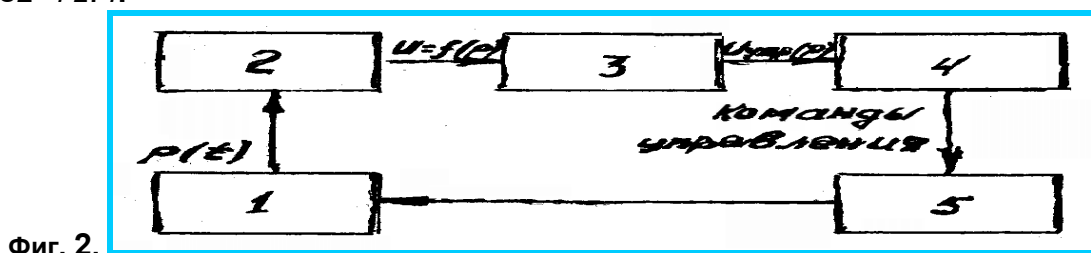
Создание программного устройства не представляет особых трудностей. Эти устройства хорошо разработаны как теоретически, так и в практическом исполнении. Они нашли широкое применение в системах автоматического управления и системах централизованного контроля и т.п.

Задачей реализации схемы **фиг.2** является разработка и исследование устройства, ³ осуществляющего связь между параметром контроля и программным устройством.

Проектируемое устройство должно осуществлять простые операции, содержащие выдачу команд управления. Оно должно выдавать два различных сигнала: сигнал "да", извещающий о существовании установившегося уровня, и сигнал "нет", когда он отсутствует.

Задачей настоящей работы является исследование устройства кода "да-нет".

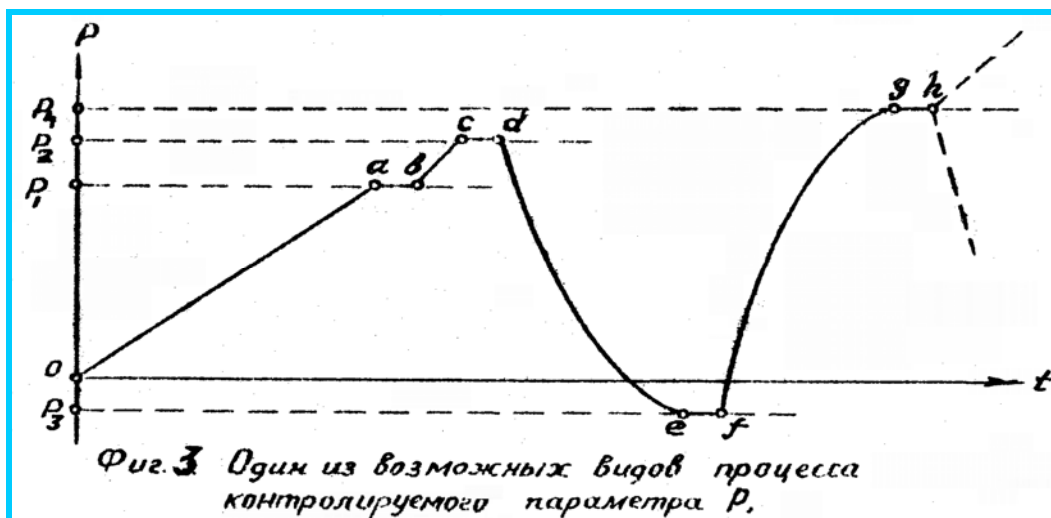
См. стр.32 / 27 /.



При проектировании такого устройства необходимо знать, какими характерными особенностями обладает контролируемый параметр.

2. Характерные особенности контроля параметров

Как следует из поставленной задачи, устройство должно выдавать код "да" при наличии установившегося уровня, код "нет" - соответственно, при его отсутствии. При этом, под "наличием" понимается не только существование установившегося значения в течение какого-то времени, но и факт достижения контролируемым параметром этого уровня в определенный момент, как снизу, так и сверху. Под "отсутствием" понимается не только факт недостижения параметром установившегося уровня, тоже как снизу, так и сверху, но также изменение, отклонение параметра от этого значения как в сторону роста, так и в сторону уменьшения. Иными словами, код "да" сигнализирует о том, что установившийся режим уже или еще существует, а код "нет" - о том, что он еще не достигнут или уже изменился. Таким образом, код "да" соответствует факту существования установившегося режима, а код "нет" - факту существования переходного режима, а устройство кода "да-нет" может быть определено как сигнализатор установившихся и переходных режимов.



