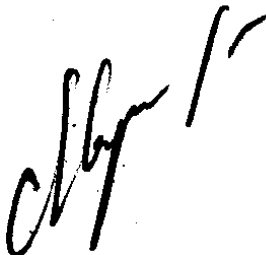


05.13.07

M 294

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

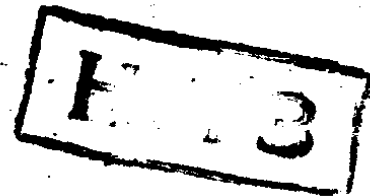


МАРТЫНОВ ВИКТОР ПАВЛОВИЧ

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ГРУППОЙ ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Специальность 05.13.07 - Автоматизация технологических процессов
и производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Челябинск
1996

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте
имени Ленинского комсомола

Научный руководитель

- доктор технических наук,
профессор ГАБИЯТУЛЛИН Р.Х.

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук,
профессор ВОЛОВИЧ Г.И.,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
СОКОЛОВ Л.К.

Ведущее предприятие

- Всесоюзный научно-исследова-
тельский институт электротер-
мического оборудования

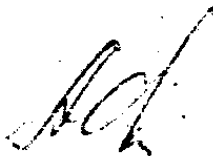
Защита состоится " 5 " сентября 1990 года в 10 часов
на заседании специализированного совета К 053.13.04 Челябинского
политехнического института имени Ленинского комсомола.

Отзыв на автореферат, заверенный печатью предприятия, про-
сим направлять по адресу: 454044, г. Челябинск, пр. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЧПИ.

Автореферат разослан " 29 " сентября 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
д.т.н., профессор



Сибрин А.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Вполне очевидной проблемой, стоящей перед наукой в настоящее время, является проблема экономии материальных ресурсов и, в частности, таких важнейших их видов, как топлива и энергии. В области электроэнергетики эта задача сводится, в конечном итоге, к радикальному улучшению структуры энергопотребления.

Кроме этого, в период современной научно-технической революции важнейшее значение приобретает максимальная автоматизация производства, в том числе, на основе применения микропроцессорной техники.

В электротермическом производстве одним из основных потребителей электроэнергии (около 40%) являются электропечи сопротивления. Для питания печей широкое распространение получили тиристорные преобразователи переменного напряжения (ТПН) с естественной коммутацией вентилей. С точки зрения качества потребления электроэнергии наиболее целесообразным является импульсный способ управления тиристорами, при котором технологическое задание на нагревательном элементе регулируется за счет изменения числа волн напряжения сети, пропущенных на нагрузку, с почти нулевым углом включения тиристоров. На крупных предприятиях электротермической промышленности используется групповое включение ТПН, потребление электроэнергии которыми составляет значительную часть энергии, потребляемой этими предприятиями. Это обуславливает необходимость повышения эффективности энергопотребления таких систем.

С другой стороны, все большее применение в промышленности для эффективной организации производства находит электронно-вычислительная техника, одним из основных составных элементов которой являются микропроцессоры. Очевидно, что использование микропроцессорной техники предполагает постановку перед наукой и практикой принципиально новых задач. В частности, в условиях электротермического производства микропроцессорные системы наряду с решением каких-то частных технологических задач могли бы взять на себя и задачу повышения энергетических показателей групп ТПН, в том числе и частичную компенсацию бросков нагрузки посторонних потребителей, работающих в одной сети с группами.

Если вопросам повышения эффективности энергопотребления

групп ТППН с импульсным регулированием на основе аналоговой техники посвящено довольно много научных работ, то вопросы управления такими системами на основе применения микропроцессоров и, на этой базе, вопросы компенсации бросков нагрузки посторонних потребителей не нашли достаточного отражения в научных публикациях.

В разработанных системах управления для выравнивания графика потребления мощности группами ТППН используется синхронизация работы преобразователей методом поочередно-последовательных включений, который не позволяет радикально решить проблему стабилизации общего тока группы. Возникают сложности при выходе отдельных преобразователей из строя. Указанный метод неприменим в случае использования преобразователей различной установленной мощности, не говоря уже о работе группы ТППН вместе с посторонним потребителем.

Указанные проблемы в принципе могут быть решены с помощью микропроцессоров, применение которых, однако, затруднено практически отсутствием теоретических основ работы силовых преобразователей совместно с микропроцессорной системой.

Все перечисленные вопросы являются весьма актуальными. Решение их позволит повысить эффективность потребления электроэнергии в электротермическом производстве.

Тема диссертационной работы связана с планом межвузовской целевой комплексной программы "Экономия электроэнергии".

Целью диссертационной работы является повышение энергетических показателей и снижение влияния на питающую сеть групп ТППН печей сопротивления на основе применения микропроцессорных систем управления.

Задачи диссертационной работы:

- разработка оптимальных алгоритмов управления системами ТППН, в том числе с посторонним потребителем;
- разработка инженерных методов анализа работы групп ТППН с микропроцессором в контуре регулирования;
- разработка практических рекомендаций по применению методов и алгоритмов при создании систем синхронизированного управления группами ТППН, обеспечивающих повышение их энергетических показателей.

