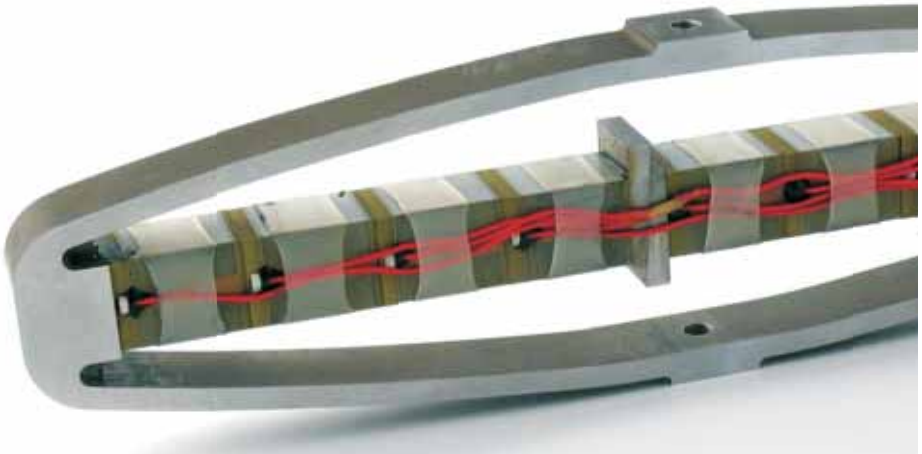
МАГНИТНЫЕ и ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ | ДВИГАТЕЛИ и МЕХАНИЗМЫ | ДАТЧИКИ и КОНТРОЛЛЕРЫ | СТАНДАРТНЫЕ и ПОД ЗАКАЗ

КОМПАКТНЫЕ ДИНАМИЧНЫЕ ТОЧНЫЕ



CEDRAT TECHNOLOGIES
Innovation in Mechatronics

СОДЕРЖАНИЕ

1. РЕШЕНИЯ CEDRAT TECHNOLOGIES НА ОСНОВЕ АКТУАТОРОВ 7
1.1 Введение в технологию пьезо и магнитных актуаторов от CEDRAT TECHNOLOGIES 7
1.1.1 Параллельно Преднагруженные Актуаторы (Parallel Pre-stressed Actuators-PPA) 8
1.1.2 Пьезо Актуаторы с интегрированным рычажным Усилителем перемещения (APA) 8
1.1.3 Шаговые Пьезо Двигатели Инерционного Типа (Stepping Piezo Actuators-SPA) 8
1.1.4 Управляемые Магнитные Актуаторы (Moving Iron Controllable Actuator-MICA) 9
1.1.5 Двухпозиционный Линейно Перемещаемый Магнит (BLMM) 9
1.2 Сравнение линейных Актуаторов CEDRAT TECHNOLOGIES 10
1.3 Обобщение предложения CEDRAT TECHNOLOGIES 11

2. ОБЗОР ПЬЕЗОАКТУАТОРОВ 13
2.1 Обзор пьезо материалов 13
2.2 Характеристики пьезо материалов 14
2.3 Области применения Пьезо Актуаторов 16
2.4 Пьезоактуаторы Прямого Действия и Параллельно Преднагруженные Актуаторы (PPA) 17
2.5 Пьезо Актуаторы с интегрированным рычажным Усилителем перемещения (APA) 19
2.6 Шаговые Пьезо Двигатели Инерционного Типа (Stepping Piezo Actuators - SPA) 20
2.7 Характеристики Пьезо Актуаторов в Статическом режиме 21
2.8 Динамические характеристики Актуаторов (низкий уровень) 22
2.9 Ограничения пьезо актуаторов 24
2.9.1 Электрические ограничения 24
2.9.2 Механические ограничения 25
2.9.3 Ограничения по температуре 28
2.10 Приведение в действие пьезо актуаторов 29
2.11 Управление пьезо актуаторами 31
2.12 Цифровое управление пьезо актуаторами 32

3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, РЕШЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ 35
3.1 Области применения, функционал и условия работы 37
3.1.1 Области применения при статических условиях 37
3.1.2 Области применения при динамических нерезонансных условиях 39
3.1.3 Области применения при динамических резонансных условиях 42
3.1.4 Области применения для режимов динамической силы 43
3.1.5 Области применения для импульсных режимов 43
3.1.6 Области применения для динамического прямого пьезо эффекта 45
3.2 Дополнительные технологические решения 45
3.2.1 Пьезоэлектрические керамические пакеты 45
3.2.2 Super Amplified Пьезоэлектрические Актуаторы APA 46
3.2.3 Механически Демпфируемые Пьезоэлектрические Актуаторы APA 46
3.2.4 Другие инновационные актуаторы 47
3.3 Проектирование, изготовление и испытания 47
3.3.1 Пьезо и магнитные устройства 47
3.3.2 Производственные возможности 48
3.3.3 РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТЫ НИОКР, ОБУЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА 48

4. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ 51
4.1 Руководство по выбору 51
4.1.1 Введение 51
4.1.2 Опции 52
4.1.3 Опции механического интерфейса 53
4.1.4 Дополнительные данные 54
4.1.5 Описание кода 54
4.2 Пьезо актуаторы Серий APA uXS и XXS 55
4.3 Пьезо актуаторы Серии APA XS 56
4.4 Пьезо актуаторы Серии APA S 57
4.5 Пьезо актуаторы Серии APA SM 58
4.6 Пьезо актуаторы Серии APA M 59
4.7 Пьезоактуаторы APA с увеличенным ходом Серии M 60
4.8 Пьезо актуаторы Серии APA MML 61
4.9 Пьезо актуаторы Серии APA ML 62
4.10 Пьезо актуаторы Серии APA L 63
4.11 Пьезо актуаторы Серии APA XL 64
4.12 Серия многослойных актуаторов MLA 65
4.13 Параллельно Преднагруженные Актуаторы PPA Серии M 66
4.14 Параллельно Преднагруженные Актуаторы PPA Серии L 67
4.15 Параллельно Преднагруженные Актуаторы PPA Серии XL 68

5. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ МЕХАНИЗМОВ 71
5.1 Руководство по выбору 71
5.2 Пьезоэлектрические сборки «X» 72
5.3 Пьезоэлектрические сборки «XY» 73
5.4 Пьезоэлектрические сборки «XYZ» 74
5.5 Угловой дефлектор «TT» для ΘX движения 75
5.6 Угловой дефлектор «DTT» для ΘX-ΘY движения 76
5.7 Пьезомеханизм позиционирования объектива OPP120SM 77
5.8 Высокоскоростные пьезо шторки FPS200M, FPS400M и FPS900M 78
5.9 Линейные шаговые пьезо двигатели LSPA 79
5.10 Линейные шаговые пьезо сборки LSPS 80
5.11 Поворотные шаговые пьезо двигатели RSPA 81

6. МАГНИТНЫЕ АКТУАТОРЫ 83
6.1 MICA 84
6.2 Обзор модификаций MICA L и MICA M 84
6.3 BLMM 86
6.4 Специализированные МАГНИТНЫЕ актуаторы 88

7. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ЗАДАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ 91
7.1 Руководство по выбору 91
7.1.1 Введение 91
7.1.2 Габариты корпусов 92
7.1.3 Подключения 93
7.1.4 Стандартные конфигурации 94
7.2 Серия CA для пьезо актуаторов выполненная в виде отдельных модулей 95
7.2.1 Серии для пьезо актуаторов в виде отдельных модулей 96
7.3 AC/DC преобразователи 75-й серии для пьезо актуаторов 97
7.4 Серия линейных усилителей LA75 для пьезо актуаторов 98

7.5 Серия импульсных усилителей для пьезоактуаторов 99
7.5.1 Серия импульсных усилителей для пьезо актуаторов 100
7.6 Импульсный контроллер пьезо двигателей SPC45 101
7.7 СЕРИЯ «24» AC/DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ АКТУАТОРОВ 102
7.8 Линейный усилитель LA24 для электромагнитных актуаторов 103

8. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ДАТЧИКОВ И КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ 105
8.1 Руководство по выбору 105
8.2 Датчики 108
8.3 Преобразователи сигналов датчиков положения 110
8.3.1 Преобразователи сигналов тензометрических датчиков 110
8.3.2 Преобразователи сигналов датчиков вихревых токов 111
8.4 Цифровые контроллеры 112

9. МЕХАТРОННЫЕ РЕШЕНИЯ 115
9.1 Оценочный набор EP120S 116
9.2 Обучающий набор «ACV» по активному управлению вибрацией 117
9.3 Набор разработчика с пьезо двигателем LSPA30uXS 119
9.4 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МЕХАТРОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ 121

10. ПРИМЕЧАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ 123
10.1 Глоссарий терминов 123
10.1.1 Стандартные пьезо электрические изделия 123
10.1.2 Ряд определений по актуаторам 124
10.2 Гид по выбору решения для вашей области применения 127
10.2.1 Шаг 1: Актуатор 127
10.2.2 Шаг 2: Приводная и управляющая электроника 127
10.2.3 Шаг 3: Проверьте вашу разработку с помощью программы COMPACT Tool 129
10.3 Характеристики и свойства тензометрических датчиков 129
10.3.1 Определения 129
10.3.2 Характеристики и результаты испытаний 130
10.3.3 Результирующие характеристики 131
10.4 Цифровое управление 131
10.4.1 Построение общей модели пьезо актуатора 131
10.4.2 Управление характеристиками петли управления 132
10.4.3 Методология настройки контроллера 134
10.4.4 Примечания по дискретизации в контроллере непрерывного действия 135

ОФИЦИАЛЬНОЕ УВЕДОМЛЕНИЕ 137

1. РЕШЕНИЯ CEDRAT TECHNOLOGIES НА ОСНОВЕ АКТУАТОРОВ

1.1 ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ ПЬЕЗО И МАГНИТНЫХ АКТУАТОРОВ ОТ CEDRAT TECHNOLOGIES

Начиная с середины 90-х годов, компания CEDRAT TECHNOLOGIES, модернизирует и расширяет ассортимент актуаторов и связанных с ними электронных решений. CEDRAT TECHNOLOGIES разрабатывет Компактные, Динамичные и Точные компоненты в нескольких линейках изделий для того, чтобы идти в ногу с техническими задачами заказчиков и соответствовать требованиям эффективных и надежных мехатронных систем:

- Пьезо Актуаторы (APA, PPA и Механизмы) работающие в режиме деформации,
- Пьезо двигатели (LSPA, RSPA и LSPS) работающие в шаговом режиме,
- Управляемые магнитные актуаторы (MICA),
- Двухпозиционные магнитные актуаторы (BLMM),

В данном каталоге представлены эти актуаторы, а также соответствующая задающая электроника, датчики и контроллеры. Данные актуаторы в комплекте с соответствующей задающей электроникой (усилителем), датчиком и контроллером обеспечивают широкий ассортимент стандартных компонентов и функций для построения вашей собственной мехатронной системы в вашей области применения.

■ Рисунок 1.1: Вид PPA

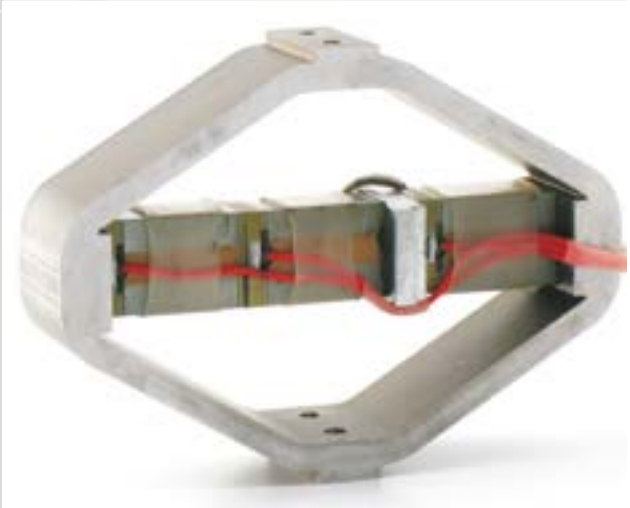
На основе существующих «конструктивных блоков» и для соответствия специализированным запросам и тяжелым условиям окружающей среды, компания CEDRAT TECHNOLOGIES может разработать компоненты и мехатронные системы в соответствии с вашими техническими условиями.

1.1.1 ПАРАЛЛЕЛЬНО ПРЕДНАГРУЖЕННЫЕ АКТУАТОРЫ (PARALLEL PRE-STRESSED ACTUATORS - PPA)

PPA - это твердотельные линейные актуаторы (Рисунок 1.1). Для получения полезного смещения они используют расширение активного материала в 33-пьезомодуле. Это смещение пропорционально напряжению в диапазоне 170 В. Стандартная величина деформации актуатора составляет примерно 0,1% (1 мкм/мм), поэтому диапазон их хода ограничен величиной примерно 100 мкм. Тем не менее, они обеспечивают силы много больше 1кН. В Параллельно Преднагруженных Актуаторах (Рисунок 1.1) для предварительного механического напряжения керамики используется внешний деформируемый корпус, выполняющий функцию сжимающей пружины.

1.1.2 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ РЫЧАЖНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ (AMPLIFIED PIEZOELECTRIC ACTUATORS - APA)

APA - это твердотельные линейные актуаторы с увеличенным диапазоном перемещения (Рисунок 1.2). Они также основаны на расширении активной пьезокерамики, но с применением эллиптического рычага для увеличения хода. Их также называют изгибно-натяжными. Увеличенное перемещение также пропорционально напряжению в диапазоне 170В. Преимуществами APA являются их относительно большие диапазоны хода в сочетании с высокими силами и компактными размером вдоль активной оси. Все это обеспечивает деформацию уже в пределах 1-10% (10 мкм / мм или более). Таким образом, их ход может достигать до 2 мм. Малые габариты вдоль активной оси предоставляют возможность последовательной установки APA для достижения большего хода.



■ Рисунок1.2: Вид APA®

1.1.3 ШАГОВЫЕ ПЬЕЗО ДВИГАТЕЛИ ИНЕРЦИОННОГО ТИПА (STEPPING PIEZO ACTUATORS - SPA)

Шаговые Пьезоэлектрические Двигатели Инерционного Типа - это еще один вариант применения Пьезоактуаторов со встроенным усилителем перемещения (APA). Шаговые пьезоэлектрические двигатели инерционного типа (SPA) – это новые пьезоэлектрические двигатели с большой длиной хода для микро / нано систем позиционирования на основе APA®. Они обеспечивают пошаговое перемещение. Привод обеспечивает фиксацию положения между шагами. При обеспечении большого хода, возможна также работа в режиме деформации для тонкой подстройки. В режиме тонкой подстройки ход пропорционален приложенному напряжению, что приводит к нанометровому разрешению. На концепции SPA разработаны другие изделия (LSPA, RSPA, LSPS, MSPA ...), которые отличаются по типу движения (линейное или вращение) и добавлением направляющей (сборки LSPS).

■ Рисунок 1.3: Вид LSPA

1.1.4 УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ АКТУАТОРЫ С ПОДВИЖНЫМ ШТОКОМ ИЗ ЖЕЛЕЗА (MOVING IRON CONTROLLABLE ACTUATOR-MICA)

CEDRAT TECHNOLOGIES разрабатывает специальные магнитные актуаторы: MICA (рис. 1.4) и BLMM для задач, требующих большой ход и высокую динамику. MICA обеспечивает ход до 10 мм и силы до 1500 Н и отлично дополняет наши хорошо узнаваемые пьезоэлектрические изделия.
MICA - это надежные, долговечные и мощные управляемые актуаторы с силой, пропорциональной току. Они могут быть использованы для задач, в которых требующих обеспечить работу на высоких частотах или для статических задач. MICA поставляются со встроенным датчиком положения и обладают удобной поверхностью для установки.

1.1.5 ДВУХПОЗИЦИОННЫЙ ЛИНЕЙНО ПЕРЕМЕЩАЕМЫЙ МАГНИТ (BLMM)

Двухпозиционный Линейно Перемещаемый Магнит (Bistable Linear Moving Magnet - BLMM) - это миниатюрные двухпозиционные актуаторы, обеспечивающие низкое энергопотребление и малое время переключения. Они обеспечивают простое управление в двухтактном режиме.
Эти изделия представлены в главе 6, посвященной Магнитным Актуаторам.

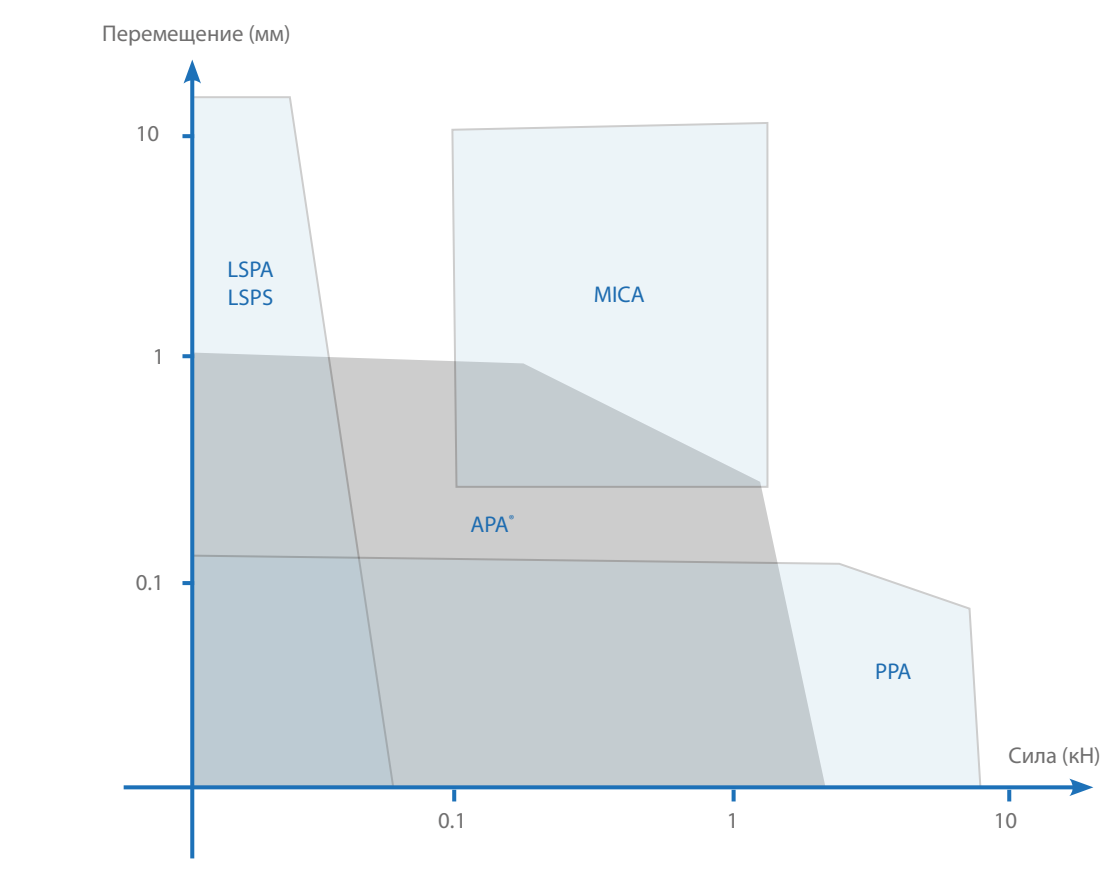
■ Рисунок 1.4: Вид MICA

1.2 СРАВНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ АКТУАТОРОВ CEDRAT TECHNOLOGIES

Стандартные линейные актуаторы CEDRAT TECHNOLOGIES охватывают широкий спектр перемещений от 10 мкм до 10 мм (рисунок 1.5). Они были разработаны для того, чтобы предложить максимально возможное перемещение, сохраняя приемлемый размер. Выбор между этими различными решениями должен быть сделан на основе оптимального соотношения силы и перемещения.

Например, рассматривая решение в габаритах около 17 мм, можно выбирать между APA200M, APA40SM и PPA10M, которые обеспечивают довольно разные перемещения и силы (Рисунок 1.6).

■ Рисунок 1.5: Сравнение максимальных перемещений и сил некоторых линейных актуаторов (PPA, APA, LSPA, LSPS, и MICA) от CEDRAT TECHNOLOGIES

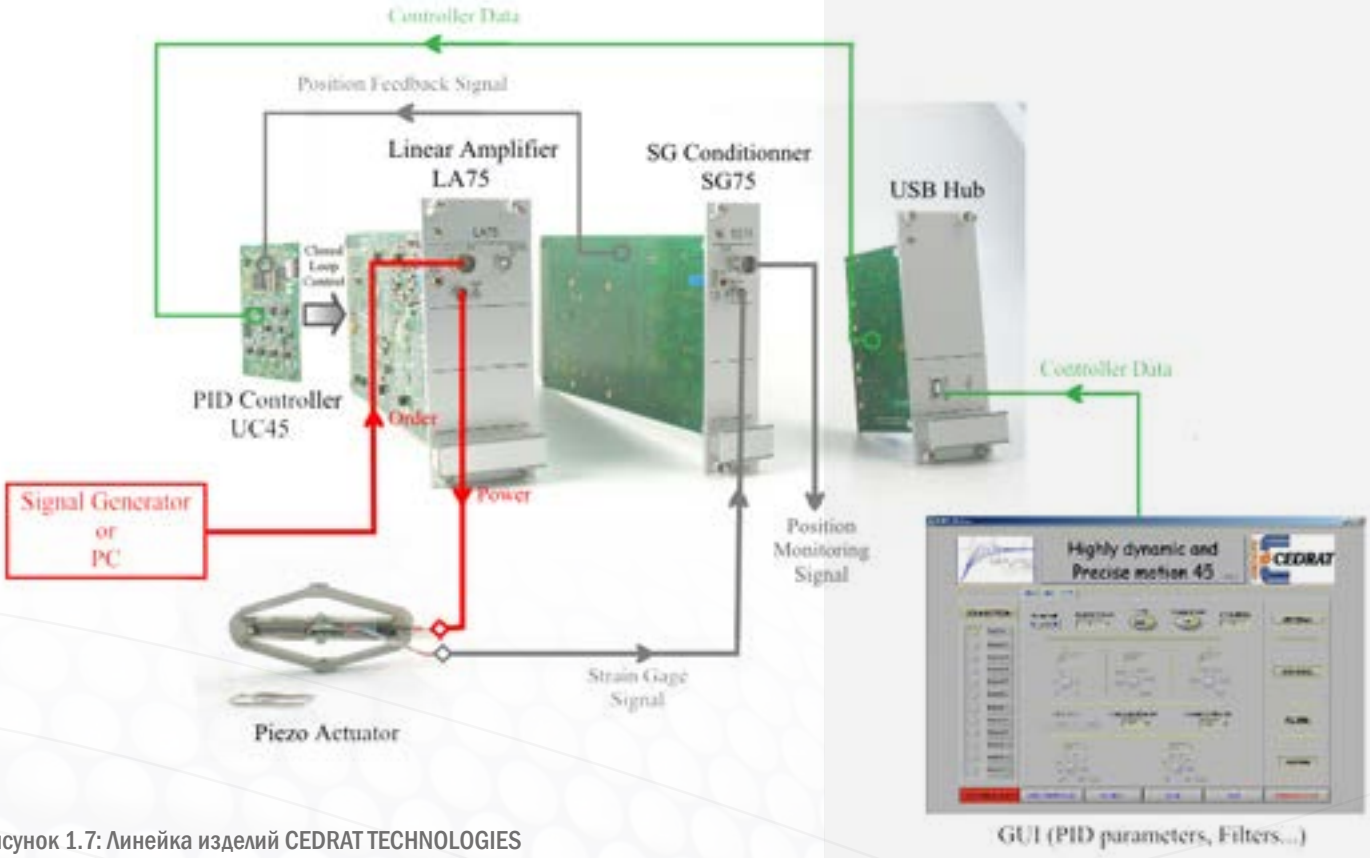


■ Рисунок 1.6: Сравнение линейных пьезо актуаторов APA200M, PPA10M и APA40SM CEDRAT TECHNOLOGIES с сопоставимыми габаритами, но разными перемещениями и блокирующими силами.

1.3 ОБОБЩЕНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ CEDRAT TECHNOLOGIES

Все изделия CEDRAT TECHNOLOGIES могут быть объединены для построения полноценной мехатронной системы (рис 1.7).

Обратите внимание, что механизмы могут производить больший ход, чем отдельные актуаторы. Все эти электромеханические устройства могут приводиться в действие и управляться с помощью соответствующей электроники.



■ Рисунок 1.7: Линейка изделий CEDRAT TECHNOLOGIES

На основе пьезо технологий существует несколько решений: выбор зависит от требуемого хода и силы. Преимуществами являются высокая точность позиционирования, возможность немагнитной работы, быстрый отклик и малое энергопотребление.

2. ОБЗОР ПЬЕЗО-АКТУАТОРОВ

2.1 ПЬЕЗОМАТЕРИАЛЫ

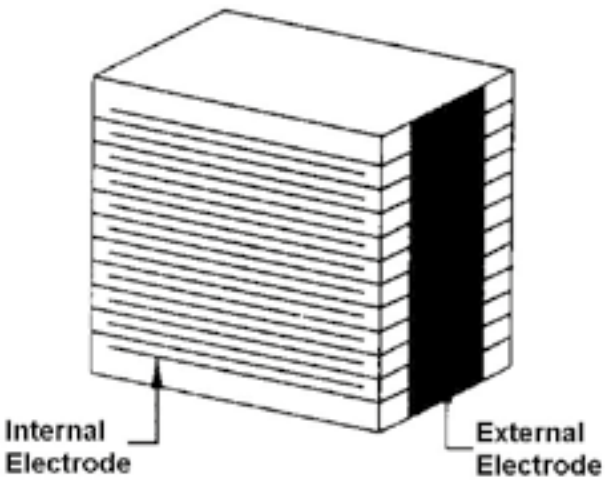
В 1880 году братья Кюри впервые исследовали пьезоэлектрический эффект на кристаллических материалах, которые имели возможность производить электрические заряды в ответ на внешние приложенные силы. Это называется прямым эффектом. Обратный пьезоэлектрический эффект означает, что пьезоэлектрический материал меняет свои размеры под прилагаемыми электрическими зарядами.

В 1922 году Ланжевен предложил первый Актуатор на основе кристаллических материалов. Для повышения эффективности этот Актуатор работал в резонансе. Открытие пьезоэлектричества в ЦТС (цирконат титанат свинца) в конце 1960-х годов увеличило число областей применения для промышленного использования.

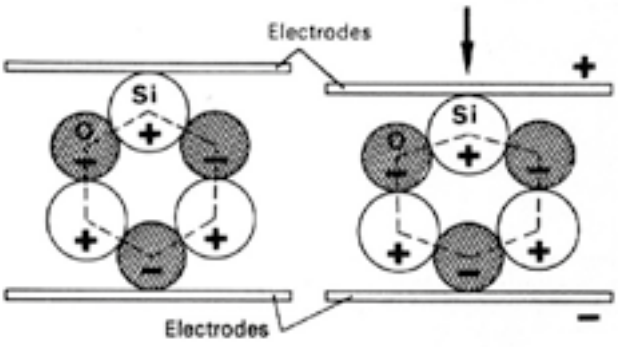
Пьезоэлектрические преобразователи, основанные на объемных кольцах ЦТС, были разработаны для гидролокаторов, ультразвуковой сварки, ультразвуковой очистки и т.д. С тех пор формировалась технология датчиков с использованием пьезоэлектрической керамики (датчики давления или силы, гидрофоны, акселерометры ...).

Для задач позиционирования также были изучены пьезоактуаторы на основе объемных пьезоэлектрических ЦТС колец. Однако, чтобы получить уровень деформации, необходимый для позиционирования, необходимо использовать высокие напряжения входного сигнала. Например, ЦТС кольца толщиной 0,5 мм требуют напряжения возбуждения около тысячи вольт, что является высоким уровнем напряжения для ряда практических задач.

Чтобы обойти указанные выше ограничения в 1988 году на рынок были выведены Многослойные Актуаторы (Multilayer Actuator - MLA), полученные на основе технологии конденсаторов (рисунок 2.1). Так как с MLA легко работать, то они все чаще используются в различных приложениях. Требуемое напряжение возбуждения 150 Вольт или меньше хорошо адаптировано к современной электронике. Эти новые MLA компоненты используются компанией CEDRAT TECHNOLOGIES для построения актуаторов с высокой плотностью энергии и других стандартных или заказных изделий.



■ Рисунок 2.1: Схематичный вид MLA



■ Рисунок 2.2: Пьезо эффект на кристаллической структуре (пример кварца)

2.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗО МАТЕРИАЛОВ

Пьезоэлектрические материалы – это кристаллические твердые тела, асимметричные структуры которых создают электрический дипольный момент в кристаллической решетке, чувствительной к упругой деформации и приложенному электрическому полю (рис 2.2). ЦТС материалы - это сегнетоэлектрические материалы, подвергаемые поляризации при температуре Кюри: процесс поляризации придает материалу остаточную поляризацию. В процессе поляризации, материал подвергается воздействию высокого электрического поля при температуре Кюри. Если материал подвергаются воздействию температуры большей , чем его температура Кюри, то он теряет свои пьезоэлектрические свойства. При определенных условиях материал может быть поляризован повторно для того чтобы снова стать пьезо электриком. Механические напряжения и Деформации связаны друг с другом модулем Юнга керамики. Кроме того, механическое напряжение создает электрическое поле через прямой пьезоэлектрический эффект. Поскольку керамика - это диэлектрическая среда, то электрическое смещение связано с электрическим полем. Эти соотношения могут быть описаны несколькими комбинациями уравнений:

$$S_\alpha = s^E_{\alpha\beta} T_\beta + d_{n\alpha} E_n$$

$$D_m = d_{m\beta} T_\beta + \varepsilon^T_{mn} E_n$$

a, b = 1, ..., 6
m, n = 1, 2, 3

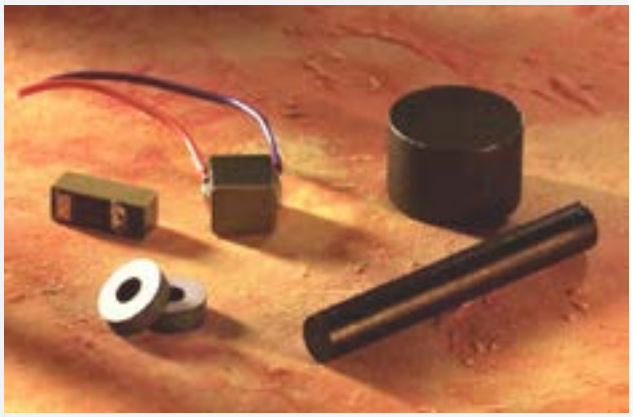
S : Деформация (Strain) T : Механическое напряжение (Stress)
D : Индукция или электрическое смещение (Induction)
E : Напряженность электрического поля (Field)
s^E : Упругая податливость при постоянном электрическом поле
d : Пьезоэлектрическая постоянная деформации на единицу напряженности электрического поля
ε^T: Диэлектрическая постоянная при неизменном механическом напряжении

Предыдущие уравнения могут быть объединены, чтобы определить коэффициент электромеханической связи. Квадрат коэффициента электромеханической связи равен отношению генерируемой механической энергии к подводимой электрической энергии (в случае обратного пьезо эффекта). Практические значения коэффициента связи материала могут быть выше 50%, но реальные коэффициенты электромеханической связи, в актуаторах или в резонансных преобразователях, - обычно ниже. Коэффициент электромеханической связи не должен рассматриваться в качестве эффективности актуатора. Выше приведенная система уравнений не принимает во внимание какие-либо потери. Коммерческая пьезокерамика может быть

классифицирована на сегнетомягкую или сегнетотвердую в зависимости от простоты или трудности ее поляризации. В таблице 1.1 перечислены некоторые типичные свойства активных материалов (Рисунок 2.3).

Технология производства Актуаторов, изготовленных из монокристаллов или Электро-Активных полимеров (Electro-Active Polymer - EAP), еще находится на ранней стадии развития, но может привести к новым видам Актуаторов в будущем: выдающимися являются возможности их деформации до 3% и 300% соответственно.

Магнитострикционные материалы, такие как Терфенол-Д, также изучаются в компании CEDRAT TECHNOLOGIES. Они расширяются при воздействии магнитного поля. Актуаторы на основе этого материала могут быть хорошо применимы для очень низковольтных и силовых приложений несмотря на потери, происходящие в катушке возбуждения. По индивидуальному заказу компанией CEDRAT TECHNOLOGIES могут быть разработаны Актуаторы и преобразователи на основе этого материала.



■ Рисунок 2.3: Вид пьезоактивных материалов

■ Таблица1-1: Характеристики пьезоактивных материалов

МАТЕРИАЛЫ	УПРАВЛЯЮЩЕЕ ПОЛЕ E - ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ H - МАГНИТНОЕ	МОДУЛИ ЮНГА ПРИ ПОСТОЯННОМ ПОЛЕ (GPA)	КОЭФФИЦИЕНТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДОБРОТНОСТИ QM	КОЭФФИЦИЕНТ ЭЛЕКТРОМЕХА-НИЧЕСКОЙ СВЯЗИ K33 (%)	КВАЗИСТАТИЧЕС-КАЯ МАКСИМАЛЬНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ (PPM)
ОБЪЕМНЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ					
PZT-8	E	74	1000	64	+/- 110
PZT-7	E	72	600	67	
PZT-4	E	66	500	70	+/- 150
PZT-5	E	48	75	75	+/- 300
Монокристалы (PZN-PT)	E	10	-	90	3000
МНОГОСЛОЙНАЯ ПЬЕЗОКЕРАМИКА (MLA)					
Сегнетомягкие материалы	E	45	25 – 50	70	1250
Сегнетожесткие материалы	E	62	200 – 500	60	800
ЭЛЕКТРОАКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРЫ (EAPs)					
Поливинилиденфторид (PVDF)	E	1	20	30	1000
Диэлектрические эластомеры	E	1	-	-	3.000.000
МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ					
Терфенол-Д	H	25	10 – 20	70	1600

Электрострикционные материалы, такие как PMN-PT, также существуют в многослойном исполнении. Этот материал обеспечивает низкий гистерезис (<2%), но он гораздо более зависим от температуры, чем ЦТС материал.

2.3 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ

Основные преимущества Пьезо Актуаторов:

- Твердотельная конструкция без каких-либо шестерен или трущихся деталей, поэтому они не подвергаются износу. На практике у пьезоактуаторов не выявлен износ после нескольких миллионов рабочих циклов.
- Неограниченное разрешение, делающее их идеальными для позиционирования в нанометровом диапазоне.
- Низкое энергопотребление, в статическом состоянии. Даже под воздействием больших нагрузок, актуаторы потребляют токи величиной в единицы микроампер. В состоянии покоя также не выделяется тепловая энергия.
- Высокое соотношение развиваемая сила / масса, что приводит к высокой скорости срабатывания, в диапазоне микросекунд.
- Отсутствие генерации магнитного поля и не подверженность магнитному полю. Это особенно важно при работе в оборудовании, где не допустимы электромагнитные помехи.
- Возможность работы в ультра высоком вакууме.
- Возможность работы в экстремальных условиях. Способность работы при криогенных температурах.

Ограничения Пьезоэлектрических Актуаторов:

- Ограниченный диапазон хода в режиме деформации. Для более высоких перемещений необходимо применение шагового пьезоэлектрического двигателя LSPA.
- Ограничение по температуре ниже <100 ° C (или 150 °C с высокотемпературной опцией H.T.), несмотря на некоторый прогресс, достигнутый для автомобильной промышленности.

Пьезоактуаторы используются различных областях промышленности:

- Механика: Позиционировение инструментов, Захват и Размещение, Алмазное точение, Обработка овального поршня, Демпфирование, Активное управление, Генерация звуковых и ультразвуковых колебаний, неразрушающий контроль, управление и компенсация вибрации станков.
- Полупроводниковая промышленность: Позиционирование масок, пластин или магнитных головок, Немагнитные актуаторы, миниатюрные реле, испытание микросхем, зажим проводов при пайке.
- Работа с жидкостями: Пьезоактюаторы-клапаны

впрыска топлива, Пьезоактюаторы-клапаны для газораспределительной системы двигателя, Микронасосы, Измерения, Инъекции, Сопло для распыления краски, воздушно-капельные генераторы, измерители струи.

- Оптика и Фотоника: автоюстировка и подстройка лазерных зеркал или линз, микро- сканирование, Астрономические инструменты, Фокусировка, Настройка резонатора лазера, Приводы для адаптивной оптики, системы оптической оптоволоконной линии связи — стыковка и подстройка оптических волокон, волоконных лазеров, сканеры, вибропреобразователи, Интерферометры, резка стекла мониторов, модуляторы.
- Авиация и Космос: Активные закрылки, Контроль формы, Активное крыло, Активное Демпфирование вибрации рамы самолетов.
- Электрическая энергия: Пьезоэлектрический генератор, энергособирающее устройство, эл. выключатель

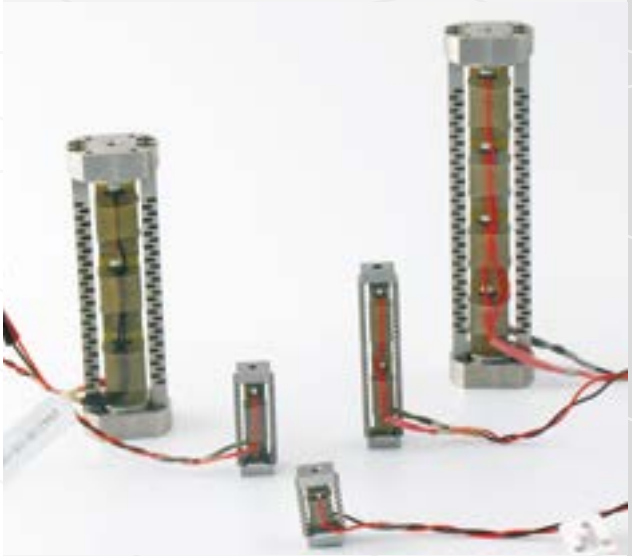
2.4 ПЬЕЗОАКТУАТОРЫ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ И ПАРАЛЛЕЛЬНО ПРЕДНАГРУЖЕННЫЕ АКТУАТОРЫ (PPA)

Пьезоактуаторы прямого действия (DIRECT PIEZO ACTUATORS - DPA) являются наиболее распространенным типом Актуаторов (Рисунок 2.4): они состоят из пакета предварительно механически напряженного активного материала. В обычных DPA используется серийное предварительное напряжение (рис 2.5). Уровень предварительного напряжения определяет возможности усилия вытягивания. Более надежная технология (широко используется в CEDRAT TECHNOLOGIES в мощных ультразвуковых преобразователях) состоит в объединении параллельного предварительного механического напряжения со стальным стержнем, стягивающимся винтом. Однако такое решение требует применения менее распространенных MLA колец. Третий вариант заключается в предварительной механической нагрузке MLA с помощью внешнего упругого корпуса, что приводит к созданию параллельно механически преднагруженных актуаторов (PARALLEL PRE-STRESSED ACTUATORS – PPA) (рис 2.6).