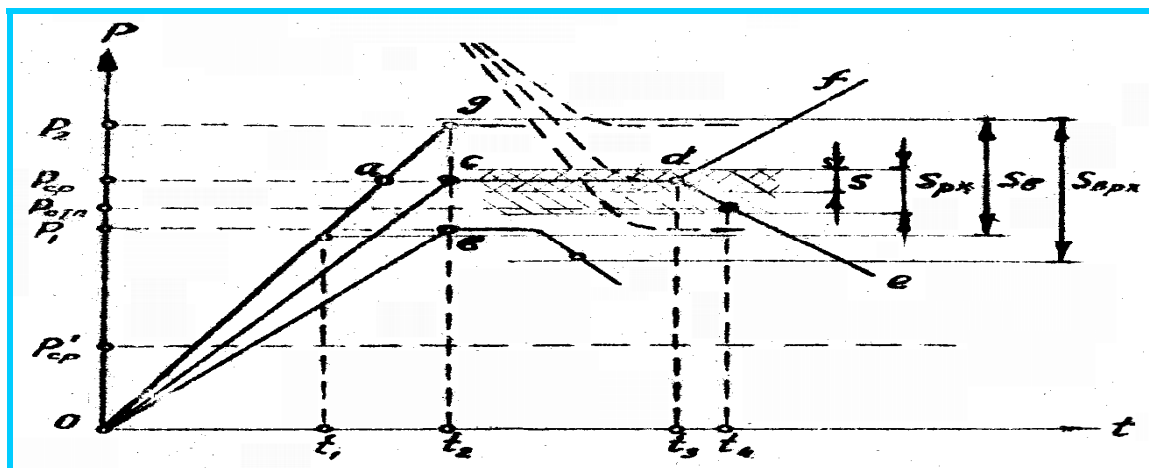
Иллюстрацией возможного поведения процесса (параметра), подлежащего указанному в § 1 контролю, может служить функция, приведенная на **фиг.3**. Она же может служить иллюстрацией и при расширении понятия "код "да-нет", приведенного в начале настоящего параграфа .

В общем случае изменяющимся параметром может быть любая физическая величина, преобразованная

в электрический сигнал (ток или напряжение). В качестве примера контролируемого параметра можно привести такие величины, как изменение фазы или частоты электрического сигнала, число оборотов двигателя, давление какой-то среды, температура об"екта контроля, расход жидкости или газа, скорости протекания процессов и т.п.

При этом на практике приходится сталкиваться с очень разнообразными задачами.

Например. Характер протекания процесса известен и соответствует вполне определённой комбинации переходных и установившихся режимов (**фиг.3**). Если уровни установления постоянны, создание устройства кода "да-нет" не представляет особых трудностей (по крайней мере структурно). Однако, несмотря на известные форму и уровни параметра, под воздействием внешних факторов (для большинства параметров) один и тот же уровень установления параметра может "плавать". Причём могут меняться все уровни, один или любая их выборка. Закон изменения уровней под воздействием внешних условий может быть известен и, следовательно, как-то учтён, а может быть и не известен или носить случайный характер.



Фиг. 4

Кроме того, при известной форме процесса (как указывалось, состоящего из комбинации переходных и установившихся режимов), может быть неизвестен его характер и не известны уровни установления, которые могут только предполагаться с ограниченным, но широким допуском. Даже при отсутствии внешних влияний создание устройства кода "да-нет" в этом случае связано со значительными трудностями.

Последние проявляются в ещё большей степени, когда не известны ни характер самого процесса, ни закономерность влияния внешних факторов.

Следовательно, существеннейшим аспектом поведения контролируемого параметра является возможная неопределённость его характера при известной в общем-то форме протекания процесса.

Другой характерной чертой рассматриваемых параметров является их низкочастотный спектр (0,01-0,1)гц. Трудности, связанные с обработкой таких медленно-меняющихся (почти постоянных) процессов, очевидны.

Таким образом, устройство кода "да-нет" является неотъемлемой частью системы автоматического контроля параметров, и создание такого устройства, автоматически и с высокой точностью определяющего очень медленные переходные и установившиеся режимы, уровни которых неопределённы, является весьма актуальной задачей.

