

УДК 621.382:004.358

Н.В. Голян, В.В. Голян

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОРАЗРЯДНОГО КОНТУРА ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА

Исследовано моделирование, оптимизация электронного устройства и ускорение процесса настройки пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов, которые регулируют парциальное давление компонентов газовой смеси в газодинамическом контуре газового лазера. Разработанный программный продукт позволяет автоматически формировать: коэффициенты пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов и журнал – ведомость работы установки на каждом этапе оптимизации.

Ключевые слова: лазерная установка, пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы, автоматизация рабочего места, база данных.

Введение

Использование моделирования для построения лазерных установок является сегодня все более актуальным в связи с все большей потребностью автоматизации производства.

Характеристики современной лазерной установки могут быть определены и предсказаны средствами моделирования. На моделях выполняют контролируемые эксперименты в тех случаях, когда экспериментирование на реальных объектах практически невозможно из-за отсутствия последних или возникающей во время экспериментов опасности (сети энергоснабжения, химические производства) [1].

В производстве, как правило, применяются газовые лазеры [2]. Высокие удельные энергетические характеристики таких лазеров сочетаются с высоким коэффициентом полезного действия, достигающим 20 – 25%, и возможностью эффективного возбуждения больших объемов активной среды [3]. Осуществление прокачки и охлаждения рабочей смеси позволяет создать мощные лазерные установки, работающие как в непрерывном, так и в импульсно-периодическом режиме.

Мощные газовые лазеры представляют собой сложные технические объекты, характерной особенностью которых является наличие несколько сотен точек контроля и управления, многосвязность подсистем, неустойчивость работы отдельных подсистем, сложность процедур пуска, останова и диагностики узлов и блоков лазерной установки.

В связи с этим, эффективность использования таких установок в производственных целях в значительной степени зависит от степени автоматизации функций управления, как на уровне подсистем, так и всей установки в целом. Кроме того, в настоящее время не утратил своей актуальности сбор данных о работе лазерной установки, это связано с тем, что не все их характеристики в достаточной мере изучены. Наряду с этим существует проблема модернизации уже используемых в производстве лазерных установок, что связано с отсутствием в их

конструкций многих необходимых для автоматизации элементов управления и контроля. Управление и контроль параметров таких установок основано на экспертном методе, что в свою очередь ухудшает экономический эффект от использования таких установок. Этот факт является причиной серьезного снижения экономического эффекта из-за увеличения расходов на эксплуатацию газовой подсистемы, а также подсистемы юстировки зеркал.

Все это потребовало новых подходов к моделированию, проектированию лазерных устройств, анализу и исследованию которых посвящена работа.

1. Цель и задачи исследования

Цель работы состоит в улучшение качества управления газовым контуром технологического газового лазера за счёт автоматической генерации кодов моделирующей программы и автоматизации сбора данных о состояниях лазера.

Для достижения цели необходимо решить следующую задачу: разработать программное обеспечение интеллектуального терминала лазерной установки, которое в свою очередь минимизирует затраты на расход газов, за счет организации оптимального регулирования.

Для выполнения поставленной задачи необходимо установить:

- оптимизирующую настройку ПИД-регуляторов, регулирующих подачу компонентов газовой смеси в газодинамическом контуре (ГДК);
- необходимые коэффициенты передачи ПИД-регуляторов;
- сбор и сохранение экспериментальной информации о работе системы для дальнейшего использования;
- математический метод анализа полученной информации с целью определения необходимых оптимизационных коэффициентов.

2. Анализ предметной области

В современной практике проектирования больших промышленных систем часто используется

эмпирический подход. Это объясняется тем, что большую систему принципиально невозможно точно описать и точно предсказать ее поведение. Единственный метод, позволяющий облегчить проектирование (а часто и эксплуатацию) такой системы – это процедура моделирование.

Математическое описание является отражением физической сущности процесса со свойственными ему особенностями и ограничениями. Эти особенности и ограничения должны учитываться как при формулировании задачи, так и при составлении описания и выборе численного метода моделирования. Другой задачей, стоящей перед разработчиком при использовании моделирования в процессе проектирования, является подготовка модели. При решении этой задачи модель приводится к какой-либо стандартной структурной схеме дискретного процесса, а система уравнений – к дискретной форме, что позволяет использовать ЭВМ. Этот этап моделирования завершается математическим описанием технологических процессов и структурной схемой всей моделируемой системы, которая должна быть идентична структурной схеме промышленной системы по потоку информации.