Методы исследования. В работе применялись методы линейной

и нелинейной алгебры, аппарат обобщенных параметров и система относительных единиц; методы теории систем автоматического управления, метод точечных отображений и решения разностных уравнений; методы оптимизации, дискретный принцип максимума (минимума); элементы теории матриц, комбинаторного анализа, теории массового обслуживания; экспериментальные методы и методы моделирования.

Научная новизна. В диссертационной работе получены следующие научные результаты:

- предложена методика построения алгоритма оптимального управления группой ТППН разной мощности с посторонним потребителем;

- разработана методика анализа системы управления группой ТППН с микропроцессором и аналого-цифровым преобразователем (АЦП) в контуре регулирования;

- выработаны принципы упрощения связи контуров регулирования с микроЭВМ и повышения помехоустойчивости системы.

Практическая ценность. Практическую ценность представляют следующие результаты диссертационной работы:

- получены методики и алгоритмы синхронизации работы групп импульсных ТППН;

- разработана аппаратная реализация системы управления ТППН;

- составлено программное обеспечение для управления группой ТППН одинаковой мощности, доведенное до практической реализации;

- даны рекомендации по повышению надежности и помехоустойчивости работы микропроцессорной системы управления ТППН.

Внедрение результатов работы. Научные и практические результаты диссертационной работы использованы при выполнении государственной работы "Разработка и исследование электрических приводов и преобразователей", а также при выполнении договора о научно-техническом сотрудничестве между ЧПИ и предприятием "Радиокерамика" г. Дзеноуральска, для которого изготовлена установка на базе микропроцессорного контроллера КИ-20, приспособленная для одновременного обслуживания 8 однофазных ТППН номинальной мощностью по 60 кВт. Процесс внедрения продолжается.

Апробация работы. Основные положения данной работы и результаты исследований докладывались и обсуждались на:

- секции "Оптимизация производства, распределения и потребления тепловой и электрической энергии и других энергоносителей, разработка и усовершенствование оборудования для этих целей" УШ научно-технической конференции УИИ, г.Свердловск, 1988 г.;

- II Всесоюзной научно-технической конференции "Микропроцессорные системы", г.Челябинск, 1988 г.;

- УШ Всесоюзной научно-технической конференции "Силовая полупроводниковая техника и ее применение в народном хозяйстве", г.Миасс, 1989 г.;

- межотраслевой научно-технической конференции "Методы и средства технической диагностики высокоавтоматизированного технологического оборудования", г.Ленинград, 1989 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, в том числе получено 2 положительных решения по заявкам на изобретения.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографии и приложений, содержит 128 страниц машинописного текста, 7 страниц таблиц, 23 страницы рисунков, библиографический список из 88 наименований и приложения на 17 страницах.

Автор глубоко признателен научному консультанту, доценту, канд.техн.наук Дохову С.П. за научную и методическую помощь, оказанную в процессе работы над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы и формулируются основные задачи диссертационной работы.

В первой главе проанализированы основные подходы к управлению группами импульсных ТПН, даны методы инженерных расчетов энергетических показателей групп.

В качестве управляемой предлагается проанализировать систему, обобщенная функциональная схема которой может быть представлена в виде, показанном на рис.1. Схема представляет собой систему контуров регулирования (I, \dots, n, \dots, N) , каждый из которых служит для управления одной электропечью сопротивления и включает в себя линейную часть $(ЛЧ_n)$ в виде интегратора, релейный элемент $(РЭ_n)$, ТПН (тиристорный контактор) в качестве частотно-инверсного модулятора $(ЧИМ_n)$, датчик обратной связи $(ДЭС_n)$