Для обеспечения полезного толкающего смещения в DPA и PPA используется расширение активного вещества в 33-м модуле. Поскольку большая часть энергии деформации сохраняется в активном материале, то фактический коэффициент связи такой структуры является довольно высоким. Как правило он выше 50%, также как и уровнь энергии упругой деформации на единицу массы. Уровень предварительного напряжения в PPA может быть выше,

■ Рисунок 2.4: Вид DPA

■ Рисунок 2.5: Схематичная конструкция DPA



■ Рисунок 2.6: Вид PPA

чем в DPA. PPA более компактные и легкие по сравнению с DPA. Поскольку уровень предварительного механического напряжения контролируется лучше, то они демонстрируют лучшие динамические характеристики по сравнению с DPA и могут работать в резонансе. Более того, PPA дешевле, чем DPA: поэтому компания CTEC предлагает только PPA в качестве стандартного преднагруженного пьезо актуатора прямого действия.

В диапазоне от -20 до 150 В смещение примерно пропорционально напряжению. Это напряжение может быть получено с помощью специальной питающей электроники. Из-за эффекта гистерезиса активного материала соотношение между напряжением и перемещением не является строго линейным. Этот эффект может хорошо контролироваться с помощью обратной связи соответствующей электроники, которая линеаризует поведение системы.

Так как деформация существующих пьезо материалов ограничена 0,12%, то смещение неизбежно мало, даже с актуаторами очень большой длины. Это причина, по которой на рынке отсутствуют пьезо актуаторы прямого привода с ходом 200 мкм.

При учете неактивных частей (концевые детали, механизм предварительного механического напряжения) деформация у Актуатора меньше, чем непосредственно у материала. Это приводит к значениям от 0,08% до 0,10% (от 0,8 до 1 мкм / мм). Например PPA80L длиной примерно 100 мм может обеспечивать ход примерно 80 мкм. Самый длинный PPA вряд ли может иметь длину более 200 мм из-за рисков перелома при изгибе. Это причина по которой на рынке отсутствует пьезо актуатор прямого действия с ходом 200 мкм (при этом APA обеспечивает альтернативное решение).

DPA и PPA должны использоваться с осторожностью, поскольку они не допускают никакого крутящего или изгибающего момента. В конструкцию механизма для решения этой проблемы должны быть добавлены упругие гибкие флексеры. Тем не менее, эти флексеры трудно разработать, потому что они также должны обеспечивать некоторую жесткость. Кроме того, стандарт DPA был разработан для работы при низких частотах, обычно менее 100 Гц. Чтобы обойти эти ограничения используются пьезоэлектрические актуаторы с интегрированным рычажным усилителем перемещения APA (аббревиатура от «Amplified Piezoelectric Actuator»). Кроме того, упругий эллиптический мультипликатор (рычажный увеличитель хода) обладает способностью выдерживать поперечные и динамические силы.

2.5 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ РЫЧАЖНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ (AMPLIFIED PIEZOELECTRIC ACTUATORS - APA)

Проблему ограниченности хода DPA и PPA можно преодолеть с помощью упругого рычажного механического усилителя перемещения. В прошлом предлагались различные разработки, большинство на основе гибких флексеров. Но деформации в гибких флексерах становились очень высокими, что приводило к эффекту усталости.

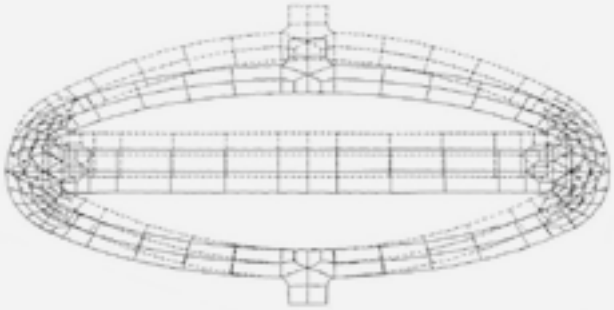
APA основаны на корпусе без каких-либо флексеров (рис 2.7 и 2.8). Большие перемещения APA® в сочетании с высокими силами показывают, что эти Актуаторы достигают увеличения смещения от 2 до 20 и обладают хорошей механической эффективностью. Благодаря такому механическому усилителю и отношению его форм, они могут достигать деформации от 1% до 10%. Обратите внимание, что деформация APA - это сжатие, APA - это сжимающие актуаторы.

Например, актуатор APA400M при подаче напряжения 150 В, производит свободные перемещения вдоль малой оси длиной 14,3 мм с ходом до 400 мкм и с блокирующей силой до 38 Н. Это соответствует деформации 2,8% вдоль малой (активной) оси. Также могут быть обеспечены и большие деформации с большими APA. Например, APA500L производит свободные перемещения до 500 мкм с блокирующей силой до 570 Н, вдоль его малой оси, высота которой составляет около 50 мм.

APA обеспечивает следующие преимущества:

- Актуаторы являются малогабаритными и компактными относительно собственного хода,
- Увеличение перемещения и жесткость являются функциями эксцентриситета корпуса,
- Возможность согласования механического сопротивления и удовлетворительная электро- механическая связь,
- Возможность работы в широком диапазоне частот, включая резонансную частоту,
- Гибкость корпуса при срабатывании пьезоэлектрического актуатора обеспечивает приемлемое распределение механических напряжений в усилителе,
- Изгибающие и/или крутящие моменты в некоторой мере могут воздействовать на корпус, что предотвращает MLA от излома. С этой специфической точки зрения, APA считаются более надежными, чем DPA и PPA,
- Стоимость APA значительно ниже, чем стоимость пьезоэлектрических актуаторов прямого действия, обеспечивающий такую же величину хода. Это связано с тем, что рычажный механический усилитель перемещения дешевле, чем активные материалы.

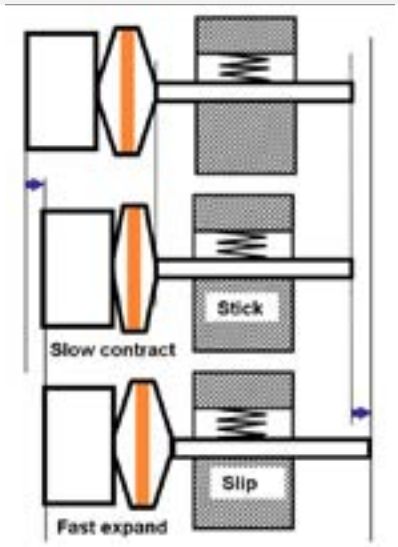
■ Рисунок 2.7: Вид APA120S

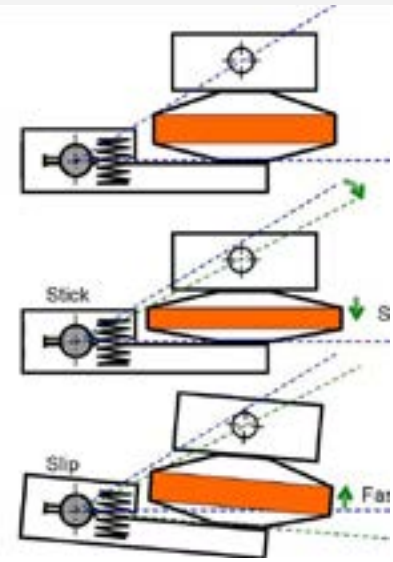


■ Рисунок 2.8: Расчет пьезоэлектрического актуатора с интегрированным усилителем перемещения APA методом конечных элементов (МКЭ); пунктирная линия = конструкция в состоянии покоя; сплошная линия = конструкция, деформированная под воздействием пьезо эффекта. (Результат расчета МКЭ, полученный в ПО ATILA).

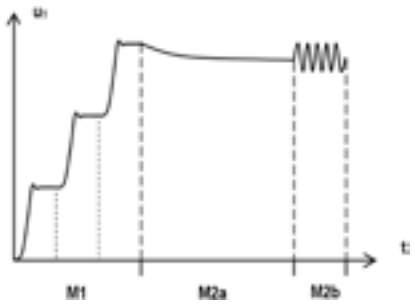
Ход APA, так же как и PPA пропорционален приложенному напряжению. Разрешение ограничивается шумами нашей задающей электроники, на уровне соотношения сигнал/шум около 85 дБ. Гистерезис ограничивает точность позиционирования. Для достижения точностей до 0,1%, необходима петля обратной связи. Для задач позиционирования APA может работать на частотах до одной трети от резонансной частоты. Для генерации колебаний APA может работать и при резонансе.

2.6 ШАГОВЫЕ ПЬЕЗО ДВИГАТЕЛИ ИНЕРЦИОННОГО ТИПА (STEPPING PIEZO ACTUATORS - SPA)





■ Рисунок 2.9: Вид LSPA и RSPA



■ Рисунок 2.10: Пример перемещений, выполняемых SPA (M1: увеличенный ход в шаговом режиме, M2a: малый ход в режиме квазистатической деформации, M2b: режим динамической деформации)

Шаговые Пьезоэлектрические Двигатели Инерционного Типа - это новые пьезоэлектрические двигатели с увеличенным диапазоном хода, предназначенные для задач микро и нано позиционирования. Они изготовлены на основе APA. Пьезо двигатели работают путем осуществления скачкообразных последовательных малых шагов (M1), генерируемых пилообразным сигналом. Между шагами двигатель блокируется в новом положении и удерживает это положение без потребления энергии (рис 2.9). При осуществлении больших перемещений для тонкой настройки дополнительно доступен режим деформации (M2) . В этом случае ход пропорционален приложенному напряжению, что ведет к нанометровому разрешению в статическом режиме.

Питание для этого двигателя могут обеспечивать Стандартные Линейные Усилители CTEC. Таким образом, SPA обеспечивает:

- Шаговый режим, предлагающий ход в несколько мм,
- Блокировку при отсутствии энергопотребления в любом положении (фиксация при отключенном питании), что приводит к высокой жесткости,
- Позиционирование с нанометровым разрешением во всем диапазоне хода,
- Отсутствие магнитного поля,
- В двигателе SPA применяется простая конструкция: APA, инерционная нагрузка, зажим и стержень (шток).

SPA может приводиться в действие одноканальным линейным усилителем CEDRAT TECHNOLOGIES. Многие характеристики SPA могут быть определены из характеристик стандартных APA. SPS применяются качестве систем микро позиционирования и механизмов фиксации. Они могут быть выполнены в немагнитном и/или вакуумном исполнении.

Концепция SPA приводит к различным линейкам изделий:

- LSPA: Линейные Шаговые Пьезо Актуаторы
- RSPA: Поворотные Шаговые Пьезо Актуаторы
- LSPS: Линейная Шаговая Пьезо Сборка, которая основана на LSPA и дополнительной линейной направляющей для исключения паразитного поперечного движения.

Все эти изделия могут работать в тяжелых условиях:

- широкий температурный диапазон (в том числе криогенный: от - 200 °C до + 70 °C)
- вакуум
- внешние вибрации и ударные нагрузки

2.7 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗОАКТУАТОРОВ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

В этом разделе приведены некоторые рекомендации, по выбору наилучшего PPA или APA для квазистатических приложений.

В большинстве случаев, смещение **ΔU** вызывает первостепенный интерес: оно зависит от приложенного напряжения **V** и от генерируемой силы **F**:

$$\Delta U = (NV - F)/K$$

где N является коэффициентом силы Актуатора, а K является жесткостью. При максимальном напряжении произведение **NV**, соответствует блокирующей силе $\mathbf{F_0}$.

$$F_0 = NV_{max}$$

Понятно, что смещение **ΔU** становится равным **0**, когда генерируемая сила **F** достигает $\mathbf{F_0}$. Тогда максимальный ход актуатора $\mathbf{\Delta U_0}$ называется свободным смещением и становится равным:

$$\Delta U_0 = F_0/K$$

Соотношение между свободным смещением и блокирующей силой может быть описано нагрузочной характеристикой Актуатора (Рисунок 2.11).

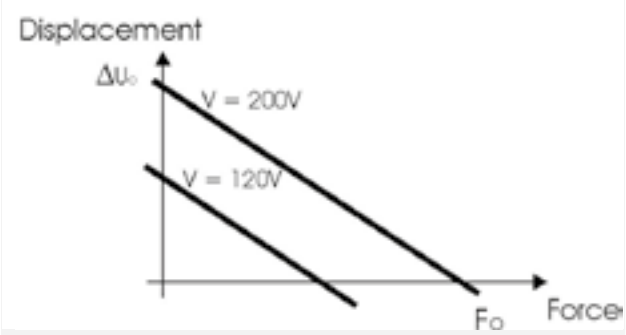
Если постоянная нагрузка **F** меньше, чем блокирующая сила или максимальная сила растяжения, то вес не влияет на ход пьезоэлектрического актуатора, но только сдвигает положение при нулевом напряжении на величину **ΔL** (Рис. 2.12):

$$\Delta L = F/K$$

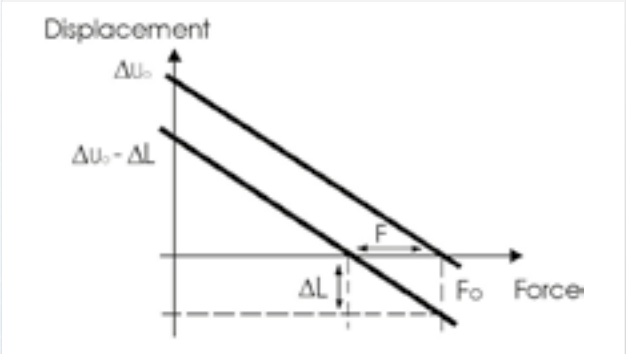
Совершенно другая ситуация возникает, когда пьезоэлектрический актуатор действует на пружину с жесткостью **Kt**. Ход становится (Рисунок 2.13):

$$\Delta U = (NV - K_t \Delta U)/K$$
$$= \Delta U_0 (K/(K+K_t))$$

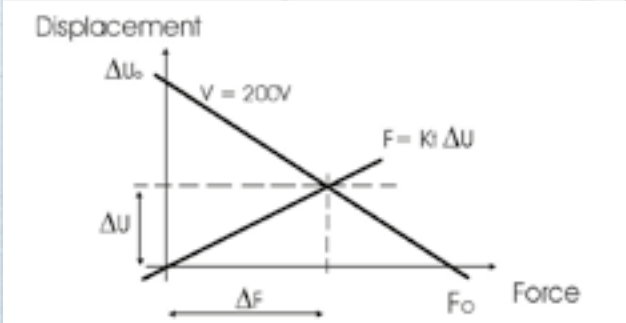
Так как пьезоэлектрические актуаторы предварительно нагружены благодаря пружине, то предыдущее отношение объясняет, почему растяжение DPA или PPA меньше собственного растяжения активного материала. Пьезоактивные Актуаторы могут быть механически расположены последовательно и / или параллельно. В первом случае (Рисунок 2.14.а), добавляется смещение, а сила остается постоянной; а во втором – добавляется сила, а смещение остается неизменным (Рисунок 2.14.б).



■ Рисунок 2.11: Нагрузочная характеристика Пьезоэлектрического Актуатора

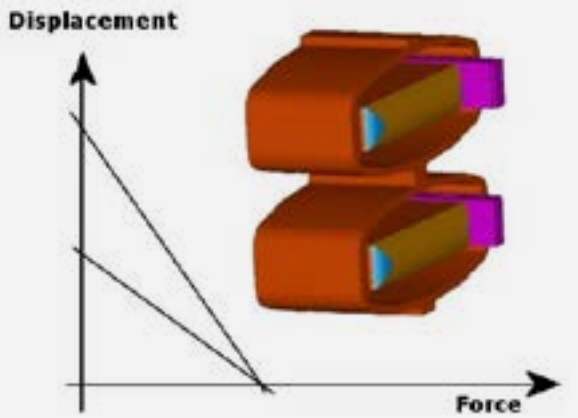


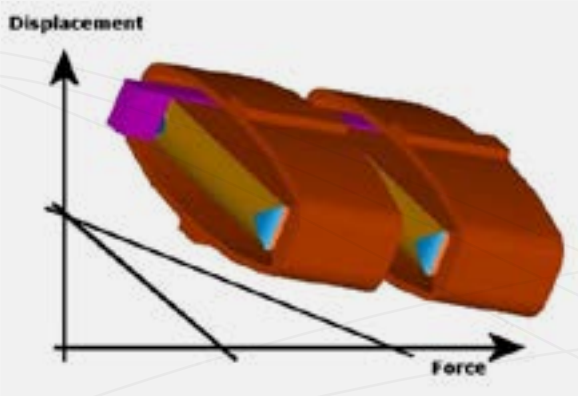
■ Рисунок 2.12: Смещение позиции и нагрузочная характеристика актуатора при постоянной нагрузке



■ Рисунок 2.13: Нагрузочная характеристика под воздействием пружины с жесткостью kt.

2.8 ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТУАТОРОВ (НИЗКИЙ УРОВЕНЬ)





■ Рисунок 2.14: Последовательное (а) и Параллельное (б) подключение APA

В данном разделе описан эффект электромеханического резонанса в актуаторах. Он описан для Пьезо Актуаторов, таких как PPA и APA, но также относится Магнитным Актуаторам с упругими направляющими, таким как MICA.

Если приложенное напряжение или внешняя сила меняется со временем, то смещение следует за возбуждением, пока не проявятся динамические характеристики. Предыдущие отношения остаются в силе в квазистатическом режиме, который ограничен примерно третью резонансной частоты. Если актуатор не нагружен, то резонансная частота f_{r0}:

$$f_{r0} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$$

где m - это эффективная масса Пьезоэлектрического Актуатора (не равно общей массе Пьезоэлектрического Актуатора, см. стр. 124).

$$m = K / (2\,\pi f_{r0})^2$$

Если Актуатор нагружается дополнительной массой M, то резонансная частота fr становится:

$$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m+M}}$$

Резонансная частота также зависит от внешних масс, жесткости пружины или демпфирующих эффектов.

Динамическая работа является более сложной из-за ускорения, действующего на пьезоэлектрический актуатор. Смещения (а следовательно и деформации) могут стать очень высокими.

При резонансе, учитывая амплитуду постоянного напряжения, они умножаются на добротность упругой системы Qm (Рисунок 2.15):

$$\Delta U_0 = Q_m.NV/K$$

Скорость вибрации Δv часто используется при динамических операциях и она пропорциональна перемещению:

$$\Delta v = 2\pi f.\Delta U$$

Изменение скорости в зависимости от частоты (Рисунок 2.15) также демонстрирует резонансное явление. Значение коэффициента Qm зависит от многих параметров Актуатора

и нагрузки. Стандартные значения находятся в диапазоне от 20 (высокий уровень) до 200 (низкий уровень) в свободном состоянии. Они уменьшаются в случае резистивной нагрузки (нагрузка демонстрирует демпфирование или излучение энергии).

В связи с этим усилением и механическими ограничениями, максимальное напряжение, которое может быть применено в резонансе значительно ниже, чем при статическом состоянии (Рисунок 2.16). Таким образом, полный ход PPA , APA, UPA и UPD достигается при свободном состоянии лишь несколькими вольтами (от 1 до 10 В).

Максимальное напряжение на резонансной частоте примерно равно максимальному напряжению при статическом состоянии, разделенному на коэффициент Q_m :

$$(V_{max@\ f=f_r}) = (V_{max@\ f=0}) / Q_m$$

Резонанс также влияет на выбросы и колебания, которые можно увидеть на переходной характеристике Актуатора (Рисунок 2.17). Этот нежелательный эффект можно контролировать с помощью соответствующей задающей электроники или дополнительного демпфирования или с управлением с обратной связью (см. 2.11).

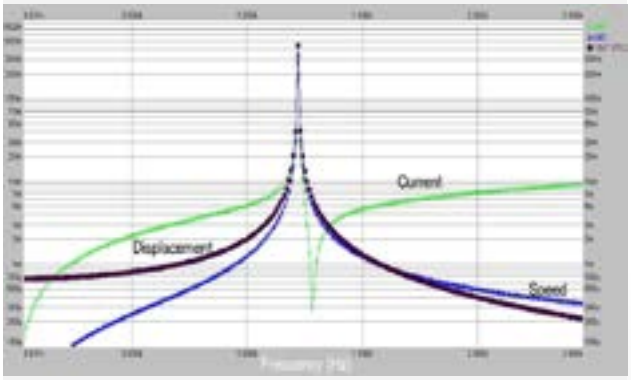
Время отклика Актуатора t_r ограничено частотой резонанса f_r:

$$t_r = 1/(2*f_r)$$

С практической точки зрения, время отклика актуатора может быть ограничено значением времени нагрузки электроники.

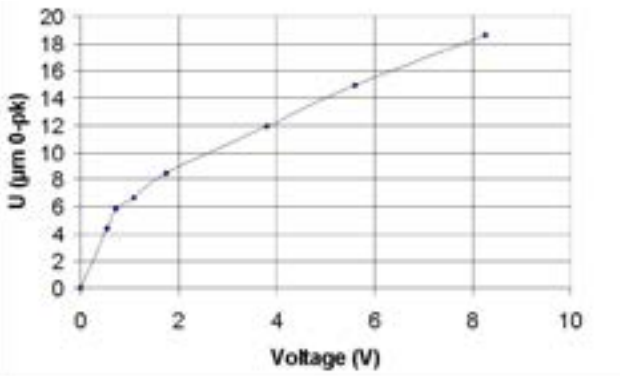
Обратите внимание, что использование Пьезо Актуаторов в динамических условиях (при резонансе или при переходных условиях) требует тщательной разработки и большого опыта, из-за рисков механических повреждений.

На территории РФ обращайтесь в официальное представительство CEDRAT TECHNOLOGIES ООО «Промышленная метрология» для получения консультаций разработкам и испытаниям или запросите и используйте для предварительной оценки CAD модели изделий CEDRAT TECHNOLOGIES.

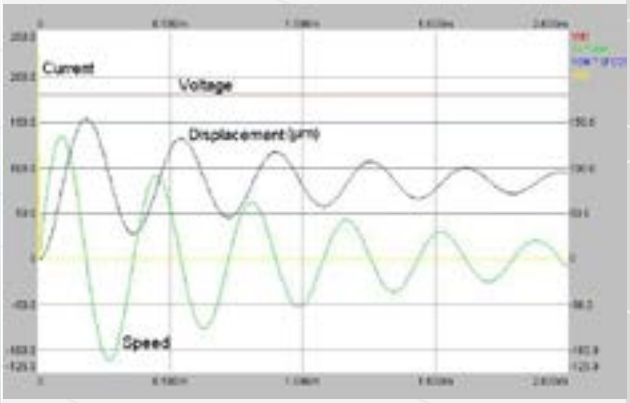


■ Рисунок 2.15: Ток, перемещение и скорость актуатора в зависимости от частоты: эффект резонанса можно увидеть по скорости и току Актуатора

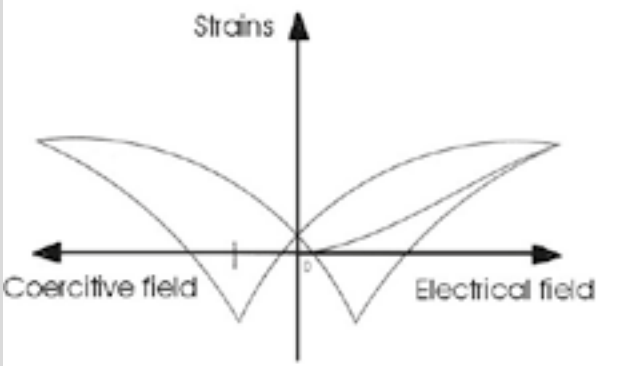
Displacement of the APA® at the resonance in free-free condition



■ Рисунок 2.16: Отношение между смещением и напряжением APA60S при резонансе



■ Рисунок 2.17: Переходный процесс Актуатора APA60S



■ Рисунок 2.18: Соотношение Электрическое поле - деформация в пьезоэлектрическом материале

2.9 ОГРАНИЧЕНИЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ

Пьезоэлектрические актуаторы обладают рядом ограничений, которые должны быть приняты во внимание для правильной разработки в возможных областях применения. Это электрические, механические и тепловые ограничения. Влияние этих ограничений во многом определяется частотным диапазоном, в котором используются актуаторы (табл. 2.2). Диапазоны частот определяются требуемым функционалом и областью применения.

2.9.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Максимальное приложенное напряжение ограничено изолирующим слоем на уровне 150 В. Толщина слоя в MLA составляет 100 мкм, что соответствует электрическому полю 1,5 кВ/мм. Прикладываемое напряжение не может быть менее -20 В. В противном случае, поляризация поменяется на обратную (рис 2.18).

При статических операциях (S область) срок службы пьезоактуаторов, в основном, ограничен совместным действием напряжения постоянного тока и влажности, которая проникает через внешний слой изоляции и приводит к увеличению тока утечки. Больший ток утечки может привести к электрическому пробою.

В режиме динамической деформации при нерезонансной работе (DS область), могут возникать электрические ограничения. Ввиду емкостного характера пьезо актуаторов, чем выше частота, - тем больше ток. В этом случае можно столкнуться с ограничениями усилителей по току. Компания CEDRAT TECHNOLOGIES разрабатывает мощные линейные и импульсные усилители для решения этой проблемы.

■ Таблица 2.2: Различные режимы использования пьезоэлектрических актуаторов

Ref	Название диапазона	Границы частотного диапазона
S	Статический и квазистатический (Static & quasistatic)	От 0 до Fr/3
DS	Динамическая Деформация (Dynamic Strain)	Между Fr/3 и резонансной областью
R	Резонансный (Resonance)	Диапазон 3 дБ в районе частоты механического резонанса
DF	Динамической Силы (Dynamic Force)	Частота выше резонанса
I	Импульсный (S + DS + R + DF) (Impulse)	Весь спектр частот

2.9.2 МЕХАНИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

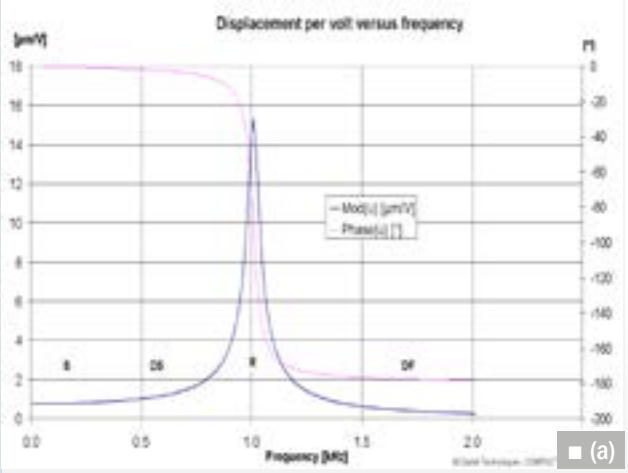
При динамических операциях, особенно в области резонансных частот (R), могут возникать ограничения связанные с пределами механического напряжения.

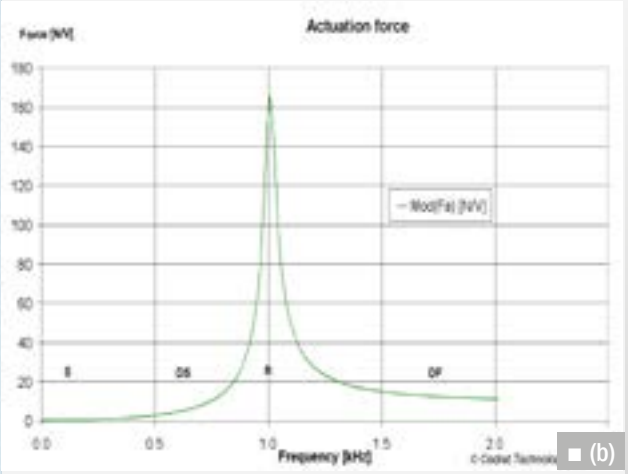
Так как многослойная пьезокерамика - это многослойный и хрупкий материал, то он не может выдерживать воздействие силы растяжения. Также, насколько это возможно, следует избегать изгибающих или крутящих моментов даже в процессе монтажа. Следует избегать растягивающих сил в динамических режимах и режимах переключения. Для того, чтобы преодолеть это ограничение материала, к пьезокерамике должно быть приложено предварительное механическое напряжение, также называемое предварительной механической нагрузкой, которое поддерживает пьезокерамику в сжатом состоянии. Поэтому на всех пьезоактуаторах CEDRAT TECHNOLOGIES применяется четко определенное механическое предварительное напряжение.

При динамических условиях, уровень предварительного механического напряжения в пьезо актуаторе отвечает за ограничение хода актуатора (или амплитуды его колебаний). Подвижные массы генерируют динамические силы и механические напряжения, которые могут быстро разрушить актуатор, если присутствуют растягивающие механические напряжения. Поэтому для поддержания керамики в сжатом состоянии в большинстве актуаторов CEDRAT TECHNOLOGIES применяется сильное предварительное механическое напряжение. Как показано в приведенных ниже примерах - это очень большое преимущество для динамических приложений.

Примеры влияния электрических или механических ограничений на возможности актуаторов.

На примере APA120ML показано преимущество большого предварительного механического напряжения при условиях blocked-free (актуатор предполагается закрепленным на идеально жестком основании), с массой нагрузки 180гр. В статическом режиме он обеспечивает ход 130мкм в диапазоне напряжений 170 В, что соответствует ходу 0,76 мкм на 1 Вольт. Его блокирующая сила 1400 Н, т.е. 8,2 Ньютона на 1Вольт. Его резонансная частота под нагрузкой: 1 кГц. На рисунке 2.19 приведен график отклика актуатора при гармоническом анализе (синусоидальное возбуждение) для четырех областей частот. Максимальная динамическая сила на пике может достигать 700 Н благодаря высокому номинальному уровню предварительного механического напряжения APA120ML. Поэтому в диапазоне ниже резонансной области (DS) в динамике максимальный ход выше, чем его максимальный ход в статике; в то время как ход в резонансной области (R) аналогичен ходу в статике



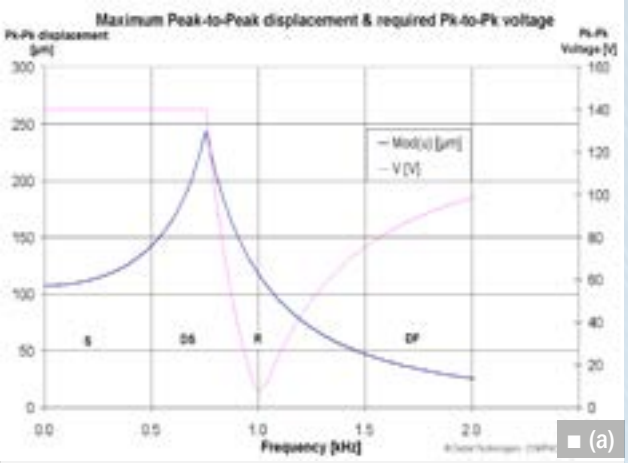


■ Рисунок 2.19: APA120ML при условиях blocked-free, с массой полезной нагрузки 180г: Перемещение (a) и динамическая сила (б) в следствии действия инерционных сил в зависимости от частоты

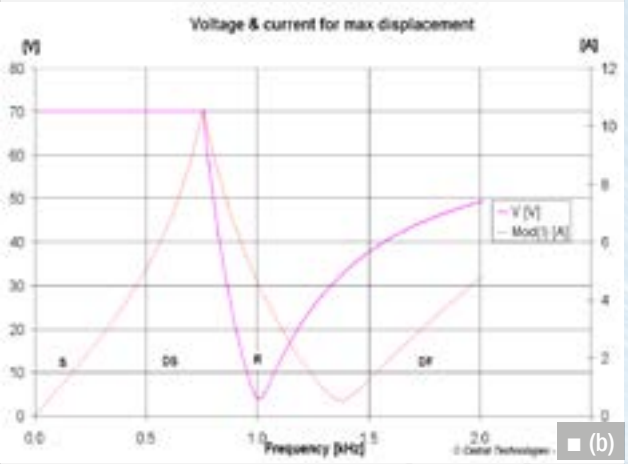
(рисунок 2.20). Это обеспечивает очень широкую полосу для генерации смещения. Динамические силы в диапазоне выше резонанса (DF область) могут достигать блокирующих сил. Указанные динамические свойства имеют большое значение для нерезонансных динамических задач, таких как принудительная генерация вибрации или активное демпфирование, а также для резонансных приложений, таких как генерация вибрации при резонансе.

По этой же причине, APA120ML может выдерживать воздействие больших внешних вибраций и успешно прошел космическую квалификацию. Для еще большего улучшения возможности генерировать или выдерживать динамические перемещения в APA, CEDRAT TECHNOLOGIES предлагает решения, такие как параллельное предварительное напряжение. Следует также отметить, что на частоте ниже резонансной, смещение может быть выше, чем в резонансе, но необходим высокий ток, что может привести к достижению предела мощности электрического усилителя.

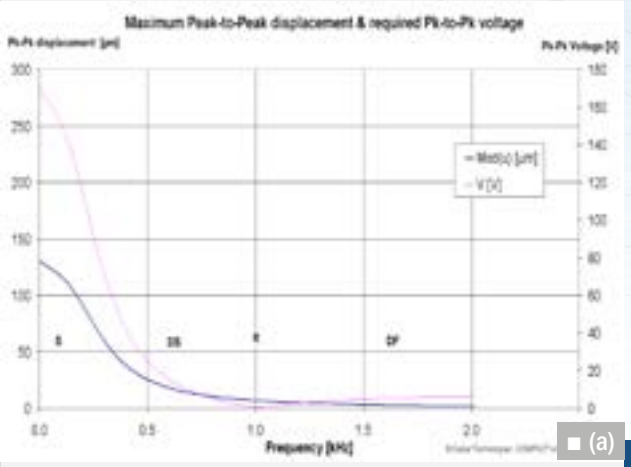
Если APA120ML будет предварительно нагружен в 10 раз меньшим механическим напряжением, то максимальная динамическая сила на пике (в DS интервале) может достигать только 70 Н и поэтому максимальный ход в динамике при резонансе (R) и ниже резонанса будет гораздо меньше, чем его максимальный ход в статическом режиме (рисунок 2.21).



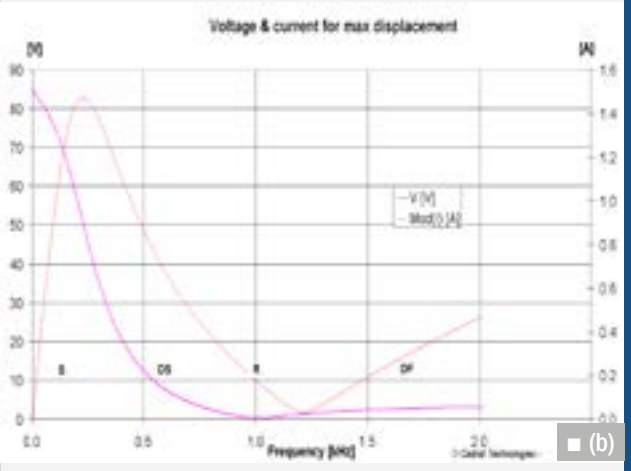
■ (a)



■ (b)



■ (a)



■ (b)

■ Рисунок 2.20: (а) Стандартный APA120ML при условии blocked-free, нагруженный массой 180гр: Максимальное перемещение и соответствующее максимальное напряжение в зависимости от частоты.

■ Рисунок 2.20: (б) Требуемое пиковое напряжение и пиковый ток для достижения смещения (а).

■ Рисунок 2.21: (а) Модифицированный APA120ML с низким уровнем предварительного напряжения (на 90 % меньше номинального) при условии blocked-free, нагруженный массой 180гр: Максимальное перемещение и соответствующее максимальное напряжение в зависимости от частоты.

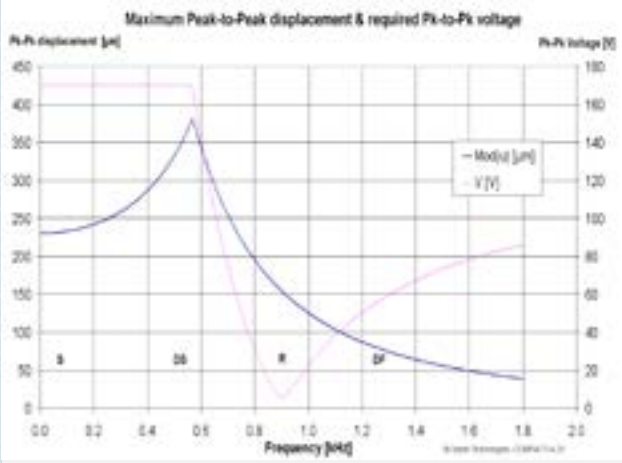
■ Рисунок 2.21: (б) Требуемое пиковое напряжение и пиковый ток для достижения смещения (а).

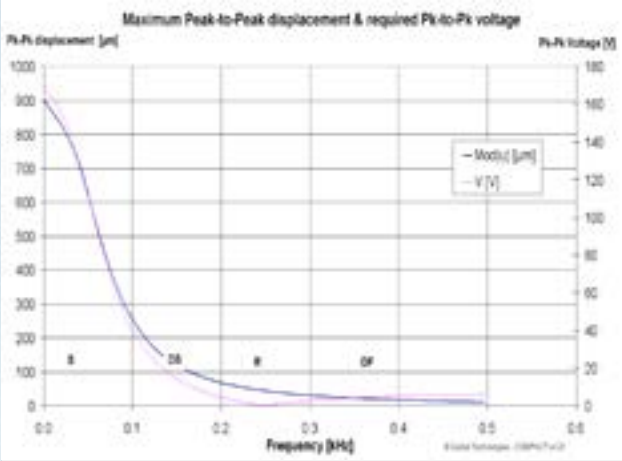
Большинство APA и PPA Актуаторов CTEC может эксплуатироваться при динамических условиях в широком диапазоне частот или в импульсных условиях. Из-за механических ограничений, некоторые пьезоэлектрические актуаторы могут работать только в статических условиях. Чтобы оценить возможность актуатора работать в динамике, можно проверить, насколько близок резонансный ход к статическому, или запросить программу COMPACT tool для расчета.

Отметим также, что APA с большим увеличением хода, такие как APA900M обладают уменьшенным предварительным напряжением. Именно поэтому их максимальный динамический ход в интервалах DS и R ниже, чем их статический ход в области S, и даже гораздо ниже при резонансе. Это ограничение допускает их применение квазистатических условиях. Поэтому APA200M может производить больше смещение на частоте 500 Гц, чем APA900M, хотя его статический ход меньше (рис 2.22) (Таблица 2.3).

Чтобы убедиться, что актуатор может обеспечить высокий динамический потенциал, требуется просто сравнить максимальный динамический ход в резонансе (в технических характеристиках CEDRAT TECHNOLOGIES он приводится с 10% запасом из соображений безопасности) с максимальным статическим ходом. Если полный размах колебаний от максимума до минимума соответствует статическому ходу, то актуатор может работать со своим полным ходом до резонансной частоты, в том числе в DS регионе. Чтобы проверить эту возможность в вашем приложении, пожалуйста, обратитесь в ООО «Промышленная метрология» для оценочного расчета в программе COMPACT tool. Импульсный режим применяемый, например, в инжекторах и пьезоэлектрических затворах (пьезошторках для перекрытия рентгеновских лучей) является наиболее сложным случаем относительно ограничений привода. Для этих задач обычно применяются сигналы ступенчатого воздействия. Это приводит завышенному отклику на ступенчатое воздействие, что явно возбуждает резонанс и может нарушить работоспособность актуатора.