Задачи моделирования и автоматизированного проектирования изучены в работе [3], где рассмотрено моделирование лазера и представлены результаты расчетов и тестирования в «холодных» измерениях планарного брегговского трансформатора волн.

3. Описание системы управления лазерной установки

К случайным факторам, нарушающим нормальное функционирование ЛУ можно отнести: процентное содержание примесей.

Чтобы иметь возможность целенаправленно вмешиваться в ход технологического процесса, поддерживать регулируемые величины в оптимальных границах на протяжении всей эксплуатации, ЛУ снабжают специальными регулирующими органами, с помощью которых можно формировать регулирующие воздействия способные противостоять влиянию возмущений.

Устройство связи с объектом МикроДАТ с микропроцессорным модулем КМС59.07, на входы которого подается давление газов в газовом контуре, температура газов, мощность излучения, парциальное давление компонентов газовой смеси, рассчитывает и подает сигналы управления регулирующими воздействиями.

Изменение парциального давления компонентов газовой смеси производится электромагнитным регулятором. Однако одного линейного согласования входных и выходных параметров недостаточно для удовлетворительной работы автоматического регулятора. Необходимо также настроить его. Кроме этого следует учитывать, что система инерционна и в ней возможно появление расходящихся колебаний.

Представим себе алгоритм действия человека при регулировании. При появлении отклонения деления от необходимого значения (например, при превышении), оператор начнет прикрывать регулирующий орган, однако делать он будет это с определенной осмотрительностью, прогнозируя возможность изменения отклонения на будущее. По-видимому, он будет перемещать регулирующий орган тем быстрее, чем больше будет отклонение давления, но при этом будет также оценивать и скорость изменения давления, имея в виду, что чем больше эта скорость, тем больше отклонение давления следует ожидать в будущем. Особенную осторожность он будет проявлять в преддверии оптимума.

Приведенные соображения о характере его действий заставляют предположить, что осуществляемое им перемещение регулирующего органа зависит, по крайней мере, от двух составляющих: от отклонения регулируемой величины и скорости ее изменения.

Очевидно, что при замене работы человека оператором работой автоматического регулятора необходимо иметь в виду отмеченное обстоятельство, т. е. предусмотреть, чтобы автоматический регулятор формировал регулирующее воздействие в соответствии с некоторым алгоритмом.

4. Процедура настройки системы при разработке и эксплуатации системы

Разработка автоматических систем регулирования технологических процессов состоит из ряда стадий, в ходе выполнения которых формируется техническое задание, осуществляются эскизное проектирование, изучение объекта регулирования и составление его математической модели, техническое и рабочее проектирование, изготовление спроектированной системы и, наконец, ее внедрение и оценка эффективности.

Задача динамической настройки системы в процессе выполнения этих стадий обычно приходится решать несколько раз.

Впервые эта задача возникает в процессе проектирования системы. Строго говоря, на этом этапе разработки системы задача ставится в более широком плане – как задача выбора оптимальной структуры системы и оптимальных алгоритмов функционирования регуляторов. Обычно структура систем регулирования технологических процессов и алгоритмов функционирования входящих в нее элементов выбирается из класса так называемых типовых структур и алгоритмов. Соответственно задача синтеза оптимальной системы в этом случае сводится к определению вариантов возможных структур и алгоритмов систем регулирования и определению оптимальных численных значений коэффициентов этих алгоритмов в каждом варианте для выбора наилучшего из них.

Второй раз с задачей настройки системы регулирования приходится сталкиваться на стадии вне-

дрения после выполнения монтажа запроектированной системы в процессе пусконаладочных работ и в процессе эксплуатации. И хотя с первого взгляда может показаться, что настройка системы на этом этапе должна состоять только в уточнении результатов, полученных на стадии проектирования, реально объем работ здесь, оказывается достаточно большим. На головных образцах новых систем наладочные работы иногда перерастают в серьезные исследования, в процессе выполнения которых не только уточняются параметры настройки (эти параметры, как правило, к началу наладки оказываются вообще неизвестными), но часто принимаются решения о существенном изменении структуры системы регулирования.