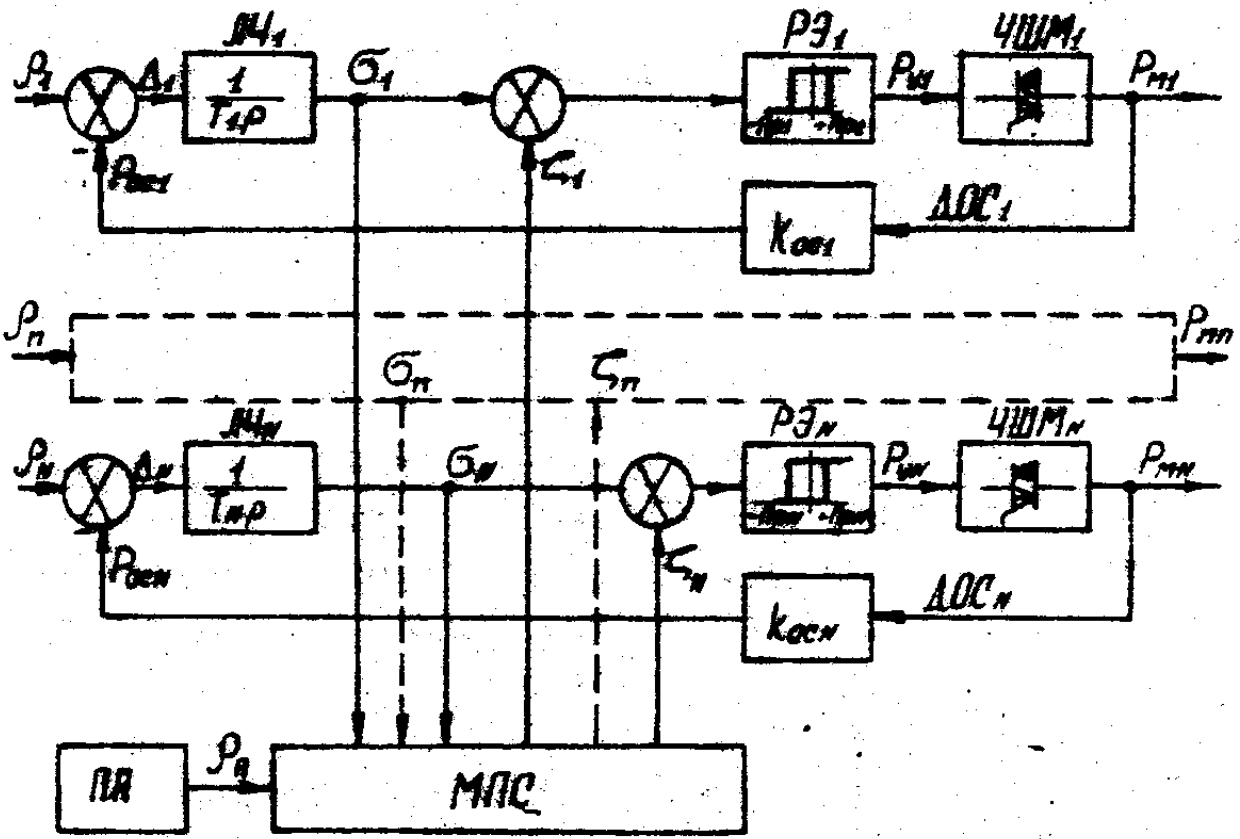


Рис. 1

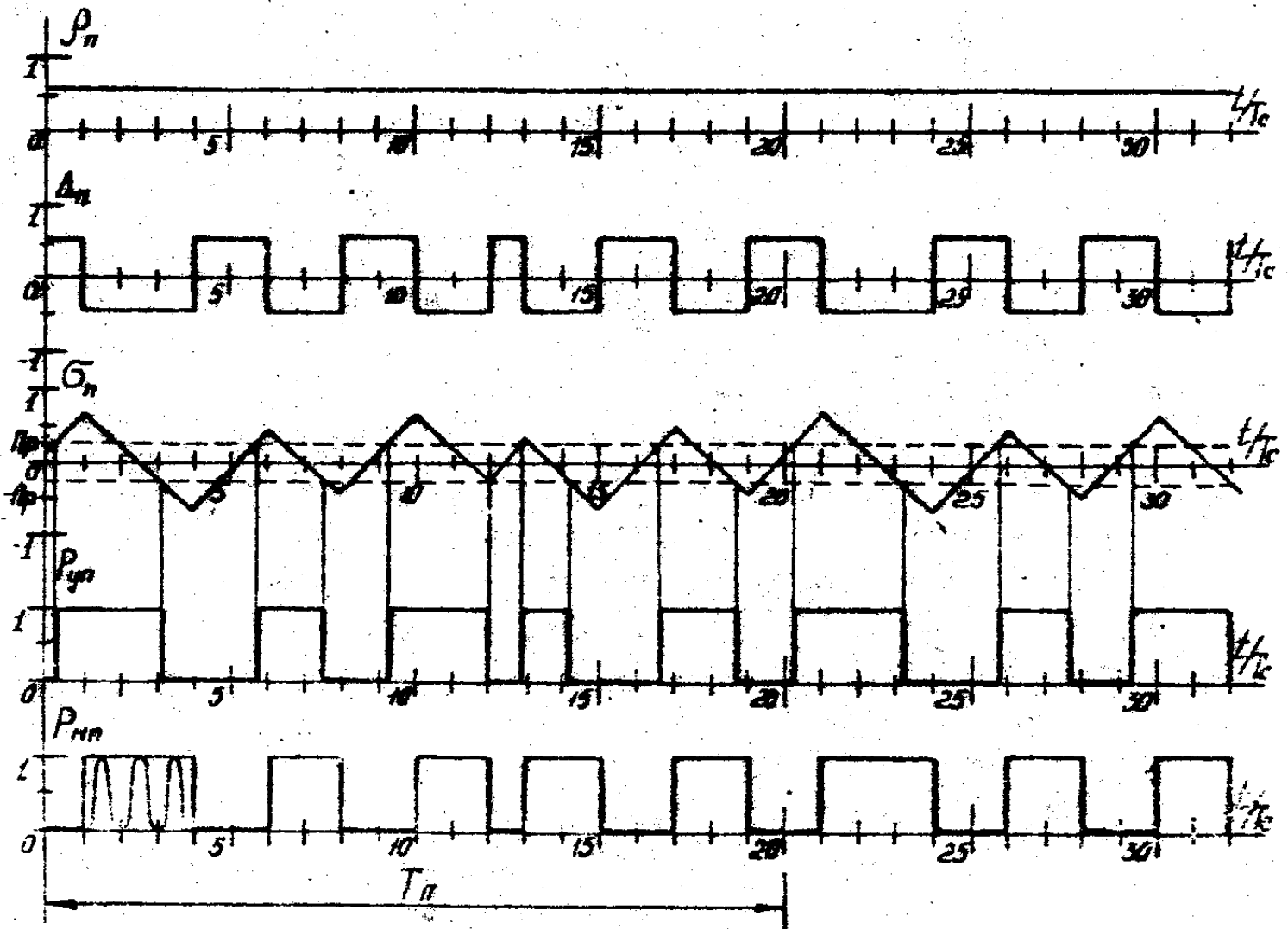


Рис. 2

и два узла сравнения (сумматора). Для обслуживания всех контуров имеется одна микропроцессорная система (МПС), которая собирает информацию о текущем состоянии каждого контура регулирования $\Theta_1, \dots, \Theta_n, \dots, \Theta_N$ и постороннего потребителя (ПП) ρ_n , анализирует эту информацию и вырабатывает управляющие сигналы $\zeta_1, \dots, \zeta_n, \dots, \zeta_N$, обеспечивающие включение-отключение отдельных преобразователей.

Независимая работа отдельно взятого n -го контура на периоде повторяемости T_n поясняется диаграммами, представленными на рис.2. Все диаграммы построены в относительных единицах, базовым значением которых является амплитуда установленной мощности $P_{мп}$. Для удобства построения форма выходной мощности при включенном ЧММ n принимается постоянной с эквивалентной амплитудой $P_{мп}$, что соответствует диаграмме импульсного регулирования постоянной мощности величиной $P_{мп}$. Реальная форма выходной мощности проиллюстрирована в одном из импульсов нижней диаграммы рис.2. Так же для удобства выбраны единичными коэффициент ДДС n $k_{ддс}$ и отношение периода частоты сети T_c к постоянной времени интегратора T_n .

Поскольку ТППН работает в импульсном режиме, то все его включения-отключения могут производиться только в определенные, кратные периоду частоты сети моменты времени.

Постоянная времени нагрева печи во много раз превышает постоянную времени интегрирования ЛЧ и период частоты сети. Поэтому очевидно, что показанная на рис.2 работа контура, при выборе соответствующих порогов релейного элемента, будет обеспечивать технологический процесс заданного режима нагрева электропечи даже в случае сбоя или отказа МПС.

Все ТППН группы, представленной на рис.1, питаются от одной однофазной сети. При независимой их работе суммарный график потребления мощности группой подчиняется случайным командам включения-отключения отдельных преобразователей и зависит, при постоянных параметрах, от уровней задания и максимальной установленной мощности каждого из них. Такие режимы были достаточно подробно исследованы в ряде работ других авторов, ссылка на которые имеется в диссертации.

Основной целью введения в схему управления МПС является взаимная синхронизация работы преобразователей для выравнивания графика потребления группой общей мощности сети, что, тем самым,