Импульсная характеристика связана с переходным процессом сигнала возбуждения. Она может быть рассмотрена в виде спектра частот, определяемых преобразованием Фурье. Для получения отклика актуатора этот спектр сигнала может быть умножен на ранее приведенную передаточную функцию. Таким образом, импульсное возбуждение, использует актуатор при динамических условиях, сочетающих резонанс и нерезонансные частотные области (DS, R, DF), что генерирует в актуаторе множество механических напряжений. По этой причине, для получения длительного срока службы в условиях импульсных деформаций предпочтительно использовать сильно преднагруженные актуаторы.





■ Рисунок 2.22: APA200M и APA900M при условиях blocked-free, без нагрузки: Максимальное перемещение в соответствии с предварительным механическим напряжения и максимальным применимым напряжением в зависимости от частоты.

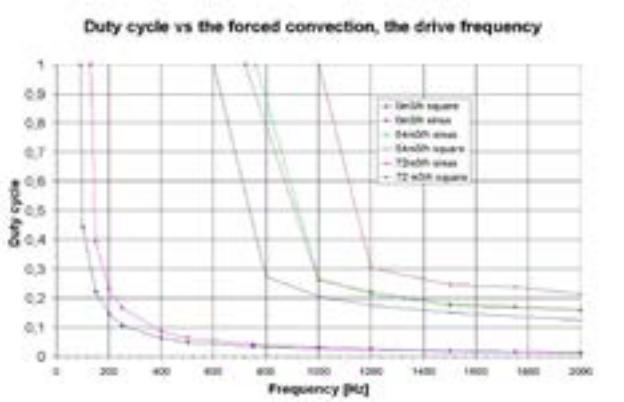
Модель	Ход в статике (мкм от pk до pk)	Ход в резонансе (мкм от pk до pk)	Возможность работы при динамических условиях DS,R,DF, I
APA-120ML	130	115	Очень хорошая
APA-200M	230	150	Хорошая
APA-900M	900	80	Нет

■ Таблица 2.3: Сводная таблица случаев механических ограничений для трех актуаторов

2.9.3 ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ

Пьезоэлектрический привод нагревается при непрерывном возбуждении из-за диэлектрических и механических потерь. Потери носят нелинейный характер и зависят от частоты возбуждения, амплитуды напряжения и уровня влажности. Чтобы избежать эффекта деполяризации керамики требуется контролировать, чтобы температура привода не повышалась выше точки Кюри пьезокерамики. Таким образом, стандартный диапазон температуры находится в пределах -40 °C до + 80 °C.

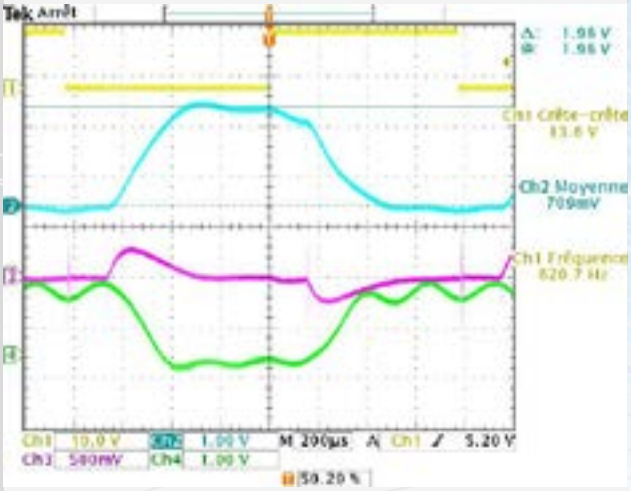
Поэтому рабочий цикл пьезоэлектрического привода в динамическом режиме ограничивается его термическими характеристиками. Например, для поддержания постоянной температуры актуатора APA60SM должен быть уменьшен нагрузочный цикл или должно быть обеспечено принудительное охлаждение при увеличении рабочей частоты (рис 2.23).



■ Рисунок 2.23: Ограничение стандартного APA-60SM вследствие собственного нагревания

В настоящее время ведется много исследований материалов, которые предназначены для производства высокотемпературных MLA (до 200 °C). По запросу CEDRAT TECHNOLOGIES может разработать актуаторы с такими новыми компонентами.

Аналогичным образом, стандартные MLA работают при низкой температуре и уже были испытаны в жидком азоте (77 K, -196 °C): при криогенных температурах они обеспечивают только треть деформации, получаемой при комнатной температуре. Как следствие, при пониженных температурах PPA и APA обеспечивают пониженный ход; LSPA, RSPA, LSPS обеспечивают пониженную скорость.



■ Рисунок 2.24: Напряжение возбуждения и смещение APA во время испытания на срок службы (сверху вниз: Команда, Напряжение, Ток, Перемещение)

При отсутствии самонагревания и растягивающих сил в пьезоэлектрических актуаторах с интегрированным рычажным увеличителем перемещения эффект усталости отсутствует. Например, проведенные непрерывные 6-и месячные испытания APA200M с импульсами полной шкалы (0 - 150 В) с частотой 600 Гц, (рис 2.24) - продемонстрировали способность актуатора работать в течение 10^10 циклов.

Термомеханический эффект может быть проблемой для задач высокоточного позиционирования в большом диапазоне температур: Цирконат Титанат Свинца (ЦТС) в многослойной пьезокерамике обладает переменным Коэффициентом Теплового Расширения (КТР) (в зависимости от некоторых особенностей конструкции). Стандартные пьезоэлектрические актуаторы демонстрируют довольно большой КТР из-за некоторого термического несоответствия пьезо компонента и материала корпуса. Присутствуют некоторые возможности для компенсации КТР. Пожалуйста, обратитесь в ООО «Промышленная метрология» для обсуждения ваших конкретных задач.

2.10 ПРИВЕДЕНИЕ В ДЕЙСТВИЕ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ

Пьезоэлектрический Актуатор - это емкостное устройство с зачастую очень большой величиной емкости (например 110 мкФ). Такое устройство является сложной нагрузкой для управляющей электроники, так как для достижения быстрого отклика требуется значительная скорость передачи заряда. Кроме того, под воздействием механической нагрузки - Актуатор будет производить электрическую энергию.

Линейные усилители являются наиболее распространенными усилителями и обладают высоким отношением сигнал/шум. Импульсные усилители являются более эффективными при реактивной нагрузке для работы в динамическом режиме, но они являются более трудно управляемыми. Общая блок-схема задающей системы для пьезоэлектрической системы приведена на Рисунке 2.25.

При использовании линейного усилителя, напряжение, подаваемое на актуатор, будет прямо пропорционально входному сигналу. Коэффициент усиления установлен на 20. Таким образом, чтобы обеспечить полный ход актуатора, требуется изменять входной сигнал в диапазоне от -1 В до 7,5 В. В этом случае напряжение, подаваемое на актуатор будет изменяться от -20 до 150 В.

Ток для емкостной нагрузки определяется следующим выражением:

$$I_{piezo} = C_{piezo} \times \frac{dV}{dt}$$

Для заданного ограничения по току I_{im}, минимальное время нагрузки определяется по формуле:

$$t_{i,max} = \frac{\Delta V \times C_{piezo}}{I_{lim}}$$

Где ΔV это размах напряжения от максимума до максимума,

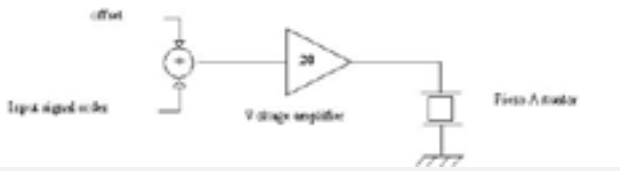
$$\Delta V = 2 \,.\, Vp$$

В динамическом режиме работы, пиковый ток i, подаваемый в актуатор линейно возрастает с частотой синусоидального сигнала.

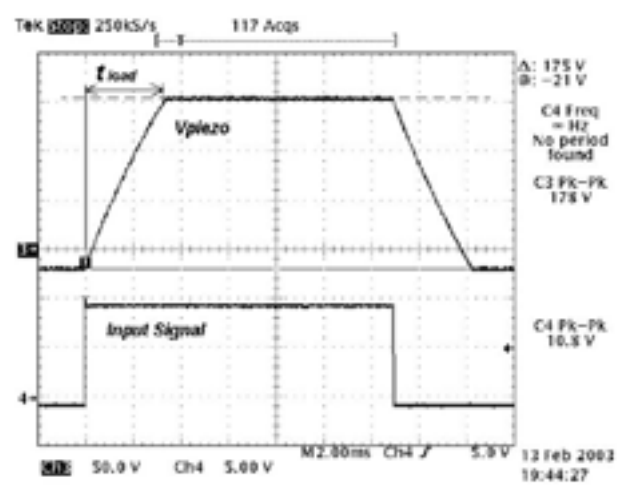
$$i \approx 2\pi \,.\, f \,.\, C_{piezo} \,.\, V_p$$

Где C_{piezo} - это квазистатическая емкость Пьезо Актуатора, и V_p – это пиковое значение синусоидального напряжения, приложенного к актуатору.

Максимальная частота для синусоидального сигнала с учетом ограничения максимального тока, определяется по



■ Рисунок 2.25: Блок-схема системы управления



■ Рисунок 2.26: Ограничение по току ограничивает скорость нарастания напряжения в пьезо

Для пьезоактуаторов существуют несколько ограничений: максимальное напряжение, механическое напряжение растяжения, температурные ограничения. Они должны быть приняты во внимание при проектировании для данных задач. Термомеханический эффект может быть проблемой для задач высокоточного позиционирования в большом диапазоне температур.

СТЕС обладает большим опытом в проектировании Пьезо Актуаторов или механизмов с учетом воздействия окружающей среды (тепловые, случайные вибрации, срок службы ...).

формуле:

$$f_{sine\ max} = \frac{I_{lim}}{\Delta V \times C_{piezo} \times \pi}$$

Максимальная частота для сигнала треугольной формы определяется по формуле:

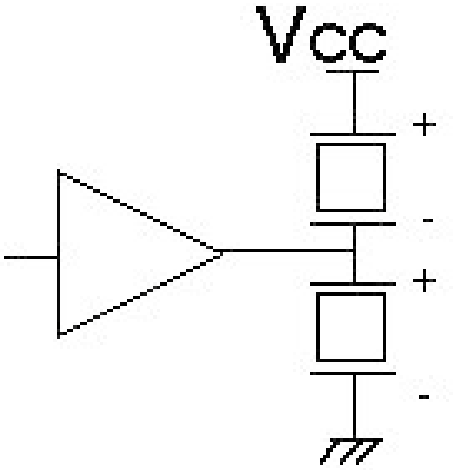
$$f_{triangle\ wave} = \frac{I_{lim}}{2 \times \Delta V \times C_{piezo}}$$

Требуемая эффективная электрическая реактивная мощность Q равна:

$$Q \approx 4 \,.\, f \,.\, C_{piezo} \,.\, V_p^{\,2}$$

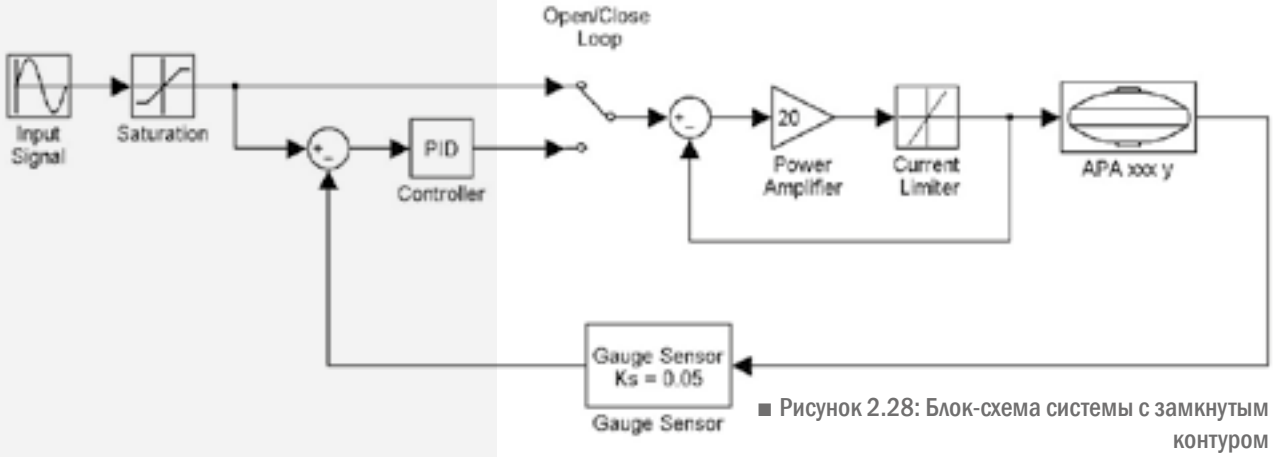
Следует отметить, что емкость C_{piezo} зависит от приложенного напряжения и температуры. Это означает, что в расчет должен быть принят запас на увеличение мощности в результате самонагревания актуатора.

Примечание: Один из вариантов работы на линейном усилителе - это двухтактный режим работы (английский термин «Push-Pull operation»), который может быть использован для приведения в действие наклонных устройств или электрически центрированных механизмов (Рисунок 2.27).



■ Рисунок 2.27: Двухтактная работа с помощью одного электрического усилителя

Доступны два типа приводной электроники: линейная обеспечивает хорошее отношение сигнал/шум, а импульсная является более эффективной. Если требуется высокая точность, то гистерезис компенсируют замкнутым контуром: актуатор, датчик положения и контроллер.



■ Рисунок 2.28: Блок-схема системы с замкнутым контуром

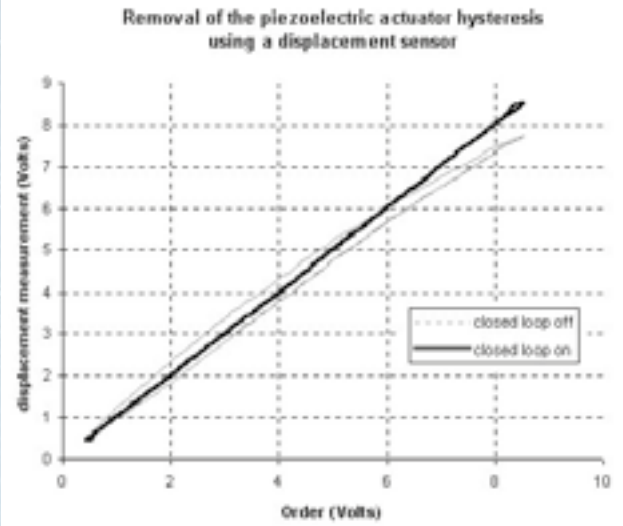
2.11 УПРАВЛЕНИЕ ПЬЕЗО АКТУАТОРАМИ

Разрешающая способность пьезоэлектрического актуатора ограничена электрическими шумами управляющей электроники. Стандартные значения отношения сигнал/шум приводной электроники (ниже резонансной частоты актуатора) составляют от 70 до 85 дБ.

MLA всегда обладает гистерезисом, который ограничивает точность позиционирования. Другие эффекты, такие как дрейф, также ограничивают линейность актуатора. Поэтому чтобы обеспечить линейный отклик пьезоэлектрических приводов часто используется замкнутый контур в комплекте с датчиками перемещений (рис 2.28).

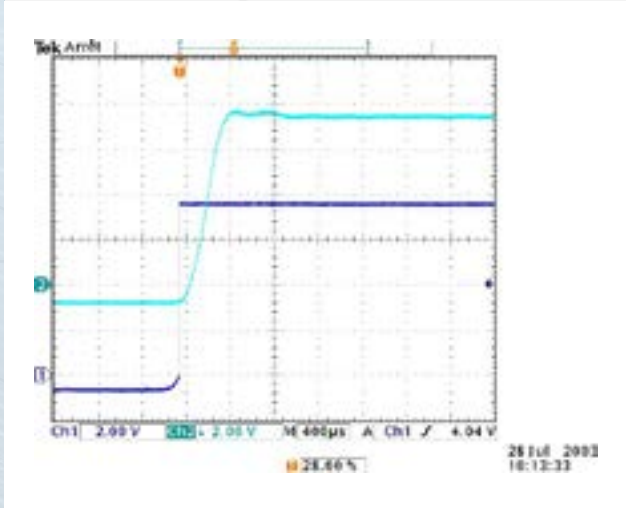
Среди датчиков, тензометрические датчики являются наиболее популярными благодаря удобству их встраивания (рис 2.29 и 2.30). Стандартно достигается точность 1/700 (опция SG) от полного хода актуатора. Также могут быть использованы емкостные датчики перемещения или датчики вихревых токов ECS опция с точностью 1/1000.

В практических ситуациях, с пьезо актуатором в замкнутом контуре, следует учитывать время установления близкое к $t_s = 1/f_r$ (рис 2.31).



■ Рис 2.29: Пример компенсации гистерезиса с помощью датчика перемещения SG

■ Рисунок 2.30: Пример APA150M оснащенного тензометрическим датчиком

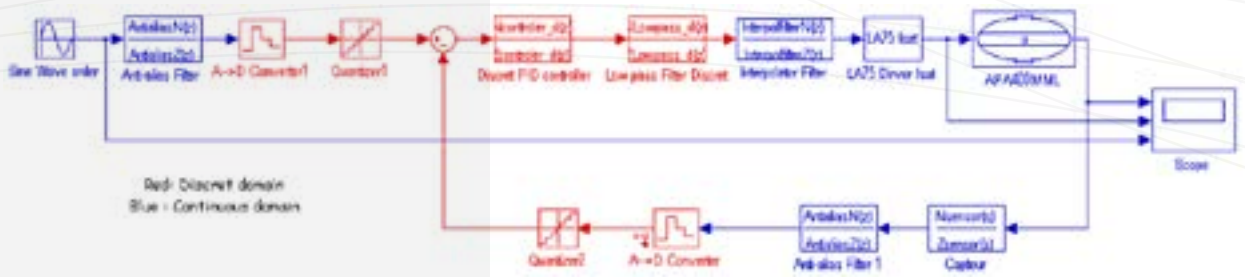


■ Рисунок 2.31: Механический отклик в замкнутом контуре. Отклик пьезо актуатора (канал 2) под воздействием сигнала шагового напряжения (канал 1)

2.12 ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЬЕЗО АКТУАТОРАМИ

Когда требуется точность или скорость, то для улучшения характеристик пьезоэлектрических механизмов, в данную петлю управления встраиваются дополнительные контроллеры. Наилучшим решением для управления перемещением или для уменьшения времени отклика актуаторов путем регулировки применяемой команды являются серво контроллеры (UC45, UC65 или UC75) в сочетании с тензометрическим датчиком SG (в комплекте с преобразователем сигнала датчика положения SG75) или с датчиком вихревых токов ECS (в комплекте с преобразователем сигнала датчика положения ECS75). Цифровое управление может рассматриваться подобно аналоговому управлению (рисунок 2.32) и также включает АЦП (аналого-цифровой преобразователь) и ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь). АЦП включает в себя несколько функций (рис. 2.33).

Частотой дискретизации является скорость преобразования входного сигнала аналого-цифровым преобразователем. Сигнал поступает на аналоговый входной тракт и преобразуется в цифровые значения, определяющие уровень напряжения. Это обозначает, что после усиления цифровой преобразователь будет дискретизировать сигнал с любым коэффициентом ослабления, коэффициентом усиления и/или фильтрацией по аналоговому входу и конвертировать результирующий сигнал в цифровой вид. Чем выше частота дискретизации, тем лучше будет определяться сигнал. Частота дискретизации напрямую зависит от частоты преобразуемого сигнала. Теорема Найквиста (Котельникова) утверждает, что для точного восстановления формы сигнала сигнал должен



■ Рисунок 2.32: Блок-схема управляющей петли с цифровой обратной связью

■ Рисунок 2.33: Структура аналого-цифрового преобразователя

быть дискретизирован с двукратно большей частотой по сравнению с самой высокой частотой в спектре аналогового сигнала; в противном случае при частоте дискретизации, меньшей частоты Найквиста, в спектре дискретизованного сигнала возникнет побочная низкочастотная составляющая.

На практике рекомендуется делать частоту дискретизации по крайней мере в 30 раз выше частоты среза непрерывной системы, для того чтобы сохранить характеристики непрерывной системы на приемлемом уровне.

Другой параметр АЦП и ЦАП – это квантование по уровню. Квантование (англ. quantization) — разбиение диапазона значений непрерывной или дискретной величины на конечное число интервалов. Проще говоря, квантование – это округление дискретных значений сигнала до ближайших целых чисел из набора фиксированных уровней, на которые разбивается весь диапазон изменения сигнала, число этих уровней конечно и они называются уровнями квантования.

Не следует путать квантование с дискретизацией (и, соответственно, шаг квантования с частотой дискретизации). При дискретизации изменяющаяся во времени величина (сигнал) замеряется с заданной частотой (частотой дискретизации), таким образом, дискретизация разбивает сигнал по временной составляющей. Квантование же приводит сигнал к заданным значениям, то есть, разбивает сигнал по уровню. Сигнал, к которому применены дискретизация и квантование, называется цифровым.

Цифровой сигнал представляется в виде слова конечной длины (например, 16 бит), описывающего полный диапазон аналогового сигнала.

Разрешающей способностью АЦП называется величина, обратная максимальному числу кодовых комбинаций на выходе АЦП. Этот параметр определяет какой минимальный уровень входного сигнала (относительно сигнала полной амплитуды) способен воспринимать АЦП.

Разрешающая способность = 1/ (2^N)

Точность и разрешающая способность – две независимые характеристики. Разрешающая способность играет определяющую роль тогда, когда важно обеспечить заданный динамический диапазон входного сигнала. Точность является определяющей, когда требуется поддерживать регулируемую величину на заданном уровне с фиксированной точностью.

3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, РЕШЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Этот раздел посвящен решениям CTEC для различных областей применения на основе стандартных и заказных изделий.

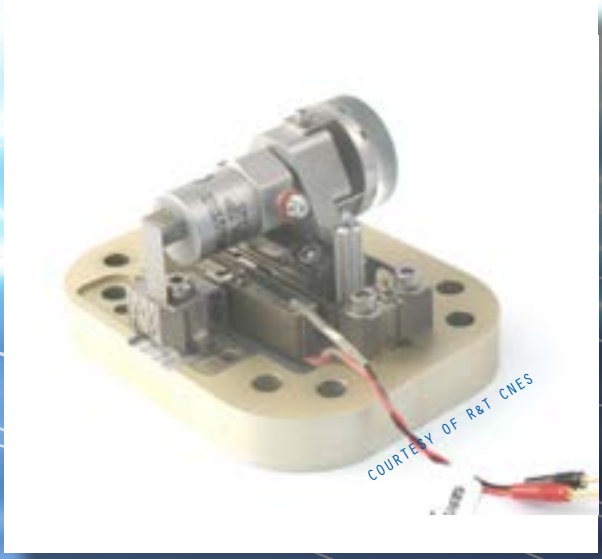
Цель этого раздела состоит в предоставлении заказчикам различных идей о Функционале и Областях Применения компонентов CEDRAT TECHNOLOGIES (CTEC). Области Применения и их Рабочие Условия приведены в разделе 3.1.

CTEC является компанией, ориентированной на заказчика, и производит и продает не только стандартные продукты, но и индивидуальные решения, особенно для OEM серий.

Могут возникнуть такие ситуации, что линейки стандартных актуаторов CTEC будет недостаточно:
- Ход стандартных актуаторов не такой большой,
- Стандартные механические интерфейсы не очень хорошо подходят для области применения,
- Для приложения требуется механизм более сложный, чем отдельный актуатор,
- Требуется обеспечить особый параметр, например, - немагнитность.

Решения по устранению ограничений приводятся в разделе 3.1 с дополнительными технологическими решениями, представленными в разделе 3.2.

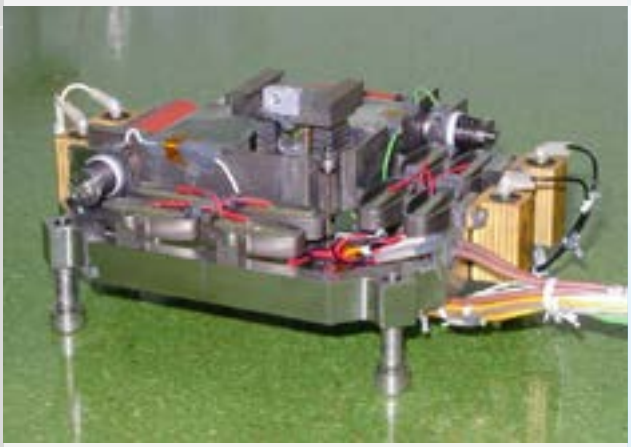
Во всех этих случаях, CTEC предоставляет услуги, представленные в разделе 3.3, для помощи в подборе экономически целесообразного решения на основе сочетания стандартных изделий, конструктивных блоков, собственного опыта и возможностей развития.



Сервис не заканчивается с доставкой изделий. Обслуживание и поддержка - наше самое важное обязательство и мы гарантируем это с ООО «Промышленная метрология». Инженерная, производственная служба совместно с отделом контроля качества готовы оказать Вам помощь начиная от концепции, в процессе разработки, до оказания технической помощи во время процесса внедрения.

Рабочие условия	Силы инерции	Электрическая мощность	Функционал /используется для	Области применения / используется для
Статика	Незначительны	Незначительная	• Микропозиционер • Низкоскоростной актуатор • Генератор силы	• Микро и Нано позиционирование • Регулировка расхода (газа, жидкости) • Нагрузочные испытания материала
Динамическая деформация, не резонанс	Принимаются в расчет	Может быть очень высокой (требуемый уровень эл. тока может быть ограничением)	• Широкополосный генератор вибрации • Виброгаситель Высокоскоростной актуатор	• Высокочастотный шейкер • Вспомогательные вынужденные колебания • Активное демпфирование, Изоляция • Шторка, XY сканирование • Высокоскоростное позиционирование • Циклическое напряжение материала
Динамическая деформация, резонанс	Высокие	Принимается в расчет (Подаваемое напряжение должно контролироваться)	• Генератор вибрации больших амплитуд • Звуковой излучатель • Ультразвуковой излучатель	• Вспомогательные резонансные колебания • Сварка ультразвуком, инжекционное формование • Дегазация жидкости, очистка
Динамическая сила	Высокие	Высокая	• Вибрация вспомогательной массы/ генерация силы • Демпфер с вибрацией вспомогательной массы	• Генераторы незатухающих колебаний в конструкции • Ударные устройства (молотки) • Активное демпфирование конструкции
Импульсная деформация (Динамическая)	Могут быть высокими	Может быть очень высокой (Требуемый уровень эл. тока может быть ограничением)	• Высокоскоростные • Двухпозиционные актуаторы • Ударные • Пьезодвигатели с увеличенным ходом (SPA)	• Шторки (пьезо затворы) • Инжекция жидкости, газа (впрыскивание) • Автоматический выключатель • Высокоскоростное позиционирование • Позиционирование с увеличенным ходом
Прямой пьезоэффект (Динамический)	Могут быть высокими (из-за внешних вибраций)	Незначительная (Должно контролироваться генерируемое напряжение)	• Электрогенератор • Датчик силы	• Преобразователи энергии (механической в электрическую) • Электро воспламенители • Датчики силы

■ Таблица 3.1: Области применения, Функционал и Условия работы



■ Рисунок 3.1: Космический Инструмент Midas (с разрешения EKA)

3.1 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ФУНКЦИОНАЛ И УСЛОВИЯ РАБОТЫ

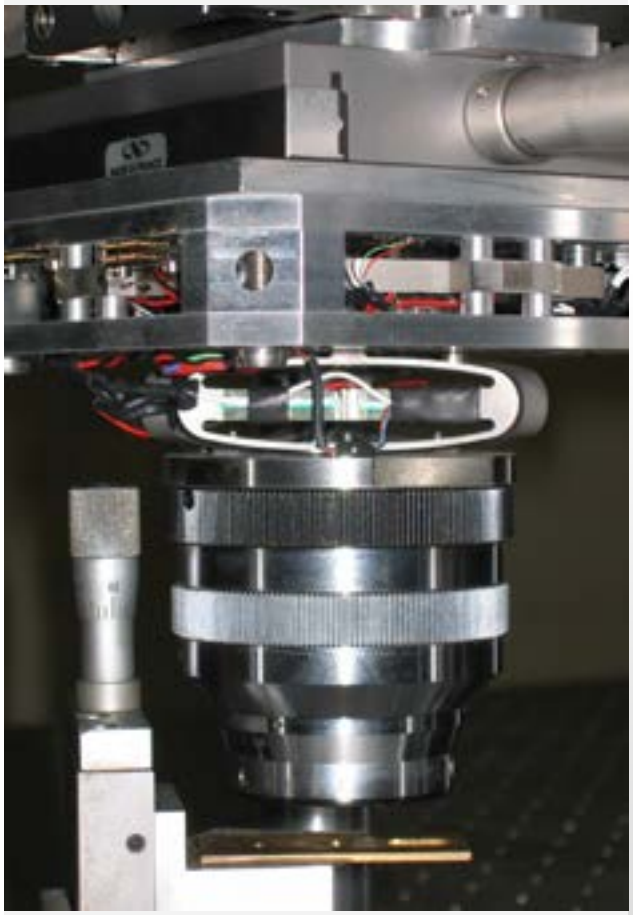
Предыдущая таблица устанавливает связь между Областями применений, требуемыми Функциями и связанными с ними Рабочими Условиями.

Рабочие условия - это кинематические условия, поэтому в расчет принимается влияние инерционных и динамических сил. Условия работы были разделены на несколько кинематических условий: Статические, Динамические, Не резонансные, Резонансные ...

Функционалом является тип физического действия или операция (Сила, движение, вибрация, ...), которую генерирует пьезоэлектрический актуатор в системе пользователя. Функционал отвечает на вопрос: Как актуатор используется в системе?

Область применения является следствием функционала актуатора внутри системы. Применение отвечает на вопрос: Для чего используется работа / функционал актуатора?

Рабочие условия в большей или меньшей степени определяют требования к актуатору и электронике. Они связаны с различными частотными областями, введенными в предыдущем разделе. Большинство актуаторов CEDRAT TECHNOLOGIES благодаря уровню их предварительной механической нагрузки действительно могут работать в динамических условиях, что открывает широкие возможности для их применений. Для выбора актуатора для данного приложения, полезно знать его функционал и условия работы (таблица 3.1).

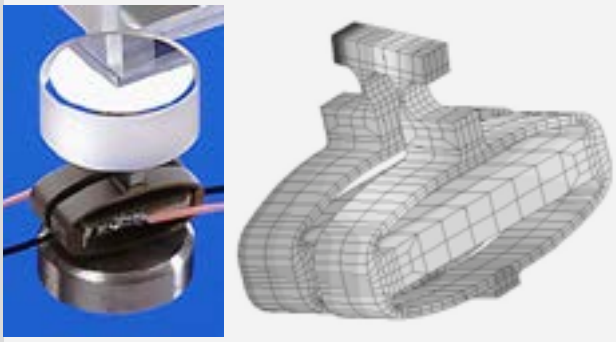


■ Рисунок 3.2: Сборка XYZ200M-SG для ИК спектроскопа (с разрешения GES Lab / Университет Монпалье)

3.1.1 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

XY И XYZ МЕХАНИЗМЫ МИКРО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Компанией CEDRAT TECHNOLOGIES были разработаны несколько XY сборок для различных задач. «XY» - условное обозначение для перемещения в XY плоскости.
Произведенный по заказу XYZ механизм инструмента MIDAS космической миссии ROSETTA был разработан по контракту ESA / ESTEC на основе стандартных APA50S и PPA10M. Функционал этого механизма состоит в обеспечении сканирующего движения с нанометровым разрешением в атомном силовом микроскопе (АСМ) при жестких условиях эксплуатации (рис 3.1). Хотя требовалось обеспечить работу только в статических условиях, но способность актуаторов CEDRAT TECHNOLOGIES выдерживать воздействие больших вибраций, благодаря их предварительному напряжению,



■ Рисунок 3.3: Преобразователь в угловое движение TT50S (на основе 2-х актуаторов APA50S) производит угловое перемещение +/- 0,5 ° и обладает резонансной частотой 1800 Гц, а) Актуатор; б) моделирование методом конечных элементов

■ Рисунок 3.4: DTT35XS на основе 4-х APA35XS (с разрешения EADS SODERN)

■ Рисунок 3.5: Миниатюрный преобразователь в угловое движение TT40uXS (с разрешения ETHZ)

позволила механизму пройти тесты на вибрацию. Он был запущен в 2004 году и успешно испытан после запуска.

В 2014 году механизм успешно заработал на комете Чурюмова-Герасименко после 10-летнего полета в космосе.

Другой пример XYZ механизма, разработанного для оптического применения приведен на Рисунке 3.2. Этот механизм способен выполнить любой ход в пределах [-100, + 100 мкм] x [-100, + 100 мкм] x [0,200 мкм]. Он изготовлен полностью на стандартных компонентах. Механизм объединяет в себе стандартную сборку XY200M на основе 4 APA200M для центрированных XY перемещений (функция сканирования) с набором из трех APA200M для Z перемещений (функция фокусировки).

МЕХАНИЗМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В УГЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Так как актуаторы APA довольно плоские, то они могут быть расположены параллельно. Такое решение представляется интересным для увеличения силы или для наклона. Плоская форма APA позволяет размещать рабочие оси актуаторов близко друг к другу, что позволяет получить относительно большой угол наклона. Такое решение продемонстрировано на примере первого преобразователя линейного движения в угловое: TT50S на основе двух актуаторов APA50S. Преобразователь позволяет осуществлять угловое перемещение в диапазоне +/- 0,5 ° на резонансной частоте 1800 Гц. Для разработки гибких флексеров в этом механизме может быть использован метод конечных элементов (рис 3.3).

На основании возможности параллельного расположения были разработаны стандартные изделия для отклонения оптических элементов: преобразователь в угловое движение TT60SM и преобразователь в угловое движение по двум углам DTT35XS. TT60SM и DTT35XS изготовлены соответственно на основе 2-х APA60SM и 4-х APA35XS, установленных с применением гибких флексеров.
На основе других стандартных актуаторов могут быть получены другие механизмы наклона с индивидуальными характеристиками. Например, по заказу EADS для проекта PHARAO была разработана версия DTT35XS для космического применения (рис 3.4). Этот механизм должен выдерживать внешние вибрации. Достоинства этого механизма определяются характеристиками APA.
Другая конфигурация для наклонного движения была разработана для поворота лопастей миниатюрных вертолетов для Федерального Технологического Института г. Цюриха ETZH (аббревиатура от «Swiss Federal Institute of Technology in Zurich») (рис 3.5). Механизм является монолитным и использует два APA в двухтактной конфигурации. Он позволяет получать отклонение до 10 ° и весит только 0,35 г.

ТРИПОДЫ, ГЕКСАПОДЫ

Актуаторы CEDRAT TECHNOLOGIES также были использованы для создания сложных механизмов для нано-позиционирования, таких как триподы, гексаподы, механизмы с 5 степенями свободы для применения в астрономии и космической оптике.

Например, Швейцарский центр электроники и микротехнологий (Swiss Center for Electronics and Microtechnology - CSEM) и NTE разработали трипод для нано-позиционирования и стабилизации зеркала M5 для проекта ELT (аббревиатура от «Extremely Large Telescope») по заказу ESO. Масса зеркала состевляет 400 кг, что вызывает статическую нагрузкую. Дополнительно имеют место и динамические нагрузки (за счет возможных землетрясений), которые должны быть добавлены к функциональной динамической нагрузке. После анализа альтернативных решений, CSEM и NTE выбрали технологию APA. 3 особо крупных актуатора APA500XXL, разработанных по индивидуальному заказу компанией CEDRAT TECHNOLOGIES, удовлетворяют этим жестким требованиям (Рисунок 3.6).

Другие примеры применения пьезоэлектрических актуаторов в механизмах приведены здесь:

http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/Mehanizmy

■ Рисунок 3.6: APA500XXL для механизма ELT M5 (с разрешения CSEM, NTE и ESO)

3.1.2 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕРЕЗОНАНСНЫХ УСЛОВИЯХ

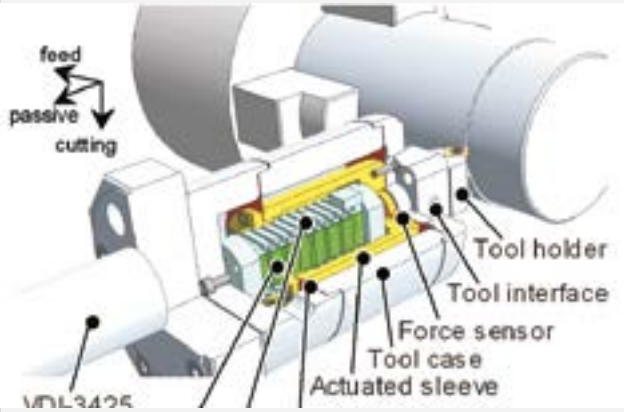
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ XY СБОРКИ ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ, СТАБИЛИЗАЦИИ ...

Компанией CEDRAT TECHNOLOGIES серийно производится несколько XY сборок в OEM исполнении для высокоскоростного микро-сканирования и стабилизации.
В сборке XY25XS (рис 3.7.a) также как и в сборке XY200M, - используется параллельная работа пьезоактуаторов. Эта конфигурация является оптимальной для быстрого движения и предоставляет новые возможности для применения в оптике. Например, высокоскоростное микро-сканирование является очень полезным в оборонных применениях в инфракрасных камерах для повышения разрешения камеры. В этом применении короткое время отклика актуаторов используется для формирования комбинированного изображения, что позволяет провести реконструкцию изображения из нескольких снимков с частотой 100 Гц. В этом применении актуаторы используются преимущественно в режиме Импульсной Деформации. Кроме того, XY сборка должна работать, несмотря на воздействие внешних вибраций, так как камера встроена в военные транспортные средства. Динамические характеристики актуаторов CEDRAT TECHNOLOGIES подходят для приложений этого класса.