В этой связи возникает вопрос, необходима ли такая двухступенчатая процедура настройки? Не является ли это следствием некачественного проектирования? Действительно, если бы на этапе проектирования разработка системы доведена до конца, то необходимость в настройке системы при ее пуске отпала бы – достаточно было бы установить в регуляторах заложенные в проекте значения параметров настройки.

Ответ на этот вопрос в значительной степени заложен уже в самой методике решения задачи синтеза системы управления. Проектирование системы состоит из следующих этапов:

а) выбираются варианты возможных структур системы, т.е. определяются сигналы, которые предполагается подавать на регуляторы, а также регулирующие воздействия и составляется (аналитически) или определяется экспериментально (если автоматизируется уже работающий объект) математическая модель объекта регулирования для выбранных входных и выходных сигналов;

б) по этой модели отыскиваются оптимальные (в смысле принятого критерия оптимальности) алгоритмы функционирования регуляторов.

Основным уязвимым местом этой процедуры является то, что модель объекта регулирования (как и всякая математическая модель) отражает действительные свойства объекта приближенно. Степень приближения определяется принятой структурой модели и выбранным критерием приближения модели к объекту, причем, принимая различные структуры и критерии приближения, можно получать для одного и того же объекта различные его модели, а следовательно, и различные оптимальные алгоритмы регулирования. К сожалению, в известных методах построения математических моделей о критериях приближения либо вообще не упоминается (обычно это имеет место при аналитическом построении моделей, когда нет эталона, с которым можно сравнить модель), либо принимаются критерии выбор которых определяется не их целесообразностью, а удобством математических выкладок и вычислений (как правило, это всякого рода интегральные квадратичные критерии).

Помимо неопределенности выбора критерия приближения модели объекта к реальному объекту следует отметить еще две особенности построения моделей:

а) малая погрешность построения математической модели объекта не гарантирует, что отклонение синтезированной по этой модели системы регулирования от действительно оптимальной системы (которая была бы получена, если бы модель объекта была точной) будет также малым. Возможны случаи, когда даже относительно малые погрешности построения модели объекта приводят к заметным отклонениям спроектированной системы от оптимальной вплоть до того, что после включения спроектированной системы на реальном объекте она окажется неустойчивой;

б) выбрав некоторый критерий приближения, заранее нельзя сказать, какое именно конкретное малое численное значение погрешности модели объекта должно быть достигнуто для того, чтобы можно было считать эту модель удовлетворительной.

Указанные особенности обусловлены тем, что построение таких моделей – не самоцель. Их качество определяется тем, насколько синтезированная по ним система регулирования сохранит свои оптимальные свойства после установки регулятора на действительный объект.

Из сказанного следует, что задача построения математической модели объекта является системной задачей, требующей для своего решения системного подхода. Это значит, что выбор критерия приближения модели объекта к реальному объекту должен зависеть от алгоритма функционирования регулятора, для отыскания которого и строится модель объекта. Таким образом, задача построения модели объекта оказывается противоречивой уже в своей постановке: для построения модели объекта требуется знать алгоритм функционирования регулятора, для определения которого и нужна модель.

Для выполнения поставленной задачи необходимо установить необходимые коэффициенты передачи ПИД-регуляторов. Коэффициенты передачи определяются на основе анализа данных о ходе эксплуатации регуляторов. Как следствие необходимо организовать сбор и сохранение экспериментальной информации о работе системы для дальнейшего использования. Кроме того необходимо реализовать математический метод анализа полученной информации с целью определения необходимых оптимизационных коэффициентов. Обмен информацией с регулятором возможен посредством последовательного порта с интерфейсом RS-232, который имеется в наличии и у устройства управления и у устройства оптимизационного регулирования ПК. Для плодотворного использования последовательный порт необходимо настроить соответствующим образом.

Информацию, полученную в ходе эксперимента целесообразно сохранять в базе данных для облегчения ее анализа при подсчете оптимизационных

коэффициентов и в иных инженерных нуждах. Кроме того, целесообразно будет организовать визуальное информирование пользователя о ходе процессов происходящих в лазерной установке во время ее эксплуатации.