скажется на эффективности ее потребления и, в конечном счете, на энергетических показателях всей системы. Более того, применение АДС делает правомерной постановку задачи об оптимальном управлении группами ТППН.

В связи с этим, возникает необходимость исследования возможностей такой оптимизации.

Для математического анализа этой задачи вводятся понятия: о векторах управления $\zeta [m]$ и интегралов ошибок $\sigma [m]$ на m -ом интервале, n -ая составляющая первого может принимать только два значения "0" или " Z_n " ("отключить" или "включить"); о задаваемой скважности работы n -го преобразователя γ_n , равной отношению числа интервалов включения n -го преобразователя к общему числу интервалов M частоты сети на периоде повторяемости T_n ; об уровне сигнала задания ρ_n , численно связанным в относительных единицах с γ_n и Z_n соотношением

$$\rho_n = \gamma_n Z_n$$

Существующие методы возможной абсолютной оптимизации процессов в системе сводятся к анализу строго периодического процесса и основаны на минимизации функционала

$$J = \sum_{m=0}^{M-1} \left(\sum_{n=1}^N \zeta_n[m] - \sum_{n=1}^N \rho_n \right)^2 \rightarrow \min$$

при условиях $\sigma [0] = \sigma [M]$ и $\sigma_n \in [-Z_n, Z_n]$, $n = \overline{1, N}$.

Показано, что при ограничении, связанном со строгой периодичностью вектора интегралов ошибок регулирования σ , поведение которого описывается разностным уравнением

$$\sigma [m+1] - \sigma [m] + \rho - \zeta [m]$$

каждое слагаемое в указанном функционале зависит не только от координат вектора на m -ом интервале $\zeta [m]$, но и от координат всех векторов интервала оптимизации $\zeta [0], \dots, \zeta [M-1]$. В таком случае для минимизации указанного функционала требуется осуществить перебор огромного числа вариантов

$$\vartheta = 2^{N \cdot M}$$

причем, если периодичность процесса в силу каких-либо причин нарушается (например, при иррациональности задаваемой скважности), то такой перебор должен осуществляться практически на каждом интервале управления. Очевидно, что алгоритм перебора наиболее прост для программирования, но имеет очень низкое быстродействие.

Применением специальных алгоритмов можно снизить число пе-

реборов, так, например, если известны задаваемые скважности, то минимальное число возможных сочетаний определяется формулами:

$$V = \frac{M!N}{\prod_{n=1}^N [(\gamma_n M)!(M - \gamma_n M)!]}$$

при рациональных γ_n или, для иррациональных γ_n ,

$$V = \frac{M!N}{\prod_{n=1}^N [\Gamma(\gamma_n M + 1) \cdot \Gamma(M - \gamma_n M + 1)]}$$

где $\Gamma(\dots)$ - гамма-функция аргумента, стоящего в скобках.