■ Рисунок 3.7a: XY сборка для микросканирования на основе APA25XS

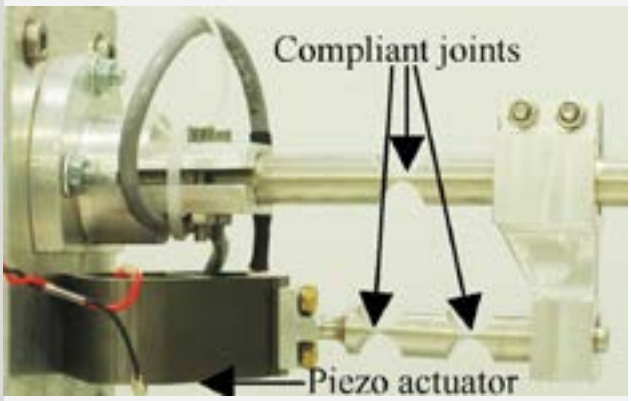
■ Рисунок 3.7б: XY сборка для стабилизации на основе MICA

■ Рисунок 3.8: Серво Пьезо Инструмент SPT400MML



■ Рисунок 3.9: Смарт Инструмент на основе PPA60L (с разрешения IFW)

■ Рисунок 3.10a: активная компенсация вибрации с APA на лыжах (с разрешения Rossignol и ESA)



■ Рисунок 3.10-B: активная компенсация вибрации с APA в медицинском роботе Cardiolock (с разрешения IRCAD)

Для задач, требующих большие перемещения, могут использоваться магнитные актуаторы, работающие параллельно. На рисунке 3.7.б показана XY сборка на основе малогабаритных актуаторов MICA, обеспечивающая ход 2мм x 2мм, которая предназначена для оптической стабилизации.

СЕРВО ПЬЕЗО ИНСТРУМЕНТЫ

Компанией CEDRAT TECHNOLOGIES были разработаны Серво Пьезо Инструменты SPT (аббревиатура от «Servo Piezo Tools»), доступные в качестве OEM изделий и предназначенные для высокоскоростной и высокоточной механической обработки. Задачи могут варьироваться: от обработки овального поршня до обработки асферической линзы.

Например, в SPT400MmL используется пьезоэлектрический актуатор с интегрированным рычажным увеличителем перемещения APA400MmL для получения большого и быстрого движения алмазного инструмента (400 мкм на частоте более 100 Гц).

SPT400MmL располагается в корпусе, а сухой воздух используется для удаления пыли с корпуса. Система включает в себя датчик вихревых токов для контроля положения (Eddy Current Sensor). SPT400MmL (рис 3.8) приводится в действие стандартным линейным усилителем LA75C. Замкнутый контур реализуется с платформой реального времени (Dspace, Delta Tau PMAC, ...) или с применением UC75 для выполнения следующих задач:

- Замыкание контура между SPT и датчиком вихревых токов,
- Синхронизация петли с главной осью станка.

АКТИВНЫЕ ВИБРОГАСИТЕЛИ

В сочетании с правильно подобранной задающей и управляющей электроникой, пьезоактуаторы считаются подходящим решением для активно гашения вибрации механической конструкции. Компания CEDRAT TECHNOLOGIES уже разработала и произвела несколько OEM решений, на основе на APA и PPA для активного контроля вибрации (ACV) на металлорежущих станках (рис 3.9), механических структурах и лыжах (рис 3.10) и способствовала развитию новых применений ACV, например, в медицинских роботах CARDIOLOCK.

Актуаторы или системы для активного демпфирования также доступны по запросу. Другие примеры активного демпфирования приведены здесь:
http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/mechatronic_systemc/vibration_control/

ГЕНЕРТОР ВИБРАЦИИ РАБОТАЮЩИЙ В РЕЖИМЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Пьезоактуаторы с интегрированным рычажным увеличителем

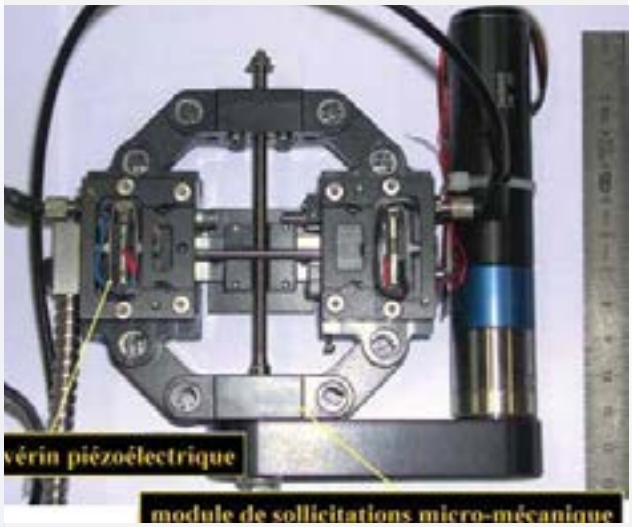
перемещения (APA) и параллельно-преднагруженные актуаторы (PPA) нашли свое применение в ряде задач для генерации колебаний в режиме вынужденных колебаний (ниже резонанса): Они могут обеспечивать такой же ход, как при резонансе, что не достижимо с преобразователями Ланжевена. Их диапазон частот может достигать ультразвуковых частот (> 20 кГц). В режиме вынужденных колебаний, их ход не так чувствителен к нагрузке, как в резонансном режиме работы. Вот почему APA и PPA постепенно заменяют преобразователи Ланжевена в приложениях для звуковых и ультразвуковых преобразователей.

Для питания актуатора в режиме вынужденных колебаний требуется мощные усилители. Линейный усилитель LA75C способен выполнять эту функцию, но более подходящим является импульсный усилитель SA75D, обеспечивающий мощности до 3 кВа (30 А, 170 В). Для магнитных актуаторов, таких как MICA, компания CEDRAT TECHNOLOGIES квалифицировала несколько доступных на рынке усилителей, с мощностями до 10 кВ. Пожалуйста, свяжитесь с нами, если Вам требуется осуществить такой выбор.

В режиме вынужденных колебаний APA и PPA, как правило, используются в стендах для механических испытаний материалов. Например, при испытаниях на долговечность силиконовых деталей или пленок компании Semicon (рис 3.11). Также вынужденные колебания используются в механизмах для вибрационных испытаний, например, в пьезоэлектрических шейкерах (рис 3.12).

MICA - это новая альтернатива для вибрационных испытаний. Он обеспечивает большие перемещения (до 10 мм) для электродинамических шейкеров в гораздо более компактных габаритах.

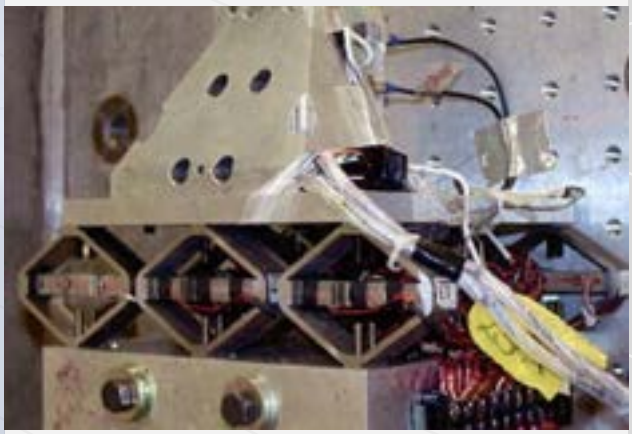
Другим видом промышленных применений этого режима является генерация вспомогательных колебаний для различных процессов. Вынужденные колебания полезны во многих процессах, таких как резка продуктов, стекла, гравировка, механическая обработка (фрезерование, сверление ...), экструдирование (штамповка выдавливанием) и т.д. Как правило, вспомогательные колебания увеличивают скорость процесса обработки и/или качество поверхности.
Результат проекта AVIBUS под координацией CEDRAT TECHNOLOGIES является примером механической обработки с генерацией вспомогательных колебаний VAM (аббревиатура от «Vibration Assisted Machining») и MAM (аббревиатура от «Modulation Assisted Machining»). По результатам испытаний, проведенных ARTS и CETIM (аббревиатура от «Technical Centre for Mechanical Industries»), держатель инструмента с генерацией вспомогательной вибрации VAD (аббревиатура от «Vibration Assisted Drilling») рис 3.11.б позволяет сократить время бурения в 3 раза.
Другой пример применения – это автоматизированная нарезка



■ Рисунок 3.11a: Механизм для циклического механического напряжения (с разрешения 3S Lab, UJF)

■ Рисунок 3.11.b: Держатель инструмента (проект AVIBUS, вспомогательные вибрации при бурении – VAD)

■ Рисунок 3.11.c: Нож для резки продуктов с генерацией вспомогательных колебаний, с применением MICA



■ Рисунок 3.12: Пьезоэлектрический шейкер (с разрешения Sandia Lab)

продуктов. В этом случае из-за большой эластичности, требуются большие перемещения. Это достигается обеспечением колебаний ножа с помощью специализированных магнитных актуаторов MICA (рис 3.11.c).

Другие примеры применения вынужденных колебаний с применением изделий CEDRAT TECHNOLOGIES приведены здесь:
http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/ultrasonic_transducers/Customized_ultrasonic_transducers/#charact

■ Рисунок 3.13: Вид Ультразвукового Пьезо Актуатора (Ultrasonic Piezo Actuator-UPA)

3.1.3 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЗОНАНСНЫХ УСЛОВИЯХ

ПЬЕЗО ВИБРАТОРЫ РАБОТАЮЩИЕ ПРИ РЕЗОНАНСЕ

PPA и APA производства CEDRAT TECHNOLOGIES также успешно используются в резонансном режиме для генерации колебаний на фиксированной частоте.

В некоторых случаях могут быть полезны специальные интерфейсы, например, для генерации ультразвуковых колебаний на основе APA. Были разработаны Ультразвуковые Пьезоэлектрические Актуаторы UPA (аббревиатура от «Ultrasonic Piezo Actuator»), обеспечивающие более компактное решение по сравнению с преобразователями Ланжевена. Конструкция UPA такая же, как и у APA, но они закрепляются вдоль длинной оси, чтобы механически развязать основание и генерацию вибрации (рис 3.13).
Ультразвуковые Пьезо Приводы UPD (аббревиатура от «Ultrasonic Piezo Drives») являются ультразвуковыми генераторами вибрации, которые выглядят также как UPA. Они включают 2 ортогональных компонента колебаний, которые могут быть объединены, чтобы получить эллиптическую вибрацию.
UPA и UPD являются изделиями, произведенными по специальному заказу. Они нашли применение в механической обработке (например, ультразвуковая гравировка) и в ультразвуковых пьезо двигателях.

■ Рисунок 3.14а: Актуатор с активной массой PMA900M

■ Рисунок 3.14б: MICA200L изготовленный по заказу, применяемый с полезной массой для компенсации вибрации

По сравнению с преобразователями Ланжевена (наиболее стандартная конструкция для генерации ультразвука, которая также освоена CEDRAT TECHNOLOGIES - пожалуйста, обращайтесь для получения отдельной документации.), - UPA и UPD обеспечивают ряд существенных преимуществ:
- Гораздо меньший размер и вес, для тех же частот и амплитуд смещения,
- Значительно более высокие деформации, связанные с указанными выше преимуществами,
- Намного меньшее напряжение (от 1 до 10 В, вместо от

200 до 1000 В).

3.1.4 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ РЕЖИМОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛЫ

АКТУАТОРЫ С КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ МАССОЙ

Задачи актуатора с депфером, использующим колебания массы PMA (аббревиатура от «Proof-Масса Actuator ») состоят в создании в конструкции динамических сил. Применяется для возбуждения колебаний в конструкции (шейкер с колеблющейся массой) или наоборот в компенсации колебаний в конструкции (демпферы с колеблющейся массой).

Пьезоэлектрические PMA компании CTEC изготовлены на основе APA. В конструкции PMA активная масса закреплена на одной стороне актуатора. Также возможно применение направляющих (рис 3.14). Вторая сторона привода закреплена на основании. В результате действия в основании сил инерции, вызванных активной массой, - возникают динамические силы на резонансной частоте и на частоте выше резонанса. При этом PMA может обеспечить величину динамических сил до уровня блокирующих сил APA.

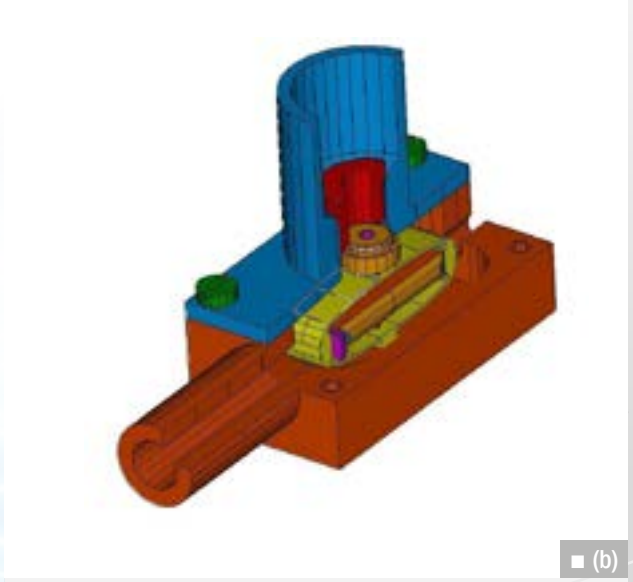
PMA на основе APA является компактным и может работать при относительно низкой частоте. PMA900M произведен на основе APA900M с активной массой 0.23 кг. Его резонансная частота 60 Гц. Он может генерировать динамическую силу до 10 Н с частотой от 50 Гц до 500 Гц. Этот актуатор был разработан для уменьшения шума в салоне самолета для итальянской корпорации авиастроения и космонавтики ALENIA в рамках европейского НИОКР проекта MESEMA (аббревиатура от «Magnetoelastic Energy Systemc for Even More Electric Aircraft») рабочей группы FP6.

Также были успешно использованы магнитные актуаторы MICA разработанные по специальным требованиям (рис. 3.14б). В конструкцию MICA включен демпфер с колеблющейся массой для компенсации вибрации. Этот актуатор способен генерировать вибрации с ходом более 1 мм, силой 200 Н и частотами до 500 Гц. В режиме с активной массой рабочая частота находится в диапазоне 50-500 Гц.

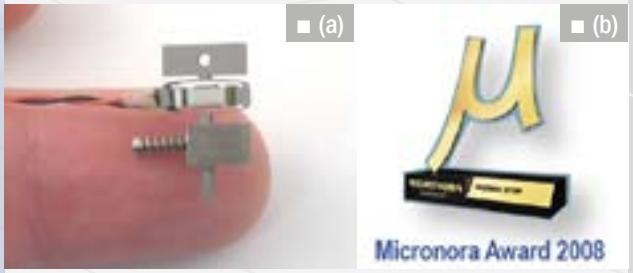
3.1.5 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМОВ

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПЬЕЗО КЛАПАНА

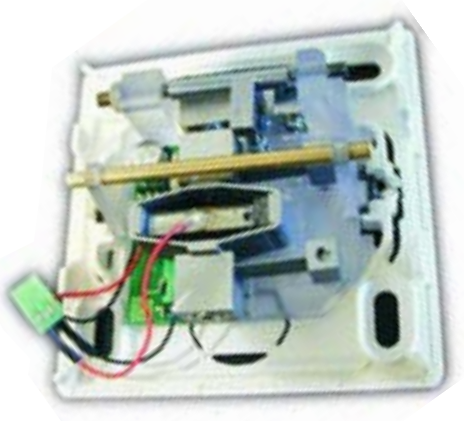
Хорошо известные преимущества APA (быстрый отклик и точное позиционирование) были использованы в конструкциях клапанов для получения высокого быстродействия и впрыска с высокой точностью дозирования.



■ Рисунок 3.15: Пневматический пьезо клапан (а) аппаратный вид (б) CAD вид



■ Рисунок 3.16: LSPA30uXS пьезо двигатель (а) и золотой приз MICRONORA (б)



■ Рисунок 3.17: пьезо генератор на основе APA60SM, для преобразования механических ударных нагрузок в электроэнергию (с разрешения LEGRAND)

Первый газовый клапан (Рисунок 3.15) был произведен на основе небольшого пьезоэлектрического актуатора с интегрированным рычажным усилителем перемещения (APA100S) и далее приводился в действие с помощью импульсного усилителя, чтобы получить высокую частотную модуляцию. Была получена частота более 400 Гц и ходом 100 мкм. Эти параметры могут быть подходящими и для бензиновых форсунок.
Компания CEDRAT TECHNOLOGIES уже разработала гидравлические пьезо клапаны для европейского проекта MESEMA и космические пьезо клапана по контрактам EKA (Европейское Космическое Агентство), обеспечивающих движение микро спутников.

По вопросу разработки специализированных клапанов пожалуйста свяжитесь с ООО «Промышленная метрология» или посетите страницу:
http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/Electro_fluidic_devices

■ Рисунок 3.18: Кольцевидный MLA с опцией SG

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ С БОЛЬШОЙ ДЛИНОЙ ХОДА С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОДВИГАТЕЛЕЙ SPA

Шаговые Пьезоэлектрические Двигатели SPA (аббревиатура от «Stepping Piezoelectic Actuators») являются новыми пьезоэлектрическими двигателями для обеспечения перемещения с большой длиной хода. Принцип работы и характеристики SPA приводятся в разделе 2.6. SPA использует медленную и быструю деформации APA для получения эффекта прерывистого скольжения. Таким образом, SPA использует APA в режиме импульсной деформации.

Как следствие, SPA получает преимущества механически преднагруженных APA что демонстрирует следующие характеристики: быстрый отклик, способность противостоять внешним вибрации, надежная конструкция, хорошая устойчивость к поперечным силам... Во-вторых, все APA обеспечивают хорошие динамические возможности и могут быть использованы, чтобы сделать новый SPA. Поэтому новый SPA может быть легко разработан по запросу на основе большого диапазона стандартных APA®.

■ Рисунок 3.19: HPPA для первого Европейского космического Лидара, Aladin/Aeolus (с разрешения Galileo Avionica)

LSPA30uXS (Рисунок 3.16) - это пример миниатюрного пьезо двигателя, разработанного по специальному заказу для медицинского имплантата совместимого с МРТ. Он основан на концепции SPA двигателя и миниатюрном актуаторе APA30uXS. Этот двигатель полностью не магнитный, он прошел испытания на МРТ. Его масса менее 1гр (масса стандартного LSPA30uXS составляет 1,9 г). Модернизированный для МРТ LSPA30uXS обеспечивает ход 3 мм с регулируемой скоростью в диапазоне от 0 до 70 мм/сек. Блокирующая сила при отключенном питании более 0,5 Н, а рабочая сила более 0,2 Н.

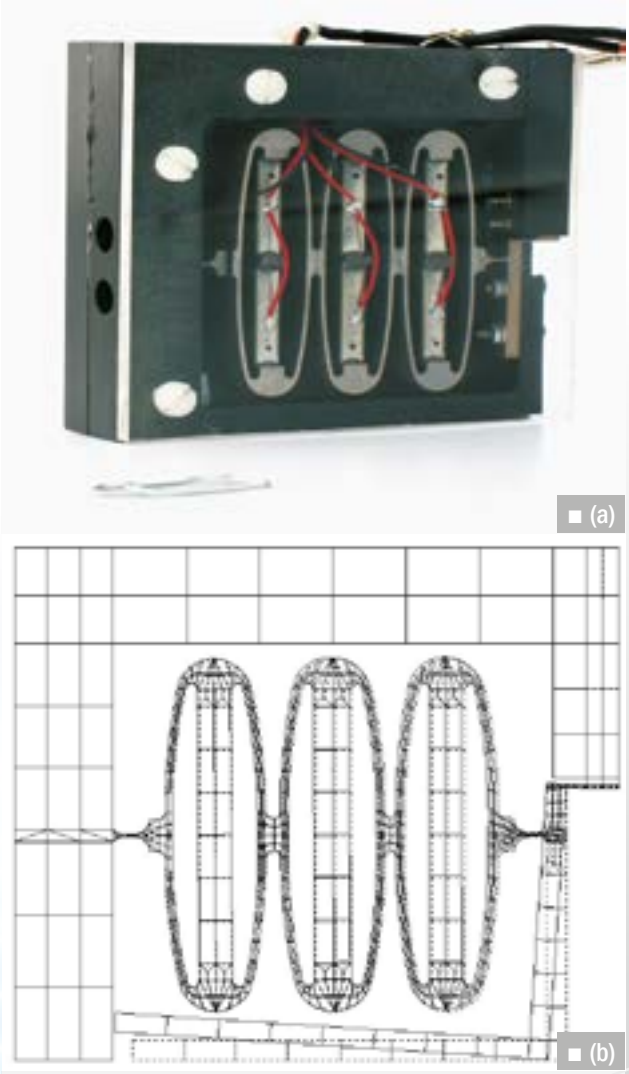
Благодаря соотношению точностных и малогабаритных характеристик для задач позиционирования SPA технология получила приз Golden Micron на выставке микро технологий MICRONORA 2008. Примеры пьезо двигателей CEDRAT TECHNOLOGIES и примеры применения приведены здесь:
http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/Pezo_dvigateli

3.1.6 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРЯМОГО ПЬЕЗОЭФФЕКТА

ПЬЕЗО ГЕНЕРАТОРЫ И СБОРКА ЭНЕРГИИ

Пьезоактуаторы могут использоваться в качестве электрогенераторов. Пьезоактуатор производит электрическую энергию, когда подвергается действию вибрации или ударных нагрузок.

Среди прочих актуаторов, APA являются интересным решением для надежного и эффективного выполнения этой функции благодаря предварительному механическому напряжению и потому, что их корпус способствует благоприятному распределению динамических напряжений. Например, небольшой APA® подверженный ударным нагрузкам производит энергию в количестве достаточном для питания радиочастотного передатчика для его работы в радиусе до 10 м (рис 3.17).
Компания CEDRAT TECHNOLOGIES может разработать пьезоэлектрические генераторы по индивидуальному заказу на основе собственного ассортимента стандартных пьезо актуаторов.
Примеры других приложений для сбора энергии приведены здесь:
http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/mechatronic_systemc/energy_harvester/#charact



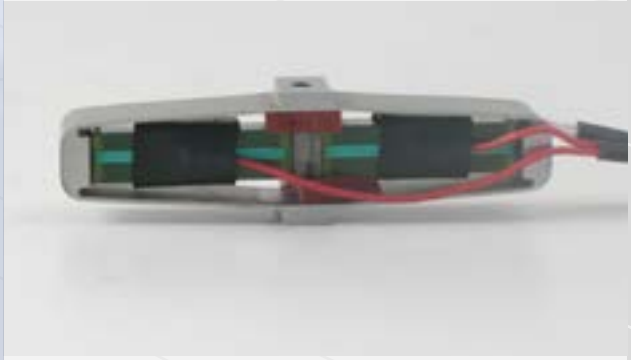
■ Рис 3.20: Механизм «Super Amplified Piezoelectrics Actuator APA®» обеспечивает ход 3 мм и обладает резонансной частотой 100 Гц: (а) Актуатор; (б), Соответствующее моделирование методом конечных элементов

3.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В этом разделе представлены технологические решения, которые могут быть предложены в дополнение к технологическим решениям, представленным в 3.1 и стандартным изделиям, описанным в главах с 4 по 7.

3.2.1 ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ПАКЕТЫ

Многослойный Пьезоэлектрический Материал MLA (аббревиатура от «Multilayer Piezoelectric material») может

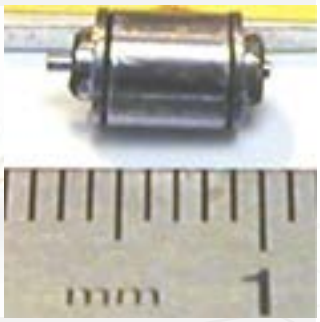


■ Рисунок 3.21: Вид APA400M-MD

■ Рисунок 3.22: Вид актуатора с подвижной катушкой, применяемого в вакууме (3 мм ход)

■ Рисунок 3.23: Управляемый электромагнитный актуатор с подвижным штоком MICA200

■ Рисунок 3.24: Магнитострикционный Актуатор с интегрированным рычажным усилителем перемещения (Amplified Magnetostrictive Actuator - AMA)



■ Рисунок 3.25: Магнитный Актуатор с Двумя устойчивыми Положениями (Bi-stable Linear Moving Magnet actuator – BLMм)

■ Рисунок 3.26: Актуатор с ограниченным углом вращения (Limited Angle Torque Actuator – LAT, с разрешения ESA)

■ Рисунок 3.27: Магнито- реологический жидкостной актуатор

быть поставлен в различных формах и размерах (рис 3.18). Компания CEDRAT TECHNOLOGIES может помочь Вам подобрать наилучший MLA, адаптированный к Вашим задачам. Например, кольцевые MLA пакеты могут поставляться с длиной до 60 мм (внешний диаметр 6 мм) и оборудоваться тензометрическим датчиком.

Компания CEDRAT TECHNOLOGIES также поставляла кольцевые MLA пакеты с предварительной преднагрузкой с помощью внешнего упругого каркаса (рис 3.19). Эта конструкция, называемая Параллельно Преднагруженный Актуатор с Полым Валом HPPA (аббревиатура от «Hollow Parallel Prestressed Actuator»), позволяет увеличить срок службы и надежность пьезо колец при тяжелых условиях эксплуатации (высокий уровень вибраций) и при динамических приложениях. Несколько HPPA, в том числе летные модели, были поставлены для различных космических миссий.

3.2.2 SUPER AMPLIFIED ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АКТУАТОРЫ APA

Так как APA являются компактными и обеспечивают механический интерфейс для последовательной установки актуаторов. то они могут устанавливаться в пакеты для получения большего хода. Что и было сделано в механизме для биомедицинских задач INSERM (Французский Институт медицинских исследований) в магнитно-резонансной томографии (MPT). 3 APA200M-NM установлены последовательно и обеспечивают ход более 600 мкм. Вторичный рычаг увеличивает ход до 3 мм при 150 В (рис 3.20.а) при субмикронном разрешении. Рисунок 3.20.б позволяет произвести сравнение между моделью ATILA FEM и измеренной деформацией. Все детали, включая APA, были сделаны из немагнитных материалов для соответствия требованиям по применению в MPT. Для уменьшения веса и стоимости изделия и благодаря плоской конструкции, - корпуса APA и плечо рычага могут быть изготовлены в виде одной детали. Этот механизм получил название «Super Amplified Piezoelectrics Actuator APA».

3.2.3 МЕХАНИЧЕСКИ ДЕМПФИРУЕМЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АКТУАТОРЫ APA

В некоторых приложениях (работа при воздействии внешних вибраций, импульсный ответ) целесообразно использовать актуатор, который обладает низкой добротностью. Низкий коэффициент Q уменьшает ход при резонансе и понижает уровни механического напряжения.

Большинство актуаторов APA может быть механически

демпфировано, путем добавления в актуатор некоторых деталей из эластомера (рис 3.21). Достижимо значение Коэффициента Q ниже 5.

Пожалуйста, свяжитесь с ООО «Промышленная метрология», чтобы настроить Механически Демпфированные APA (опция MD) в зависимости от заданных параметров окружающей среды (температура, уровень вибрации ...).

3.2.4 ДРУГИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ АКТУАТОРЫ

Компания CEDRAT TECHNOLOGIES также разработала много различных типов инновационных актуаторов и сопутствующей электроники, включая:

- Актуаторы на пьезо полимерах (ПВДФ)
- Актуаторы на Электро Активных Эластомерах
- Актуаторы с Подвижной Катушкой (рис 3.22)
- Магнитострикционные Актуаторы (рис 3.24)
- Актуаторы с Ограниченным углом вращения (рис 3.26)
- Бесколлекторные двигатели постоянного тока
- Магнито-реологические жидкостные Актуаторы (рис 3.27)
- ...

Эти актуаторы могут быть интересной альтернативой от CTEC стандартным пьезо или магнитным актуаторам для решения таких задач, как активное демпфирование вибрации, амортизация, микро перемещение и т.д.

ООО «Промышленная метрология» является компанией, ориентированной на задачи заказчика. На основе спецификации заказчика мы можем произвести сравнительный анализ решений на основе пьезо или магнитных эффектов.

3.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

В этом разделе представлены услуги, которые могут быть предложены при использовании стандартных или изготовленных под заказ изделий, описанных в главах 4-8.

3.3.1 ПЬЕЗО И МАГНИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Пьезо устройства могут быть разработаны с применением программного инструментария. Такой подход уже применятся в CEDRAT TECHNOLOGIES:

- Для расчета методом конечных элементов для

■ Рисунок 3.28а: Вид лабораторий CEDRAT TECHNOLOGIES, испытательный стенд с лазерным интерферометром

■ Рисунок 3.28б: Вид лабораторий CEDRAT TECHNOLOGIES, термобарокамера

■ Рисунок 3.28в: Вид лабораторий CEDRAT TECHNOLOGIES, климатическая испытательная камера

■ Рисунок 3.28г: Вид лабораторий CEDRAT TECHNOLOGIES, встраивание электроники

■ Рисунок 3.28д: Вид лабораторий CEDRAT TECHNOLOGIES, метрология

■ Рисунок 3.28е: Вид лабораторий CEDRAT TECHNOLOGIES, чистая сборка

моделирования поведения актуатора с учетом пьезоэлектрической связи, 3D конструкции, динамических аспектов и потерь используется программное обеспечение ATILA®,

- Для проектирования магнитных актуаторов, двигателей и датчиков используется программное обеспечение Flux®,
- Программное обеспечение SolidWorks® используется для разработки механизмов, использующих несколько пьезоэлектрических актуаторов

Некоторые примеры применений этих CAD моделей представлены в предыдущих разделах.

Специализированное испытательное оборудование, имеющееся в наличии в CEDRAT TECHNOLOGIES также рекомендуется для испытания активных устройств:

- Для измерения кривой допуска, резонанса и эквивалентных цепей используется Анализатор полного сопротивления HP
- Интерферометры Polytec и автоколлиматор используются для измерения основного перемещения актуатора и скорости, а также для высокоточной оценки паразитных смещений (рис 3.28.а),
- Климатические и термовакуумной камеры позволяют произвести анализ термических характеристик и/или оценить последствие воздействия низкого или высокого вакуума (например, эффект Пашена) (рис 3.28.б, рис 3.28.в).

Благодаря этому оборудованию (рис. 3.28 а, б, в, г, д, е) компания CEDRAT TECHNOLOGIES может с этапа разработки легко перевести изделия в серийное производство. Мы поддерживаем организацию поездок для посещения нашего производства.

3.3.2 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Компания CEDRAT TECHNOLOGIES работает с сетью опытных подрядчиков в области точной механики и электроники и выполняет интеграцию и измерение всех мехатронных изделий. Мы можем применить несколько стандартов качества (ECSS, MIL-STD, ANSI / IPC3).

CEDRAT TECHNOLOGIES обычно объединяет партии до нескольких сотен приводов и механизмов (рис 3.29а и 3.2б), с использованием адаптированной площади объемом 400 м^2 и чистой комнаты в соответствии со стандартом ISO4.

3.3.3 РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТЫ НИОКР,

ОБУЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

CEDRAT TECHNOLOGIES обеспечивает различные виды технической поддержки:

- Моделирование, проектирование, изготовление опытных образцов или испытание в соответствии с требованиями заказчика
- Промышленные проекты, ведущие к решению «под ключ»
- Проекты сотрудничества по НИОКР, финансируемые Европейской комиссией (FP7 проекты) или другими структурами(Eureka, национальные проекты)
- Производство за счет заказчиков по стандартам качества (ECSS, MIL-STD, ANSI / IPC3)
- Передача технологий (лицензирование)
- Обучающие курсы по магнитным и пьезо актуаторам или по более чем 20 другим темам мехатронники

Владение технологией, оборудование и опыт позволяет команде CTEC разрабатывать новые актуаторы, датчики, механизмы и мехатронные системы высокого уровня.

CTEC осуществляет последовательное развитие в партнерстве со своими заказчиками. Квалификация, оптимизация, проектирование, макетирование, испытание, производство, - мы можем обратиться к любому из этих этапов, чтобы помочь нашим заказчикам достичь целей в приложениях с высокими требованиями.

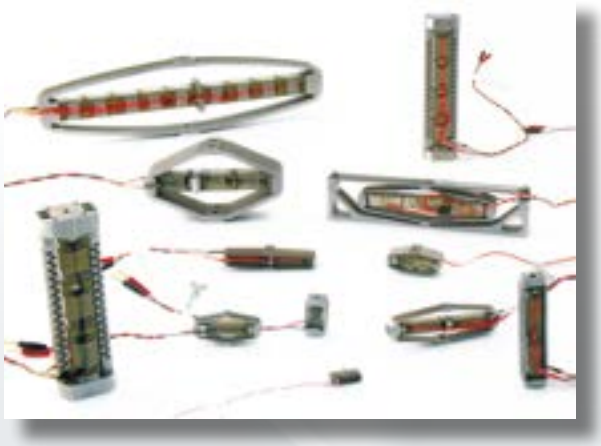
CTEC может адаптировать стандартное изделие или технологию к новым условиям окружающей среды: температурный диапазон, устойчивость к вибрации определенного спектра, срок службы ... для аэрокосмической, медицинской, нефтяной промышленности ...

■ Рисунок 3.29а: Интеграция партии пьезоэлектрических механизмов

■ Рисунок 3.29б: BRUCE блокирующее устройство с электромагнитным управлением (с разрешения CNES)

CTEC проводит обучающие курсы, предназначенные для инженеров и технических специалистов, которые хотят открыть для себя, улучшить или восстановить свои знания в области электротехники. CTEC поддерживает партнерские отношения с CETIM (Технический центр машиностроительной промышленности) для содействия в проведении обучающих курсов по мехатронике. Более подробная информация доступна в нашем специализированном каталоге учебных курсов, который может быть загружен на сайте производителя.

МОДЕЛЬ СЕРИЯ	ЕД.ИЗМ.	APA uXS - XXS
Примечание		
Блокирующая сила	(Н)	2 - 6
Ход без нагрузки	(мкм)	30-150
S.G. опция		
N.M. опция		
H.T. опция		
T.C. опция		
Механический интерфейс опция		FI-H-SI
Электрический интерфейс опция		Одиночная медная жила
Примечание		Малый актуатор



4. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ

4.1 РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ

4.1.1 ВВЕДЕНИЕ

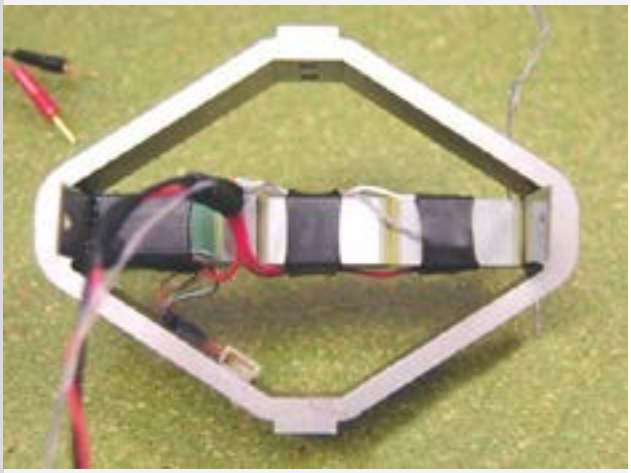
CTEC предлагает широкий ассортимент стандартных Актуаторов: обычные многослойные актуаторы (MLA), Параллельно Преднагруженные Актуаторы (PPA) и Пьезоактуаторы с интегрированным рычажным усилителем перемещения (APA). Существует несколько опций и большинство функциональных характеристик актуатора, механические или электрические интерфейсы могут быть изменены в соответствии с требованиями заказчика. Обращайтесь в ООО «Промышленная метрология» за более подробной информацией.

APA XS	APA S	APA SM	APA M	APA MML	APA ML	APA L	APA XL
18	40 - 100	100 - 200	110-800	190-250	1400 - 1900	600 - 1300	700 - 1100
50-80	60 - 120	40 - 80	16 - 184	280-360	90 - 120	250 - 500	500 - 1000
* (кроме 50XS)	*	*	*	*	*	*	*
*	*		* (кроме 400M 900M)			*	
	*	*	*	*	*	*	*
	*			*			
FI - H - TH - SI	FI - H - TH - SI	FI - H - TH - SI	FI - H - TH - SI	FI - H - TH - SI	FI - H - SI	FI - H - TH - FF - SI	FI - H - TH - SI
2 провода AWG32	2 провода AWG30	2 провода AWG30	2 провода AWG30	2 провода AWG30	2 провода AWG26	2 провода AWG26	2 провода AWG26
		Жесткая серия		Средняя серия	Жесткая серия		Большой

■ Таблица 4.1а: Руководство по выбору Пьезоэлектрических Актуаторов с Усилителем перемещения

МОДЕЛЬ СЕРИЯ	ЕД.ИЗМ.	PPA M	PPA L	PPA XL
Примечание				
Блокирующая сила	(Н)	800	3500	7000
Ход без нагрузки	(мкм)	10 - 40	40 - 80	40 - 120
S.G. опция		*	*	*
N.M. опция		*		
H.T. опция		*	*	*
T.C. опция				
Механический интерфейс опция		TH	TH	TH
Электрический интерфейс опция		2 провода AWG30	2 провода AWG26	2 провода AWG26
Примечание				Большой

■ Таблица 4.1б: Руководство по выбору Параллельно Преднагруженных Пьезоэлектрических Актуаторов



■ Рисунок 4.1a: Вид APA в конфигурации free – free: APA95ML-FF

■ Рисунок 4.1б: Датчик термопары на пьезо керамике

4.1.2 ОПЦИИ

S.G. ОПЦИЯ

Опция S.G. (аббревиатура от «Strain Gauges») относится к пьезоактуаторам, оснащенным тензомертическим датчиком. Сигнал тензодатчиков должен контролироваться с помощью электронной платы SG75 для получения калиброванного датчика для задач управления.

N.M. ОПЦИЯ

С этой опцией актуатор выполнен из немагнитного (нм) (аббревиатура от «Non-Magnetic») материала: он не вносит магнитное поле и / или при этом полностью нечувствителен к внешнему магнитному полю. Некоторые свойства (например, термо-механические характеристики, масса, ширина) могут отличаться от стандартных свойств актуатора.

VAC (VACUUM) ОПЦИЯ

Опция Вакуум (VAC) (аббревиатура от «Vacuum») относится к актуатору, обеспечивающему низкую дегазацию в вакууме и обладающему возможностью выдерживать воздействие окружающей среды в виде сверхвысокого вакуума.

H.T. ОПЦИЯ

Опция высокой температуры (HT) (аббревиатура от «High Temperature»), относится к специальному пьезо материалу и процессам (соединение), которые могут быть использованы для создания высокотемпературных пьезоэлектрических актуаторов.

T.C. ОПЦИЯ

Опция Термо-компенсации (TC) (аббревиатура от «Thermo-compensated») - это специальная конструкция, которая позволяет улучшить характеристики в широком диапазоне температур, особенно при температуре жидкого азота (77 °K).

Примечание: N.M. и T.C. опции не совместимы.

C.R.F.P. ОПЦИЯ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА)

Опция CRFP (аббревиатура от «Carbon Fiber Reinforced Polymer») относится к использованию композита (Полимера Армированного Углеродным Волокном) вместо металла для изготовления корпуса APA. Это изменение приводит к нескольким преимуществам: Значительное сокращение массы, более широкая полоса, меньшая добротность, намного меньшее тепловое расширение. Эта опция появилась в результате сотрудничества с ONERA из рассмотрения применения в лопастях вертолетов.

M.D. ОПЦИЯ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА)

Опция механического демпфирования (MD) (аббревиатура от «Mechanical Damping») состоит в добавленных эластомерных деталей внутри APA. Эта опция обеспечивает демпфирование и снижает добротность на резонансной частоте (см 3.2.3). Она также уменьшает избыточные отклики в двухпозиционных приложениях и повышает устойчивость

к внешним вибрациям. Эта опция появилась в результате НИОКР с CNES (Французское Космическое Агентство).

