

УДК 681.5017(045)

Л. Н. ПОКИДЬКО

Научно-производственное предприятие «КТК», Киев, Украина

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СКАНАТОРАМИ

В работе предложено устройство для позиционирования лазерного луча на обрабатываемой поверхности и управления его пространственным положением. Для повышения быстродействия и компенсации статистической ошибки было предложено дополнительно ввести на оптической оси между модулятором и формирующей оптической системой двухкоординатный дефлектор оптического излучения, управляющий вход которого соединить с блоком сравнения. В результате моделирования установлено взаимно однозначное соответствие между значением управляющей функции и величинами ошибки рассогласования. Синтезируемый алгоритм реализуется в реальном масштабе времени, крайне важными являются меры, обеспечивающие минимизацию времени выполнения управляющей программы и записи измеряемых величин в память процессора.

Ключевые слова: сканаторы, лазерные технологии, зоны термического влияния, алгоритм оптимального управления, система позиционирования лазерного луча, износ инструмента, повреждение от высокой температуры, шероховатость, заусенцы.

Введение

Лазерные технологии относятся к разряду новейших и перспективных, что подтверждают факты расширяющихся применений этих технологий и их очевидных преимуществ, к которым относятся экологическая чистота, возможность осуществления процессов, недоступных большинству других технологий, возможность полной автоматизации и высокая производительность процессов. Лазерная техника и лазерные технологии широко применяются в различных сферах человеческой жизни: от бытовой техники, изобразительной голографии, систем контроля среды обитания человека, медицины, шоу-бизнеса до металлургии, термоядерного синтеза, авиации и космонавтики.

Среди многообразия технологических операций, осуществляемых лазерным лучом, в первую очередь, необходимо отметить размерную обработку – резку. Многие положительные свойства, характерные для лазерного раскроя (высокая скорость резки, в несколько раз превосходящая скорость, реализуемую при фрезеровании; получающаяся малая шероховатость поверхности реза, соответствующая чистовому фрезерованию; отсутствие силового воздействия инструмента на деталь; минимальные финансовые расходы при освоении производства новой номенклатуры изделий; возможность использования программ оптимального раскроя и др.), обеспечивают высокую эффективность данного технологического процесса (ТП) при его вне-

дрении для изготовления деталей различного класса. Специфической особенностью термической резки, в том числе и лазерной, является наличие на кромках реза областей, подверженных воздействию высоких температур, – зон термического влияния [1].

В этих областях образуются зоны с измененными структурой, твердостью, напряжениями и др., которые могут влиять на эксплуатационные свойства изготовленных деталей. При поставке лазерного технологического оборудования его изготовитель, как правило, передает заказчику дополнительно перечень основных параметров процесса резки, где указываются мощность лазерного излучения и скорость процесса резки, газ и его давление для различных материалов и толщин. При соблюдении этих параметров ТП лазерной резки решается задача получения минимальной шероховатости кромок изготовленных деталей при наибольших скоростях резки [2].

Характерный для современной украинской экономики переход на мелкосерийное производство требует использования универсального прецизионного технологического оборудования, позволяющего легко перестраиваться на выпуск другой продукции без снижения качества. На ряде промышленных предприятий возникает необходимость резки различных материалов, как по произвольному контуру, так и отверстий различных форм и размеров, при этом недопустимы поводки и коробление [3].

Качество кромок деталей после резки, сопоставимое с качеством после механической обработки,

на порядок выше, чем после известных процессов термической резки. Скорости лазерной резки достигают $\geq 0,167$ м/с. В большинстве случаев примененный процесс является малоотходным, обеспечивает получение готовых деталей, практически не подвергнутых деформациям и не требующих последующей термомеханической обработки. Наиболее существенно влияют на скорость резки мощность и плотность мощности, диаметр, расходимость и модовый состав излучения, фокусное расстояние.

1. Экспериментальная часть

В работе предложено устройство для позиционирования лазерного луча на обрабатываемой поверхности и управления его пространственным положением. Недостатками существующих подобных устройств являются: низкое быстродействие, обусловленное инерционностью зеркал сканатора и наличие статистической ошибки при отклонении зеркала от равновесного состояния. Для повышения быстродействия и компенсации статистической ошибки было предложено дополнительно ввести на оптической оси между модулятором и формирующей оптической системой двухкоординатный дефлектор оптического излучения, управляющий вход которого соединить с блоком сравнения. В качестве дефлектора можно использовать быстродействующие акустооптические, электрооптические, пьезоэлектрические и магнитоэлектрические устройства. На рис. 1 представлена структурная схема предложенного устройства.