Такой подход, с точки зрения быстродействия, дает значительный эффект. Например, для $N = 4$, $M = 10$ и $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = 0,9$ число вариантов перебора $V = 2^{40} \approx 1,1$ трлн, что практически нереализуемо, в то же время применением специальных алгоритмов это число может быть снижено до $V = 10000$.

Принципиально повысить быстродействие программ оптимального управления системой позволяет применение дискретного принципа минимума. Для этого при минимизации указанного функционала снимается ограничение строгой периодичности вектора σ и накладываются условия трансверсальности, например, в виде

$$Q = \frac{k\delta}{2} \sum_{n=1}^N \sigma_n^2 [m+1] \rightarrow \min$$

Составляется функция Гамильтона

$$H = \left(\sum_{n=1}^N \zeta_n [m] - \sum_{n=1}^N \rho_n \right)^2 + \sum_{n=1}^N \lambda_n [m+1] \cdot (\sigma_n [m] + \rho_n - \zeta [m])$$

где $\lambda_n [m+1]$ находится из условия трансверсальности

$$\lambda_n [m+1] = \frac{\partial Q}{\partial \sigma_n [m+1]} = k\delta \sigma_n [m+1]$$

Задача сводится к поиску минимума функции Гамильтона на множестве управлений вдоль траектории, которая при этом является экстремалью.

В отличие от предыдущего случая, H зависит только от вектора $\zeta [m]$, число состояний которого счетно. Даже простой перебор этих состояний дает значительный эффект по сравнению с вышеприведенными методами. В частности, для рассмотренного примера число переборов составит $V = 2^4 = 16$, причем, это число не зависит от M (числа интервалов периода оптимизации).

Такой подход позволяет оптимизировать периодические и непериодические, в том числе переходные, процессы в системе.

Кроме этого, введение под знак функционала функции, отражающей поведение постороннего потребителя $\rho_n [m]$, например, в следующем виде:

$$J = \sum_{m=0}^{M-1} \left(\sum_{n=1}^N \zeta_n [m] - \sum_{n=1}^N \rho_n + \rho_n [m] \right)^2 \rightarrow \min$$

позволяет указанным подходом оптимизировать процессы потребления общей мощности и в системе с III.

Во второй главе обосновывается необходимость разработки квазиоптимальных алгоритмов управления рассматриваемой системой, которые по сравнению с оптимальными имеют более высокое быстродействие, упрощенную программную часть и поэтому более применимы для практической реализации, при аппаратном воплощении которой возникает задача исследования влияния на процессы в схеме неидеальности измерения необходимой для управления технологической информации.

Рассмотрена система с аналого-цифровым преобразователем в измерительном контуре. В целях исследования качественного влияния дискретности АЦП на работу системы взято управление группой преобразователей одинаковой мощности без постороннего потребителя.

Введены понятия функции совета $S[m]$ о числе включаемых на m -ом интервале преобразователей и функции приоритета, служащей для определения номеров включаемых ТПН. Обосновано разделение задач формирования каждой из указанных функций.

При достаточном многообразии функций совета для упрощения анализа выбрана функция

$$S[m] = k \Sigma[m],$$

где k - контурный коэффициент, $\Sigma[m]$ - сумма интегралов ошибок регулирования контуров системы рис.1

$$\Sigma[m] = \sum_{n=1}^N G_n[m]$$

Далее обосновано сведение, с рядом допущений, многоконтурной системы к одноконтурной в виде, представленном на рис.3. В такой системе выходной сигнал АЦП $\hat{\Sigma}$ может быть представлен в виде суммы линейно измеряемого сигнала общего интеграла Σ ошибки регулирования (Δ) на выходе линейной части (ЛЧ) и суммарной помехи от шума квантования E , которую можно считать центрированной случайной величиной с ограниченной амплитудой

$$|E| \leq 0,5 \varepsilon N$$

где ε - величина одной дискреты АЦП, N - число преобразователей группы. Исполнительный орган (ИО), представляющий собой совокупность всех преобразователей группы, можно рассматривать в виде сочетания безынерционного звена с нелинейной передаточной характеристикой типа целой части и импульсного элемента (ИЭ).