S.V. ОПЦИЯ

В некоторых случаях изменение механических интерфейсов или компонентов пьезо на корпусе материалов приводит к модификации функциональных свойств. В этом случае, специфическая версия существующего стандартного привода называется опцией S.V. (аббревиатура от «Specific Version»). Пожалуйста, свяжитесь с ООО «Промышленная метрология» по любому вопросу относительно механической интеграции.

ТЕРМОПАРА ОПЦИЯ

Для определенных динамических задач, может быть необходимо следить за собственным нагревом пьезокерамики во избежание перегрева и повреждения. Для таких случаев и для того, чтобы контролировать внутреннюю температуру пьехокерамики, была разработана специальная опция приклеивания термоэлектрического датчика на пьезокерамику (рис 4.1б) . Англоязычное название этой опции THERMOCOUPLE OPTION. Термоэлектрический Датчик может быть типа K (самый популярный) или типа T (при немагнитных требованиях).

4.1.3 ОПЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

F.I. ОПЦИЯ

Пьезоэлектрический Актуатор с интегрированным Усилителем перемещения (APA) имеет два плоских интерфейса, которые могут быть приклеены (аббревиатура от «Flat Interfaces»).

H. ОПЦИЯ

Пьезоэлектрический Актуатор со встроенным Усилителем перемещения (APA) имеет два одинаковых механических интерфейса: плоский интерфейс с отверстием без резьбы (аббревиатура от «Hole»).

T.H. ОПЦИЯ

Пьезоэлектрический Актуатор со встроенным Усилителем перемещения (APA) имеет два одинаковых механических интерфейса: плоский интерфейс с центрированным резьбовым отверстием (аббревиатура от «Treaded Holes»).

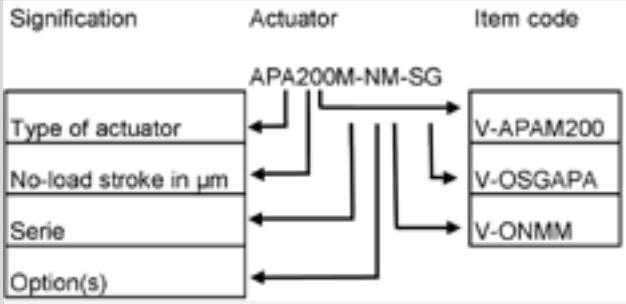
F.F. ОПЦИЯ

Интерфейс “free-free”означает, что привод удерживается таким образом, что позволяет осуществлять симметричные движения (рис 4.1). Конфигурация “free-free” обеспечивает заметно более высокую пропускную способность, но обеспечивает только половину хода. Тем не менее, в этом случае пьезоэлектрические пакеты могут быть подвергнуты воздействию более высоких поперечных сил.

■ Рисунок 4.2а: Пьезоэлектрический Актуатор со встроенным Усилителем перемещения APA выполненный в монолитном корпусе с одиночной направляющей, опция «Guiding»

■ Рисунок 4.2б: Пьезоэлектрический Актуатор со встроенным Усилителем перемещения APA выполненный в монолитном корпусе с двойной направляющей, опция «Guiding»

■ Рисунок 4.3: Опция «TW» Пьезоэлектрического Актуатора со встроенным Усилителем перемещения APA



■ Таблица 4.2: Расшифровка кода товара

ОПЦИЯ НАПРАВЛЯЮЩАЯ «GUIDING»

Для получения более динамичного движения, можно добавить гибкую направляющую на корпус актуатора. Направляющая может быть добавлена на этапе интеграции или разработана монолитно с корпусом (рис 4.2).

«TW» ОПЦИЯ ПАРНОЙ УСТАНОВКИ

Опция (аббревиатура от «Twin») состоит в установке двух актуаторов в монолитную конструкцию для частичного резервирования (рис 4.3).

S.I. ОПЦИЯ

Для того, чтобы сделать механическую интеграцию актуаторов такой же простой, как у OEM изделий, CEDRAT TECHNOLOGIES может конструировать и механически обрабатывать Специальный Интерфейс (аббревиатура от «Specific Interface») на верхних частях актуаторов для соответствия требованиям заказчика.

4.1.4 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Некоторые из этих Актуаторов являются квалифицированными для применения в космосе: это означает, что данная модель Актуатора прошла ряд испытаний и, как следствие, другие Актуаторы этой модели потенциально обеспечивают большую устойчивость к воздействию:

- Случайной вибрации и ударов,
- Термическому вакуумному воздействию,
- Излучению,
- AC и DC испытанию на срок службы.

Пожалуйста, свяжитесь с ООО «Промышленная метрология» для получения более подробной информации о дополнительных характеристиках Актуаторов.

4.1.5 ОПИСАНИЕ КОДА ТОВАРА

Код товара содержит справочную информацию, которую можно детализировать (таблица 4.2). Коды дополнительных опций должны быть добавлены.
Пожалуйста, воспользуйтесь сайтом ООО «Промышленная метрология», где вы можете получить:

- Спецификацию с техническими данными,
- Чертеж механического интерфейса,
- 3D файл с чертежами (высылается по запросу)

Для того, чтобы предоставить вам информацию о современном состоянии пьезоактуаторов, характеристики некоторых новых актуаторов приводятся с “предварительными данными”, что означает, что Актуатор был разработан, но на время печати каталога еще не был испытан по стандартам качества CEDRAT TECHNOLOGIES.

4.2 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ РЫЧАЖНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ APA СЕРИИ «UXS» И «XXS»

■ Рисунок 4.4: Вид актуатора APA150XXS

Некоторые области применения APA® uXS и XXS:

- Слуховые импланты
- Наклон лопастей винта в миниатюрных вертолетах
- Сборщик энергии для вживленного кардиостимулятора
- Миниатюрные оптико-электронные системы
- Пьезо двигатели LSPA30uXS и RSPA30uXS

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA30uXS	APA150XXS
Код товара		V-APAXS30	V-APAXXS150
Примечания		-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	39,0	129,0
Блокирующая сила	(Н)	3,3	0,5
Жесткость	(Н/мкм)	0,085	0,004
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	24526	2992
Время отклика (free-free)	(мс)	0,02	0,17
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	4770	456
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,10	1,10
Лимит силы (0-pk)	(Н)	1,65	0,15
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	35	58
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	0,05	0,15
Разрешение	(нм)	0,42	1,22
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,39	1,40
Высота H (в направлении хода)	(мм)	3,9	4,50
Длина	(мм)	8,6	13,10
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	5,0	9,0
Масса	(г)	0,15	1,3
Стандартный механический интерфейс		2 плоских поверхности 1*2,5 мм² с отв. Ø 0.8 мм	2 плоских поверхности 1,5*3 мм² с отв. Ø 0.8 мм
Стандартный электрический интерфейс		2 одиночных медных провода длиной 80 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 ПТФЭ изолированных провода AWG32 длиной 80 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.3: Характеристики APA® uXS и XXS Актуаторов (см главу 10 Примечания по применению)

Доступная опция(и) + характеристики:
VAC, NM (кроме APA150XXS)
Доступные опции интерфейса:
FI, SI, H

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 4.4: Вид актуатора APA35XS

4.3 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «XS»

Некоторые области применения APA® XS:

- Миниатюрные оптические механизмы, такие как встраиваемые сканнеры субпиксельного смещения для ИК камер и для криогенных сборок для телескопов
- Миниатюрные управляемые динамические клапана, миниатюрные тормоза
- Космически квалифицированные миниатюрные наклонные механизмы

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA35XS	APA50XS
Код товара		V-APAXS35	V-APAXS50
Примечания		-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	55,0	78,0
Блокирующая сила	(Н)	27,0	18,0
Жесткость	(Н/мкм)	0,495	0,23
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	18010	11420
Время отклика (free-free)	(мс)	0,03	0,04
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	3883	2700
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,13	0,19
Лимит силы (0-pk)	(Н)	13,50	4,50
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	49	35
Диапазон напряжений	(В)	-20...150	-20...150
Емкость	(мкФ)	0,25	0,25
Разрешение	(нм)	1	0,78
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,67	0,91
Высота H (в направлении хода)	(мм)	6,90	4,7
Длина	(мм)	13,25	12,8
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	9,0	9,0
Масса	(г)	2,0	2,0
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 плоских поверхности 1,25*5 мм² с отв. с резьбой M1	2 плоских поверхности 1,5*5 мм² с отв. с резьбой M1
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ провода AWG32 длиной 80 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ провода AWG32 длиной 80 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.4: Характеристики Актуаторов APA® XS

Доступная опция(и) + характеристики:
SG (except 50XS), NM, VAC
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

4.4 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «S»

Некоторые области применения APA® S:

- Встряхивание порошка для рентгенографии
- Оптическая стабилизация для встраиваемых камер
- Космически квалифицированные оптические сборки
- Миниатюрные твердомеры

■ Рисунок 4.6: Вид актуатора APA60S

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA60S	APA120S
Код товара		V-APAS60	V-APAS120
Примечания		-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	73	130
Блокирующая сила	(Н)	66	44,4
Жесткость	(Н/мкм)	0,905	0,342
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	13024	6785
Время отклика (free-free)	(мс)	0,04	0,07
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	2079	1098
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,24	0,46
Лимит силы (0-pk)	(Н)	33	11,10
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	66	58
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	1,55	1,55
Разрешение	(нм)	0,7	1,3
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,97	1,60
Высота H (в направлении хода)	(мм)	15,0	13,0
Длина	(мм)	29,2	28,7
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	9,0	9,0
Масса	(г)	8,5	7,2
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 плоских поверхности 2,5*5 мм² с отв. с резьбой M2	2 плоских поверхности 2,5*5 мм² с отв. с резьбой M2
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.5: Характеристики Актуаторов APA® S

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, NM, VAC, HT, TC
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 4.7: Вид актуатора APA60SM

4.5 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «SM»

Некоторые области применения APA® SM:

- Устройства сбора энергии вибрации для беспроводных переключателей
- Циклическое изменение механического напряжения материала
- Инжекторы

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA40SM	APA60SM
Код товара		V-APASM40	V-APASM60
Примечания		-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	45	82
Блокирующая сила	(Н)	171,4	105
Жесткость	(Н/мкм)	3,837	1,287
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	14597	10235
Время отклика (free-free)	(мс)	0,03	0,05
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	4100	2802
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,12	0,18
Лимит силы (0-pk)	(Н)	85,68	52,50
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	40	73
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	1,55	1,55
Разрешение	(нм)	0,5	1
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,73	0,93
Высота H (в направлении хода)	(мм)	15,0	13,0
Длина	(мм)	27,2	26,9
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	11,5	11,5
Масса	(г)	11,0	10,0
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 плоских поверхности 5*10 мм² с отв. с резьбой M2,5	2 плоских поверхности 5*10 мм² с отв. с резьбой M2,5
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.6: Характеристики APA® SM актуаторов

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, VAC, HT
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

4.6 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «M»

Некоторые области применения APA® M:

- Высокоскоростные пьезо шторки (пьезо затворы) для рентгеновских лучей, применимые для работы в вакууме
- Динамические Клапана
- Подстройка резонатора лазера
- Миниатюрные активные закрылки для летательных аппаратов

■ Рисунок 4.8: Вид актуатора APA150M

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA100M	APA150M	APA200M
Код товара		V-APAM100	V-APAM150	V-APAM200
Примечания		-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	126	187	236
Блокирующая сила	(Н)	234,5	127	93
Жесткость	(Н/мкм)	1,859	0,680	0,394
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	7894	4792	4511
Время отклика (free-free)	(мс)	0,06	0,10	0,11
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	1900	1103	900
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,26	0,45	0,56
Лимит силы (0-pk)	(Н)	117,26	63,51	34,86
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	114	168	159
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	3,15	3,15	3,15
Разрешение	(нм)	1	2	2
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	1,47	2,22	2,72
Высота H (в направлении хода)	(мм)	25,0	22,0	17,0
Длина	(мм)	55,1	55,1	55,0
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	9,0	9,0	9,0
Масса	(г)	19,5	17,4	15,7
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 плоских поверхности 5*5 мм² с отв. с резьбой M2,5	2 плоских поверхности 5*5 мм² с отв. с резьбой M2,5	2 плоских поверхности 5*5 мм² с отв. с резьбой M2,5
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.7: Характеристики Актуаторов APA® M

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, NM, VAC, HT, MD
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, FF, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 4.9: Вид «Super Amplified» актуатора APA400M

4.7 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA С УВЕЛИЧЕННЫМ ХОДОМ СЕРИИ «M»

Некоторые области применения APA® M с увеличенным диапазоном хода (англ. термин «Super Amplified»):

- Зажим в системе подачи проволоки
- Устройство позиционирования для инвертированного микроскопа
- Технология вибрационного отклика дисплеев
- Преобразователи механической энергии в электрическую

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA400M	APA600M	APA900M
Код товара		V-APAM400	V-APAM600	V-APAM900
Примечания		-	Только статические режимы	Только статические режимы
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	458	618	802
Блокирующая сила	(Н)	32,8	26,3	11,8
Жесткость	(Н/мкм)	0,072	0,043	0,015
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	1713	1306	979
Время отклика (free-free)	(мс)	0,29	0,38	0,51
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	373	318	156
Время отклика (blocked-free)	(мс)	1,34	1,57	3,21
Лимит силы (0-pk)	(Н)	8,21	6,83	0,59
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	206	289	72
Диапазон напряжений	(В)	-20...150	-20...150	-20...150
Емкость	(мкФ)	3,15	3,15	3,15
Разрешение	(нм)	5	6	8
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	5,29		7,98
Высота H (в направлении хода)	(мм)	13,00	14,60	10,00
Длина	(мм)	48,40	48,50	49,00
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	11,50	12,00	11,50
Масса	(г)	19,0	14,2	18,0
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 плоских поверхности 5*10 мм² с отв. с резьбой M2,5	2 плоских поверхности 5*10 мм² с отв. с резьбой M2,5	2 плоских поверхности 5*10 мм² с отв. с резьбой M2,5
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.8: Характеристики актуаторов APA® M с увеличенным ходом

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, VAC, MD
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, FF, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

4.8 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «MML»

Некоторые области применения APA® MML:

- Активная стабилизация в эталоне мощности, Вт
- Высокочастотные шейкеры
- Метод вибрационного воздействия на органы при МРТ диагностике с целью определения эластичности
- Модуляция с помощью объемного резонатора в большом диапазоне перемещений

■ Рисунок 4.10: Вид актуатора APA400MML

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA100MML	APA400MML	APA600MML
Код товара		V-APAMML100	V-APAMML400	V-APAMML600
Примечания		-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	100	368	681
Блокирующая сила	(Н)	855	201,4	44
Жесткость	(Н/мкм)	8,6	0,547	0,065
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	5800	2329	1514
Время отклика (free-free)	(мс)	0,09	0,21	0,33
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	1730	634	254
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,29	0,79	1,97
Лимит силы (0-pk)	(Н)	428	100,72	11
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	90	331	306
Диапазон напряжений	(В)	-20... 150	-20...150	-20...150
Емкость	(мкФ)	10,0	10,0	10,0
Разрешение	(нм)	1	4	7
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	1,51	3,38	6,70
Высота H (в направлении хода)	(мм)	58,0	24,0	17,0
Длина	(мм)	78,0	78,0	78,0
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	11,5	11,5	11,5
Масса	(г)	50,0	47,5	47,5
Стандартный механический интерфейс [H]		2 плоских поверхности 6*10 мм² с отв. с резьбой M3	2 плоских поверхности 6*10 мм² с отв. с резьбой M3	2 плоских поверхности 6*10 мм² с отв. с резьбой M3
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.9: Характеристики актуаторов APA® MML

Доступная опция(и) + характеристики:

SG, VAC, HT

Доступные опции интерфейса:

FI, H, TH, FF, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 4.11: Вид актуатора APA120ML

4.9 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «ML»

Некоторые области применения APA® ML:

- Активное управление вибрацией в медицинских роботах
- Высокочастотные шейкеры
- Испытания на фреттинг-усталость
- Ударные (молотковые) механизмы
- Космически квалифицированные устройства позиционирования

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA95ML	APA120ML	APA200ML	APA300ML
Код товара		V-APAML95	V-APAML120	V-APAML200	V-APAML300
Примечания		-	-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	100	129	225	304
Блокирующая сила	(Н)	1620,2	1400,0	804	546
Жесткость	(Н/мкм)	16,142	10,843	3,573	1,794
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	6513	5681	3857	2829
Время отклика (free-free)	(мс)	0,08	0,09	0,13	0,18
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	2000	1750	1021	763
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,25	0,29	0,49	0,66
Лимит силы (0-pk)	(Н)	810,09	700	402	273
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	90	116	203	274
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	20,0	20,0	20,0	20,0
Разрешение	(нм)	1	1	2	3
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	1,48	1,66	-	-
Высота H (в направлении хода)	(мм)	60,00	45,00	33,50	30,00
Длина	(мм)	80,10	78,90	78,61	78,79
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	22,50	22,50	22,50	22,50
Масса	(г)	164,0	160,0	116,5	112,8
Standard mechanical interface [H]		2 плоских пов-и 9*20 мм² с двумя отв. Ø 3,2 мм, 5 мм от края	2 плоских пов-и 9*20 мм² с двумя отв. Ø 3,2 мм, 5 мм от края	2 плоских пов-и 6*10 мм² с отв. с резьбой M3	2 плоских пов-и 9*20 мм² с двумя отв. Ø 3,2 мм, 5 мм от края
Стандартный электрический интерфейс		2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.10: Характеристики Актуаторов APA® ML

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, VAC, HT
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, FF, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

4.10 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «L»

Некоторые области применения APA® L:

- Лопасти вертолетов
- Высокочастотные шейкеры
- Циклическое изменение механического напряжения материала
- Позиционирование зеркал в телескопах и инструментах

■ Рисунок 4.12: Вид актуатора APA500L

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA230L	APA500L	APA1000L	APA1500L	APA2000L
Код товара		V-APAL230	V-APAL500	V-APAL1000	V-APAL1500	V-APAL2000
Примечания		-	-	-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	244	517	897	1480	1967
Блокирующая сила	(Н)	1367,5	607	292,3	121	66,5
Жесткость	(Н/мкм)	5,614	1,174	0,326	0,082	0,034
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	3092	1938	1305	690	521
Время отклика (free-free)	(мс)	0,16	0,26	0,38	0,72	0,96
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	850	460	254	141	87
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,59	1,09	1,97	3,55	5,73
Лимит силы (0-pk)	(Н)	683,77	303,52	73,07	30,25	8,31
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	219	466	404	666	443
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Разрешение	(нм)	2	5	9	15	20
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	3,5	6,1	10,5	-	-
Высота H (в направлении хода)	(мм)	85,00	55,00	35,00	29,90	26,84
Длина	(мм)	145,30	145,00	145,00	140,65	139,67
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	16,00	16,00	16,00	20,00	20,00
Масса	(г)	275,0	200,0	190,0	142,9	131,5
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 пл-х пов-и 10*10 мм² с отв. M5	2 пл-х пов-и 10*10 мм² с отв. M5	2 пл-х пов-и 10*10 мм² с отв. M5	2 пл-х пов-и 10*9 мм² с отв. M5	2 пл-х пов-и 10*9 мм² с отв. M5
Стандартный электрический интерфейс		2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.11: Характеристики Актуаторов APA® L

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, VAC, HT, NM, CRFP, MD
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, FF, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 4.13: Вид актуатора APA1000XL

4.11 ПЬЕЗО АКТУАТОРЫ APA СЕРИИ «XL»

Некоторые области применения APA® XL:

- Высокочастотные шейкеры
- Циклическое изменение механического напряжения материала
- Вертолетные лопасти
- Позиционирование тяжелой нагрузки
- Силовые испытания

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	APA500XL	APA1000XL
Код товара		V-APAXL500	V-APAXL1000
Примечания		-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	601	1145
Блокирующая сила	(Н)	1100	745
Жесткость	(Н/мкм)	1,831	0,651
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	1475	1049
Время отклика (free-free)	(мс)	0,34	0,48
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	345	210
Время отклика (blocked-free)	(мс)	1,45	2,38
Лимит силы (0-pk)	(Н)	632,50	428,38
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	541	1030
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	110,00	110,00
Разрешение	(нм)	6,0	11
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	7,49	12,23
Высота H (в направлении хода)	(мм)	82,00	57,00
Длина	(мм)	214,30	214,30
Ширина (вкл. кромки, провода)	(мм)	24,50	24,50
Масса	(г)	650,0	600,0
Стандартный механический интерфейс [TH]		2 пл-х пов-и 15*15 мм² с отв. с резьбой M5	2 пл-х пов-и 15*15 мм² с отв. с резьбой M5
Стандартный электрический интерфейс		2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изол. ПТФЭ AWG26 длиной 300 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.12: Характеристики Актуаторов APA® XL

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, VAC, MD
Доступные опции интерфейса:
FI, H, TH, FF, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

4.12 СЕРИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ АКТУАТОРОВ MLA

Многослойные Актуаторы MLA (аббревиатура от «Multi Layer Actuators») являются непреднагруженной низковольтной пьезокерамикой. Как следствие, **они не подходят для высокодинамичных применений**.
Проводные соединения защищаются с помощью термоусадочной трубки. MLA могут приводится в действие линейными усилителями CTEC. Опыт CTEC по применению MLA получен в результате нескольких программ оценки для космических применений, выполненных для Французкого Космического Агентства (CNES) и Европейского Космического Агентства (ESA) на различных типах MLA.

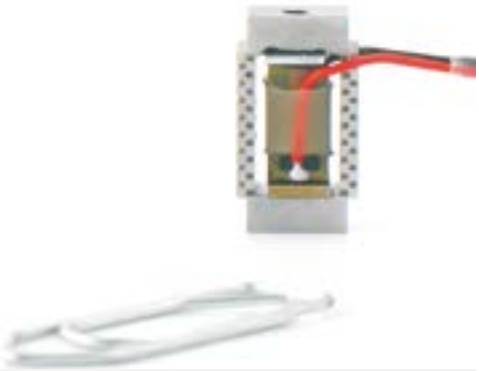
■ Рисунок 4.14: Вид актуатора MLA 5*5*10

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	MLA_2*5*10	MLA_5*5*10	MLA_5*5*20	MLA_10*10*20
Код товара		V-MLA2510	V-MLA5510	V-MLA5520	V-MLA101020
Примечания		-	-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	10,0	10,0	20,0	20,0
Блокирующая сила	(Н)	240,0	1000,0	1000,0	4000,0
Жесткость	(Н/мкм)	24,0	100,0	50,0	200,0
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	130000	130000	60000	60000
Время отклика (free-free)	(мс)	0,004	0,004	0,008	0,008
Диапазон напряжений	(В)	-20 ...150	-20 ...150	-20 ...150	-20 ...150
Емкость	(мкФ)	0,22	0,55	1,20	4,40
Разрешение	(нм)	0,10	0,10	0,20	0,20
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Высота H (в направлении хода)	(мм)	10,0	10,0	20,0	20,0
Длина	(мм)	2,0	5,0	5,0	10,0
Ширина (вкл. провода)	(мм)	9,0	9,0	9,0	16,0
Масса	(г)	0,8	1,9	3,8	15,0
Механический интерфейс		2 плоских поверхности 2*5 мм²	2 плоских поверхности 5*5 мм²	2 плоских поверхности 5*5 мм²	2 плоских поверхности 10*10 мм²
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG32 длиной 80 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 80 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 80 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 80 мм

■ Таблица 4.13: Характеристики MLA

Доступная опция(и) + характеристики:
SG, VAC

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.



■ Рисунок 4.15: Вид актуатора PPA10M

4.13 ПАРАЛЛЕЛЬНО ПРЕДНАГРУЖЕННЫЕ АКТУАТОРЫ PPA СЕРИИ «M»

Некоторые области применения PPA M:

- Вспомогательная вибрация при резке стекла
- Ультразвуковые инжекторы двигателей самолетов
- Вибрация иглы в Атомных Силовых Микроскопах космического уровня исполнения
- Активная деформация зеркал в телескопах

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	PPA10M	PPA20M	PPA40M
Код товара		V-PPAM10	V-PPAM20	V-PPAM40
Примечания		-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	7,72	19,38	35,37
Блокирующая сила	(Н)	1001	926	1017
Жесткость	(Н/мкм)	129,69	47,79	28,76
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	60992,08	38067,18	21854,19
Время отклика (free-free)	(мкс)	8,2	13,13	22,88
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	30496	19034	10927
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,02	0,03	0,04
Лимит силы (0-pk)	(Н)	400	400	400
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	8	18	33
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	0,70	1,40	2,70
Разрешение	(нм)	0,08	0,19	0,35
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,07	0,06	0,04
Высота H (в направлении хода)	(мм)	18,00	28,00	48,00
Длина основания	(мм)	10,00	10,00	10,00
Ширина основ.(вкл.кромки, провода)	(мм)	9,00	9,00	9,00
Масса	(г)	6,0	12,0	25,0
Стандартный механический интерфейс - Верх		1 центрированное отв. с резьбой M2.5 глубиной 2,5 мм	1 центрированное отв. с резьбой M2.5 глубиной 2,5 мм	1 центрированное отв. с резьбой M2.5 глубиной 2,5 мм
Стандартный механический интерфейс - Основание		1 центрированное отв. с резьбой M2.5 глубиной 2,5 мм	1 центрированное отв. с резьбой M2.5 глубиной 2,5 мм	1 центрированное отв. с резьбой M2.5 глубиной 2,5 мм
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

Доступная опция(и) + характеристики:

SG, NM, VAC, HT

Доступные опции интерфейса:

TH, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

4.14 ПАРАЛЛЕЛЬНО ПРЕДНАГРУЖЕННЫЕ АКТУАТОРЫ PPA СЕРИИ «L»

Некоторые области применения PPA L:

- Активный контроль вибрации в токарном станке
- Обработка овального поршня
- Позиционирование тяжелой нагрузки

■ Рисунок 4.16: Вид актуатора PPA80L

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	PPA40L	PPA60L	PPA80L	PPA120L
Код товара		V-PPAL40	V-PPAL60	V-PPAL80	V-PPAL120
Примечания		-	-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	44,32	68,87	80,62	130
Блокирующая сила	(Н)	2957	3500	3500	2957
Жесткость	(Н/мкм)	66,73	50,82	43,41	23,00
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	14250,90	10956	8403	6175
Время отклика (free-free)	(мкс)	35,09	45,64	59,50	81,00
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	7126	5478	4202	3088
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,07	0,09	0,11	0,162
Лимит силы (0-pk)	(Н)	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	28	43	58	-
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	13,30	20,00	26,60	72,0
Разрешение	(нм)	0,44	0,69	0,81	1,30
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,13	0,11	0,09	0,09
Высота H (в направлении хода)	(мм)	57,00	77,00	97,00	137,0
Длина основания	(мм)	23,50	23,50	23,50	23,5
Ширина основ.(вкл. кромки, провода)	(мм)	18,00	18,00	18,00	18,0
Масса	(г)	92,0	117,0	142,0	188,0
Стандартный механический интерфейс - Верх		1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм	1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм	1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм	1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм
Стандартный механический интерфейс - Основание		1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм	1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм	1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм	1 центрированное отв. с резьбой M3 глубиной 5 мм и 4 отв. с резьбой M2,5 на Ø 15 мм глубиной 4 мм
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.15: Характеристики Актуаторов PPA L

Доступные опции: SG, VAC, HT
Доступные опции интерфейса: TH, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 4.17: Вид актуатора PPA80XL

4.15 ПАРАЛЛЕЛЬНО ПРЕДНАГРУЖЕННЫЕ АКТУАТОРЫ PPA СЕРИИ «XL»

Некоторые области применения PPA XL:

- Стабилизация тяжелых нагрузок в прецизионном механическом станке
- Испытания на фреттинг-усталость
- Высокочастотные шейкеры

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	PPA40XL	PPA80XL	PPA120XL
Код товара		V-PPAXL40	V-PPAXL80	V-PPAXL120
Примечания		-	-	-
Макс. ход без нагрузки	(мкм)	44,90	90,50	129,83
Блокирующая сила	(Н)	6653	6852	6753
Жесткость	(Н/мкм)	155,08	75,72	52,01
Резонансная частота (free-free)	(Гц)	13190,75	8500	6175,44
Время отклика (free-free)	(мкс)	37,91	58,82	80,97
Резонансная частота (blocked-free)	(Гц)	6595	4250	3087
Время отклика (blocked-free)	(мс)	0,07	0,12	0,16
Лимит силы (0-pk)	(Н)	2400,00	2400,00	2400
Макс. ход без нагрузки при резонансе	(мкм)	28	56	79
Диапазон напряжений	(В)	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Емкость	(мкФ)	24,0	48,0	72,0
Разрешение	(нм)	0,43	0,91	1,3
Термомеханические характеристики	(мкм/°K)	0,16	0,12	0,08
Высота H (в направлении хода)	(мм)	60,00	100,00	140,00
Длина основания	(мм)	30,00	30,00	30,00
Ширина основ.(вкл.кромки, провода)	(мм)	30,00	30,00	30,00
Масса	(г)	254,0	319,0	384,0
Стандартный механический интерфейс - Верх		1 центрированное отв. с резьбой M5 глубиной 6 мм и 4 отв. с резьбой M3 на Ø 20 мм глубиной 6 мм	1 центрированное отв. с резьбой M5 глубиной 6 мм и 4 отв. с резьбой M3 на Ø 20 мм глубиной 6 мм	1 центрированное отв. с резьбой M5 глубиной 6 мм и 4 отв. с резьбой M3 на Ø 20 мм глубиной 6 мм
Стандартный механический интерфейс - Основание		1 центрированное отв. с резьбой M5 глубиной 6 мм и 4 отв. с резьбой M3 на Ø 20 мм глубиной 6 мм	1 центрированное отв. с резьбой M5 глубиной 6 мм и 4 отв. с резьбой M3 на Ø 20 мм глубиной 6 мм	1 центрированное отв. с резьбой M5 глубиной 6 мм и 4 отв. с резьбой M3 на Ø 20 мм глубиной 6 мм
Стандартный электрический интерфейс		2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG26 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 4.16: Характеристики Актуаторов PPA XL

Доступная опция(и) + характеристики:

SG, VAC

Доступные опции интерфейса:

TH, SI

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

5. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ МЕХАНИЗМОВ

5.1 РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ

Для управления несколькими степенями свободы разработан ряд механизмов на основе стандартных пьезоэлектрических актуаторов APA. Эти механизмы могут включать датчики положения (тензометрические датчики и датчики вихревых токов) для управления с обратной связью. В механизмах, обеспечивающих большой диапазон хода, используется инкрементный магнитный датчик (MAG), работающий на основе эффекта Холла.

- X: сборка для обеспечения перемещения по оси X со встроенной направляющей и с ограниченными паразитными смещениями в плоскостях Y и Z,
- XY: сборка XY с ограниченным смещением в плоскости Z,
- XYZ: Сканер обеспечивающий три вида перемещения,
- OPP: Пьезомеханизм позиционирования объектива,
- FPS: Высокоскоростная пьезо шторка,
- RSPA / LSPA / LSPS / MSPA, Поворотные и линейные шаговые пьезактуаторы и сборки.

На сайте ООО «Промышленная метрология» доступны для загрузки технические описания механизмов.

СЕРИЯ АКТУАТОРА	МЕХАНИЗМ
APA XS	XY, TT, DTT, SPA, SPS
APA S	XY, TT
APA SM	X, OPP, SPA
APA M	TT, XY, XYZ, FPS
APA ML	XY

МЕХАНИЗМ	ОПЦИЯ ДАТЧИК
X	SG, ECS
XY	SG, ECS
XYZ	SG, ECS (SG для Z оси)
TT	SG, ECS
DTT	SG, ECS
OPP	SG, ECS
FPS	SG
SPA, SPS	MAG

■ Таблица 5.1: Возможности выбора пьезо механизмов ►

■ Рисунок 5.1: Вид двух сложенных в пакет сборок X120S

5.2 ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СБОРКИ «X»

Пьезоэлектрические сборки X60S / X120S это одноосевые сборки со встроенными направляющими. Они могут быть оснащены тензометрическими датчиками для очень точного позиционирования. При этом паразитные вращения (вдоль X и Y осей) будут очень ограничены. Эластичный корпус, деформирующийся при движении из прямоугольника в параллелограмм, может быть разработан по техническим условиям заказчика (узлы крепления, отверстия ...). Две X60S или X120S сборки могут быть установлены в виде пакета для получения механизма с 2-мя степенями свободы (XY).

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	X60S	X120S
Код товара		V-XS60	V-XS120
Примечания		Предварительные данные	Предварительные данные
Опция Датчики		SG	SG
Активная ось		TX	TX
Максимальный ход без нагрузки [Tx]	мкм	55	110
Макс. паразитное смещение из плоскости Z	мкм	0,50	2,00
Макс. паразитное вращение Z	мкРад	-	-
Макс. паразитные вращения X Y	мкРад	5,0	5,0
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150	-20 ... 150
Жесткость	Н/мкм	1,20	0,26
Высота (ось Z)	мм	12	12
Габариты (X и Y оси)	мм	30*30	30*30
Разрешение	нм	5,5	11
Блокирующая сила (квазистатическое возбуждение (режим blocked-free)	Н	66	29
Масса	г	23	23
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	1840	850
Время отклика без нагрузки	мс	0,17	0,59
Емкость (на электрический порт)	мкФ	1,55	1,55
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		4 отв. с резьбой M3 на [] 17*17	4 отв. с резьбой M3 на [] 17*17
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. Ø 3,2 мм на [] 17*17	4 отв. Ø 3,2 мм на [] 17*17
Электрические интерфейсы		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 5.2: Характеристики сборок X60S и 120S

Могут быть разработаны и другие сборки, на основе APA® серий XS, SM, M и ML

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

5.3 ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СБОРКИ «XY»

XY200M обеспечивает большой ход вдоль X и Y при нагрузке до 3 кг. Применяется в атомной силовой и сканирующей туннельной микроскопии. Собран на APA200M и обладает высокой жесткостью. Оснащается тензометрическими датчиками (SG) или датчиками вихревых токов (ECS). Паразитные вращения (вдоль X, Y и Z осей) ограничены. Механический интерфейс для установки линзы может быть разработан под заказ (узлы крепления, отверстия ...). Компактная сборка XY25XS хорошо подходит для применения во встраиваемых устройствах для задач позиционирования волокна, линз или или матрицы; микро сканирования (английские термины «micro scanning, pixel shift, dithering»).

■ Рисунок 5.2: Вид сборки XY25XS

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	XY25XS	XY200M
Код товара		V-XYXS25	V-XYM200
Примечания		-	-
Опция Датчики		SG, ECS	SG, ECS
Активные оси		TX, TY	TX, TY
Максимальный ход без нагрузки [Tx, Ty]	мкм	25	200
Макс. паразитное смещение из плоскости Z	мкм	0,50	1,00
Макс. паразитное вращение Z	мкРад	50	240
Макс. паразитные вращения X Y	мкРад	10	50
Блокирующая сила (квазистатическое возбуждение (режим blocked-free)	Н	40	118
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150	-20 ... 150
Жесткость	Н/мкм	2,50	0,59
Высота (ось Z)	мм	20,0	22,0
Габариты (X и Y оси)	мм	50*50	100 *100
Разрешение	нм	2,5	20,0
Масса	г	80	180
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	3000	580
Время отклика без нагрузки	мс	0,17	0,86
Емкость (на электрический порт)	мкФ	0,50	6,30
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		1 отв. Ø 17мм + 4 отв. Ø 1,8 мм на Ø 20 мм	1 отв. Ø 35мм +3 отв. Ø 2.7 мм на [] 38
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. Ø 2,8 мм на []45 мм	4 отв. Ø 5,6 мм на [] 84 мм
Электрические интерфейсы		2 коаксиальных кабеля RG178B/U с соединителями Harwin	2 коаксиальных кабеля RG178B/U с соединителями Harwin
Электрические интерфейсы		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 100 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	

■ Таблица 5.3: Характеристики XY сборок

Могут быть разработаны и другие сборки, на основе APA® серий XS,S, SM, ML и L

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 5.3: Вид сборки XYZ200M

5.4 ПЬЕЗО СБОРКИ «XYZ»

XYZ200M обеспечивает большой ход вдоль X, Y и Z при нагрузке до 3 кг. Применяется в конфокальной микроскопии, позиционировании шаблонов для литографии и визуальном контроле качества (автофокусировка и микросканирование). Собран на APA200M и обладает высокой жесткостью. Оснащается тензометрическими датчиками (SG) или датчиками вихревых токов (ECS). Паразитные вращения (вдоль X, Y и Z осей) ограничены. Механический интерфейс для установки линзы может быть разработан под заказ (узлы крепления, отверстия ...). XYZ200M требует применения опции «Push-Pull» в первых двух каналах электроники.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	XYZ200M
Код товара		V-XYZM200
Примечания		-
Опция Датчики		SG, ECS
Активные оси		TX, TY, TZ
Максимальный ход без нагрузки [Tx, Ty]	мкм	200
Макс. ход по оси Z [Tz]	мкм	200
Макс. паразитное вращение Z	мкРад	240
Макс. паразитные вращения X Y	мкРад	50
Блокирующая сила	Н	118
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150
Жесткость	Н/мкм	0,59
Высота (ось Z)	мм	49,0
Габариты (X и Y оси)	мм	100*100
Разрешение	нм	2,0
Масса	г	540
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	380
Время отклика без нагрузки	мс	1,32
Емкость (на электрический порт)	мкФ	6,30
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		интерфейс объектива макс. 4/55*1,36
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. Ø 4.5 мм на []84
Электрические интерфейсы		2 коаксиальных кабеля RG178B/U с соединителями Harwin

■ Таблица 5.4: Характеристики сборки XYZ

Могут быть разработаны и другие сборки на основе на APA® серии XS, SM, ML и L.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

5.5 УГЛОВОЙ ДЕФЛЕКТОР «TT» ДЛЯ ΘX ДВИЖЕНИЯ

Угловой дефлектор на основе одной пары APA преобразует прямолинейное движение в наклонное. Платформа TT60SM может обеспечивать один тип движения:

- движение бокового наклона QX, когда два актуатора работают в противофазе.

TT60SM может быть дополнен тензометрическими датчиками или датчиками вихревых токов. Если требуется только движение наклона, то для работы достаточно одного рабочего канала. В этом случае для работы механизма TT60SM потребуется опция «Push-Pull» задающей электроники.