2. Анализ возможных способов сигнализации переходных и установившихся режимов

С целью получения кода "да-нет" возможно использование пороговых устройств [3,4]. Применительно к рассматриваемой задаче такие устройства обладают тем существенным недостатком, что порог их срабатывания устанавливается жёстко (например, $P_{ср}$ на фиг.4) и при воздействии внешних факторов, влияющих на контролируемый параметр, остаётся постоянным (по крайней

мере с точностью, учитывающей указанные влияния на порог срабатывания). В то же время уровень установившегося значения контролируемого параметра, если он известен и соответствует порогу $P_{ср}$ (процесс *ocde*) в зависимости от внешних условий может иметь в точке контроля значения, отличные от порогового (например, в пределах уровней P_1 и P_2).

Как видно из фиг. 4, пороговое устройство либо выдаёт ложный сигнал (точка a), хотя контролируемый параметр не достиг своего установившегося значения, либо будет пропуск сигнала (точка b), в то время как параметр достиг уровня, когда устройство обязано выдать код "да".

Реальное устройство обладает не порогом срабатывания, а некоторой зоной срабатывания S , определяющей точность порогового устройства. Если для уровня P_2 эту зону необходимо поднять (тогда для нижележащих уровней будет пропуск кода), то для уровня P_1 её необходимо опустить (тогда для вышележащих уровней будет ложное срабатывание). Поэтому, чтобы как-то учесть внешние влияния, зону S приходится расширять - зона S_0 , что, естественно, снижает точность получения кода "да", хотя надёжность срабатывания возрастает. В этом случае для процесса *oad* выдача кода "да" может произойти в любой момент прохождения параметром зоны S_0 .

Путь расширения зоны срабатывания позволяет устранить пропуск кода, но возможность ложного срабатывания остаётся. Это приводит к весьма нежелательным последствиям. Например, подаче команды на осуществление последующей операции в системе комплексного автоматизированного контроля (наихудший случай - в момент t_1), в то время как предыдущая операция не закончилась (момент t_2). Всё это безусловно сказывается на качестве контроля.

Применяя терминологию, принятую для электромагнитных реле, обратный переход (отпускание) схемы из состояния "включено" в состояние "выключено" (код "нет") происходит при величине параметра, равной $P_{от}$ для процесса *de* и отлич-

ной от порога срабатывания P_{cp} . Иными словами, пороговое устройство обладает релейной характеристикой. Неравенство $P_{отн} \neq P_{cp}$ ведёт к тому, что зона $S_{р.к.}$, учитывающая релейные свойства устройства и определяющая разрешающую способность, шире зоны S . Соответственно, зона $S_{с.р.к.}$, учитывающая влияние внешних факторов и релейных свойств, также будет шире зоны S_e . Это значит, что при уменьшении параметра (участок de) точность контроля (качество получения кода "нет") ещё более ухудшается.

Рассмотрен процесс $ocde$. Для получения кода "нет" процесса $ocdf$ на участке cdf требуется пороговое устройство, работающее на ином принципе, чем на участке ocd . То есть на участке cd необходимо осуществить автоматическое переключение контролируемого параметра с одного устройства на другое.

Для разных уровней установления (P_{cp} и P_{cp}') требуются различные пороговые устройства, и, следовательно, в многоуровневой системе, например, для процесса фиг. 3 - столько устройств, сколько уровней необходимо проконтролировать. Количество устройств соответствует числу контрольных точек параметра.

Кроме того, пороговые устройства используются совместно с различного рода преобразователями контролируемого параметра в электрическую величину (датчиками), обладающими разбросом параметров - по линейности, по диапазону измерения и т.п. Поэтому при установке (замене) датчика требуется индивидуальная настройка порогового устройства для каждого датчика.

Помимо схемного и конструкторского усложнения, перечисленные стороны пороговых устройств ведут к снижению точности, надёжности и, в конечном счёте, качества контроля параметра.

Рассмотрен случай, когда уровень установления и его изменение от внешних факторов известны. Для случая неизвестной закономерности изменения уровня потребуется установка ниже-

го предела зоны срабатывания значительно ниже уровня установления, т.е. сознательное ухудшение качества контроля.

В итоге даже без учёта влияния внешних факторов, получение кода "да-нет" с помощью порогового устройства не представляется возможным.