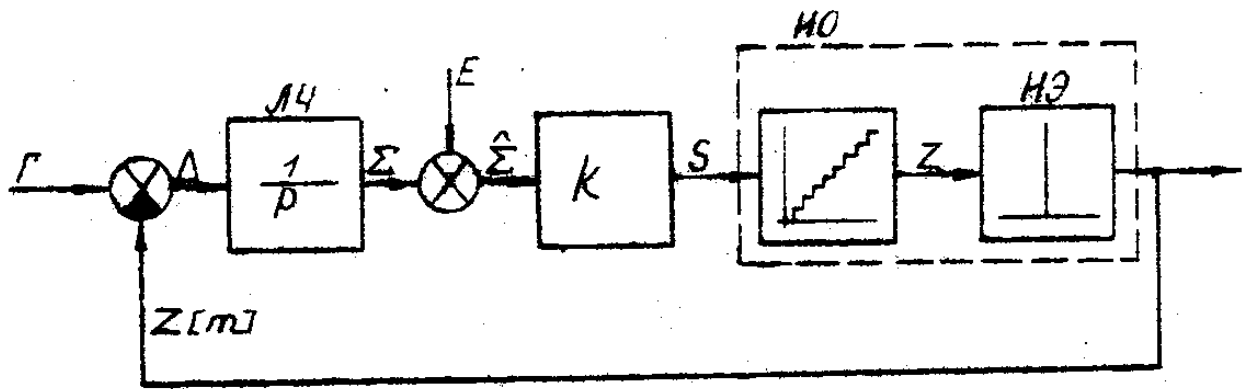


рис. 3

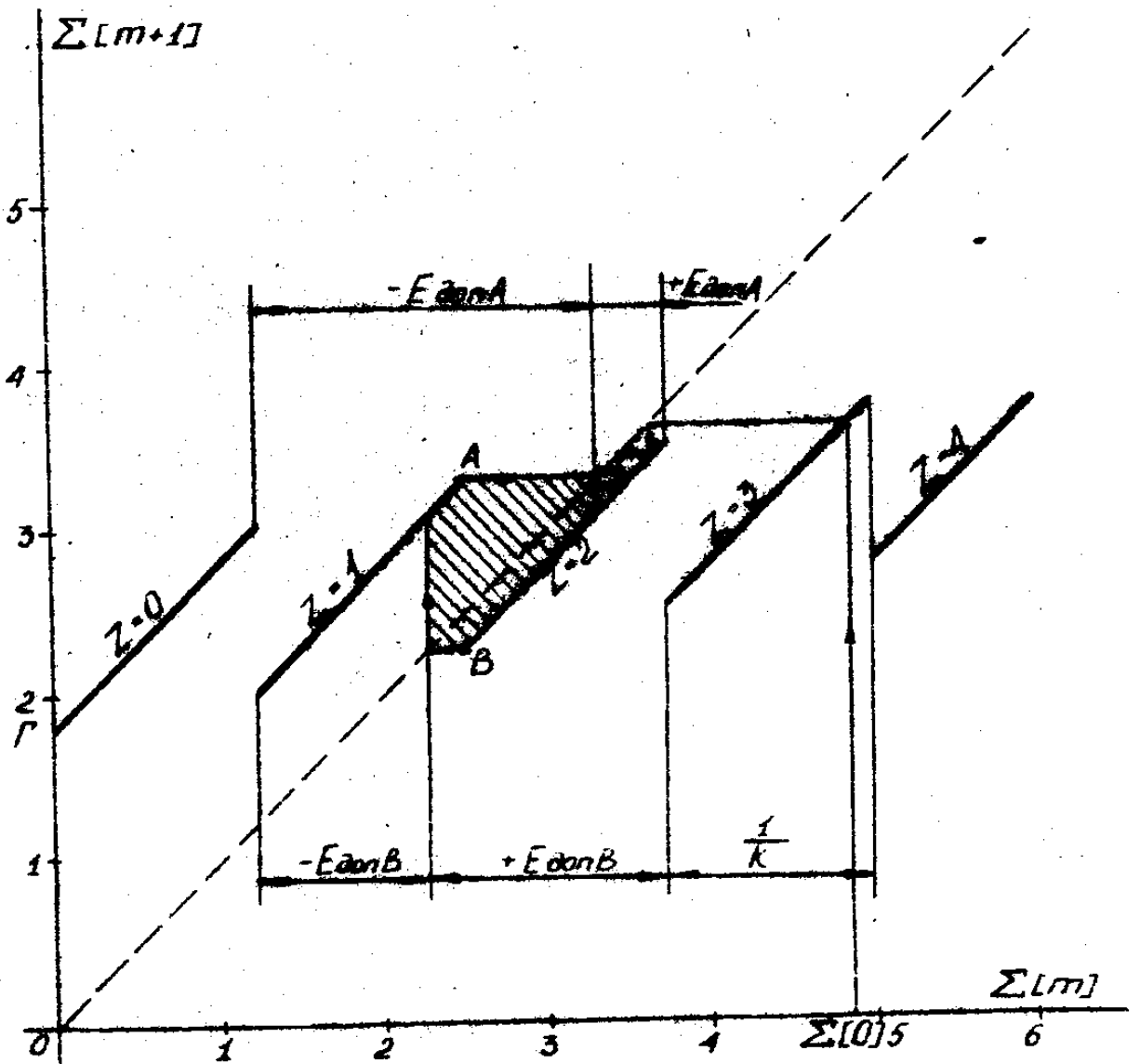


рис. 4

Показано, что основным уравнением состояния представленной на рис.3 системы является уравнение

$$\Sigma[m+1] = \Sigma[m] + P - \text{entier}\{k(\Sigma[m] + E)\}$$

где P - суммарное задание всей группе.