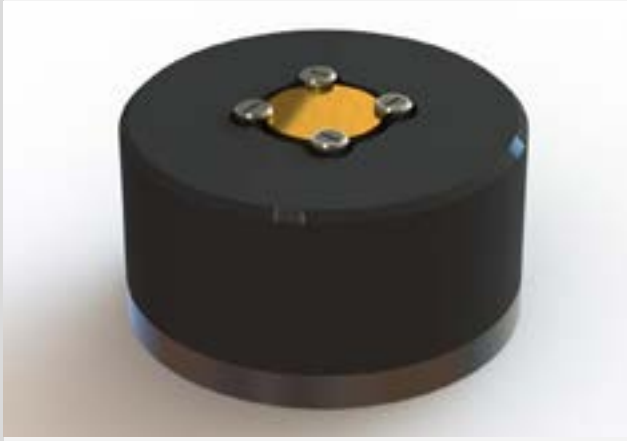
■ Рисунок 5.4: Вид углового дефлектора TT60SM

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	TT60SM
Код товара		V-TTSM60
Примечания		Предварительные данные
Опция Датчики		SG, ECS
Активные оси		RX
Угловой ход [Rx]	мРад (+/-)	11,30
Блокирующая сила	Н	110
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150
Жесткость	Н/мкм	2,00
Высота (по оси Z)	мм	35,0
Диаметр	мм	Ø55мм
Угловое Разрешение [Rx]	мкРад	0,1
Масса	г	141
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	400
Время отклика без нагрузки	мс	1,25
Емкость (на электрический порт)	мкФ	1,55
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		Плоская поверхность Ø25.4мм (1”) 4 отв. M3 на Ø 48 мм
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. с резьбой M3 на Ø48мм
Электрические интерфейсы		Подключение актуаторов: 1.5м кабель с соединителем Lémo FGG.00.303. CLAD22 -SG опция: 1.5 м кабель с соединителем Lémo FGG.00.304. CLAD22 -ECS опция: 1м кабель с соединителем RadiaII R113081000W

■ Таблица 5.5: Характеристики углового дефлектора

Могут быть разработаны и другие системы двойного бокового наклона на основе на APA® серии XS, S, SM, M, ML и L.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.



■ Рисунок 5.5: Вид углового дефлектора двойного бокового наклона DTT35XS

5.6 УГЛОВОЙ ДЕФЛЕКТОР «DTT» ДЛЯ ΘX-ΘY ДВИЖЕНИЯ

Преобразователь в движение двойного бокового наклона DTT основан на двух парах APA35XS. При работе параллельных актуаторов в противофазе могут быть сгенерированы два типа движения:

- Угловой ход QX до +/- 2,8 мрад
- Угловой ход QY до +/- 2,8 мрад

Механизм преобразователя в движение двойного бокового наклона может быть оснащен тензометрическими датчиками или датчиками вихревых токов для работы в замкнутом контуре. Для обеспечения двойного бокового наклона требуются только два канала (в режиме «Push-Pull» с линейкой драйверов «75»).

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	DTT35XS
Код товара		V-DTTXS35
Примечания		Предварительные данные
Опция Датчики		SG, ECS
Активные оси		RX, RY
Максимальный угловой ход [Rx, Ry]	мРад (+/-)	2,80
Блокирующая сила	Н	19
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150
Жесткость	Н/мкм	2,00
Высота (ось Z)	мм	24,00
Диаметр	мм	Ø45мм
Угловое Разрешение [Rx, Ry]	мкРад	0,03
Масса	г	105,0
Резонансная частота без нагрузки (в направлении наклона)	Гц	2800
Время отклика без нагрузки	мс	0,2
Емкость (на электрический порт)	мкФ	0,50
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		Плоская поверхность Ø 12.7мм (1/2”)
Механические интерфейсы (корпус)		Цилиндр Ø 43 мм или 4 отв. M3 на Ø 30 мм
Электрические интерфейсы		Подключение актуаторов: 1.5м кабель с соединителем Lémo FGG.00.303. CLAD22 -SG опция: 1.5 м кабель с соединителем Lémo FGG.00.304. CLAD22 -ECS опция: 1м кабель с соединителем Radiall R113081000W

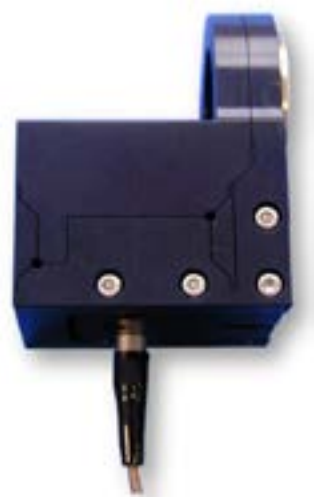
■ Таблица 5.6: Характеристики DTT35XS

Могут быть разработаны и другие системы двойного бокового наклона на основе на APA® серии XS, S, SM, M, ML и L.

договора и может быть изменена без уведомления.

5.7 ПЬЕЗО МЕХАНИЗМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТИВА OPP120SM

В пьезо механизме позиционирования объектива OPP120SM используются стандартная линейка пьезоактуаторов с интегрированными рычажными усилителями перемещения CTEC и дополнительная направляющая для вертикального высокоточного движения объектива. APA® обеспечивает хорошее отношение ход/жесткость и поэтому хорошо подходит для высокоскоростной конфокальной микроскопии. Интерфейс крепления объектива может быть изготовлен по техническим условиям заказчика. В пьезо механизм может быть встроен датчик вихревых токов (опция ECS).



■ Рисунок 5.6: Вид OPP120SM

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	OPP120SM
Код товара		V-OPPSM120
Примечания		-
Опция Датчики		SG, ECS
Активные оси		TZ
Максимальный ход без нагрузки [Tz]	мкм	140
Макс. паразитные вращения [Rx, Ry]	мкРад	25
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150
Разрешение	нм	14
Жесткость	Н/мкм	0,71
Высота (ось Z)	мм	50,0
Габариты	мм	65 * 40
Масса	г	180
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	600
Время отклика без нагрузки	мс	0,83
Резонансная частота с нагрузкой (в направлении хода), нагрузка = 50 г	Гц	440
Время отклика с нагрузкой	мс	1,14
Емкость (на электрический порт)	мкФ	3,15
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		интерсфейс объектива (макс. M25*0.75) должен быть описан
Механические интерфейсы (корпус)		интерфейс микроскопа (макс. M25*0.75) должен быть описан

■ Таблица 5.7: Характеристики OPP120SM

Могут быть разработаны и другие механизмы на основе на APA® серии SM, M, и L.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 5.7: Вид FPS200M (с разрешения EMBL)

5.8 ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПЬЕЗО ШТОРКИ FPS200M, FPS400M И FPS900M

Высокоскоростные пьезо шторки (Fast Piezo Shutters - FPS) обеспечивают движение рабочих поверхностей для открытия и закрытия паза. Ширина паза, который может быть открыт и закрыт менее чем за 10 мс, составляет до 1,1 мм. Механизм обеспечивает высокую повторяемость, низкий уровень дрожания, длительный срок службы... Конструкция FPS выполнена на актуаторах APA200M, APA400M и APA900M. Рабочая поверхность FPS изготовлена из вольфрама, что обеспечивает высокий уровень задержки рентгеновских лучей. FPS была квалифицирована для источника синхротронного излучения третьего поколения - ESRF, Франция. Пьезо затворы FPS используются в синхротронном оборудовании по всему миру.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	FPS200M	FPS400M	FPS900M
Код товара		V-FPSM200	V-FPSM400	V-FPSM900
Примечания		-	-	-
Опция Датчики		SG	SG	SG
Активные оси		TX	TX	TX
Максимальный ход без нагрузки (Tx)	мкм	400	800	1600
Максимальный диаметр пучка	мм	0,3	0,7	1,1
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Жесткость	Н/мкм	0,32	0,06	0,02
Высота (ось Z)	мм	21,0	21,0	23,0
Габариты (X и Y оси)	мм	60 * 44	60 * 44	60 * 44
Масса	г	150	150	150
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	900	430	200
Апертура и время закрытия	мс	0,56	1,16	2,5
Емкость (на электрический порт)	мкФ	3,15	3,15	3,15
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		4 паза (ширина 0,6 мм)	4 паза (ширина 0,6 мм)	4 паза (ширина 0,6 мм)
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. Ø 2.7мм на [] 24*38 мм	4 отв. Ø 2.7мм на [] 24*38 мм	4 отв. Ø 2.7мм на [] 24*38 мм
Электрические интерфейсы		2 коаксиальных кабеля RG178B/U	2 коаксиальных кабеля RG178B/U	2 коаксиальных кабеля RG178B/U

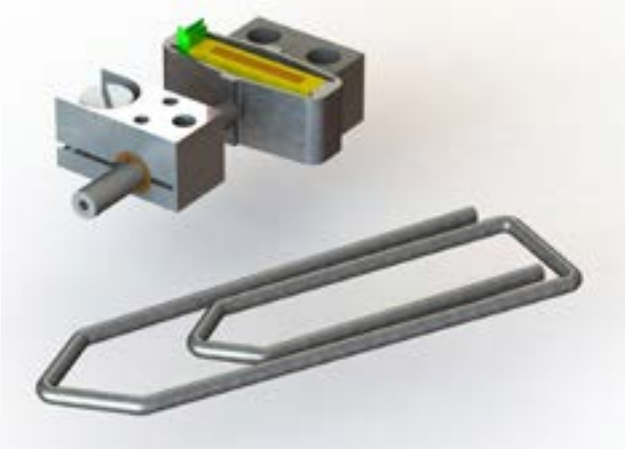
■ Таблица 5.8: Характеристики FPS

Могут быть разработаны и другие механизмы на основе на APA® серии SM, M, и L.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

5.9 ЛИНЕЙНЫЕ ШАГОВЫЕ ПЬЕЗО ДВИГАТЕЛИ «LSPA»

Линейные шаговые пьезоэлектрические актуаторы инерционного типа (Linear Stepping Piezo Actuator - LSPA) произведены на основе APA и предназначены для систем микро/нано позиционирования. Они работают путем осуществления малых шагов (см. 2.6). Между шагами двигатель блокируются без питания. Большие перемещения осуществляются в шаговом режиме. Для тонкой настройки доступен режим деформации. В режиме деформации ход пропорционален приложенному напряжению, что обеспечивает нанометровое разрешение. LSPA может управляться стандартной электроникой SPC45, CA45 или LA75 производства CTEC. По заказу могут быть разработаны и другие линейные шаговые пьезоэлектрические двигатели на основе различных APA.



■ Рисунок 5.8: Вид LSPA35XS

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	LSPA30UXS	LSPA35XS	LSPA40SM
Код товара		V-LSPAUXS30	V-LSPAXS35	V-LSPASM40
Примечания		-	Предварительные данные	Предварительные данные
Основа		APA30uXS	APA35XS	APA40SM
Управляемое движение		TX	TX	TX
Максимальный ход без нагрузки	мм	6	10	20
Удерживающая сила при выключенном питании	Н	0,8	3	15
Максимальная скорость	мм/с	70	30	20
Максимальный размер шага	мкм	46,67	14,29	6
Максимальная движущая сила	Н	0,30	1	5
Максимальная нагрузка	г	15	30	200
Стандартная рабочая частота	Гц	1600	2100	3100
Стандартное разрешение в шаговом режиме	мкм	1	1	1
Диапазон хода в режиме деформации	мкм	36,64	54,51	52
Линейное разрешение в режиме деформации	нм	0,37	0,55	0,5
Жесткость	Н/мкм	0,09	0,50	3,73
Емкость	мкФ	0,05	0,25	1,55
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150	-20 ... 150	-20 ... 150
Стандартный срок службы	циклы	1000000	1000000	1000000
Высота	мм	5,6	12	14
Ширина	мм	8,8	16	32
Длина	мм	19,15	30	45
Масса	г	1,9	5	18
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	2200	2800	4100
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		1 отв. M2 глубиной 3 мм	1 отв. M2 глубиной 3 мм + 2 отв. Ø 1,05 мм глубиной 1 мм	1 отв. M3 глубиной 5 мм + 2 отв. Ø 2,05 мм глубиной 1 мм
Механические интерфейсы (корпус)		2 отв. Ø 1.8 мм	2 отв. Ø 2.4 мм	2 отв. Ø 3.4 мм
Электрические интерфейсы		2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 50 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 50 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм	2 изолированных ПТФЭ AWG30 длиной 50 мм со штыревыми соединителями Ø 1 мм

■ Таблица 5.9: Характеристики линейных шаговых пьезо двигателей

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 5.9: Вид сборки LSPS35XS

5.10 ЛИНЕЙНЫЕ ШАГОВЫЕ ПЬЕЗО СБОРКИ «LSPS»

Линейные шаговые пьезо сборки (Linear Stepping Piezo Stages - LSPS) основаны на принципе работы шагового пьезо двигателя SPA (см. раздел 2.6). Они обеспечивают:

- большой ход, высокую скорость и блокировку в состоянии покоя
- микро/нано позиционирование с высоким разрешением
- движение с применением направляющей и высокую надежность
- компактность и простой интерфейс

LSPS работают с электроникой SPC45 или LA75. Доступны модификации для работы в открытой и закрытой петле. Сборки под заказ могут оборудоваться большим или меньшим APA.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	LSPS35XS	LSPS40SM
Код товара		V-LSPSXS35	V-LSPSSM40
Примечания		Предварительные данные	Предварительные данные
Основа		APA35XS	APA40SM
Управляемое движение		TX	TX
Максимальный ход без нагрузки	мм	10	20
Удерживающая сила при ВЫКЛ питании	Н	3	20
Максимальная скорость	мм/с	20	10
Стандартный размер шага	мкм	5 ... 30	5 ... 30
Стандартная движущая сила	Н	0,8	10
Максимальная нагрузка	г	70	400
Стандартная рабочая частота	Гц	800	500
Стандартное разрешение в шаговом р-ме	мкм	1	1
Диапазон хода в режиме деформации	мкм	54	44,66
Линейное разрешение (в режиме деформации)	нм	0,55	0,45
Жесткость	Н/мкм	0,49	3,84
Емкость	мкФ	0,25	1,55
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150	-20 ... 150
Отклоненение от плоскости	мкм	6	10
Угол отклонения по оси Z	мкРад	0,30	0,50
Угол отклонения по осям X Y	мкРад	0,30	0,50
Стандартный срок службы	циклы	1000000	1000000
Опция Датчики		MAG	MAG
Высота	мм	15	20
Ширина	мм	30	50
Длина	мм	30	50
Масса	г	30	90
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	900	1350
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		4 отв. M2 глубиной 6мм	4 отв. M2 глубиной 4мм + 4 отв. M3 глубиной 4мм
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. Ø 2,4 мм	4 отв. Ø 3,4 мм
Электрические интерфейсы		8 контактный ERNI	8 контактный ERNI

■ Таблица 5.10: Характеристики линейной шаговой пьезо сборки «LSPS»

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

5.11 ПОВОРОТНЫЕ ШАГОВЫЕ ПЬЕЗО ДВИГАТЕЛИ «RSPA»

Поворотные шаговые пьезоэлектрические двигатели (Rotary Stepping Piezoelectric Actuators - RSPA) являются пьезо двигателями вращения 360°. Они работают путем осуществления малых шагов. Эта технология обеспечивает:

- Исключительную компактность
- Высокую скорость вращения и блокировку в состоянии покоя
- Нанометровое разрешение
- Более 1 миллиона циклов

Когда двигатель не находится под напряжением, то он блокируется в позиции. RSPA работают с электроникой SPC45 или LA75. Сборки под заказ могут оборудоваться различными APA.

■ Рисунок 5.10: Вид RSPA30XS

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	RSPA30UXS	RSPA35XS
Код товара		V-RSPAUXS30	V-RSPAXS35
Примечания		Предварительные данные	Предварительные данные
Основа		APA30uXS	APA35XS
Управляемое движение		RZ	RZ
Максимальный ход без нагрузки	Рад	∞	∞
Удерживающий момент при ВЫКЛ питании	Нмм	4	30
Максимальная скорость	об/мин	65	20
Максимальный размер шага	мРад	6,81	3,5
Максимальный приводной момент	Нмм	1,33	10,0
Максимальная нагрузка	г	15,00	30
Стандартная рабочая частота	Гц	1000,00	600
Стандартное разрешение в шаговом режиме	мРад	0,10	0,1
Емкость	мкФ	0,05	0,25
Диапазон напряжений	В	-20 ... 150	-20 ... 150
Стандартный срок службы	циклы	1000000	1000000
Высота	мм	10	18
Диаметр	мм	12	20
Масса	г	3	8
Резонансная частота без нагрузки (в направлении хода)	Гц	1362,92	835
Механические интерфейсы (полезная нагрузка)		Вал Ø 2 мм и длиной 4 мм с секущей плоскостью шириной 1 мм	Вал Ø 3 мм и длиной 4 мм с секущей плоскостью шириной 1 мм
Механические интерфейсы (корпус)		4 отв. Ø 1,8 мм	4 отв. Ø 2,2 мм

■ Таблица 5.11: Характеристики Поворотных Шаговых Двигателей «RSPA»

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

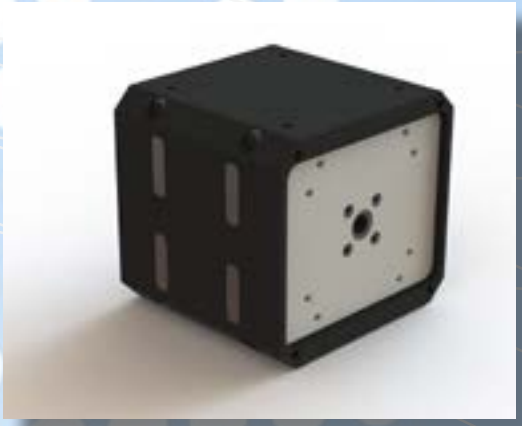
6. МАГНИТНЫЕ АКТУАТОРЫ

CEDRAT TECHNOLOGIES обладает большим опытом в области магнитных актуаторов и датчиков. Компания оптимизирует, проектирует и производит электромагнитные актуаторы для своих заказчиков уже более 15-и лет.

Актуаторы MICA и BLMM выведены в серию стандартных изделий. Они были разработаны на основе серийных магнитных «конструктивных блоков». Как и другие продукты, разработанные CEDRAT TECHNOLOGIES, MICA и BLMM являются компактными и динамичными актуаторами, предназначенными для ответственных применений.

В случае если эти стандартные актуаторы не соответствуют Вашим требованиям, CEDRAT TECHNOLOGIES может разработать актуаторы по запросу. Доступна широкая линейка актуаторов, например, электромагнитные, соленоид, подвижные магниты, звуковые катушки, и многие другие. Далее представлены некоторые примеры специализированных актуаторов. Позвоните нам и сообщите ваши технические требования.

Компания CEDRAT TECHNOLOGIES также предлагает полный спектр инженерных услуг, оптимизацию, оценку реализуемости, разработку, макетирование, испытание, квалификацию, производство и обучение, представленные в конце этой главы.



■ Рисунок 6.1: Актуатор MICA

6.1 MICA

MICA - это запатентованный электромагнитный актуатор от CEDRAT TECHNOLOGIES. Он обеспечивает управляемую силу при ходе в несколько миллиметров. Оптимизированная конструкция обеспечивает очень высокую плотность энергии, в несколько раз лучшую по сравнению со звуковыми катушками.

Эти актуаторы обеспечивают ход 10 мм (для линейки MICA и 5 мм (для линейки MICA M) и наилучшим образом дополняют хорошо известные актуаторы APA®. Актуаторы MICA являются управляемыми, обеспечивают высокую силу и возможность работы в динамике.

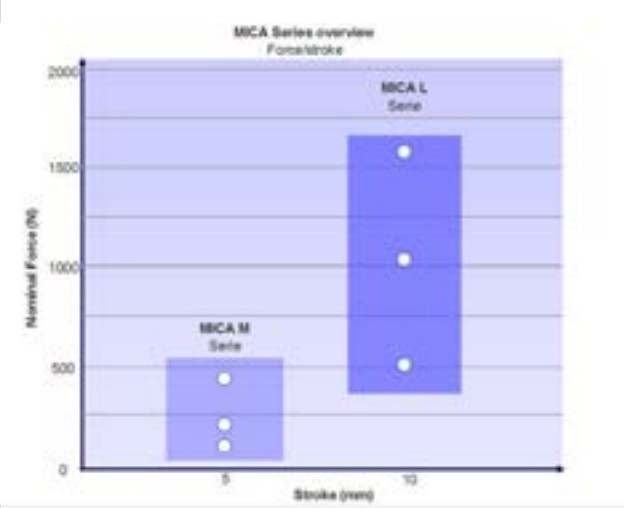
Актуаторы MICA обеспечивают:

- Большую силу при компактной конструкции
- Высокую динамику (т.е. высокое ускорение)
- Прочную направляющую
- Встроенный датчик положения
- Высокую надежность
- Легкое охлаждение

6.2 ОБЗОР МОДИФИКАЦИЙ MICA L И MICA M

Актуаторы MICA M обеспечивают ход 5 мм и номинальные силы в диапазоне от 110 Н до 440 Н. Актуаторы MICA L обеспечивают ход 10 мм и номинальные силы в диапазоне от 530 Н до 1600 Н.

Эти магнитные актуаторы могут приводиться в действие доступными на рынке усилителями мощности. Пожалуйста, свяжитесь с ООО “Промышленная метрология” для получения любой информации по этому вопросу.



■ Рисунок 6.2: Зависимость номинальных сил MICA от хода

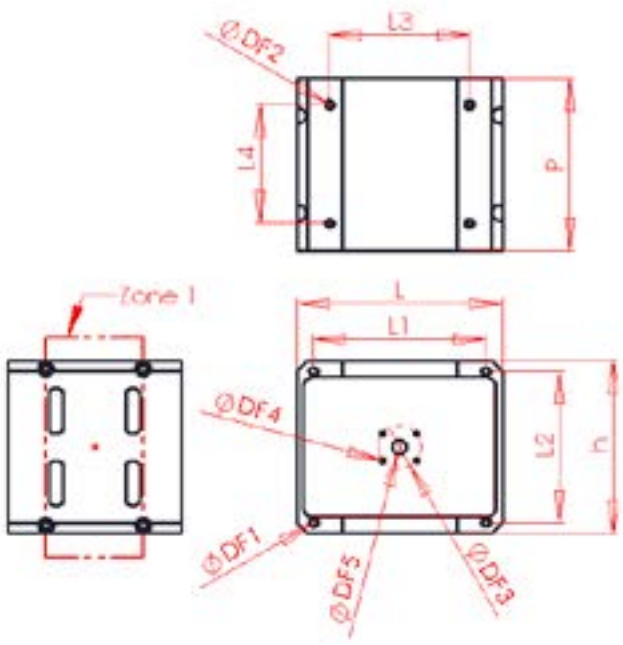
По запросу доступны MICA для специальных применений. Могут быть адаптированы: сила, ток и разрешающая способность датчика Пожалуйста, звоните нам.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

Commercial Name / ID		MICA100M	MICA200M	MICA400M	MICA500L	MICA1000L	MICA1500L
Примечание	Ед. Изм.	Предвари-тельно	Предвари-тельно	Предвари-тельно	Предвари-тельно	Предвари-тельно	Предвари-тельно
Ход	мм	5	5	5	10	10	10
Номинальная сила (1)	Н	110	219	437	535	1063	1594
Номинальный ток	А	10	10	10	20	20	20
DC Сопротивление	Ом	0.87	1.14	1.68	0.57	0.79	1.02
Индуктивность	мГн	12.1	23.9	47.8	40	62.4	93.7
Номинальное напряжение при 20Гц(1)	В	17	32	62	63	158	236
Потери в меди(1)	Вт	87	114	168	228	316	408
Соединитель электрического интерфейса		SUB-D Combo 17W2	SUB-D Combo 17W2	SUB-D Combo 17W2	SUB-D Combo 17W2	SUB-D Combo 17W2	SUB-D Combo 17W2
Датчик положения		Инкрементный	Инкрементный	Инкрементный	Инкрементный	Инкрементный	Инкрементный
Разрешение датчика	мкм	15	15	15	15	15	15
Максимальная температура катушки	°C	150	150	150	150	150	150
Датчик температуры		PT100	PT100	PT100	PT100	PT100	PT100
Перемещаемая масса	г	---	---	---	1562	1925	2291
Масса актуатора	г	---	---	---	8500	13000	17000
Длина актуатора	мм	---	---	---	140	195	245
Высота актуатора	мм	---	---	---	150	160	160
Ширина актуатора	мм	---	---	---	160	160	160

(1): Для номинального тока.

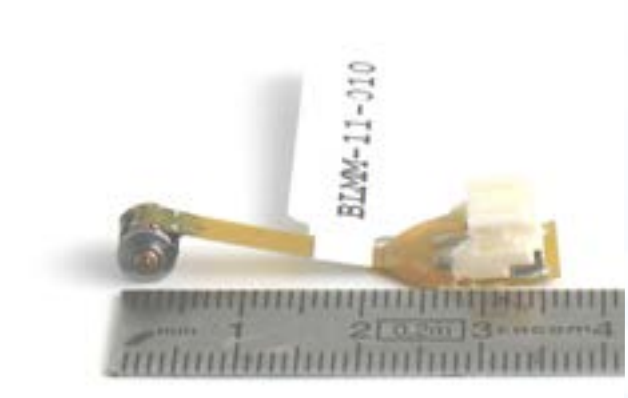
■ Таблица 6.1: Характеристики актуаторов MICA



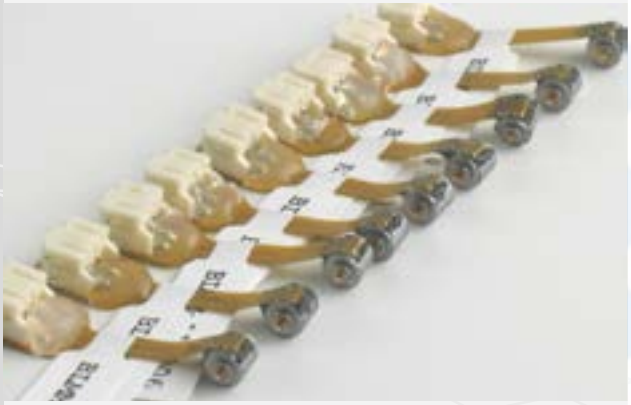
MICA	500L	1000L	1500L
L	140	191	244
P	160	160	160
h	150	150	150
L1	107	160	213
L2	140	140	140
L3	77	130	183
L4	110	110	110
DF1	M8	M8	M8
DF2	M8	M8	M8
DF3	40	40	40
DF4	M5	M5	M5

■ Таблица 6.2: габариты MICA (мм)

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.



■ Рисунок 6.3а: актуатор BLMM



■ Рисунок 6.3б: Партия актуаторов BLMM

6.3 BLMM

Двухпозиционные Магнитные актуаторы (Bistable Linear Moving Magnet - BLMM) основаны на принципе движения постоянного магнита между двумя электромагнитами, расположенными друг на против друга. BLMM являются малогабаритными актуаторами. Основной характеристикой BLMM является его удерживающая сила без рассеивания энергии. Это делает BLMM идеально подходящим для защелкивающих устройств, блокирующих устройств, миниатюрных электромеханических клапанов, контакторов. CTEC также разрабатывает специализированные BLMM для использования в клапанах для космических условий эксплуатации, медицинских насосов, медицинских имплантатов, ...

ХАРАКТЕРИСТИКИ	Ед. Изм.	BLMM-1	BLMM-2
Примечания			Предвари-тельно
Ход	мм	> 0,5	3
Удерживающая сила при выключенном питании (Force holding - Fh)	Н	0,08	50
Движущая сила в начале шкалы хода (Force at start - Fs) для Inpc	Н	0,06	10
Движущая сила в конце шкалы хода (End stroke - Fe) для Inpc	Н	0,25	>100
Время коммутации	мс	< 1,7	<10
Номинальный импульсный ток Inpc	А	+/- 1,2	
Длительность импульса	мс	1,7	10
Соединитель Электрического интерфейса (2 провода)	JST - S2B - PH - SM4 - TB		
Сопротивление обмотки	Ом	4,25	
Индуктивность обмотки	мкГн	56,8	
Мгновенно рассеиваемая мощность	Вт	6,2	
Электрическая постоянная времени	мкс	13	
Рост температуры для 1 переключения	°C	0,012	
Температура в установившемся режиме для 15 переключений в секунду	°C	< 130	
Перемещаемая масса	г	0,076	15
Общая масса	г	1,1	50
Габариты актуатора (включая мм печатную плату)	мм	< 6	25
Высота актуатора (без вала)	мм	6,8	20
Тип вала	Проходной вал		
Свободная длина для крепления на валу	мм	0,3	
Диаметр подвижного вала	мм	0,8	

■ Таблица 6.3: Характеристики BLMM актуаторов

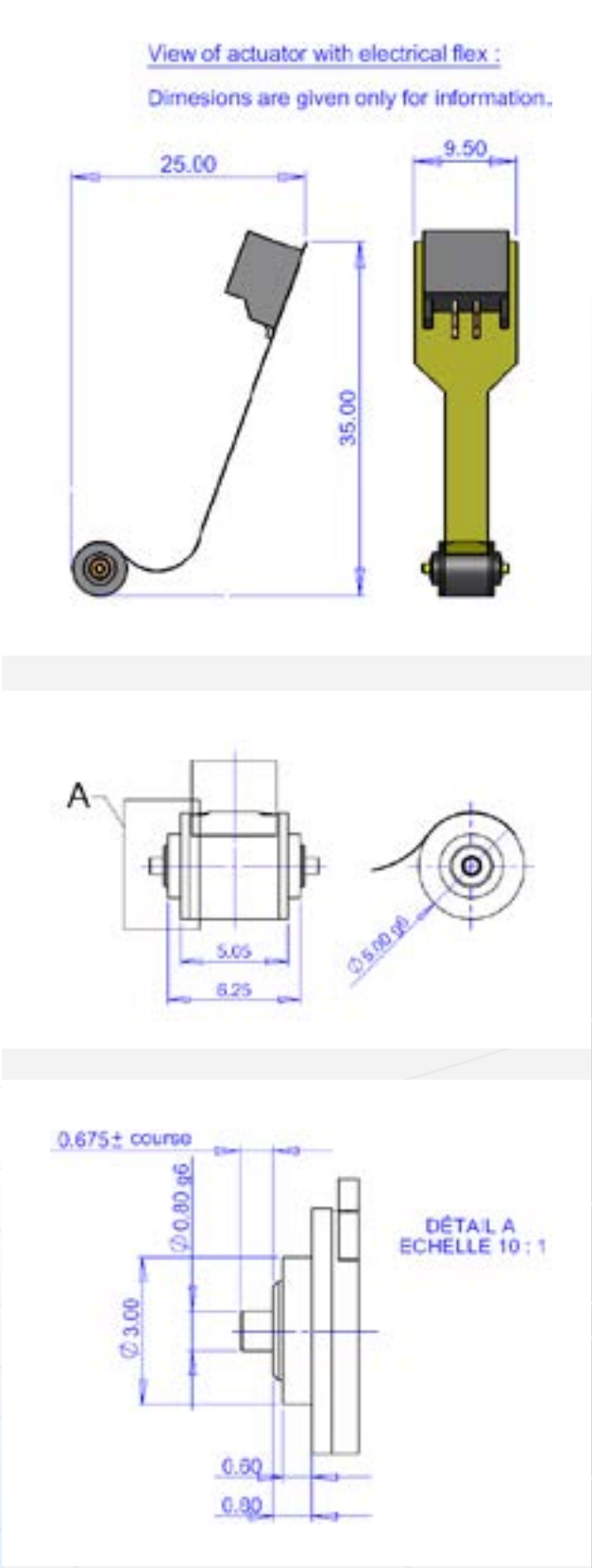
BLMM актуаторы могут легко управляться с помощью нашего усилителя LA24. Более подробная информация приведена в главе посвященной управляющей электронике.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

Актуаторы BLMM можно разделить на две категории: блокирующие и перемещающие нагрузку. Специальная конструкция блокирующих актуаторов позволяет увеличить удерживающую силу. Эти BLMM используются в устройствах блокировки, контакторах, системах позиционирования. При разработке перемещающего нагрузку актуатора сила во время движения и удерживающая сила практически уравновешивается. Такие BLMM применяются в электрических клапанах, системах вибрации или, например, в миниатюрных насосах.

Достоинства BLMM:

- Малый размер
- Низкое энергопотребление
- Высокая скорость
- Простое управление



■ Рисунок 6.4: Механическая конструкция

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 6.5: Звуковая катушка космического уровня исполнения

■ Рисунок 6.6: Электромагнит для микро электромеханического испытательного стенда

■ Рисунок 6.7: Специализированный управляемый электромагнит «MICA»

6.4 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МАГНИТНЫЕ АКТУАТОРЫ

Компания CEDRAT TECHNOLOGIES разрабатывает специализированные актуаторы и датчики уже более 15 лет. Звуковые катушки (английский термин «Moving coils»), Перемещаемые магниты (английский термин «moving magnets»), электромагниты... , - эти и другие технологии производства актуаторов выбираются в зависимости от требований заказчиков. Далее приведены некоторые примеры:

ЗВУКОВАЯ КАТУШКА КОСМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ИСПОЛНЕНИЯ

Этот привод предназначен для космического применения. Он пригоден для применения в вакууме с линейными направляющими, выполненными в виде гибких пластин для обеспечения большого срока службы (более 10 млрд. циклов - Рисунок 6.5).

ЭЛЕКТРОМАГНИТ ДЛЯ «MEMS» АВТОМАТИЧЕСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Его размеры и электрические характеристики адаптированы для обеспечения возможности встраивания в систему заказчика (рис 6.6). MEMS (аббревиатура от «Microelectromechanical systems»).

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТ «MICA»

Этот актуатор замещает двигатель вращения и коленчатый вал в колебательной системе. В результате уменьшаются габариты и масса, уменьшается уровень шума и вибрации, возрастает срок службы. Специальная титановая направляющая рассчитана на обеспечение высокой радиальной жесткости и адаптирована к осевой жесткости (рис 6.7).

МАЛОГОБАРИТНЫЕ БЛОКИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Актуатор, работающий при температуре окружающей среды 80 °C.

Если в этом каталоге Вы не нашли актуатор, который соответствует Вашим требованиям, то CEDRAT TECHNOLOGIES предлагает производство актуаторов по запросу. Для получения информации об инженерных возможностях и предлагаемых услугах CEDRAT TECHNOLOGIES, пожалуйста, обратитесь к Главе 3.3 (стр. 48) или посетите наш сайт: ***http://metrology-spb.ru***

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

		ЗАДАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ В 19-И ДЮЙМОВОМ КОРПУСЕ			
Модель, серия	Ед. Изм.	LC75x	LA75x-y-z	SP75x-y	SC75x
Примечание	-	x: Уровень мощности: A, B, C	x: Уровень мощности: A, B, C y: Количество каналов: 1 ..3 z: Опция “PushPull”	x: Уровень мощности: A, B, C y: Количество каналов: 1..2	x: Уровень мощности:D
Функционал	-	Биполярный AC/ DC линейный преобразователь для пьезо актуаторов	Линейный усилитель для пьезоактуаторов	Импульсный двухпозиционный усилитель мощности для пьезоактуаторов	Униполярный AC/ DC импульсный преобразователь для пьезо актуаторов
Совместимость с корпусами	-	RK42F,3H, RK42F, 4H RK84F,4H	RK42F,3H, RK42F, 4H RK84F,4H	RK42F,3H RK84F,4H	RK42F,4H RK84F,4H
Сеть или питающее напряжение	В	110 - 263	-36 / 165	-20 / 150	110 - 263
Выходное напряжение актуатора	В	-	-20 / 150	-20 / 150	-
Максимальный выходной ток	мА	до 2400	до 2400	до 360	до 30000
Разрешение	-	-	☺ ☺	☑	-
Точность	-	-	☺ ☺	-	-
Ширина полосы / мощность	-	-	☺	-	-

■ Рисунок 7.1: Вид стандартных стоек

7. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ЗАДАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

7.1 РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ

7.1.1 ВВЕДЕНИЕ

Задающая электроника для пьезо и магнитных актуаторов CTECH выполнена в виде отдельных плат (Compact Amplifiers - CA) или предназначена для установки в 19-дюймовые корпуса (Rack Mounted - RK).

Серия, выполненная в виде отдельных блоков, называется Компактные Усилители (Compact Amplifiers - CA) хорошо адаптирована для установки в малых габаритах или для встраиваемых решений и обеспечивает наилучшее соотношение мощность/стоимость на рынке. Эта линейка отдельно стоящей управляющей электроники обеспечивают работу в открытой петле (кроме CA45, CCBu20), но могут быть разработаны и другие решения для работы в закрытой петле.

Линейка электроники, предназначенная для установки в корпус «RK», является более универсальной и в основном предназначена для лабораторного использования.

Для приведения в действие пьезо актуаторов в диапазоне напряжений -20 до + 150В, электроника в корпусе «75»-й серии, минимально будет включать:

- AC / DC преобразователь, обеспечивающий необходимый уровень стабилизированного напряжения постоянного тока (LC75 или SC75)
- Электронный усилитель напряжения (LA75, SA75, SP75)

Для приведения в действие магнитных актуаторов в диапазоне -46 и + 46 В, серия на основе корпуса «24», как минимум, включает в себя:

- AC/DC преобразователь, обеспечивающий необходимый уровень стабилизированного напряжения постоянного тока (LC24)
- Электронный усилитель тока (LA24)

	...ДЛЯ МАГНИТНЫХ В 19'' КОРПУСЕ	
SA75x	LC24x	LA24x-y
x: Уровень мощности:D	x: Уровень мощности: A	x: Уровень мощности: A y: Количество каналов: 1 ..3
Импульсный усилитель мощности для пьезо актуаторов	Биполярный AC/DC линейный преобразователь для магнитных актуаторов	Линейный усилитель для магнитных актуаторов
RK42F,4H RK84F,4H	RK42F, 3H RK84F, 4H	RK42F, 3H RK84F, 4H
0 / 240	110 - 263	-65 / 65
-20 / 150	-	-46 / 46
до 30000	до 1400	до 1400
☺	-	☺☺
☺	-	☺☺
☺☺	-	☺

■ Таблица 7.1: Классификация корпусов с Блоками питания и управляющей электроники

■ Рисунок 7.2: Специализированная стойка, включающая 6 каналов и 3 петли обратной связи

Если требуется управление высокоточным движением, то задающая электроника может быть укомплектована средствами для работы в закрытой петле, что по крайней мере включает:

- Датчик и преобразователь его сигнала
- Сервоконтроллер для работы в закрытой петле.

Дополнительно это описано в главе 8.

По вопросам, касающимся задающей и управляющей электроники, обращайтесь ***karev_p@metrology-spb.ru***

7.1.2 ГАБАРИТЫ КОРПУСОВ

Для построения требуемой конфигурации доступны 4 типа стандартных корпусов RK. В корпус устанавливаются платы с габаритами от 19 дюймов (Таблица 7.2). Эти корпуса позволяют реализовать различные конфигурации под заказ. Например, на рисунке 7.2 указан корпус RK84F, в котором установлены 3 платы LA75B-2, 1 преобразователь сигнала тензометрического датчика положения SG75-3 и 1 интерфейсный блок контроллера UC45.