Аналогичное рассмотрение относится к пороговым устройствам для процессов, подходящих к установившемуся значению сверху (пунктирные линии на фиг.4).

Таким образом, для универсального решения задачи получения кода "да-нет" независимо от уровня установления и его изменений от внешних влияний необходимо, чтобы работа устройства была основана на принципе установления порога срабатывания самим контролируемым параметром.

Этого можно добиться следующим образом. Из фиг.4 видно, что момент достижения контролируемым параметром P своего установившегося значения можно фиксировать по равенству нулю первой производной dP/dt . В этом случае получение кода "да" будет осуществляться независимо от внешних условий. Следовательно, устройство кода "да-нет", работающее на принципе дифференцирования, не требует расширения зоны срабатывания, а точность контроля параметра определяется его чувствительностью.

Технически задача получения производной монотонных сигналов осуществляется посредством различных дифференцирующих устройств [3,5,7]. Однако для медленно-меняющихся (порядка 0,01-0,1гц) процессов возможность получения необходимой информации с помощью таких устройств весьма затруднительна. Это связано с тем, что величина производной указанных процессов очень мала- почти не отличается от нуля за большой промежуток времени. Для получения производной, выраженной в электрической величине, достаточной для уверенной выдачи устройством сигнала "да-нет", прибегают к преобразованию величины производной. Это ведёт к усложнению устройства, ухудшению его надёжных и качественных характеристик.

Так, например, в качестве одной из форм преобразования используется усиление малого электрического сигнала производной. С учётом спектра контролируемого параметра и в связи с необходимостью иметь большой коэффициент усиления (не ниже 70000) в качестве усилителей используются многокаскадные усилители постоянного тока с глубокой отрицательной обратной связью (операционные усилители) [4, 5, 6, 7].

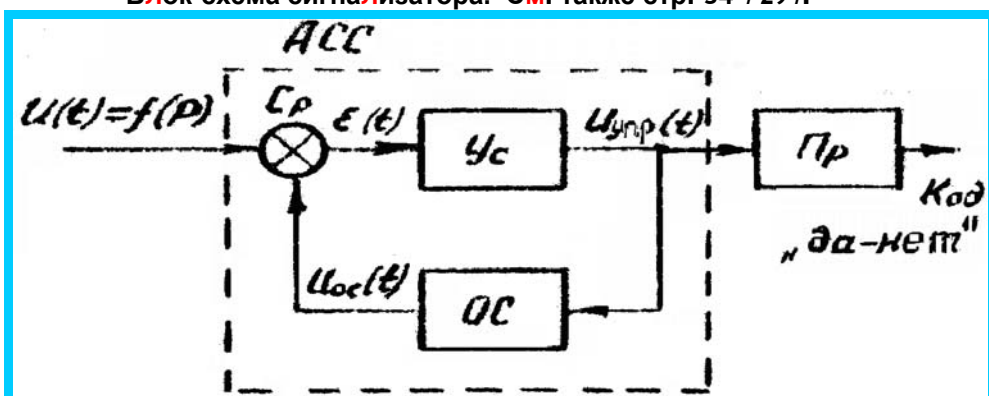
Существенным недостатком таких усилителей является дрейф нуля, что приводит, как известно, к целому ряду практических неприятностей, в значительной степени влияющих на качество контроля. Попытки устранения дрейфа нуля посредством схем параметрической компенсации, автоматического регулирования нулевого уровня, высокой ($\pm 0,1-0,01\%$) стабилизации источников питания и т.д. ведут к значительному усложнению устройства кода "да-нет" и, несмотря на повышение точности контроля, к снижению его надёжности.

Сказанное позволяет заключить, что для получения сигнала "да-нет" соответственно о достижении или изменении установившегося значения медленно меняющимся параметром при влиянии внешних факторов использование пороговых и дифференцирующих устройств нецелесообразно.

Для решения задачи по выдаче информации о моменте достижения контролируемым параметром своего, любого установившегося значения или момента его изменения авторами разработано и практически осуществлено устройство получения кода "да-нет" (фиг.5), основанное на принципе работы астатической следящей системы (АСС) и преобразователя кода ($Пр$).

Рассмотрим принцип получения кода "да-нет" в указанном устройстве.

Блок-схема сигнализатора. См. также стр. 34 / 29 /.



Фиг. 5.