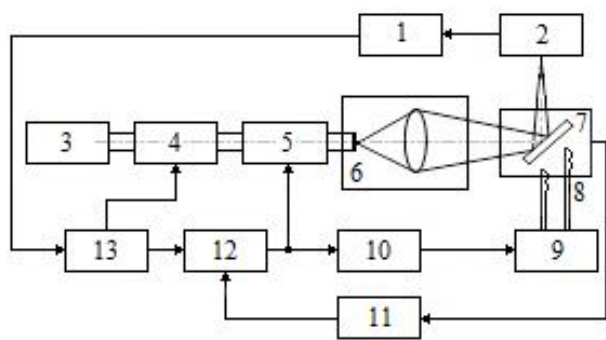


Рис. 1. Структурная схема устройства позиционирования лазерного луча: 1 – компьютер; 2 – фотоприемник; 3 – лазерный генератор; 4 – модулятор; 5 – двухкоординатный дефлектор оптического излучения; 6 – формирующая оптическая система; 7 – зеркало, что входит в состав сканатора; 8 – оптико-механический сканатор; 9 – сервопривод; 10 – блок управления; 11 – интерференционный датчик перемещения; 12 – схема сравнения; 13 – вычислитель

Принцип действия устройства осуществляется следующим образом. Основное отклонение лазерного луча осуществляется оптико-механическим двухкоординатным сканатором 8 с сервоприводом 9 и блоком управления 10 под действием команд от вычислителя 13 и сигналов от интерференционного датчика 11 перемещения зеркала 7. При этом из-за инерционности объекта (зеркала с приводом) и его статичности, отклонение лазерного луча происходит с ошибкой, величина которой определяется сигналом на выходе схемы сравнения 12. Луч от лазерного генератора 3 через модулятор 4, который управляется вычислителем 13, двухкоординатный дефлектор оптического излучения 5 и формирующую оптическую систему 6 попадает на отклоняющее зеркало 7 и далее на фотоприемник 2, который передает оптическую информацию с помощью преобразователей на компьютер 1. Управление двухкоординатным дефлектором оптического излучения 5 осуществляется с выхода системы сравнения 12 так, что дополнительное смещение светового луча на входе формирующей оптической системы компенсирует оптическим путем динамическую и статическую ошибки в положении зеркала оптико-механического двухкоординатного сканатора относительно задания. Величина ошибки, которую при этом можно скомпенсировать, ограничена динамическим диапазоном двухкоординатного дефлектора оптического излучения.

За счет компенсации динамической ошибки в системе сканирования повышается быстродействие и ликвидируется статическая ошибка.

Ошибки позиционирования релейной системы управления могут быть уменьшены системой стабилизации. Простейшими условиями в реализации такой системы с переменной структурой являются условия переключения структур при равенстве нулю ошибки по положению или равенстве нулю скорости на этапе торможения. Функциональная схема системы управления предложенного устройства позиционирования приведена на рис. 2.

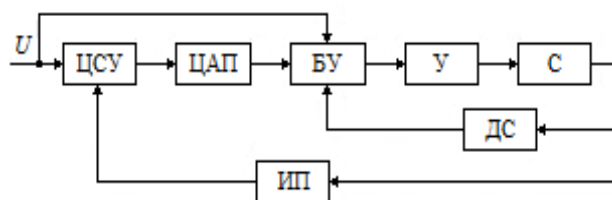


Рис. 2. Функциональная схема системы управления сканатором: ЦСУ – цифровая система управления; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; БУ – блок управления; У – усилитель; С – сканатор; ДС – датчик скорости; ИП – измеритель перемещения

Блок управления осуществляет режим «разгон-торможение» с переключением управления на половине пути, а также включает систему стабилизации при выполнении соответствующего условия.

В качестве системы стабилизации рассматривается система пропорционального управления. Выполнение условий неперевышения абсолютных значений ошибок по положению и скорости определенных величин используется для установления областей работы системы стабилизации. В соответствии с функциональной схемой проведено моделирование совместной работы релейной и линейной систем стабилизации для различных величин перемещения S и для различных условий включения системы стабилизации.