■ Таблица 7.2: Характеристики стоек

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	RK12F
Код товара		V-RK12F
Примечания	-	-
Функционал	-	Корпус для CA45 или ECS75OEM
Макс. количество блоков (представлены усилители с закрытой петлей)	-	1 x CA45 1 x SG75-1 1x ECS75OEM-2
Предельно допустимая нагрузка по току	мА	1 x 30
Вес	кг	1.4
Ширина	мм	89
Высота	мм	129
Глубина	мм	260
Трансформатор	-	Да
Охлаждение	-	Нет
Интерфейс подключения к сети	-	IEC Inlet

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.1.3 ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Подключение к сети осуществляется с помощью соединителя CEE22 с возможностью выбора 110/230 В. Высоковольтные кабели, используемые для приведения в действие пьезоактуаторов снабжаются соединителями LEMO FFA.00.250.CTAC22. Со стороны актуатора на кабеле используются два штыревых соединителя (англ.: «Banana Plug») диаметром 1 мм (рис 7.3.а). По запросу соединители могут быть заменены на предназначенные для специальных применений или условий окружающей среды. Кроме того, могут быть предложены адаптеры LEMO-BNC (рис 7.3б).

Кабель для подключения к гибкому шлейфу от тензометрических датчиков, установленных на пьезоактуаторе, Подключение осуществляется через SMD соединитель с шагом контактов 1 мм и SMT видом монтажа (аббревиатура от «Surface Mounted Technology ») (рис 7.4).

Для работы двух актуаторов в двухтактном режиме (англ.: «push-pull mode») CTECH поставляет специализированный кабель для подключения двух пар штыревых контактов (англ.: «banana plug») к одному LEMO каналу..

■ Рисунок 7.3а: Стандартный коаксиальный кабель RG178B / U для приведения в действие актуатора APA®

■ Рисунок 7.3б: Адаптер LEMO - BNC

■ Рисунок 7.4: Кабель для подключения тензометрических датчиков

RK42F 3H	RK42F 4H	RK84F 4H
V-RK42F3H	V-RK42F4H	V-RK84F4H
-	Предварительные данные	-
Корпус для LA75A или B серий	Корпус для LA75C серий	Корпус для LA75A&B, LA75C серий, SA75 серий Для электроники в 19" корпусе
1 x LA75A-3 или B-2 1 x SG75-3 или 1 x ECS75-2 1 x UC65 или 3 x UC45	1 x LA75C 1 x SG75-1 или 1 x ECS75-1 1 x UC65 или 1 x UC45	3 x LA75A-3 или B-2 2 x LA75C (в процессе) 2 x SA75x 3 x SG75-3 3 x ECS75-2 1 x UC65 или 9 x UC45
2 x 360	1 x 2400	6 x 360 2 x 2400 (в процессе) 2 x 20000"
4.65	5.5	8
260	260	470
160	200	200
310	310	310
Да	Нет	Да, с серией LA75 Нет, с серией SA75x
Нагнетаемый воздух - 1 вентилятор	Нагнетаемый воздух - 1 вентилятор	Нагнетаемый воздух - 2 вентилятора для LA75 Нагнетаемый воздух - 1 вентилятор per SA75
IEC Inlet с переключателем напряжения	IEC Inlet с переключателем напряжения	IEC Inlet с переключателем напряжения

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.1.4 СТАНДАРТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ

Большинство стандартных конфигураций указаны в Таблице 7.3 и представлены в следующем виде:

- • До 3-х низкочастотных каналов (работающих в замкнутом цикле) в стойке RK42F3H,
- • До 2-х среднечастотных каналов (работающих в замкнутом цикле) в стойке RK42F3H,
- • Один канал с высокой или очень высокой пропускной способностью (работающий в замкнутом цикле) в стойке RK42F4H
- • До 5-и низкочастотных каналов (работающих в замкнутом контуре) и контроллер интерфейса в стойке RK84F4H,
- • До 15-и низкочастотных каналов в стойке RK84F4H,
- • До 3-х дополнительных каналов с очень высокой пропускной способностью (работающих в замкнутом цикле) в стойке RK84F4H.

		AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (ПОЖАЛУЙСТА ВЫБЕРИТЕ ОДИН ТИП)				ЗАДАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ (ПОЖАЛУЙСТА ВЫБЕРИТЕ ОДИН ТИП)			
Тип корпуса	Примечание	LC75x	LC75x	LC75x	SC75	LA75x-y	LA75x-y	LA75x-y	SA75x-y
Примечание		x: Тип A	x: Тип B	x: Тип C	x: Тип D	x: Тип: A y: количество каналов 1..3	x: Тип B y: количество каналов 1..2	x: Тип C y: количество каналов 1	x: Тип D y: количество каналов 1
RK42F, 3H		1				1 (3)			
RK42F, 3H			1				1 (2)		
RK42F, 3H			1			2 (6)			
RK63F, 4H	Снят с производства			1				1 (1)	
RK42F, 4H				1	1			1	1 (1)
RK84F, 4H		1				1 (3)			
			1				1		
			1			2 (6)			
			1			3 (8)			
				2(в процессе)				2(в процессе)	
				2(в процессе)		3 (9)			
				2(в процессе)		5 (15)			
				2(в процессе)			2 (6)		
				2(в процессе)			3 (6)		
				2(в процессе)				До 2.4A	

■ Таблица 7.3: Обзор RK стандартных конфигураций: возможные конфигурации AC-DC преобразователей и задающей электроники

Примечание: Любые «RK» могут комплектоваться преобразователями сигнала датчика положения и контроллерами (см главу 8))

Возможны и другие конфигурации: пожалуйста, обратитесь в ООО «Промышленная метрология».

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.2 СЕРИЯ «CA» ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ, ВЫПОЛНЕННАЯ В ВИДЕ ОТДЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

CA-u10, CA-u20 и CA45 – это усилители, выполненные в виде отдельных плат или в отдельно стоящих (обособленных) корпусах. CA-u10 – это сверхминиатюрный двухканальный Усилитель для пьезоактуаторов, работающих в открытой петле. Он способен обеспечить 5 мА на канал и питается напряжением постоянного тока от 3,3 В до 15 В.

CA-u20 – это сверхминиатюрный одноканальный Усилитель для пьезоактуаторов, работающих в открытой петле. Он способен обеспечить 100 мА и питается напряжением постоянного тока от 12 В до 24 В.

На платах нового поколения CA-uxx установлены электрические интерфейсы в виде стандартных соединителей или дополнительные двухрядные контакты с шагом 1,27 мм для пайки к вашей печатной плате.

Ca45 является одноканальным усилителем, смонтированным в отдельном малогабаритном корпусе RK12. CA45 питается от сети (220/240 В переменного тока; 110 В переменного тока - по запросу) и обеспечивает все необходимые функции для получения высокой точности от пьезоэлектрического актуатора: Приведение в действие и Управление пьезо актуатором в открытом или замкнутом контуре (оборудованном тензометрическими датчиками, - опция SG).

Смотрите таблицу на следующей странице.

■ Рисунок 7.5: Вид малогабаритного усилителя CA-u10

■ Рисунок 7.6: Вид Компактного Усилителя CA45

По запросу могут быть разработаны OEM версии.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.2.1 СЕРИИ ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ, В ВИДЕ ОТДЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	CA-U10	CA-U20	CA45-X
Код товара		V-CA-u10	V-CA-u20	V-CA45
Примечания	-	- -	Предварительные данные -	- x: Опция тензодатчик SG
Функционал	-	Отдельный усилитель напряжения для пьезо актуаторов	Отдельный усилитель напряжения для пьезо актуаторов	Отдельный усилитель напряжения для пьезо актуаторов
Макс. количество каналов	-	2 + опция «push-pull»	1	1
Защита	-	От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению
Напряжение питания	В DC В AC	5 - 12 -	12 - 24 -	- 110 - 264
Максимальный ток сети	мА	200	750	150
Частота сети	Гц	-	-	47-63
Выходное напряжение	В	5 / 150	-20 / 150	-20 / 150
Мин. выходное напряжение	В	5	-20	-20
Макс. выходное напряжение	В	150	150	150
Коэффициент усиления	В/В	45	20	20
Макс. непрерывный ток	мА	5	100	36
Пиковая выходная мощность	ВА	1	7	3
Емкость выходной нагрузки	мкФ	40	40	400
Управляющее входное напряжение	В	0 ... 3.3	-1 ... 7.5	-1 ... 7.5
Мин. входное напряжение	В	0	-1	-1
Макс. входное напряжение	В	3,3	7,5	7.5
Отношение сигнал/шум	дБ	70	85	85
Диапазон частот с нагрузкой	Гц	6,0	181,2	43,5
Диапазон частот без нагрузки	Гц	1000	33000	33000
Точность - Линейность	%	0,1	0,1	0,1
Установка DC напряжения смещения	-	-	-	10-и позиционный потенциометр
Минимальное DC напряжение смещения	В	-	-	-1,0
Максимальное DC напряжение смещения	В	-	-	7,5
Соединитель пьезокерамики	-	2 шт. x Molex серия Picoblade 3-х контактный угловой “папа” с шагом 1.25 мм	2 шт. x Molex серия Picoblade 3-х контактный угловой “папа” с шагом 1.25 мм	LEMO ERN.00.250.CTL
Соединитель внешнего датчика	-	-	-	LEMO EGG.00.304CLL
Соединитель сети питания	-	Molex серия Picoblade 2-х контактный угловой “папа” с шагом 1.25 мм	Molex серия Picoblade 2-х контактный угловой “папа” с шагом 1.25 мм	IEC Inlet
Соединитель внешнего управления	-	Molex серия Picoblade 5-и контактный угловой “папа” с шагом 1.25 мм	Molex серия Picoblade 8-и контактный угловой “папа” с шагом 1.25 мм	BNC
Входное полное сопротивление	кОм	10	10	10
Вес	кг	0,01	0,15	1,2
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	PCB плата 29x34.5x7	PCB плата 55x55x15	12F, 3H, 260мм 12F стойка 89x260x129
Охлаждение	-	Естественная конвенкция	Естественная конвенкция	Естественная конвенкция
Минимальная - Максимальная температура окружающей среды	-	0...40	0...40	0...40
Опция	-	Монтах на печатной плате с шагом 1,27 мм для угловых соединителей	Монтах на печатной плате с шагом 1,27 мм для угловых соединителей	Тензодатчик SG Контроллер UC45

■ Таблица 7.4: Характеристики серий CA-u10, CA-u20 и CA45, выполненных в виде отдельных модулей или блоков

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.3 AC / DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ «75»-Й СЕРИИ ДЛЯ ПЬЕЗОАКТУАТОРОВ

AC/DC или DC/DC преобразователи «75»-й серии предназначены для получения стабилизированных напряжений постоянного тока, необходимых для питания усилителей. AC/DC преобразователи в качестве первоисточника используют электрическую сеть.
AC/DC преобразователь LC75A используется в стандартной конфигурации; в то время как преобразователи LC75B и LC75C обладают возможностью обеспечивать более высокие токи и могут быть использованы для импульсных и/или высокочастотных областей применения.
Плата SC75D AC-DC в основном используется для импульсного усилителя SA75D, который требует специализированной шины напряжения.

■ Рисунок 7.7: Вид AC / DC преобразователя LC75B

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	LC75A	LC75B	LC75C	SC75D
Код товара		V-LC75A	V-LC75B	V-LC75C	V-SC75D
Примечания	-	-	-	-	Предварительные данные
Функционал	-	Биполярный AC/ DC линейный преобразователь для пьезо актуаторов	Биполярный AC/ DC линейный преобразователь для пьезо актуаторов	Биполярный AC/ DC линейный преобразователь для пьезо актуаторов	Униполярный AC/ DC импульсный преобразователь для пьезо актуаторов
Защита	-	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению
Напряжение питания	В AC	110 - 263	110- 263	110 - 263	110 - 263
Максимальный ток	A	0,5	0,8	2,7	1,3
Частота сети	Гц	47-63	47-63	47-63	47-63
Регулируемое напряжение постоянного тока	В DC	-36 / 165	-36 / 165	-36 / 165	0 / 240
Минимальное значение регулируемого напряжения постоянного тока	В DC	-36	-36	-36	0
Максимальное значение регулируемого напряжения постоянного тока	В DC	165	165	165	240
Ограничение по непрерывному или пиковому току	A	0,12	0,78	2,4	30
Максимальная выходная мощность (пиковая)	Вт	25	160	490	260
Частота переключения	кГц	-	-	-	>40
Пульсация тока	%	2	2	2	5
Интерфейс задней панели	-	DIN41612 тип D “Папа” 32 контакта	DIN41612 тип D “Папа” 32 контакта	DIN41612 тип D “Папа” 32 контакта	DIN41612 тип M “Папа” 42 сигнальных контакта + 6 контактов питания
Вес	кг	0,68	0,68	0,8	0,8
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 3H 12F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 3H 12F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 4H 12F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 4H 12F ширина, 3H высота
Охлаждение	-	Нагнетаемый воздух	Нагнетаемый воздух	Нагнетаемый воздух	Нагнетаемый воздух

■ Таблица 7.5: Характеристики преобразователей LC75

По запросу могут быть разработаны OEM версии.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.4 СЕРИЯ ЛИНЕЙНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ LA75 ДЛЯ ПЬЕЗОАКТУАТОРОВ

■ Рисунок 7.8: Вид усилителя LA75A-3

Серия линейных усилителей LA75 обеспечивает самое стандартное решение для приведение в действие пьезо актуаторов. Линейный усилитель LA75 обладает исключительно низким уровнем шума и предназначен для емкостных нагрузок, таких как Пьезоэлектрические Актуаторы. Он может обеспечивать усиление в диапазоне -20 В / +150 В. LA75A-x и LA75B-x могут быть оснащены опцией для работы в двухтактном режиме (англ.: «push-pull option»). Усилитель малой мощности LA75A-x устанавливается в 19-и дюймовый корпус и может содержать до 3-х независимых каналов. Усилитель средней мощности LA75B-x устанавливается в 19-и дюймовый корпус и может содержать до 2-х независимых каналов.

LA75C может обеспечить гораздо более высокие токи, особенно для высоких частот и / или импульсных областей применения. Он обеспечивает самую высокую мощность среди имеющихся на рынке линейных усилителей.

.

По запросу могут быть разработаны OEM версии.

■ Таблица 7.6: Характеристики усилителя LA75

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	LA75A-X	LA75B-X	LA75C
Код товара		V-LA75A-x	V-LA75B-x	V-LA75C-x
Примечания	-	x : количествово каналов	x : количествово каналов	-
Функционал	-	Линейный усилитель для пьезоактуаторов	Линейный усилитель для пьезоактуаторов	Линейный усилитель для пьезоактуаторов
Максимальное количество каналов	-	3 + опция «push-pull»	2 + опция «push-pull»	1
Защита	-	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению
Напряжение питания	В DC	-36 / 165	-36 / 165	-36 / 165
Выходное напряжение	В	-20 / 150	-20 / 150	-20 / 150
Минимальное выходное напряжение	В	-20	-20	-20
Максимальное выходное напряжение	В	150	150	150
Коэффициент усиления по напряжению	В/В	20	20	20
Максимальный непрерывный ток	мА	90	360	2400
Пиковая выходная мощность	ВА	6	20	160
Емкость выходной нагрузки	мкФ	400	400	400
Управляющее входное напряжение	В	-1 ... 7.5	-1 ... 7.5	-1 ... 7.5
Минимальное входное напряжение	В	-1	-1	-1
Максимальное входное напряжение	В	7.5	7.5	7.5
Пульсация тока	%	-	-	-
Суммарный коэффициент гармонических искажений	%	0.1	0.1	0.1
Отношение сигнал/шум	дБ	85	85	85
Диапазон частот с нагрузкой	Гц	109	435	2899
Диапазон частот без нагрузки	Гц	33000	33000	33000
Установка DC напряжения смещения	-	10-и позиционный потенциометр	10-и позиционный потенциометр	10-и позиционный потенциометр
Минимальное DC напряжение смещения	В	-1	-1	-1
Максимальное DC напряжение смещения	В	7,5	7,5	7,5
Соединитель пьезокерамики	-	LEMO ERN.00.250.CTL	LEMO ERN.00.250.CTL	LEMO ERN.00.250.CTL
Соединитель внешнего датчика	-	-	-	-
Вход внешнего управления	-	BNC тип	BNC тип	BNC тип
Входное полное сопротивление	кОм	10	10	10
Интерфейс задней панели	-	DIN 41612 “Папа” Форма C 64/96	DIN 41612 “Папа” Форма C 64/96	DIN 41612 “Папа” Форма C 64/96
Вес	кг	1	1	0,86
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпус 42F 3H 10F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпус 42F 3H 10F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпус 42F 4H 10F ширина, 3H высота
Охлаждение	-	Нагнетаемый воздух	Нагнетаемый воздух	Нагнетаемый воздух
Минимальная - Максимальная температура окружающей среды	°C	0...40	0...40	0...40
Опция	-	Опция «push-pull»	Опция «push-pull»	-

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.5 СЕРИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУАТОРОВ

Импульсные усилители разработаны с учетом возможности установки в «RK» корпуса. Они и обеспечивают непрерывный линейный режим и режимы ВКЛ/ВЫКЛ с высокой частотой переключений. Импульсная технология позволяет обеспечивать высокие амплитуды тока, необходимые для импульсных или высокочастотных применений для больших пьезоактуаторов.

SA75D является самой мощной задающей электроникой для пьезо актуатора. В этом усилителе применяются новейшие технологии для приведения в действие пьезоактуаторов с токами до 30 Ампер.

Усилитель может быть смонтирован в корпусе 42F4H и обеспечивать 1 канал (Рисунок 7.9) или в корпусе 84F4H и обеспечивать до 3-х каналов. В 3-х канальной конфигурации для питания 3-х SA75D добавляются 3 независимых конвертера SC75D.

Блок задающей электроники SP75A является двухпозиционной (Рисунок 7.10). Он обеспечивает только два положения:

- положение 1 (- 20 Вольт постоянного тока),
- положение 2 (+ 150 Вольт постоянного тока).

Управление двумя положениями осуществляется TTL сигналом. Калибровка скорости нарастания помогает снизить выбросы на переходной характеристике Пьезо Актуатора. SP75A-x может быть оснащен опцией для работы в двухтактном режиме (опция «push-pull»).

Импульсные усилители были разработаны в сотрудничестве с лабораторией «G2ELAB» «Университета Жозефа Фурье» в Гренобле в рамках проектов «AVIBUS» и «Clean Sky PPSMPAB» (аббревиатура от «Piezo Power Supply Module for Piezo Actuator Bench»).

Они могут приводить в действие большие пьезо актуаторы, позволяющие обеспечивать быстрое и мощное перемещение, которое требуется в механических станках или в активных лопастях вертолетов.

См таблицу на следующей странице

■ Рисунок 7.9: Вид корпуса импульсного усилителя SA75D

■ Рисунок 7.10: Вид импульсного усилителя SP75A-2

По запросу могут быть разработаны OEM версии.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.5.1 7.5.1 СЕРИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЬЕЗОАКТУАТОРОВ

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	SA75D	SP75A-X
Код товара		V-SA75D	V-SP75A
Примечания	-	Предварительные данные	x : количествово каналов
Функционал	-	Импульсный усилитель мощности для пьезо актуаторов	Импульсный двухпозиционный усилитель мощности для пьезоактуаторов
Максимальное количество каналов	-	1	2
Защита	-	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению
Напряжение питания	В DC	0 / 240	-20 / 150
Выходное напряжение	В	-20 / 150	-20 / 150
Минимальное выходное напряжение	В	-20	-20
Максимальное выходное напряжение	В	150	150
Коэффициент усиления по напряжению	В/В	20	-
Ограничение по максимальному току	А	20	0,36
Пиковая выходная мощность	ВА	1370	-
Емкость выходной нагрузки	мкГн	400	400
Управляющее входное напряжение	В	-1 ... 7.5	TTL сигнал / CMOS
Минимальное входное напряжение	В	-1	0
Максимальное входное напряжение	В	7.5	5
Пульсация тока	%	8	-
Суммарный коэффициент гармонических искажений	%	2	-
Отношение сигнал/шум	дБ	60	-
Диапазон частот с нагрузкой	Гц	520	1513
Диапазон частот без нагрузки	Гц	1500	-
Установка DC напряжения смещения	-	10-и позиционный потенциометр	-
Минимальное DC напряжение смещения	В	-1	-
Максимальное DC напряжение смещения	В	7,5	-
Соединитель пьезокерамики	-	LEMO EGH.2B.302.CC	LEMO ERN.00.250.CTL
Соединитель внешнего датчика	-	Контроль напряжения BNC тип Контроль тока BNC тип	-
Вход внешнего управления	-	BNC тип	BNC тип
Входное полное сопротивление	kW	10	10
Интерфейс задней панели	-	DIN41612 тип M “Папа” 42 сигнальных контакта + 6 контактов питания	DIN 41612 “Папа” Форма C 64/96
Вес	кг	-	0,5
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 4H 12F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 3H 18F ширина, 3H высота
Охлаждение	-	Нагнетаемый воздух	Естественная конвенкция
Минимальная - Максимальная температура окружающей среды	°C	0...40	0...40
Опция	-	Датчик температуры актуатора LEMO EPG-00-302-NLN	Связь через RS422

■ Таблица 7.7: Характеристики импульсного усилителя мощности

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.6 ИМПУЛЬСНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ПЬЕЗО ДВИГАТЕЛЕЙ SPC45

Контроллер SPC45 для шаговых пьезо двигателей является стандартным решением и объединяет в себе задающую электронику и контроллер. Он предназначен для LSPA, LSPS, и RSPA двигателей. Контроллер обеспечивает большие возможности для разработчиков. SPC45 обеспечивает быстрое движение и полностью управляемое перемещение. Для полного соответствия требованиям разработчиков контроллер также обеспечен программным интерфейсом для управления через ПК и серийный USB порт.

■ Рисунок 7.11: Контроллер Шаговых Пьезо Двигателей SPC45

Программное обеспечение позволяет пользователю выбрать наиболее эффективный сигнал в соответствии с задачами (скорость, сила, размер шага ...) и обеспечивает управление в замкнутом контуре с применением датчика положения.

SPC45 может быть модернизирован для OEM применений. Он питается от AC/DC преобразователя напряжением 12В - 24В.

Комплект пьезо двигателя LSPA30uXS, представленный в разделе 9.3, показывает пример применения контроллера SPC45.

■ Таблица 7.8: Характеристики SPC45 ►

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	SPC45
Код товара		V-SPC45
Примечания	-	-
Функционал	-	Отдельно стоящая задающая цифровая электроника для Шаговых Пьезоэлектрических Двигателей
Максимальное количество каналов	-	1
Защита	-	От перегрева От перегрузки по току
Напряжение питания	В	12 - 24 В DC
Выходное напряжение	В	0.1 / 100
Минимальное выходное напряжение	В	0,1
Максимальное выходное напряжение	В	100
Коэффициент усиления	В/В	20
Максимальный непрерывный ток	мА	150
Пиковая выходная мощность	ВА	7
Емкость выходной нагрузки	мкФ	1
Управляющее входное напряжение / Диапазон измерений	В	0 ... 5
Минимальное входное напряжение	В	0
Максимальное входное напряжение	В	5
Отношение сигнал/шум	дБ	83
Диапазон входных команд	В	0 ... 5
Разрешение АЦП	Биты	16
Диапазон выходного напряжения датчика	В	0 ... 5
Разрешение ЦАП	Биты	16
Частота дискретизации	кГц	10
Соединитель пьезокерамики	-	Соединитель ERNI, серия Mini bridge, 8-и контактный, угловой, шаг контактов 1,27 мм
Соединитель внешнего датчика	-	Соединитель ERNI, серия Mini bridge, 8-и контактный, угловой, шаг контактов 1,27 мм
Вход внешнего управления	-	Соединитель ERNI, серия Mini bridge, 8-и контактный, угловой, шаг контактов 1,27 мм
Входное полное сопротивление	kOhмс	>1000
Вес	кг	0,1
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	91 x 66 x 22
Охлаждение	-	Естественная конвенкция
Опция	-	Датчик положения
Интерфейс компьютера	-	USB compatible

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

■ Рисунок 7.12: AC/DC преобразователи LC24A для магнитных актуаторов

7.7 СЕРИЯ «24» AC/DC ПРЕОБРАЗВАТЕЛЕЙ ДЛЯ МАГНИТНЫХ АКТУАТОРОВ

Для управления магнитными актуаторами компания CEDRAT TECHNOLOGIES выпустила серию линейных магнитных усилителей LA24 в 19 дюймовом корпусе.

AC / DC преобразователи серии «24» предназначены для получения стабилизированного постоянного напряжения, которое необходимо для питания магнитных усилителей. AC / DC преобразователи используют электросеть в качестве первоисточника. В стандартной конфигурации используется AC / DC преобразователь LC24A.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	LC24A	SC24
Код товара		V-LC24A	V-SC24
Примечания	-	-	-
Функционал	-	Биполярный AC/DC линейный преобразователь для магнитных актуаторов	Биполярный AC/DC импульсный конвертер для магнитных актуаторов
Защита	-	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению	От перегрева
Напряжение питания	В AC	110 - 263	110 - 263
Максимальный ток	A	0,6	2,8
Частота сети	Гц	47-63	47-63
Регулируемое напряжение постоянного тока	В DC	-65 / 65	-48 / 48
Минимальное значение регулируемого напряжения постоянного тока	В DC	-65	-48
Максимальное значение регулируемого напряжения постоянного тока	В DC	65	48
Ограничение по непрерывному или пиковому току	A	1,4	5,2
Максимальная выходная мощность (пиковая)	Вт	20	250
Частота переключения	кГц	-	>100кГц
Пульсация тока	%	2	NA
Интерфейс задней панели	-	DIN41612 тип D “Папа” 32 контакта	DIN41612 тип D “Папа” 32 контакта
Вес	кг	0,68	1,18
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпус 42F 3H 12F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H, корпус 42F 3H 12F ширина, 3H высота
Охлаждение	-	Нагнетаемый воздух	Нагнетаемый воздух

■ Таблица 7.9: Характеристики преобразователей напряжения «24»-й серии

Этот биполярный блок питания производит симметричное высокое напряжение при высоком токе.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

7.8 ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ LA24 ДЛЯ МАГНИТНЫХ АКТУАТОРОВ

Линейный Усилитель LA24 был разработан для приведение в действие индуктивных нагрузок, таких как магнитные актуаторы, при очень низком уровне шумов. LA24A-x являемся маломощным усилителем, смонтированным 19-дюймовой плате. Он может обеспечивать работу до 3-х независимых каналов. Усилитель обеспечивает выходные напряжения в диапазоне -46/46 В и выходные токи до 1400 мА.

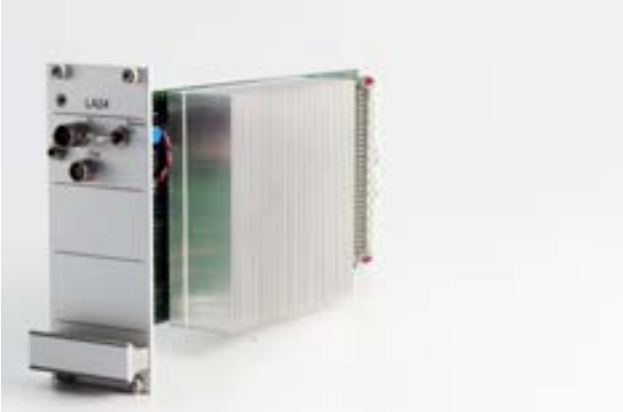


Рисунок 7.13: Линейный усилитель LA24A для магнитных актуаторов

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	LA24A-X
Код товара		V-LA24-x
Примечания	-	x : количествово каналов
Функционал	-	Линейный усилитель для магнитных актуаторов
Максимальное количество каналов	-	3
Защита	-	От перегрева От перегрузки по току От перегрузки по напряжению
Напряжение питания	В DC	-65 / 65
Выходное напряжение	В	-46 / 46
Минимальное выходное напряжение	В	-46/-40 для LC24/SC24
Максимальное выходное напряжение	В	46/40 для LC24/SC24
Коэффициент усиления по току	А/В	0,15
Ограничение по максимальному току	мА	1400
Пиковая выходная мощность	ВА	100
Индуктивность выходной нагрузки	мГн	100
Управляющее входное напряжение	В	-10 ... +10
Минимальное входное напряжение	В	-10
Максимальное входное напряжение	В	10
Пульсация тока	%	-
Суммарный коэффициент гармонических искажений	%	0,1
Отношение сигнал/шум	дБ	85
Диапазон частот с нагрузкой	Гц	63
Диапазон частот без нагрузки	Гц	33000
Установка DC напряжения смещения	-	10-и позиционный потенциометр
Минимальное DC напряжение смещения	В	-10
Максимальное DC напряжение смещения	В	10
Соединитель пьезокерамики	-	EPG.0B.302.HLN
Соединитель внешнего датчика	-	- Контроль тока
Вход внешнего управления	-	BNC тип
Входное полное сопротивление	кОм	10
Интерфейс задней панели	-	Din 41612 “Папа” Form C 64/96
Вес	кг	1
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпус 42F 3H 10F ширина, 3H высота
Охлаждение	-	Нагнетаемый воздух
Минимальная - Максимальная температура окружающей среды	°C	0...40
Опция	-	

■ Таблица 7.10: Характеристики усилителя LA24

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

8. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ДАТЧИКОВ И КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ПЬЕЗО АКТУТАОРОВ

8.1 РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ

Для высокоточного управления движением компания CTEC предлагает несколько типов датчиков и контроллеров.

Для достижения высокоточного управления движением, как правило, осуществляется работа в закрытой петле с применением этих датчиков и контроллеров. Они совместимы с пьезо и электромагнитными актуаторами (глава 4 - 6), а также с задающей электроникой (глава 7) от CTEC. Заказчик может построить собственную систему в соответствии с заданными требованиями путем сочетания задающей электроники, датчика и контроллера (таблица 8.1 и таблица 8.2).

Доступны два типа датчиков:

Тензометрические датчики (Strain Gauges - SG) являются контактными датчиками для измерения деформации. Они являются стандартными для пьезо актуаторов (APA, MLA, PPA) и для некоторых пьезо механизмов (TT, DTT, XY, XYZ, X, FPS, OPP ...). Тензометрические датчики стандартно не применяются в магнитных актуаторах. Но если в магнитных актуаторах применяются упругие (эластичные) направляющие, то могут быть использованы и тензометрические датчики положения SG.

Датчики Вихревых Токов (Eddy Current Sensors - ECS) являются бесконтактными датчиками измерения положения. Они являются стандартными для некоторых пьезо механизмов (XY, OPP...). Также они могут быть использованы с пьезоэлектрическими и электромагнитными актуаторами.

Обе технологии представлены в секциях 8.2 (датчики положения) и 8.3 (преобразователи сигналов датчиков положения).

С нашими изделиями могут быть использованы и другие имеющиеся на рынке датчики (емкостные датчики ...)

ДАТЧИКИ	Ед. Изм.	Тензо датчики + SG75	PCx + ECS75
Модель, серия	-	-	-
Примечания	-	"Контактный Резистивный "	"Безконтактный Вихревых токов"
Тип	"Преобразователь сигнала тензодатчика"	Преобразователь сигнала датчика вихревых токов с линейным выходом	
Функционал	-	☺	☺☺
Разрешение	-	☺☺	☺
Линейность	-	☺	☺☺
Температурные характеристики	-	☺	☺
Ширина полосы	-	☺	☺
Количество каналов	3	2	

CONTROLLERS	Ед. Изм.	UC45	U65	UC75
Модель, серия	-	-	-	-
Примечания	-	микроконтроллер работающий в реальном времени (µ-controller based Real-Time controller)	микроконтроллер в реальном времени на основе процессора (DSP-based Real-Time controller)	Открытая платформа реального времени на основе программируемой вентильной матрицы FPGA
Функционал	кГц	10	60 @ 1 канал 20 @ 3 канал	стандартно 30 @ 3 канала
Частота дискретизации	-	☺	☺☺	☺☺☺
Возможности	-	🗀	▣	Программирование до 3-х миллионов вентилей - 8 Dig-Ana slots
Количество каналов	-	☺	☺☺	
Температурные характеристики	-	☺	☺	
Ширина полосы	-	☺	☺	
Количество каналов	3	2		

CTEC предлагает три типа контроллеров. Выбор между этими контроллерами зависит от требуемой ширины полосы пропускания канала управления, числа каналов управления и требуемой вычислительной мощности.

Плата управления UC45 может быть подключена к плате усилителя и объединяет в себе одноканальный низкочастотный цифровой контроллер и канал связи с управляющим компьютером. Управление этим каналом происходит через соединитель, установленный на «75»-м корпусе и позволяющий обрабатывать несколько каналов (до 3-х).

Плата управления UC65 основана на ядре DSP (Digital signal processor), и может контролировать до трех каналов в стандартной конфигурации управления с более высокой скоростью, чем UC45. Этот контроллер хорошо адаптирован для матричного управления пьезо механизмами, которое требует обеспечить обработку данных. Что касается UC45, то связь с управляющим компьютером позволяет изменять параметры управления.

Плата управления UC75 является мощной платформой на основе «LabVIEW® Real Time». Она обеспечивает современный уровень цифрового управления и возможность обслуживать несколько каналов. Эту открытую платформу можно использовать для реализации Ваших требований. При этом CEDRAT TECHNOLOGIES может адаптировать программное обеспечение под ваши задачи.

Кроме того, поставляемый графический интерфейс обеспечивает возможность настройки.

Для получения более подробной информации и помощи в выборе конфигурации пожалуйста обращайтесь в ООО «Промышленная метрология» по телефону или электронной почте ***karev_p@metrology-spb.ru***

Датчики и электроника CTEC совместимы с актуаторами и обеспечивают создание завершенных мехатронных систем, обеспечивающих управление движением.

Преобразователь сигнала датчика положения снабжен функцией Электронной Спецификации Преобразователя (TEDS) (аббревиатура от «Transducer Electronic Data Sheet»). Функция TEDS отслеживается контроллерами UC45 и UC65 (рис 8.1). Функция TEDS использует память, встроенную в преобразователь сигнала датчика положения, где сохраняется информация о коэффициенте усиления датчика и другие данные калибровки. Следовательно, контроллер автоматически может считывать эту память.

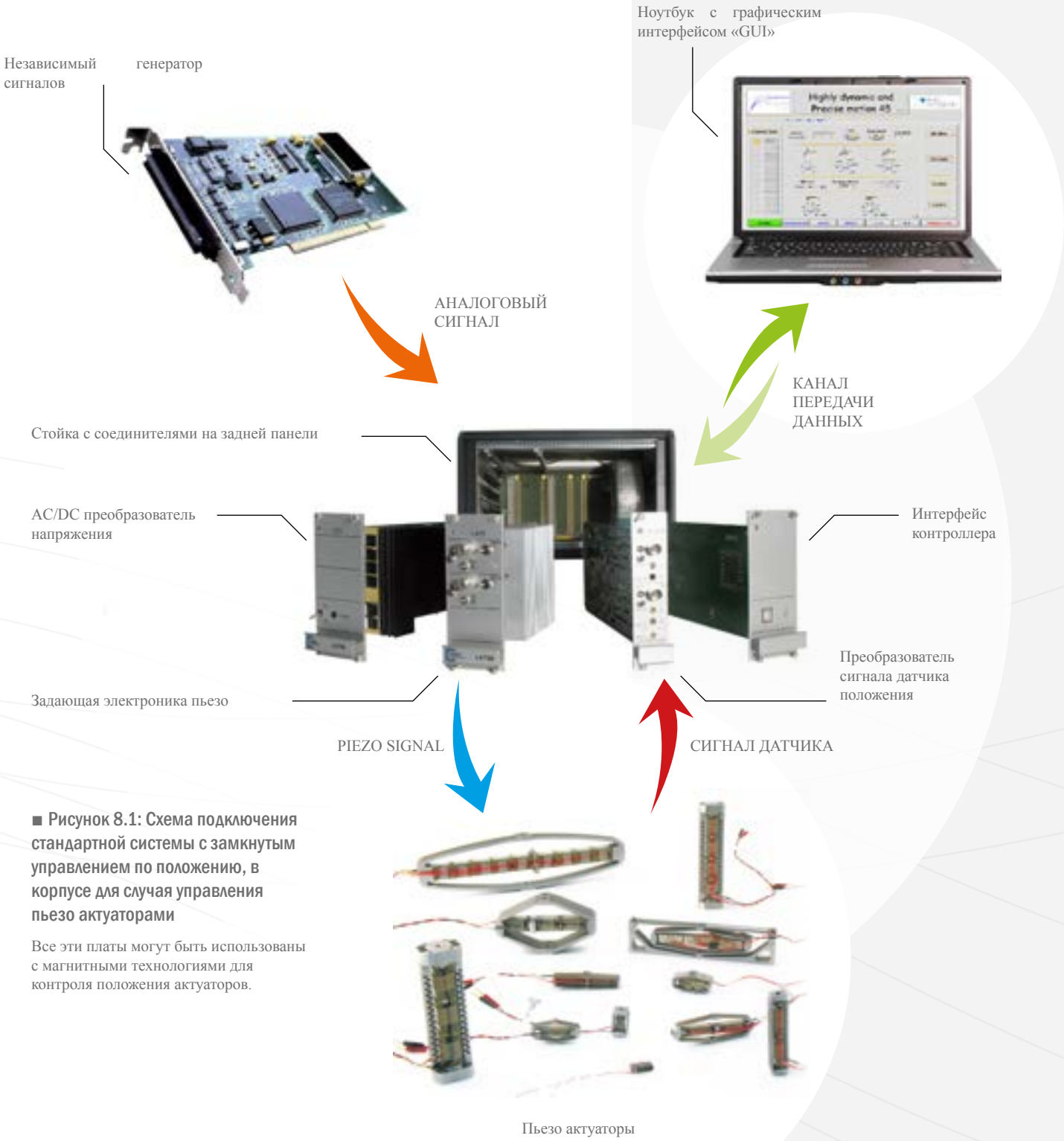
Кроме датчиков SG и ECS могут использоваться и другие датчики, доступные на рынке, такие как инкрементные магнитные датчики (MAG), оптические датчики, акселерометры, емкостные датчики, детекторы окончания

◄ Таблица 8.1: Руководство по выбору датчиков и контроллеров

хода, датчиков температуры ... они легко подключаются к контроллерам CEDRAT TECHNOLOGIES.

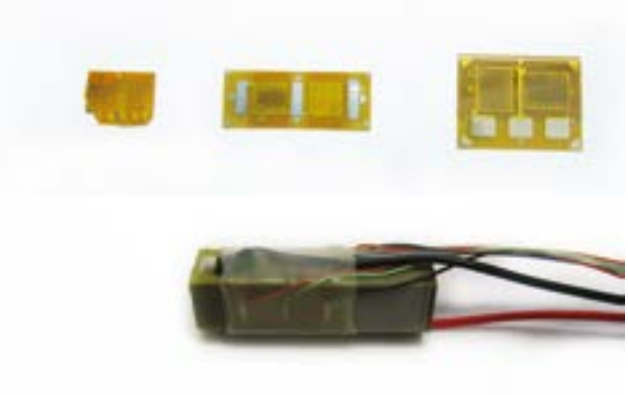
Для получения завершенной системы замкнутого цикла преобразователи сигнала датчика положения и платы контроллеров могут быть установлены в корпуса «RK», совместно с AC-DC преобразователями и усилителями.

