

Л.В. Антошкин

ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЙ ОПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР С БЛОКОМ УПРАВЛЕНИЯ

Описаны конструкции пьезокерамических дефлекторов для оптических следящих систем, работающих в турбулентной атмосфере, и высоковольтного блока управления. Чувствительность дефлектора по угловому отклонению $1,43 \cdot 10^{-6}$ рад/В. Частота механического резонанса 1,4 кГц. Экономичный высоковольтный усилитель разработан на основе отключаемых генераторов тока. Выходное напряжение ± 300 В. Полоса пропускания $0 \div 2$ кГц при емкости нагрузки 0,1 мкФ.

Точность оптических следящих систем, работающих в условиях турбулентной атмосферы, в значительной мере определяется эффективностью коррекции положения оптического пучка в пространстве. Так, развитие адаптивных лазерных опорных систем, систем навигации, работающих в условиях регулярной и случайной рефракции, требует дальнейшего увеличения динамического диапазона корректора углового положения оптического пучка и повышения его быстродействия с одновременным уменьшением их габаритов и энергопотребления.

Этим требованиям наиболее удовлетворяют оптические дефлекторы, выполненные с применением пьезокерамического привода [1, 2].

В данной статье описаны отражательные пьезокерамические механические дефлекторы торцевого типа.

Устройство однокоординатного дефлектора приведено на рис. 1, а. Зеркальный отражатель 1 закреплен на качалке 2 клеевым соединением. Своими опорными ползьями качалка упирается в пьезокерамические элементы 3, установленные на изоляционной шайбе 4 на относительно массивном основании 6. Все механическое соединение дефлектора осуществляется посредством стальной струны 5, закрепленной одним концом в качалке, другим в винте 8. Натяжение струны осуществляется поворотом фиксирующей гайки 7. В качестве пьезокерамических элементов применены пьезопакеты ПЗ $\varnothing 15$ мм и толщиной 4 мм, разрезанные на бруски 4×4 мм. На изоляторы пьезоэлементы устанавливаются таким образом, чтобы вектор поляризации их был направлен встречно. Схема электрического соединения пьезоэлементов приведена на рис. 1, б. При таком включении их суммарная электрическая емкость составляет ≈ 20 нФ.

Чувствительность по отклонению данного дефлектора равна $1,43 \cdot 10^{-6}$ рад/В. Частота механического резонанса однокоординатного дефлектора колеблется от 1,4 до 1,9 кГц и зависит от степени натяжения струны. Диаметр апертуры 23 мм.

Резьбовое соединение основания 6 позволяет закреплять его в любой оправе и таким образом создавать двухкоординатные дефлекторы, располагая взаимно перпендикулярно их оси вращения. Дальнейшим развитием вышеописанного принципа является двухкоординатный дефлектор, изображенный на рис. 2. В этом дефлекторе качалка 1 расположена между верхними и нижними пьезопакетами 2 и изоляторами 3. Сканирование по двум перпендикулярным координатам обуславливается взаимным расположением ползьев качалки (рис. 2, б). Чувствительность по отклонению двухкоординатного дефлектора составляет $1,43 \cdot 10^{-6}$ рад/В. Частота механического резонанса f_p равна 1,3 кГц.

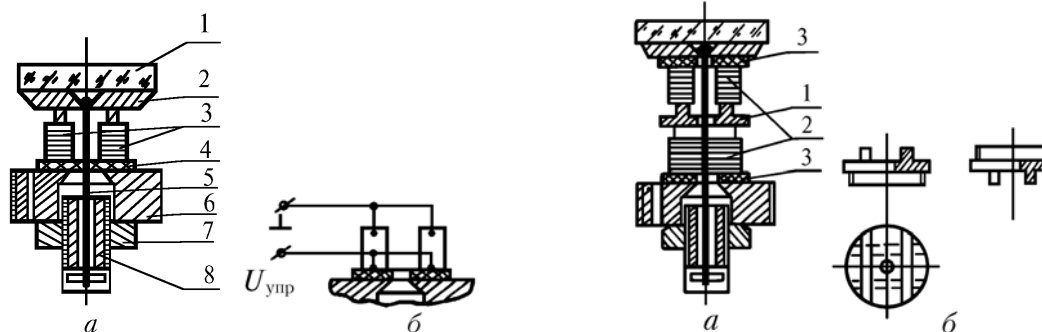


Рис. 1. Устройство однокоординатного дефлектора (а) Рис. 2. Двухкоординатный дефлектор (а) и устрой-
и схема электрического соединения пьезоэлементов (б) во качалки (б)

Для управления оптическими дефлекторами на основе пьезокерамических элементов требуются управляющие напряжения порядка сотен вольт. Используемые для этой цели высоковольтные усилители, имеющие в своей основе традиционные схемные решения усилителей постоянного тока, обладают существенными недостатками: малый КПД, большая мощность рассеяния на выходных транзисторах. Следствием этого является необходимость применения радиаторов с большой площадью, мощных источников питания. Все эти недостатки приводят к значительному увеличению габаритов аппаратуры, что требует поиска новых технических решений.