С уменьшением скорости, при достижении которой включается система стабилизации, качество процесса улучшается. Большая величина погрешности и производных выходного сигнала в момент подключения системы стабилизации приводит к значительному управляющему сигналу, порой превосходящему релейный сигнал U_m .

Для данного перемещения можно найти приемлемое значение релейного сигнала, которое определяется параметрами выбранного для моделирования сканатора.

Таким образом, возможная мощность привода может быть полностью не реализована в квазиоптимальном режиме. Кривые обработки различных перемещений при определенном значении U_m показывают, что процесс отработки большего перемещения может оказаться несколько более качественным, а сигнал управления – более симметричным. При одних условиях переключения и перемещения изменения U_m оказывают существенное влияние на значения переменных состояния в момент отключения реле и, как следствие, различное время переходных процессов.

Область стабилизации по признаку заданной скорости должна также учитывать величину перемещения, так как от него зависят значения высших производных выходного сигнала. Отсюда следует, что надо подбирать либо напряжения торможения, либо интервал торможения.

Область работы системы стабилизации по признаку заданной ошибки должна в этом случае также регулироваться. С одной стороны, уменьшаем величину области стабилизации, а с другой – увеличиваем при увеличении перемещения, релейного сигнала и постоянной времени второго колебательного звена. Однако, если остаточная ошибка очень велика (больше области стабилизации), то объект, остановившись, начинает двигаться в обратном направлении. При увеличении обрабатываемого перемеще-

ния остаточная ошибка, при которой происходит обратное движение сканатора, увеличивается.

На рис. 3 приведена зависимость времени переходных процессов от величины перемещения для системы стабилизации (линейной (1), релейно-линейной (2), оптимальной (3)) по быстродействию при $U_m = 20$ В.

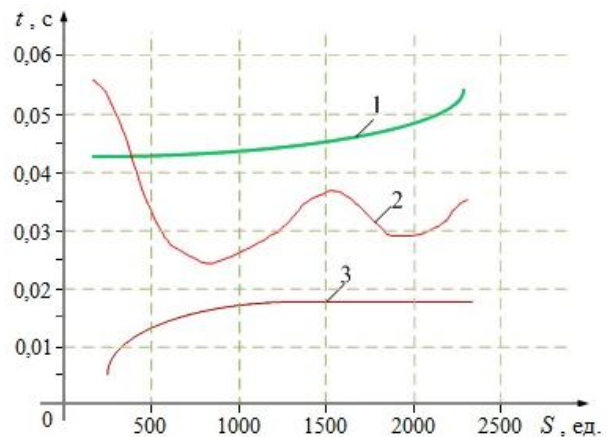


Рис. 3. Зависимость времени переходного процесса от перемещения ($U_m = 20$ В)

В линейной системе предусмотрено ограничение в связи с насыщением усилителя привода (20 В). Условием включения системы стабилизации является равенство нулю скорости или ошибки по положению. Для релейно-линейной системы зависимость времени переходного процесса от величины перемещения является немонотонной. При малых перемещениях ($U_m = 20$ В) линейная система оказывается более эффективной. Но при увеличении перемещения более эффективной становится релейно-линейная система.

Эффективность релейного управления зависит от параметров сканатора, напряжения и величины зоны, в которой работает система стабилизации устройства позиционирования.

Известно, что оптимальный по быстродействию процесс управления подобными объектами реализуется за счет одного переключения с разгона на торможение с максимальным ускорением [4].

2. Анализ полученных результатов

Определим идеальные фазовые траектории, соответствующие оптимальному по быстродействию процессу, и режимы оптимального по быстродействию управления, при котором обеспечиваются наибольшее приближение реальных фазовых траекторий к желаемым и заданная точность позиционирования.

В соответствии с теоремой об n -интервалах оптимальный переходный процесс обработки ступенчатого входного сигнала $k \cdot l(t)$ в линейной системе с исполнительным двигателем, имеем передаточную функцию

$$W_{ДВ}(p) = \frac{K_{ДВ}}{p} (\tau l + p T_{ЭМ}),$$

которая состоит из двух интервалов: разгона под действием напряжения $+U$ до скорости переключения $V_{пер}$, торможения под действием напряжения $-U$ до полной остановки.