5. Алгоритм регулирования оптимальных параметров настройки регуляторов

Для определения оптимальных параметров настройки регуляторов (параметрической оптимизации автоматической среды регулирования (АСР)) необходимы сведения о статистических и динамических характеристиках объектов регулирования и действующих в АСР возмущений. Эти характеристики могут быть получены либо аналитически, либо экспериментально. Ввиду недостаточной изученности объекта регулирования и необходимости принимать при его математическом описании ряд упрощающих предположений наиболее достоверными следует признать статические и динамические характеристики объектов регулирования, полученные экспериментально. Статические характеристики действующих в АСР возмущений могут быть получены только в результате эксперимента.

Выбор метода экспериментального исследования действующего объекта определяется характером поставленной задачи, допустимыми по технологическим требованиям отклонениями исследуемых величин, характером эксплуатационных возмущений. При этом получение искомым характеристик возможно путем пассивного и активного экспериментов.

Метод пассивного эксперимента основан на регистрации контролируемых параметров процесса в режиме нормальной работы объекта без внесения в него каких-либо преднамеренных возмущений. Метод активного эксперимента основан на использовании определенных искусственных возмущений, вводимых в объект по заранее спланированной программе. Введение искусственных возмущений позволяет целенаправленно и достаточно быстро определять искомые характеристики. Однако чтобы исключить влияние естественного шума, искусственные возмущения должны быть значительными. Для ЛУ введение таких искусственных возмущений недопустимо, так как при этом возможны нарушения технологического режима. Объем экспериментальных работ существенно зависит от цели исследования. Так, для определения оптимальных настроек регуляторов достаточно определить частотные или переходные характеристики объекта по каналу регулирования при максимальной, средней и минимальной нагрузках (если характеристики зависят от нагрузок). Для оценки максимальной ошибки регулирования в дополнение к этому необходимо определить переходную характеристику по каналу наиболее опасного возмущающего воздействия. Достоверность найденной статической математической

модели в значительной мере зависит от организации эксперимента. Общее число опытов должно быть больше числа определяемых коэффициентов управления минимум в 10 – 30 раз. Погрешность измерения каждого параметра должна быть пренебрежимо мала по сравнению с диапазоном его изменения на интервале наблюдения.

Определение статических характеристик ЛУ. Так как для определения статических характеристик ЛУ возможно использование лишь пассивного эксперимента, рассмотрим подробно алгоритм его проведения.

Пассивный эксперимент сводится к регистрации большого числа случайных изменений входных величин $x_i(t)$ и соответствующих им изменений выходных величин $y_i(t)$. Для обработки результатов наблюдений используют аппарат корреляционного и регрессионного анализов.

Рассмотрим зависимость между случайными величинами x и y , представленной в виде некоторой таблицы наблюдений значений x и y . Переносим табличные значения x и y на плоскость xu , получаем так называемое поле корреляции. Разобьем диапазон изменения x на m равных интервалов Δx . Все точки, попавшие в интервал Δx_i , отнесем к середине интервала x_i ; в результате получаем трансформированное поле корреляции.

Определим частичные средние арифметические \bar{y}_i для каждого значения \bar{x}_i :

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ik}, \quad (1)$$

где n_i – число точек, оказавшихся в интервале Δx_i ,

причем $\sum_{i=1}^m n_i = N$; N – общее число наблюдений.

Соединим последовательно точки с координатами \bar{x}_i и \bar{y}_i отрезками прямых. Полученная ломаная линия называется эмпирической линией регрессии y по x ; она показывает, как в среднем меняется y с изменением x . Предельное положение эмпирической линии регрессии, к которому она стремится при неограниченном увеличении числа наблюдений и одновременном уменьшении Δx , является предельной теоретической линией регрессии, или для краткости, линией регрессии. Ее нахождение по результатам конечного числа наблюдений и составляет задачу корреляционного анализа.