Наиболее перспективным направлением при построении высоковольтных усилителей, работающих на емкостную нагрузку, можно считать использование ключевых методов усиления [3, 4]. Предлагаемый блок управления пьезокерамическим приводом представляет собой ключевой усилитель двухполярного сигнала с адаптивной широтноимпульсной модуляцией (ШИМ) релейного типа. Особенностью применяемого технического решения является отсутствие генератора пилообразного напряжения, характерного для усилителей с ШИМ-модуляцией, что улучшает точностные характеристики устройства.

Структурная схема блока управления приведена на рис. 3. Выходной каскад, нагрузкой которого является пьезокерамический дефлектор, представляет собой два соединенные последовательно генератора тока, включаемые схемой рассогласования. В качестве выходных применены высоковольтные транзисторы, работающие в линейном режиме, что позволило значительно уменьшить время их выключения [5].

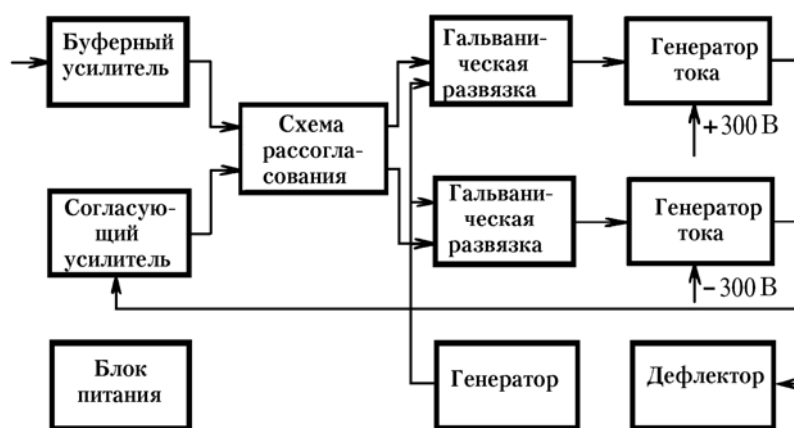


Рис. 3. Структурная схема блока управления пьезокерамическим дефлектором

Напряжение с дефлектора через делитель поступает на вход согласующего усилителя с высоким входным сопротивлением. Буферный усилитель позволяет осуществлять регулирование коэффициента усиления блока управления и смену знака выходного сигнала. Сигналы с буферного и согласующего усилителей анализируются схемой рассогласования (с зоной нечувствительности), которая в зависимости от знака рассогласования производит включение генераторов тока с положительным или отрицательным знаком. Гальваническая развязка между основной схемой и высоковольтным выходным каскадом осуществлена с помощью высокочастотных трансформаторов на частоте 5 МГц. Переменное напряжение, получаемое с вторичной обмотки трансформатора развязки, детектируется и служит для задания напряжения смещения выходных транзисторов типа КТ-828. Использование выходных транзисторов в качестве отключаемых генераторов тока с малым временем выключения, сравниваемых устройств с зоной нечувствительности позволило избежать сквозных токов и достичь хорошего соотношения сигнал-шум при незначительном снижении полосы пропускания. Суммарная величина тока, протекающего через выходные транзисторы, определяется практически только реактивным сопротивлением пьезокерамического дефлектора на частоте входного сигнала. Схема не боится короткого замыкания по выходу. Максимальная амплитуда выходного сигнала равна ± 300 В. Полоса пропускания неискаженного сигнала с максимальной амплитудой 0 ± 2 кГц при емкости нагрузки $0,1$ мкФ. Динамический диапазон выходного сигнала составляет 66 дБ при соотношении сигнал-шум 10. Максимальный коэффициент усиления ± 60 , объем одного усилителя равен $0,4$ дм.

Эксплуатация блоков управления показала, что они обеспечивают выходные напряжения более ± 600 В при простой замене выходных транзисторов на более высоковольтные без дополнительных изменений схемы.

Таким образом, вышеописанные устройства могут быть использованы при создании следящих оптических систем и систем углового позиционирования.

Автор выражает признательность Н.Н. Ботыгиной, О.Н. Емалееву, С.Ф. Потанину за помощь в испытании описанных устройств.

1. Антошкин Л.В., Емалеев О.Н., Лукин В.П. // ПТЭ. 1988. № 5. С. 211.
2. Кузьминский А.А., Шмальгаузен В.И. // ПТЭ. 1985. № 5. С. 207.

3. Коссов О. А. Усилители мощности на транзисторах в режиме переключений. М.: Энергия, 1971. 432 с.
4. Кибакин В. М. Основы ключевых методов усиления. М.: Энергия, 1980. 232 с.
5. Головацкий В. Л. Транзисторные импульсные усилители и стабилизаторы постоянного напряжения. М.: Советское радио, 1974. 160 с.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
15 сентября 1992 г.

L. V. Antoshkin. An X-Y Piezoceramic Optical Deflector with the Control Block.

This paper presents a description of piezoceramic deflectors for optical follow-up systems operating in a turbulent atmosphere and of a high-voltage control block for the deflectors. The sensitivity of a deflector to angular deviations is of $1,43 \cdot 10^{-6}$ rad V^{-1} and the mechanical resonance frequency is about 1.4 kHz. An efficient high-voltage amplifier is constructed based on disconnectable current generators. The output voltage is ± 300 V, frequency transmission band is 0 to 2 kHz at the load capacity of 0,1 nF.