Величина перемещения при разгоне определяется числом импульсов NS_{Pi} , поступивших с выхода датчика положения лазерного луча на вход реверсивного счетчика с начала разгона до текущего момента времени

$$NS_{Pi} = \text{entire} \left(10^3 \cdot \frac{S_{Pi}}{\delta_{ДАТ}} \right),$$

где entire – целая часть; S_{Pi} – перемещение лазерного луча по поверхности в мм; $\delta_{ДАТ}$ – единица отсчета датчика в мкм.

Аналогично перемещение при торможении определяется числом импульсов NS_{Ti} . Тогда процесс управления можно считать оптимальным по быстродействию при заданной точности позиционирования, если выполняется условие

$$NS_{Pi} + NS_{Ti} = NS_{ЗАДi},$$

где $NS_{ЗАДi}$ – заданное рассогласование.

Тогда идеальные фазовые траектории оптимального по быстродействию процесса позиционирования лазерного луча будут иметь погрешность

$$\Delta NS = NS_{imek} - NS_{ЗАДi},$$

где NS_{imek} – текущая координата лазерного пятна.

На участке разгона скорость перемещения объекта управления определяется числом импульсов NV_i , поступивших на вход реверсивного счетчика за время T_0 . Поэтому, реальная кривая $V(t)$ аппроксимируется ломаной $NV(t)$. Причем, в зависимости от начального положения лазерного пятна, мгновенному значению скорости $V(t)$ могут соответствовать два дискретных значения:

$$NV_i - 1 \text{ или } NV_i.$$

Под шагом квантования скорости будем понимать диапазон ΔV_{Pi} , в котором может находиться мгновенное значение скорости, соответствующее дискретной величине NV_i :

$$\Delta V_{Pi} = V_{Pi \max} - V_{Pi \min}, \quad (1)$$

где $V_{Pi \max}$ – наибольшее значение мгновенной

скорости, соответствующее данному NV_i ; $V_{Pi \min}$ – наименьшее значение мгновенной скорости, соответствующее данному $NV_i - 1$.

Расчет величин $V_{Pi \max}$ и $V_{Pi \min}$ производится в процессе алгоритмического синтеза системы автоматического управления.

Полагая, что каждому дискретному значению скорости NV_i соответствует определенная максимальная величина тормозного пути $NS_{Ti \max}$, условие переключения на торможение запишем в виде

$$|NS_{Pi}| + |NS_{Ti \max}| \geq |NS_{ЗАДi}|.$$

Очевидно, что невозможно обеспечить позиционирование ± 1 отсчет без перерегулирования при движении объекта управления по идеальным фазовым траекториям. Поэтому, режим торможения с максимальным замедлением должен сменяться режимом точного позиционирования. Величина тормозного пути при начальной скорости NV_i определяется из выражения

$$NS_{Ti} = NS_{Ti'} + \Delta NS_{ТППi}$$

где $NS_{Ti'}$ – величина перемещения лазерного пятна в режиме торможения с наибольшим допустимым замедлением; $\Delta NS_{ТППi}$ – величина перемещения лазерного пятна при точном позиционировании.

Для наибольшего приближения фазовой траектории к идеальной переключение на режим точного позиционирования целесообразно производить при возможно меньших значениях скорости торможения NV_{Ti} и ошибки ΔNS_i .

При этом должны выполняться два условия:

$$\text{sign} V_{Ti \max} = \text{sign} V_{Ti \min},$$

причем наибольшая и наименьшая мгновенная скорости, соответствующие данной NV_{Ti} , должны сохранять одинаковый знак:

$$|\Delta NS_i| \leq |\Delta NS_{ТППЕРi}|, \quad (2)$$

где $\Delta NS_{ТППЕРi}$ – расчетная величина ошибки, при которой осуществляется переключение на точное позиционирование при скорости NV_{Ti} .

Рассмотрим траекторию движения луча и исследуем некоторые особенности цифрового управления.

В процессе разгона условие (1) переключения на торможение для текущей скорости NV_{Ti} проверяется с периодом T_S . За это время объект управления переместится на расстояние

$$NS_{Ts} = \text{entire} \left[\left(V_{СРTs} \frac{T_S}{\delta_{ДАТ}} \right) + 1 \right], \quad (3)$$

где $V_{СРTs}$ – среднее значение скорости за период T_S .