Уравнение линии регрессии находится в виде

$$y - y_{cp} = R_{yx} \sqrt{D_y / D_x} (x - x_{cp}), \quad (2)$$

где

$$y_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i; \quad (3)$$

Учет динамических свойств объектов при отыскании его статических характеристик методом пассивного эксперимента сводится:

а) к определению оптимального времени сдвига $\Delta t_{\text{ОПТ}}$ между моментами регистрации входной x и выходной y величин; для этого определяется взаимная корреляционная функция $R_{yx}(\tau)$ процессов $x(t)$ и $y(t)$; значение $\Delta t_{\text{ОПТ}}$ выбирается равным значению τ_m , соответствующему максимуму $R_{yx}(\tau)$;

б) к вычислению минимального значения относительной погрешности

$$\sigma_{\text{ОТН.МИН}}^2 / \sigma_y^2 = 1 - R_{yx}^2(\Delta t_{\text{ОПТ}}) / (\sigma_y^2 \sigma_x^2) \quad (14)$$

и принятию решения о целесообразности проведения пассивного эксперимента.

Для реализации поставленной задачи главным является расчет оптимизационных коэффициентов на основе собранной информации о протекании процессов во время эксплуатации ЛУ.

Но не следует также упускать из вида тот факт, что программа накапливает экспериментальную информацию о процессах происходящих в ЛУ. Что может быть использовано в дальнейшем для разработки новых типов лазерного оборудования.

6. Структурная схема программной системы

В результате выполненного анализа инструментальных средств была выбрана среда разработки Borland C++ Builder 6.0, как наиболее оптимальная для разработчика.

Разрабатываемая программная система предназначена для выполнения ряда задач производства, которые направлены на увеличение экономического эффекта от эксплуатации лазерного оборудования в производственных условиях.

Безусловно, для реализации поставленной задачи главным является расчет оптимизационных коэффициентов на основе собранной информации о протекании процессов во время эксплуатации ЛУ. Но не следует также упускать из вида тот факт, что программа накапливает экспериментальную информацию о процессах происходящих в ЛУ, что может быть использовано в дальнейшем для разработки новых типов лазерного оборудования.

Программную систему можно представить в виде таких взаимосвязанных функций:

- функция обмена информацией с УСО ЛУ;
- накопление получаемой информации;
- обработка полученной в ходе эксперимента информации для получения оптимизирующих коэффициентов;
- передача устройству связи с объектом полученных в ходе обработки экспериментальной информации, оптимизационных коэффициентов;
- организация интерфейса работы пользователя

с накопленной экспериментальной информацией [4].

При этом функции обмена информацией с УСО ЛУ и накопления получаемой информации работают циклически вызывая друг-друга на первом этапе выполнения программы. При их завершении вызывается функция-обработчик накопленной информации. Эта функция согласно выбранному методу оптимизации производит расчет величины целесообразных оптимизационных коэффициентов, которые будут переданы УСО ЛУ по окончании их расчета, посредством функции обмена информацией с УСО ЛУ [5, 6].

В свою очередь организация интерфейса работы пользователя с накопленной экспериментальной информацией реализована в виде отдельной функции, которая доступна для выполнения, когда программная система не производит сбор информации но имеет при этом информацию накопленную в ходе предыдущих опытов [7], что можно увидеть на панели внешнего вида разработанной программной системы.

Представленная на рис. 1 панель «Внешний вид разработанной программной системы» предоставляет возможность увидеть:

- диаграмму концентрации газов в смеси (слева);
- состояние газов в подаваемой смеси (справа);
- продолжительность сбора информации о лазерной установке в минутах.

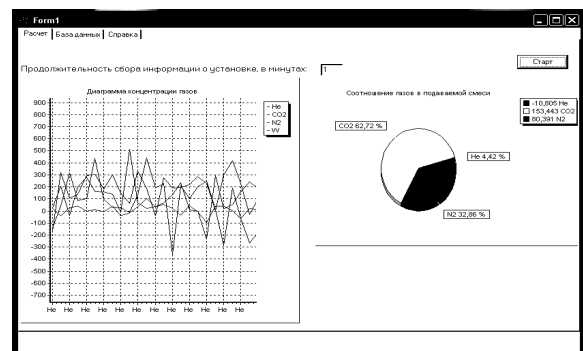


Рис. 1. Панель внешнего вида разработанной программной системы

Опытная эксплуатация разработанного программного комплекса показала возможность его использования в реальных условиях для решения задачи определения оптимизирующих коэффициентов для широкого спектра лазерных установок. Полученные результаты доказали актуальность поставленных в данной работе задач.