Это уравнение исследовано графически методом точечных преобразований (рис.4), в результате чего получено соотношение между допустимой (с точки зрения получения минимума колебаний выходной величины) погрешностью измерения АЦП $\epsilon_{\text{доп}}$ и контурным коэффициентом k :

$$\epsilon_{\text{доп}} = \frac{1}{0,5M} \left(\frac{1}{k} - 1 \right)$$

Такое соотношение позволяет выбирать контурный коэффициент системы по заданному АЦП с целью получения требуемого качества регулирования выходной координаты системы.

Результатом анализа, проведенного в данной главе, является вывод о том, что погрешность измерения требуемых для управления технологических величин может быть компенсирована соответствующим подбором параметров или применением специальных алгоритмов.

Третья глава посвящена синтезу алгоритма, позволяющего упростить аппаратную и программную реализацию системы управления группой ТППН одинаковой мощности.

В такой системе в цепи измерения интегралов ошибок регулирования включены пороговые элементы, применение которых значительно упрощает каналы связи между технологическими объектами и микропроцессорной системой и повышает помехоустойчивость регистрации и передачи информации.

Очевидно, что в этом случае МПС работает в условиях значительного недостатка информации. Это, в свою очередь, обуславливает изучение возможностей управления системой такого типа.

Возможно применение нескольких алгоритмов, реализующих выполнение задачи выравнивания графика общего потребления мощности. Все их можно укрупненно свести к двум основным группам:

а) программная реализация наблюдателя на основе микропроцессора с восстановлением сигналов задания и интеграла ошибки регулирования в контурах системы;

б) рассмотрение положения интеграла ошибки регулирования относительно порога измерительного элемента в качестве заявки (на включение либо на отключение), цифровая фильтрация заявок и управление ТППН на основе алгоритмов расстановки приоритетов.

Алгоритмы группы (а) позволяют полностью реализовать уже представленные во второй главе методы управления (в том числе для преобразователей разной мощности), с упрощением аппаратной реализации, но с усложнением программного обеспечения, снижением быстродействия, увеличением объема оперативной памяти.

Вторая группа алгоритмов проще по программной реализации, имеет высокое быстродействие, требует меньше оперативной памяти, но уступает первой в точности текущего контроля наблюдаемых координат. Однако, этот недостаток, ввиду высокой инерционности управляемого объекта, не оказывает существенного влияния на качество процесса поддержания заданной температуры печи.

Для математического описания этой группы алгоритмов вводится логическая переменная заявки на включение $\bar{\sigma}_n$. Логическое отрицание этой переменной является заявкой на отключение ($\bar{\bar{\sigma}}_n$).

Общей частью всех алгоритмов группы (б) является фильтрация заявок, которая заключается в следующем: на каждом импульсном интервале в МПС поступают заявки на включение-отключение отдельных преобразователей; сумма этих заявок $\sum [m]$ определяет текущую потребность в суммарной мощности, однако, программно реализованный цифровой фильтр не допускает резких бросков суммарной мощности $Z [m]$, а именно, либо сохраняет значение этой мощности равным ее значению на предыдущем интервале, либо, при определенных условиях (отмечены в диссертации), разрешает изменение, но не более, чем на величину максимальной установленной мощности одного преобразователя.

В общем случае возникают ситуации, при которых МПС не может удовлетворить заявки всех преобразователей на данном интервале. Это обуславливает введение функций приоритета, которая для отдельно взятого преобразователя представляет собой номер очереди его включения (отключения) по отношению к остальным при прочих равных условиях.

Сформулированы основные подходы к решению проблемы формирования приоритетов.

Алгоритмическая рекуррентная связь координаты интеграла ошибки регулирования на m -ом и $(m+1)$ -ом интервалах может быть для простоты и наглядности записана в виде

$$\sigma_{\lambda[m]}[m+1] = \sigma_{\lambda[m]}[m] + \gamma_{\lambda[m]} \cdot \left\{ \bar{\sigma}_{\lambda[m]}[m] \wedge \left(\sum_{n=1}^{\lambda[m]} \bar{\sigma}_n [m] \leq Z [m] \right) \vee \bar{\bar{\sigma}}_{\lambda[m]} [m] \wedge \left(\sum_{n=\lambda[m]-1}^N \bar{\bar{\sigma}}_n [m] \geq N - Z [m] \right) \right\}$$

здесь $\mathcal{L}[m]$ - значение функции приоритета для данного преобразователя на m -ом интервале (формируется отдельным алгоритмом), логические переменные $\bar{G}_n[m]$ и $\bar{G}_n[m]$ при алгебраическом суммировании, а также логическое выражение в фигурных скобках на соответствующем этапе играют роль арифметических величин "0" или "1".

В четвертой главе даны примеры практической реализации алгоритмов управления, приведены экспериментальные исследования, практические схемы аппаратной части системы. Описаны особенности программного обеспечения. Предложены пути повышения помехоустойчивости и надежности микропроцессорных систем.

В приложении приведены программы моделирования на ЭВМ оптимального (основанного на реализации дискретного принципа минимума) и квазиоптимального управления, управляющая программа, реализованная на физическом объекте. Представлены документы, подтверждающие внедрение результатов работы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен анализ существующих систем и способов управления группами тиристорных преобразователей переменного напряжения, применяемых для питания электродвигателей сопротивления. Обоснована целесообразность применения и, в связи с этим, исследования построенной на базе релейно-импульсного способа регулирования (как наиболее рационального) системы, содержащей микроЭВМ в качестве управляющего звена.