Тогда условие (1) преобразуется к виду:

$$|NS_{Pi}| + |NS_{Ts}| + |NS_{Ti}| + | \Delta NS_{T\Pi i} | \geq |NS_{3A\Delta i}|.$$

Если величиной NS_{Ts} пренебречь, то к моменту следующей проверки условия переключения точка фазовой траектории может оказаться правее линии заданной траектории.

Если в момент t_{Π} проверка условия (3) скорость движения объекта управления (ОУ) равняется $V_{Pi\max}$, то торможение осуществляется по траектории, близкой к желаемой. Если в момент t_{Π} скорость ОУ меньше $V_{Pi\max}$, то движение осуществляется по траектории близкой к заданной.

Степень приближения реальной фазовой траектории к желаемой контролируется в процессе торможения программным путем с минимально возможным периодом T_{ST} проверкой условия

$$| \Delta NS_i | + |NS_{Tst}| + |NS_{Ni\max}| + | \Delta NS_{N\Pi i} | \geq |NS_{3A\Delta i}|, \quad (4)$$

где ΔNS_i – расстояние, пройденное ОУ к моменту проверки данного условия:

$$NS_{Tst} = \text{entire} \left(V_{CPTst} \frac{T_{ST}}{\delta_{ДАТ}} \right) + 1,$$

где V_{CPTst} – среднее за период T_{ST} значение скорости; $NS_{Ti\max}$ – наибольшая ожидаемая величина тормозного пути, соответствующая дискретному значению скорости торможения NV_{Ti} .

Если условие (4) выполняется, то продолжается торможение ОУ с максимальным замедлением. В противном случае осуществляется торможение при напряжении питания на якоре двигателя $U = 0$ В до тех пор, пока в момент очередной проверки не станет выполняться условие (4).

Для получения наибольшего быстродействия в случае невыполнения условия (4) требуется разгон ОУ. Однако при цифровом управлении из-за отсутствия информации о скорости в интервале времени T_0 и наличия неопределенности ΔV_{Pi} это может привести к перерегулированию.

Для получения наибольшего приближения реальной фазовой траектории к желаемой требуется обеспечение наименьшего возможного значения разности ΔV_{Pi} .

В общем случае

$$\Delta V_{Pi} = f \left(\delta_{ДАТ}, V, \frac{dV}{dt}, T_0 \right).$$

Оптимальное значение T_0 может быть определено из уравнения

$$\frac{\partial \Delta V_{Pi}}{\partial T_0} = 0. \quad (5)$$

Поскольку в процессе обработки заданного рассогласования значение ускорения есть величина переменная, то и оптимальное значение T_0 должно быть переменным. Это усложняет алгоритм управления объектом и может привести к дополнительной ошибке при определении момента переключения на торможение. Поэтому, при решении уравнения (5) предлагается использовать некоторое среднее значение $\frac{dV}{dt}$, определяемое по формуле

$$\frac{dV}{dt} = 0,63 \frac{V_{уст}}{\Delta T_p},$$

где ΔT_p – расчетная величина интервала времени, в течение которого скорость перемещения достигает величины 0,63 от установившейся $V_{уст}$.

Условие переключения на торможение имеет вид:

$$|NS_{Ts}| + |NS_{Ti\max}| + | \Delta NS_{T\Pi i} | \geq |NS_{3A\Delta i} - NS_{imek}|. \quad (6)$$

С целью формирования управляющей функции при торможении с периодом T_{ST} проверяется условие:

$$|NS_{Tst}| + |NS_{Ti\max}| + | \Delta NS_{T\Pi i} | \geq |NS_{3A\Delta i} - NS_{imek}|.$$

В этом режиме контролируется условие (2) переключения на режим точного позиционирования.

Для проведения моделирования системы автоматического управления разработан пакет прикладных программ, обеспечивающих следующее:

- моделирование системы автоматического управления при различных значениях параметров в режимах разгона, торможения и точного позиционирования;

- расчет параметров, необходимых для синтеза, реализуемого в реальном масштабе времени алгоритма оптимального по быстродействию цифрового управления;

- визуализацию результатов моделирования, т.е. возможность построения с использованием соответствующих программ графиков переходных процессов и фазовых траекторий.