Система имеет низкие, по современным меркам, требования к программно-аппаратному обеспечению. Вместе с тем, система проста в освоении и обладает достаточно удобным интерфейсом, который выполнен в соответствии с современными требованиями и спецификой поставленной задачи. Отсутствие привязки алгоритма оптимизации к каким либо конкретным особенностям лазерной установки позволяет говорить о высокой степени универсальности, проявляющейся в возможности использова-

ния данной программной системы для оптимизации различных лазеров работающих на аналогичной смеси газов.

Благодаря указанным выше достоинствам, разработанная система имеет большие возможности по своему применению и развитию.

Разработанную систему, в первую очередь, предполагается использовать на предприятии «Завод имени Малышева» которое использует лазерную установку "Плутон"

Выводы

Управление лазерной установкой сложный наукоемкий процесс. В связи с тем, что при генерации когерентного излучения возникает ряд малоизученных, зависящих от большого количества факторов, процессов. При этом использующийся ныне метод задачи нормативных оптимизационных коэффициентов устарел. В виду того что оптимизационные коэффициенты при использовании этого метода задаются заводом изготовителем лазерной установки и имеют существенную погрешность из-за ограниченности числа опытов. Кроме того, оптимизационные коэффициенты при таком определении не зависят от индивидуальных особенностей установки, которые могут изменяться в условиях эксплуатации.

На основе вышесказанного в рамках данной работы была разработана программная система, накапливающая информацию о характеристиках ЛУ в ходе процесса эксплуатации, а также производящая необходимые манипуляции с полученной информацией. Получаемые таким образом оптимизационные коэффициенты являются более точными.

Были исследованы методы наладки автоматических систем регулирования. На основании прове-

денных исследований выбран метод пассивного эксперимента, который позволяет избежать внесения искусственных возмущений в объект регулирования в процессе наладки. Так как из-за внесения искусственных возмущений в процессе наладки существенно ухудшается качество выпускаемой продукции, кроме того, возникает вероятность возникновения автоколебаний в системе.

Список литературы

1. Федеральный портал «Инженерное образование» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://techno.stack.net/>.
2. Архангельский А.Я. С++Builder 6 // Справочное пособие. Книга 1. Язык С++. – М.: Бином-Пресс, 2002. – 544 с.
3. Golyan N.V., Kotinska M.A., Compute modeling of maser // Мат-лы IX Международн. молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». – 2005 – С. 142.
4. Хаханов В.И., Сысоенко И.Ю., Хаханова А.В. Метод обратного моделирования неисправностей для сверхбольших цифровых проектов // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2002. – № 118. – С. 41.
5. Коннолли Т., Бег К., Страчан А. Базы данных: проектирование, реализация, сопровождение // Теория и практика, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 1120 с.
6. Хансен Г.Д., Хансен Д.А. Базы данных: разработка и управление. – М.: БИНОМ, 1999. – 704 с.
7. Ротач В.Я., Кузнецов В.Ф., Кловес А.С. и др. Автоматизация настройки систем управления / Под ред. В.Я. Ротача. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 367 с.

Поступила в редколлегию 12.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ю. Шабанов-Кушнаренко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОРОЗРЯДНОГО КОНТУРА ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА

Н.В. Голян, В.В. Голян

Досліджено моделювання, оптимізацію електронного пристрою і прискорення процесу настройки пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів, які регулюють парціальний тиск компонентів газової суміші в газодинамічному контурі газового лазера. Розроблений програмний продукт дозволяє автоматично формувати: коефіцієнти пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів і журнал – відомість роботи установки на кожному етапі оптимізації.

Ключові слова: лазерна установка, пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори, автоматизація робочого місця, база даних.

MODELIROVANIE OF DESCRIPTIONS OF GAZORAZRYADNOGO OF CONTOUR OF GAS LASER

N.V. Golyan, V.V. Golyan

A design, optimization of electronic device and acceleration of process of tuning of PID control regulators which regulate partial pressure of components of gas mixture in the gas-dynamic contour of gas laser, is probed. The developed software product allows automatically to form: coefficients of proportional-integral-differential regulators and magazine are a list of work of setting on every stage of optimization.

Keywords: laser setting, proportional-integral-differential regulators, automation of workplace, database.