2. Сделан обзор существующих подходов к решению задачи об оптимальном управлении группами ТПН, правомерность постановки которой обусловлена применением в системе микропроцессоров. Показана многовариантность исследуемых на оптимальность траекторий движения системы при реализации указанных подходов, подтверждающая невозможность практического применения последних.

3. Предложен значительно упрощающий задачу поиска экстремума, основанный на принципах теории оптимизации дискретных систем метод оптимального управления группой ТПН электродвигателей сопротивления (работавшей в энергосистеме как с посторонним потребителем-источником электроэнергии, так и без него), который, имея практическую реализацию на программной модели, может, по крайней мере, служить основой для оценки оптимальности реального управления.

4. Разработана методика анализа САУ, использующей применяемый для реального управления квазиоптимальный алгоритм, предусматривающая обоснованное в диссертации преобразование исходной многоконтурной структурной схемы в одноконтурную и позволившая, с применением метода точечных преобразований, исследовать условия устойчивости (диссипативности) системы.

5. Получены удовлетворяющие условиям устойчивости (диссипативности) и обеспечивающие требуемое качество процессов управления соотношения между дискретностью аналого-цифрового преобразователя, стоящего в измерительном канале, и контурным коэффициентом системы. Отмечена возможность компенсации неточности необходимых для управления измерений путем соответствующего построения управляющей программы.

6. Выработаны предложения по упрощению измерительной части системы (замене АЦП однобитовыми элементами), дающему наибольший эффект при управлении группой преобразователей переменного напряжения одинаковой максимальной установленной мощности (в том числе при ее работе в одной энергосистеме с посторонним потребителем-источником). Сформулированы основные направления и рекомендации по составлению управляющих алгоритмов.

7. Составлен, отлажен, исследован и внедрен в производство алгоритм управления группой ТПН одинаковой мощности с посторонним потребителем-источником электроэнергии, в основу которого положены значительно упрощающие программную реализацию и повышающие быстродействие выполнения необходимых расчетов принципы фильтрации заявок и приоритетного обслуживания преобразователей.

8. Даны рекомендации по повышению аппаратной и программной помехоустойчивости и надежности. Экспериментально подтверждены результаты теоретического анализа. Намечены и проиллюстрированы основные подходы к составлению и применению сервисных как синхронных, так и асинхронных программ.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. А.с. СССР по заявке №4473825/24-09(124003), МКИ⁵ Н03К 19/20. Многоходовой логический элемент "И" / С.П.Лохов, А.Д.Волков, В.П.Мартынов (СССР).

2. А.с. СССР по заявке №4479864/24-24(128613), МКИ⁴ Н03М

I/48. Следящий аналого-цифровой преобразователь / С.П.Лохов, В.П.Мартынов (СССР).

3. Гафиятуллин Р.Х., Мартынов В.П. Микропроцессорное управление группой однофазных преобразователей напряжения одинаковой мощности // Силовая полупроводниковая техника и ее применение в народном хозяйстве: Тез. докл. УШ Всесоюз. науч.-техн. конф. - Миасс, 1989. - С.50-51.

4. Лохов С.П., Мартынов В.П. Исследование режимов работы преобразователей переменного напряжения с центральной микропроцессорной системой синхронизации // Разработка и исследование электрических приводов и преобразователей: Отчет о НИР (этап 2) / Челябинский политехнический ин-т. - №ГР01860108329. - Челябинск, 1988. - С.6-23.

5. Лохов С.П., Мартынов В.П. Микропроцессорный наблюдатель для релейно-импульсных САР // Микропроцессорные системы: Тез. докл. П Всесоюз. науч.-техн. конф. - Челябинск, 1988. - С.99.

6. Лохов С.П., Мартынов В.П. Применение синхронного перезапуска для повышения помехоустойчивости микропроцессорных систем управления // Методы и средства технической диагностики высокоавтоматизированного технологического оборудования: Тез. докл. межотраслевой науч.-техн. конф. - Л., 1989. - С.54.

7. Мартынов В.П. Алгоритм управления группой импульсных преобразователей по принципу обработки заявок // Разработка и исследование электрических приводов и преобразователей: Отчет о НИР (этап 3) / Челябинский политехнический ин-т. - №ГР01860108329. - Челябинск, 1989. - Ч.1. - С.44-64.

8. Применение контроллера КИ-20 для управления группой преобразователей электропечей сопротивления / С.П.Лохов, В.П.Мартынов, Л.Э.Байда, Н.М.Ткаченко, В.А.Клепиков // Оптимизация производства, распределения и потребления тепловой и электрической энергии и других энергоносителей, разработка и усовершенствование оборудования для этих целей: Тез. докл. УШ науч.-техн. конф. УПИ. - Свердловск, 1988. - С.110.

9. Проблемы эксплуатации и электромагнитной совместимости тиристорных преобразователей электропечей сопротивления / С.П.Лохов, Л.Э.Байда, Н.М.Ткаченко, В.П.Мартынов // Силовая полупроводниковая техника и ее применение в народном хозяйстве: Тез. докл. УШ Всесоюз. науч.-техн. конф. - Миасс, 1989. - С.184-185.

Лохов