Использованный пакет прикладных программ можно разделить на четыре части [5]:

1. Программа KVAZI1 обеспечивает расчет системы автоматического управления в режиме разгона с ограничением ускорения и позволяет определить величину периода T_0 измерения скорости при разгоне с переменным ускорением, значения «ступенек» скорости NV_i , соответствующих им

величин $V_{Pi\min}$, $V_{Pi\max}$, ΔV_{Pi} , $M'_C(V)$, а также мгновенные значения $i_{Я}$ и $\frac{dV}{dt}$, используемые как начальные при вычислении ожидаемых величин тормозного пути.

2. Программа KVAZI2 обеспечивает расчет системы в режиме торможения с наибольшим допустимым замедлением и позволяет определить: период измерения скорости T_T при торможении; параметры системы управления в момент переключения на торможение; значения скорости NV_{Ti} , соответствующих им величин $V_{Ti\min}$, $V_{Ti\max}$, ΔV_{Ti} , $M'_C(V)$, а также значения $i_{Я}$ и $\frac{dV}{dt}$; величину тормозного пути NS_{VTi} для каждого значения NV_{Ti} .

3. Программа KVAZI3 обеспечивает расчет системы управления в режиме точного позиционирования и позволяет определить минимальное значение NV_{Ti} и $\Delta NS_{TII\text{пер}}$; переключающее воздействие (длительность импульса и полярность напряжения при ШИМ) в зависимости от ΔNS_{TII} , V , $\frac{dV}{dt}$.

4. Программа GRAF обеспечивает визуализацию результатов моделирования на экране дисплея или печать на принтере графиков переходных процессов и фазовых траекторий.

В результате моделирования установлено взаимно однозначное соответствие между значением управляющей функции и величинами ошибки рассогласования, скорость ускорения ОУ, т.е. осуществляется подготовка всей необходимой информации для синтеза, реализуемого в реальном масштабе времени алгоритма управления позиционированием.

Синтезируемый алгоритм реализуется в реальном масштабе времени. Крайне важными являются меры, обеспечивающие минимизацию времени выполнения управляющей программы и записи измеряемых величин в память процессора.

К таким мерам относят: использование режима прямого доступа к памяти при измерении величин перемещения и скорости ОУ; использования системы прерываний; реализация управляющих программ на языках «низкого» уровня (например, АССЕМБЛЕР) [6].

При необходимости в фоновом режиме может выполняться программа диалога с оператором. В приоритетном режиме в зависимости от режима позиционирования выполняется одна из программ – разгон, торможение, позиционирование.

При выполнении разгона используется записанная в памяти процессора таблица данных, где

каждому значению скорости NV_i ставится в соответствие максимально возможная величина тормозного пути NS_{Vi} ; скорость NV_i определяется с периодом T_0 ; условие (6) проверяется с минимально возможным интервалом времени T_S , при его выполнении осуществляется переключение на режим торможения и переход к реализации следующей программы.

При реализации программы для режима торможения используется записанная в память таблица данных, где каждому значению скорости NV_{Ti} соответствует максимальная расчетная величина тормозного пути NS_{VTi} ; скорость NV_{Ti} определяется с периодом T_T ; с периодом T_{ST} осуществляется проверка условия (6) и формируется соответствующая управляющая функция; проверяется условие (2) и, при его выполнении, происходит переключение на режим точного позиционирования.

При работе программы точного позиционирования фоновая программа прерывается в моменты, когда величина ошибки ΔNS_{TII} уменьшается на единицу. В зависимости от длительности предыдущего интервала (величины измеренной скорости) формируется управляющее воздействие (импульс ШИМ).

Поскольку расчет системы управления производился для наилучшего сочетания параметров, то реальная фазовая траектория будет несколько отличаться от желаемой, при обеспечении позиционирования лазерного луча на поверхности с точностью $\pm 0,1$ мм без перерегулирования.

Заключение

За счет компенсации динамической ошибки в системе сканирования повышается быстродействие и ликвидируется статическая ошибка.

Ошибки позиционирования релейной системы управления могут быть уменьшены системой стабилизации.

Эффективность релейного управления зависит от параметров сканатора, напряжения и величины зоны, в которой работает система стабилизации устройства позиционирования.

В результате моделирования установлено взаимно однозначное соответствие между значением управляющей функции и величинами ошибки рассогласования, скорость ускорения ОУ, т.е. осуществляется подготовка всей необходимой информации для синтеза, реализуемого в реальном масштабе времени алгоритма управления позиционированием.

Синтезируемый алгоритм реализуется в реаль-

ном масштабі часу, дуже важливими є заходи, що забезпечують мінімізацію часу виконання керуючої програми та запису вимірюваних величин в пам'ять процесора.

Література

1. *Взаємодія лазерного випромінювання з речовиною [Текст]* / В. П. Вейко, М. Н. Либенсон, Г. Г. Червяков і др. – М.: Физматлит, 2008. – 198 с.
2. *Schaeffer, R. Galvo based laser scanning systems [Text]* / R. Schaeffer // *CircuitTree*. – 2003. – Vol. 9, No. 16. – P. 32-34.
3. *Исследование и обоснование выбора конфигурации системы управления для установки лазерно-плазменной обработки поверхности [Текст]* / В. В. Плихунов, А. В. Коваленко, И. С. Шлесберг

и др. // *Автоматизация в промышленности*. – 2011. – № 5. – С. 45-48.

4. *Покидько, Л. Н. Управление движением луча высококонцентрированных лазерных источников [Текст]* / Л. Н. Покидько, Т. В. Колосова // *Військова освіта та наука: сьогодні та майбутнє: тези доп. 8 Міжнар. наук.-практ. конф.* – К., 2012. – С. 60-61.

5. *Покидько, Л. М. Схема та принцип роботи лазерної скануючої системи [Текст]* / Л. М. Покидько // *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: тези доп. 2 Міжнар. наук.-практ. конф.* – Чернівці, 2012. – С. 120-121.

6. *Выскуп, В. Г. Система управления оптико-механическим сканатором с магнитоэлектрическим приводом [Текст]* / В. Г. Выскуп // *Изв. вузов, Сер.: Приборостроение*. – 2005. – Т. 48, № 2. – С. 68-72.

Поступила в редакцію 26.05.2014, рассмотрена на редколлегии 12.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри електроніки В. Н. Шутко, Національний авіаційний університет, Київ.

СИНТЕЗ АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ СКАНАТОРАМИ

Л. М. Покидько

У роботі запропоновано пристрій для позиціонування лазерного променя на оброблювану поверхню та управління його просторовим положенням. Для підвищення швидкості та компенсації статистичної похибки було запропоновано додатково ввести на оптичній осі між модулятором і формуючою оптичною системою двохкоординатний дефлектор оптичного випромінювання, керуючий вхід якого з'єднати з блоком порівняння. У результаті моделювання встановлено взаємно однозначна відповідність між значенням керуючої функції та величинами похибки неузгодженості. Синтезований алгоритм реалізується в реальному масштабі часу. Вкрай важливими є заходи, що забезпечують мінімізацію часу виконання керуючої програми і запису вимірюваних величин в пам'ять процесора.

Ключові слова: сканатори, лазерні технології, зони термічного впливу, алгоритм оптимального управління, система позиціонування лазерного променя, зношування інструмента, пошкодження від високої температури, шорсткість, заусениці.

CONTROL ALGORITHMS SYNTHESIS POSITIONING IN THE CONTROL SYSTEM WITH DEFLECTORS

Ljudmila N. Pokydko

The paper presents a device for positioning a laser beam on the work surface and the management of its spatial position. To improve the performance and compensation of the statistical error was proposed to introduce an additional optical axis between the modulator and the optical system forming a type of two-coordinate deflector optical radiation control input which is connected to the unit of comparison. As a result of the simulation is set one correspondence between the value of the control functions and values mismatch error. Algorithms are implemented in real time. Very important are measures to ensure minimization of run-time control program and recording measured values in the memory of the processor.

Keywords: scanners, laser technology, the heat affected zone, optimal control algorithm, the laser beam positioning system, tool wear, damage from high temperature, roughness, burrs.

Покидько Людмила Николаевна – канд. техн. наук, академический советник, Инженерная академия Украины, Научно-производственное предприятие «КТК», Киев, Украина, mila.list@yandex.ua.