Примеры таких комбинаций приведены в главе 9, где представлены демонстрационные и оценочные наборы.



■ **Рисунок 8.1: Схема подключения стандартной системы с замкнутым управлением по положению, в корпусе для случая управления пьезо актуаторами**

Все эти платы могут быть использованы с магнитными технологиями для контроля положения актуаторов.



■ Рисунок 8.2: Тензометрические датчики, установленные на пьезо актуаторах

8.2 ДАТЧИКИ

Мехатроника требует все более и более высокоточного движения в компактных габаритных. Для решения этой проблематики высокоточного позиционирования в течение нескольких последних лет разрабатывались актуаторы. Тем не менее, при уменьшающихся габаритах мехатронных систем, - датчики положения, доступные на рынке, вряд ли могут идти в ногу с требованиями по точности.

Поэтому компания CEDRAT TECHNOLOGIES разработала два вида датчиков, отвечающих этой проблематике в части показателей точность/разрешение при компактных габаритах.

Со стандартными изделиями линейки «RK» могут использоваться следующие типы датчиков:

- В Тензометрическом датчике (Strain gage - SG) для измерения деформации MLA используются тензорезисторы, установленные непосредственно на пьезокерамику. Это контактный датчик,
- Датчик Вихревых Токов Eddy (Eddy Current Sensor- ECS) основан на использовании эффекта вихревых токов, возникающих при внесении материала в магнитное поле катушки индуктивности внутри датчика. Это бесконтактный датчик.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	ТЕНЗОДАТЧИКИ	PLANAR COIL-500	PLANAR COIL-2000
Код товара		V-SG	V-PC500	V-PC2000
Примечания	-	-	Предварительные данные	Предварительные данные
Тип измерения	-	Контактный Резистивный	Бесконтактный Вихревых токов	Бесконтактный Вихревых токов
Области применения	-	Контактный датчик положения Контактная деформация / датчик силы	Бесконтактный датчик положения Бесконтактный датчик силы	Бесконтактный датчик положения Бесконтактный датчик силы
Тип преобразования	-	Полный мост Винстона “Push pull” мост Винстона	1 катушка Дифференциальный	1 катушка Дифференциальный
Напряжение возбуждения	В	2.5 ... 10	5	5
Частота возбуждения	Гц	DC	4M	1M
Выходное напряжение	mV	-10 ... 10	0 ... 5000	0 ... 5000
Максимальный ход	частей на миллион мкм	2000 -	- 500	- 2000
Электрический интерфейс	-	4 контактный гибкий шлейф	2-х проводной SMC 50 Ом	2-х проводной SMC 50 Ом
Температурный диапазон	°C	-75 ...95	-45 ...150	-45 ...150
Габариты	мм	Устанавливается на Многослойную Пьезо Керамику	диаметр 7 x 5, высота 0.8 диаметр 7, длина 20	диаметр 7 x 5, высота 1.8 диаметр 7, длина 20
Опция	-	-	Корпус с высокой степенью интеграции, Отдельный модуль	Корпус с высокой степенью интеграции, Отдельный модуль

■ Таблица 8.2: Характеристики датчиков

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

Тензометрические датчики являются стандартными в промышленности. Они устанавливаются непосредственно на MLA пьезокерамику и поэтому называются контактными датчиками (рис 8.2).

Общеизвестно, что тензорезистор преобразует собственную деформацию в пропорциональное изменение сопротивления. Соотношение между приложенной деформацией ε (ε=ΔL/Lo) и соответствующим изменением сопротивления тензометрического датчиком описывается уравнением :

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k.\varepsilon$$

где k – это коэффициент усиления тензорезисторов.

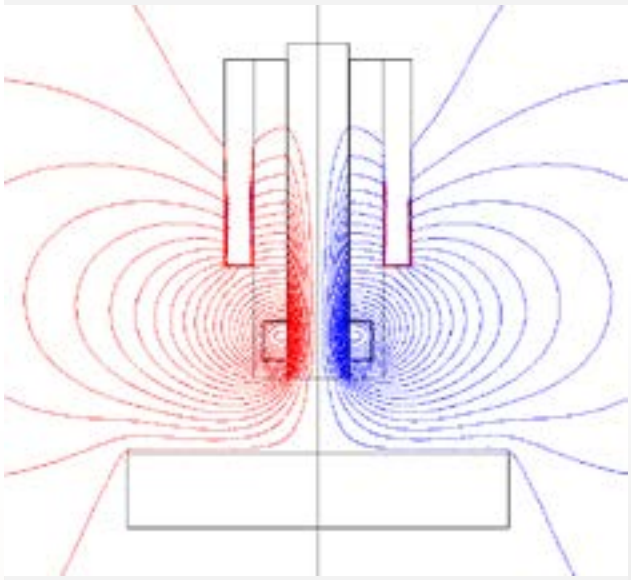
При объединении тензорезисторов в «мост Уитстона» (рис 8.2), небольшое изменение сопротивления преобразуется в изменение напряжения, что непосредственно используется для управления по положению в замкнутом контуре.

При управлении по положению Датчики Вихревых Токов (Eddy Current Sensor - ECS) способны фиксировать нано метровые перемещения в миллиметровом диапазоне. Сложность состояла в уменьшении общих габаритов и реализации датчика на стандартной печатной плате при оптимальной производительности.

Физически модель измерений (рис 8.3а) состоит из контролируемого объекта и основного компонента датчика, который представляет собой индукционную катушку. Когда переменное напряжение или ток подводится к индукционной катушке, то она генерирует колебательное магнитное поле, которое создает вихревые токи на поверхности проводящего объекта, в соответствии с принципом индукции вихревых токов. Вихревые токи циркулируют в направлении, противоположном направлению токов в катушке, что уменьшает магнитный поток в катушке и тем самым ее индуктивность. Вихревые токи также рассеивают энергию, и, следовательно, ведут к увеличению сопротивления катушки. В качестве целевого объекта для высокоточных измерений, должны использоваться немагнитные проводящие материалы, такие как алюминий или нержавеющая сталь.

«PC-x» (аббревиатура от «Planar Coil») могут использоваться для двух диапазонов, в зависимости от требуемого хода. Кроме того, в зависимости от области применения, - предусмотрены варианты исполнения в виде отдельного модуля или в виде встроенного в корпус модуля с высокой степенью интеграции (рис 8.3б).

Тензометрический датчик хорошо приспособлен для приложений, требующих высокое разрешение и линейность. Датчик Вихревых токов хорошо приспособлен для бесконтактных применений, где требуются высокое разрешение и обеспечение бесконтактной области измерений.



■ Рисунок 8.3а: Физический принцип действия датчика Вихревых Токов

■ Рисунок 8.3б: Вид «PC-x» в отдельном модуле и в корпусе с высокой степенью интеграции

■ Рисунок 8.4: Вид платы SG75-1

8.3 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ

После выбора правильного датчика для вашей задачи требуется выбрать определенный преобразователь сигнала датчика положения, совместимый с выбранным датчиком.

8.3.1 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ

Преобразователь сигналов датчика положения SG75 использует сигналы, выдаваемые тензометрическим датчиком. SG75 размещен на 19-дюймовой плате. Преобразователь может включать в себя до 3-х независимых каналов. Преобразователи, как правило, должны управлять полными мостами тензорезисторов.
Усиление каждого канала, как правило, устанавливается, после того как тензометрические датчики монтируются на Пьезоэлектрические Актуаторы. Такая плата может быть установлена в отдельный корпус RK12F.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	SG75-X
Код товара		V-SG75-x
Примечания	-	x : количествово каналов
Функционал	-	Преобразователь сигнала тензодатчика
Максимальное количество каналов	-	3
Напряжение питания	В DC	-15 / +15
Максимальный ток	А	-
Выходное напряжение	В	-12 ... 12
Минимальное выходное напряжение	В	-12
Максимальное выходное напряжение	В	12
Разрешение	% от Полного Хода	0,01
Ширина полосы	кГц	15
Точность - Линейность	+/- % от Полного Хода	0.25
Точность - Линейность	% от Полного Хода / °C	0,1
Точность - Компенсация температурного дрейфа	% от Полного Хода / °C	0,1
Установка DC напряжения смещения	-	10-и позиционный потенциометр
Минимальное DC напряжение смещения	V	-12
Максимальное DC напряжение смещения	V	12
Соединитель внешнего датчика	-	LEMO EGG.00.304.CLL
Выходной соединитель	-	BNC
Соединитель сети питания	-	-
Интерфейс задней панели	-	DIN 41612 Форма C 64/96
Вес	кг	0,18
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 3H или 4H 6F шириной, 3H высотой
Опция	-	Дифференциальные измерения Синхронизация датчиков

■ Таблица 8.3 Характеристики преобразователя сигналов тензометрического датчика положения SG75

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

8.3.2 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИГНАЛА ДАТЧИКА ВИХРЕВЫХ ТОКОВ

Преобразователи сигналов Датчиков Вихревых Токов обрабатывают сигналы от Датчика Вихревых Токов «PC-x»:

- ECS75-x - это преобразователь сигналов Датчика Вихревых Токов, который может быть реализован на 19-дюймовой плате, обеспечивая до 2-х независимых каналов.
- ECS75OEM является OEM версией, которая интегрирована в стойку 12F и получает питание от внешнего источника постоянного тока.

Оба этих преобразователя линеаризуют выходной сигнал от «PC-x» полиномиальной функцией высшего порядка, которая запрограммирована в цифровом компоненте. Дополнительно возможно применение дифференциальной функции и синхронизация датчиков. Как правило, усиление каждого канала устанавливается при встраивании в механизм Датчика Вихревых Токов. ECS75-u10 является экономически эффективным преобразователем. Он построен на основе входного аналогового каскада преобразователя ECS75, но без цифрового каскада, выполняющего линеаризацию. Он включает в себя только один канал, но опционально возможны дифференциальные измерения и синхронизация.

■ Рисунок 8.5: Вид платы ECS75-2

■ Таблица 8.4: Характеристики преобразователя Датчика Вихревых Токов

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	ECS75-X	ECS75OEM-X	ECS-U10
Код товара		V-ECS75-x	V-ECSOEM75-x	V-ECS-u10
Примечания	-	x : количествово каналов -	x : количествово каналов Предварительные данные	- Предварительные данные
Функционал	-	Преобразователь сигнала датчика вихревых токов с линейным выходом	Преобразователь сигнала датчика вихревых токов с линейным выходом	Eddy current sensor conditioner with nonlinear analog voltage/current output
Максимальное количество каналов	-	2	2	1
Напряжение питания	В DC	-15 / +15 / +5	9 - 24	12 - 15
Максимальный ток	A	0.25 / 0.4 / 0.3	1.2 - 0.6	0.1 - 0.12
Выходное напряжение	V	-10 ... 10	-10 ... 10	0 ... 10
Минимальное выходное напряжение	V	-10	-10	0
Максимальное выходное напряжение	V	10	10	10
Разрешение	% от Полного Хода	0,005	0,005	0,001
Ширина полосы	кГц	10	10	15
Точность - Линейность	+/- % от Полного Хода	1	1	25
Точность - Линейность	% от Полного Хода / °C	TBD	TBD	TBD
Точность - Компенсация температурного дрейфа	% от Полного Хода / °C	0,1	0,1	0,1
Установка DC напряжения смещения	-	10-и позиционный потенциометр	10-и позиционный потенциометр	10-и позиционный потенциометр
Минимальное DC напряжение смещения	В	-12	-12	-10
Максимальное DC напряжение смещения	В	12	12	0
Соединитель внешнего датчика	-	SMC 50 Ом	SMC 50 Ом	SMC 50 Ом
Выходной соединитель	-	BNC	BNC	DB9 “Папа”
Соединитель сети питания	-	-	2-х проводный RCA	DB9 “Папа”
Интерфейс задней панели	-	DIN 41612 Форма C 64/96	-	-
Вес	кг	0,2	1,2	0,06
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с корпусом 84F 4H, корпусом 42F 3H или 4H 6F шириной, 3H высотой	12F, 3H, 260мм 12F корпус 89x260x129	Корпусное исполнение, габариты 66 x 66x 28
Опция	-	Дифференциальные измерения Синхронизация датчиков	Дифференциальные измерения Синхронизация датчиков	Дифференциальные измерения Синхронизация датчиков Монтаж на печатной плате с шагом 1,27 мм с уговыми соединителями Выход компаратора

Если для вашей задачи требуется закрытая петля, то CTEC предлагает различные решения, построенные на цифровых контроллерах с большей или меньшей универсальностью и возможностями.

Цифровой контроллер UC45 реализуется в качестве опции на плате усилителя (рис 8.7). UC45 представляет собой ПИД-регулятор с цифровой настройкой. UC45 обеспечивает выбор выходного фильтра. Он может управлять одним каналом с частотой дискретизации 10 кГц. Ширина полосы задается частотой дискретизации.

При использовании «RK», имеется возможность подключить UC45 через USB к внешнему ПК для чтения и установки параметров управления (рис 8.8). UC45 поставляется с графическим интерфейсом HDPM45, который доступен для бесплатной загрузки. С помощью HDPM45 можно настроить управление изменением: характеристик ПИД-регулятора; типа фильтров (фильтра низких частот 2-го / 4-го порядка или полосового заграждающего фильтра) и ограничения выходного напряжения для уменьшения риска повреждения пьезо актуатора во время процесса настройки.

Контроллер UC65 – это плата, которая может быть установлена в корпус «75» (рис 8.10). Он основан на мощном процессоре цифровой обработки сигнала и поэтому он может контролировать несколько независимых или связанных каналов. UC65 может реализовать очень высокоскоростную петлю управления со скоростями дискретизации до 60 кГц на один канал. Он оборудован USB разъемом на передней

■ Рисунок 8.7: Вид платы UC45

■ Рисунок 8.8: Вид USB соединителя UC45

■ Рисунок 8.9: Вид платы UC75

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	UC45
Код товара		V-UC45
Примечания	-	-
Функционал	-	микроконтроллер работающий в реальном времени (µ-controller based Real-Time controller)
Максимальное количество каналов	-	1
Напряжение питания	В DC	-15 / +15 / +5
Диапазон вход-го напряжения	В	-10 ... 10
Разрешение АЦП	Биты	16
Диапазон вых-го напряжения	В	-10 ... 10
Разрешение ЦАП	Биты	16
Дополнительные входы		Входы инкрементного энкодера
Частота дискретизации	кГц	10
Возможности контроллера	-	ПИД, НЧ фильр 2-го порядка, Полосовой Фильтр 2 порядка, Полосовой Фильтр 4 порядка, 2 шт. х ПФ 2-го порядка
Электрический интерфейс	-	2 lines of Male headers 2.54мм pitch
Вес	кг	0,05
Габариты	W, L, H мм x мм x мм	Совместим с платами LA75x, SA75x Габариты платы 50 x 70
Опция	-	Монтаж PCB 2 канала только для механизмов с ECS
Интерфейс компьютера	-	USB подключение

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

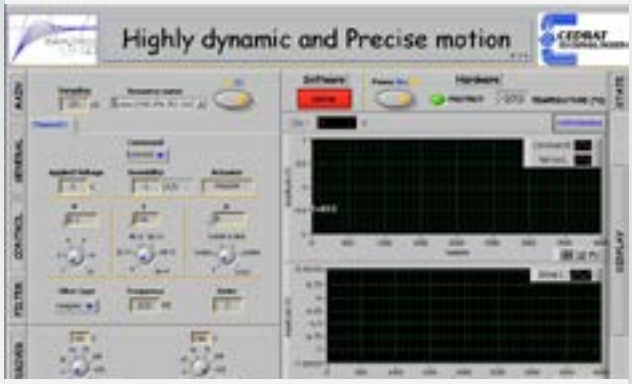
панели, поэтому он может быть подключен к компьютеру. Он полностью совместим с бесплатным графическим интерфейсом HDPM45, где параметры управления могут быть визуализированы и настроены.

Универсальная платформа UC75, работающая в режиме реального времени использует процессор Compact RIO@N от National Instruments (NI) и библиотеки LabVIEW® от NI для управления любой системой. Программируемый контроллер автоматизации Compact RIO является бюджетной системой с перестраиваемой конфигурацией системы управления и системы сбора данных. Он был разработан для применений, требующих высокую производительность и надежность.

Программируемая вентильная матрица FPGA (Field-ProgrammableGateArray)являетсяболеебыстродействующим решением по сравнению с цифровым процессором DSP (Digital Signal Processor), так как FPGA производит параллельную обработку сигналов, а DSP – обрабатывает сигналы последовательно. Но DSP позволяет реализовывать более сложные алгоритмы обработки сигнала, поэтому компания CTEC в большинстве своих решений реализует DSP схемы.

UC75 (рис 8.9) может быть подключен к персональному компьютеру для анализа поведения системы в режиме реального времени, для настройки параметров контуров управления по сети Ethernet на скорости 100 Мб/с или может работать автономно. Стандартно в комплекте поставки предлагается интерфейс пользователя HDPM75 (рис 8.11).

■ Рисунок 8.10: Вид платы UC65



■ Рисунок 8.11: Вид программного обеспечения HDPM 75

UC65-X	UC75-X	HUB
V-UC65	V-UC75	V-HUB
Предварительные данные x : количествово каналов	x : количествово каналов	-
микроконтроллер в реальном времени на основе процессора (DSP-based Real-Time controller)	Открытая платформа реального времени на основе программируемой вентильной матрицы FPGA	USB концентратор для UC45 контроллеров
3	Программирование до 3-х миллионов вентилей - 8 Dig-Ana slots	3 стандартно, до 4-х
-15 / +15 / +5	-15 / +15 / +5	+5
-10 ... 10	-10 ... 10	-
16	16	-
-10 ... 10	-10 ... 10	-
16	16	-
Входы инкрементного энкодера	Совместим с линейкой изделий National Instrument	-
60 @ 1 канал 20 @ 3 канала	стандартно 30 @ 3 канала	-
ПИД, НЧ фильр 2-го порядка, Полосовой Фильтр 2 порядка, Полосовой Фильтр 4 порядка, 2 шт. x ПФ 2-го порядка	Открытая платформа для приведения в соответствии с вашими требованиями	-
DIN 41612 Форма C 64/96	DIN 41612 Форма C 64/96	USB порт на лицевой панели
0,2	1,3	0,08
Совместим с корпусом 42F 3H или 84F 4H 6F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 84F 4H 26F ширина, 3H высота	Совместим с корпусом 42F 3H или 4H или 84F 4H 10F ширина, 3H высота
-	-	-
USB подключение	Линия Ethernet 10-100 Мб/с	USB подключение

■ Таблица 8.5: Характеристики Цифровых контроллеров

Если у вас уже имеется программное обеспечение «LabVIEW® Real Time», то это позволит Вам получить гибкую платформу. Вы также сможете подключить ее к другим подсистемам. Используя свои компетенции в мехатронике, CEDRAT TECHNOLOGIES может разработать для вашего приложения специальное программное обеспечение.

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

9. МЕХАТРОННЫЕ РЕШЕНИЯ

CEDRAT TECHNOLOGIES также предлагает различные виды завершенных мехатронных решений:

- Оценочные наборы и наборы для разработок
- Мехатронные модули «под ключ» для станков

Мехатронные наборы можно рассматривать в качестве оценочных решений «включай и работай» для изучения и выявления на практике различных аспектов пьезо мехатроники для различных задач. В качестве примера в следующих параграфах представлены:

- EP120S (Evaluation Pack): бюджетный набор, позволяющий оценить основы практического применения пьезо актуатора и драйвера
- Набор для обучения CAV Edu kit (Active Control of Vibrations Educational Kit): набор для изучения активного контроля вибрации
- Набор разработчика LSPA30uXS Dev kit (Development Kit): набор разработчика, позволяющий произвести испытания миниатюрного пьезо двигателя LSPA и его контроллера

Мехатронные модули «под ключ» для станков включают в себя:

- Серво Пьезо Инструменты SPT (Servo Piezo Tools): для быстрого позиционирования инструментов при точении
- Держатели Инструмента с генерацией Вибрации VTH (Vibrating Tool Holders): для получения полезной вибрации инструментов при механической обработке

Доступностью этих завершенных мехатронных решений, доступных в качестве стандартных, CTEC показывает свои возможности освоить разработку любых мехатронных систем, включающих актуатор, датчик и контроллер для различных промышленных применений, требующих компактное, динамичное и точное решение.

■ Рисунок 9.1: Оценочный набор EP120S: актуатор APA120S и усилитель CAu10

9.1 EVALUATION PACK EP120S

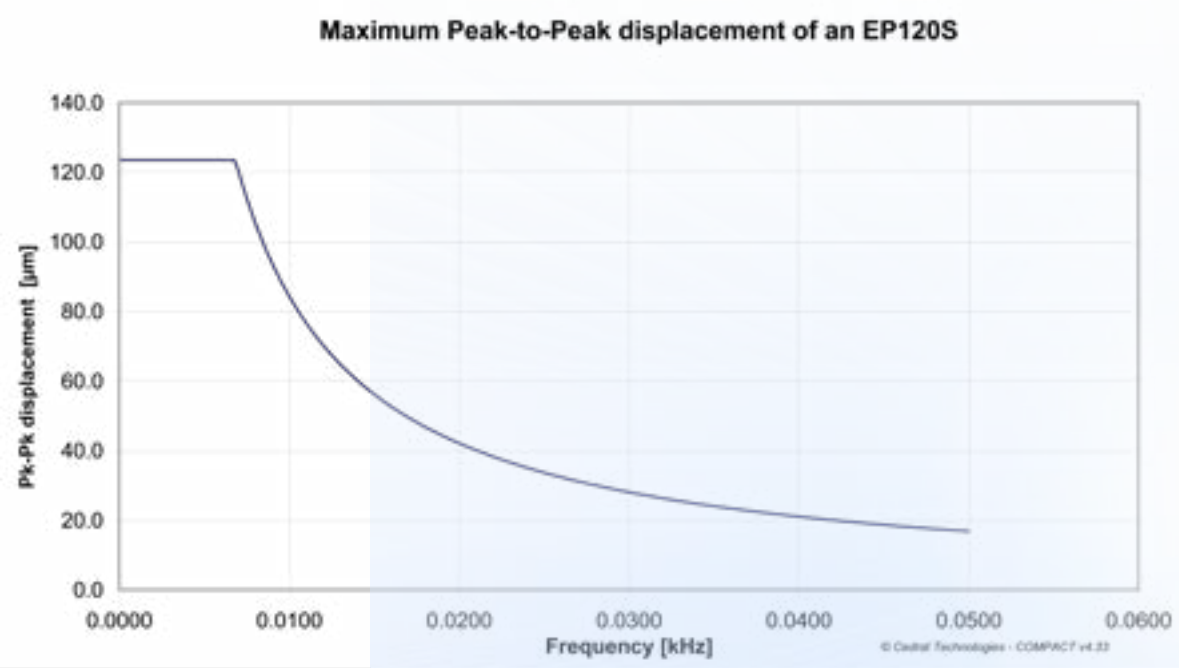
Оценочный Набор EP120S (Evaluation Pack) позволяет провести простое исследование пьезо технологии, предлагаемой компанией CEDRAT TECHNOLOGIES, в квазистатическом режиме. Набор включает:

- Актуатор с интегрированным рычажным механизмом APA120S
- Линейный усилитель CAu10
- Соединительные кабели

Актуатор APA120S обладает компактными габаритами и может перемещать нагрузку с массой до 0,5 кг на расстояние 140 мкм. Усилитель CAu10 может обеспечивать напряжение до 150 В и является двухканальным

Техническую спецификацию и чертежи можно найти в спецификации актуатора APA®120S и усилителя CAu10.

Ниже приведена стандартная зависимость хода от частоты EP120S:



Основные параметры, которым можно дать оценку с помощью Оценочного Набора:

- Высокая жесткость актуатора
- Нанометровое разрешение
- Высокая повторяемость
- Отличная надежность
- Простое внедрение
- Низкая стоимость

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

9.2 ОБУЧАЮЩИЙ НАБОР CAV «ACTIVE CONTROL OF VIBRATIONS»

Обучающий набор Активного Управления Вибрацией CAV (Active control of Vibrations) предоставляет студентам реальную возможность ОТКРЫТЬ для себя мехатронику и пьезоэлектричество.

В НОГУ СО ВРЕМЕНЕМ...

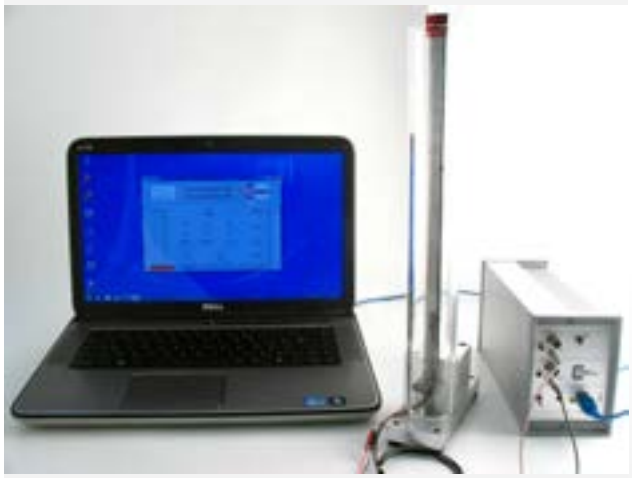
В современной промышленности, возрастает количество задач мехатроники в части Активного Управления Вибрацией. Стабилизация пластин во время литографии, снижение уровня шума лопастей вертолета, снижение эффекта размытия изображения вследствие движения в оптических устройствах (компенсация смаза), демпфирование механических обрабатывающих инструментов... это только несколько примеров промышленных применений.

УСТАНОВКА НА ИННОВАЦИИ...

Набор содержит оригинальный и инновационный пьезо актуатор с усилителем перемещения APA®, запатентованный компанией CEDRAT TECHNOLOGIES (CTEC). Актуатор установлен на гибкой балке (рис 9.2). При приложении внешней вибрации к гибкой балке, уровень вибрации измеряется точным акселерометром. Управление осуществляется промышленным драйвером и контроллером CTEC с возможностью настройки параметров ПИД регулятора и выбора дополнительных фильтров. Контроллер управляет пьезо актуатором, подавляя вибрацию гибкой балки. Результат очень наглядный и впечатляющий!

СДЕЛАНО ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ...

Практические пособия были разработаны совместно с двумя признанными инженерными школами: Центром Передовых Технологий в Механике (Centre of Excellence In Mechanics – CETIM, Франция) и Политехническим Университетом (Polytech Annecy-Chambéry, Франция). Это решение входит в образовательные программы многих инженерных курсов. Оно особенно актуально там, где на переднем плане находятся задачи по механике, мехатронике, системам управления и обработке данных в промышленности. Практические пособия были разработаны преподавателями и предоставляются в виде нескольких практических работ продолжительностью от 4-х до 8-ми часов.
Обучающий набор CAV является простым и быстрым в



■ Рисунок 9.2: Обучающий набор «CAV kit»

■ Рисунок 9.3: Две Практические Работы предлагаются в комплекте с Обучающим Набором CAV

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

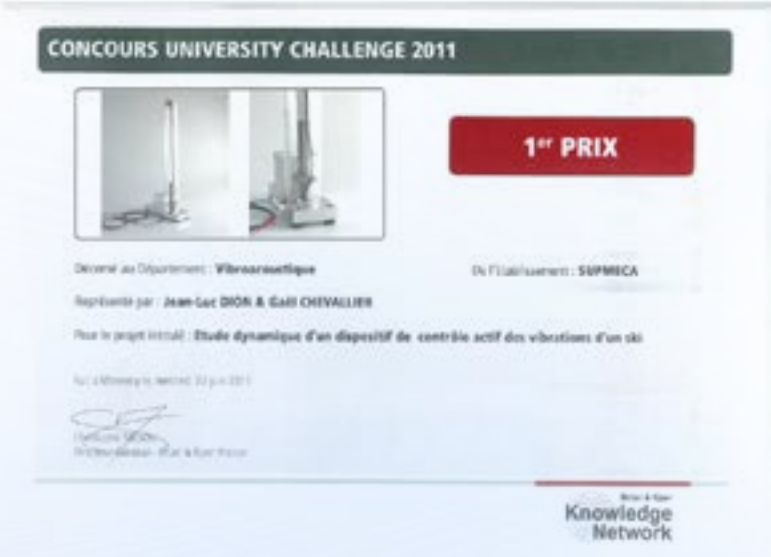
установке. Результатом применения набора могут быть полученные умения и навыки, необходимые для инженеров в таких областях как: схемотехника, ПИД-регулятор, трактовка информационных сигналов, определение частот и форм колебаний...

НАДЕЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ...

Так же как и вся линейка изделий CEDRAT TECHNOLOGIES, набор является в высшей степени надежным. Набор хорошо защищен от несоблюдения правил эксплуатации, что позволяет студентам и учителям в его применении.

ИМЕЮЩИЕСЯ НАГРАДЫ...

Обучающий Набор получил первый приз (рис 9.4) в состязании команд студентов университетов «University Challenge 2011», организованном «Bruel&Kjaer» по проекту “Изучение и управление поведением вибрации лыжи”.



■ Рисунок 9.4: Диплом 1-е место «B & K University Challenge 2011»

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ
Письменные практические работы в формате PDF, инструкцию пользователя на русском языке и видео можно получить на нашем сайте:
http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES/Nabory_razrabotchika/Nabor_dlya_obucheniya_ACV/

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

9.3 НАБОР РАЗРАБОТЧИКА С ПЬЕЗО ДВИГАТЕЛЕМ LSPA30UXS

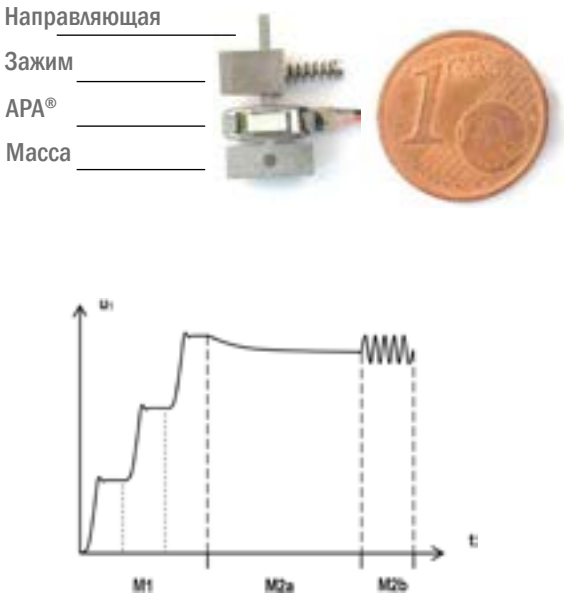
Линейные Шаговые Пьезо Двигатели LSPA (Linear Stepping Piezo Actuators) являются пьезоэлектрическими двигателями линейного перемещения для высокоточного позиционирования. Они классифицируются как шаговые двигатели инерционного типа. LSPA получили свои достоинства на основе положительного опыта применения APA® , особенно в части большой деформации и высокой надежности. LSPA работают путем последовательного осуществления малых шагов (M1), генерируемых пилообразным сигналом (Рисунок 9.5). Между шагами (см главу 5.9) двигатель фиксируется в положении без потребления питания. В качестве дополнительного режима присутствует режим тонкой подстройки (M2), который позволяет APA® достичь нанометрового разрешения.

Набор разработчика LSPA30uXS обеспечивает возможность исследовать потенциал LSPA30uXS, самого малого из существующих двигателей LSPA, в шаговом режиме (M1). Набор разработчика в комплекте со специальным внешним миниатюрным драйвером (SPC45) и магнитным датчиком с высоким разрешением является полностью завершенным решением для обеспечения миллиметрового движения с высоким разрешением с петлей обратной связи (см главу 7.6).

Набор разработчика LSPA30uXS состоит из различных подсистем (Рисунок 9.6):

1. LSPA30uXS kit (двигатель LSPA30uXS объединенный с инкрементным сенсором на удерживающей платформе)
2. Задающая электроника SPC45
3. Блок питания для SPC45
4. Кабели
5. USB кабель для управления через графический интерфейс пользователя

Смотрите описание механической конфигурации и интерфейсов на следующей странице...

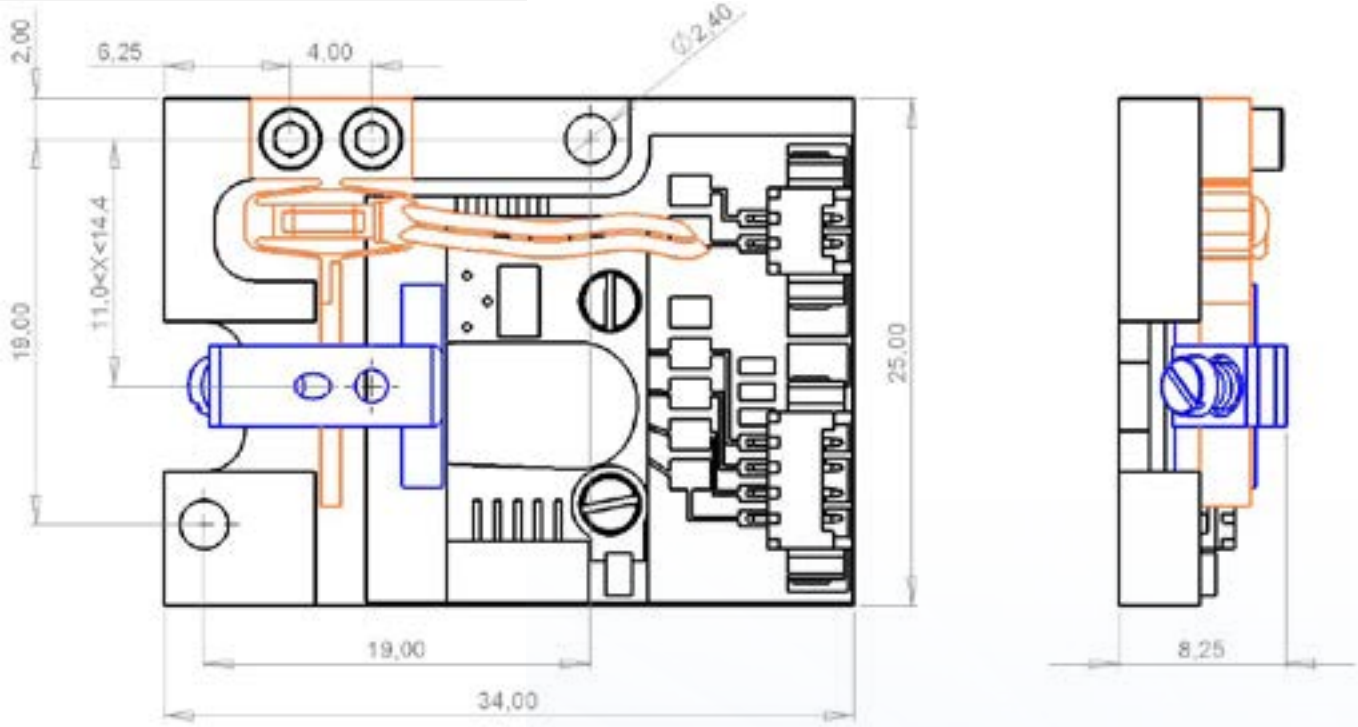


■ Рисунок 9.5: компоненты LSPA30uXS и режимы работы

■ Рисунок 9.6: Компоненты Набора Разработчика LSPA30uXS

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

Набор разработчика является решением «включай и работай». Он позволяет быстро изучить, каким образом можно применять двигатель LSPA. Двигатель LSPA30uXS может быть снят с установочной платформы и установлен непосредственно в испытательный стенд пользователя.



■ Механическая конфигурация, с фиксированной (оранжевый цвет) и подвижной частью (синий цвет) двигателя

Специализированный Контроллер Шагового Двигателя SPC45 (Stepping Piezo Controller) (Рисунок 9.7) был разработан для обеспечения больших возможностей для разработчиков. Контроллер обеспечивает быструю установку скорости и полностью контролируемое перемещение. Для удобства разработчиков доступны USB и серийный интерфейсы.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЕД. ИЗМ.	НАБОР РАЗРАБОТЧИКА LSPA30UXS
Код товара		
Примечания		-
Датчик		MAG
Основа		APA30uXS
Ход	мм	3,4
Жесткость1	Н/мкм	0,11
Разрешение Датчика	мкм	2,00
Максимальная скорость	мм/с	30
Станд. удерживающая сила при выключенном питании	Н	0,8
Стандартная рабочая сила	Н	0,2
Диапазон хода в режиме деформации	мкм	42
Емкость	мкФ	0,052
Высота вдоль активной оси	мм	8,25
Габариты основания	мм	34 * 25
Масса	г	8,1
Входное напряжение DC	В	12
Макс. входной ток (с платой задающей электроники)	А	0,4
Потребление удержания	А	0
Электрические интерфейсы		ERNI 8 контактный CMC

■ Таблица 9.1: Характеристики Набора Разработчика LSPA30uXS ▶

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

9.4 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МЕХАТРОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ

Несколько специализированных мехатронных модулей были разработаны CEDRAT TECHNOLOGIES для применения в механической обработке и для других промышленных задач.

Механизм SPT (Servo Piezo Tools) предназначен для высокоскоростного позиционирования инструментов в операции точения (рисунок 9.8). Он может перемещать режущий инструмент токарного станка с ходом до 500 мкм. Этот SPT модуль оборудован датчиком положения и приводится в действие мощной задающей и управляющей электроникой, обеспечивающей точное управление инструментом на частоте нескольких сотен Герц.

SPT применяется для обработки овального поршня, асферических линз и обработке оптики свободной формы. Пожалуйста, свяжитесь с нами или посетите наш веб-сайт, чтобы получить больше информации.

VTH (Vibrating Tool Holders) предназначены для Генерации Вспомогательных Колебаний в держателях инструмента для задач механической обработки для применения в станках и в производственных приложениях.

VTH были разработаны для генерации вспомогательной вибрации при бурении (рис 9.9). Вибрация позволяет снимать стружку, а также более быстро просверливать отверстие более высокого качества. Производимая небольшая стружка легко извлекается из отверстия, уменьшая/устраняя необходимость в смазке.

Для достижения таких результатов VTH обеспечивает электрически-контролируемые осевые вибрации сверла. Принудительная вибрация имеет ход до 150 мкм и блокирующую силу до 8 кН при полосе до 400 Гц. Эта вибрация может быть произведено на дрель при вращении на скорости до 6000 об/мин. VTH может выдерживает большие паразитные силы и моменты в статических и динамических операциях.
VTH был разработан в сотрудничестве с «ARTS», «CETIM» и «G2ELAB» в рамках проекта «AVIBUS FUI» при координации компанией CEDRAT TECHNOLOGIES.

VTH применяются для бурение титановых сплавов, композитных материалов и металлокомпозитных сэндвич-панелей ...

Компанией CTEC были успешно разработаны и другие модернизированные модули генерации вспомогательной вибрации VAM. ***karev_p@metrology-spb.ru***

■ Рисунок 9.7: Контроллер SPC45 для управления Шаговым Двигателем

■ Рисунок 9.8а SPT500L для обработки овального поршня, лежащий на сопутствующей электронике

■ Рисунок 9.8б: VTH «Vibrating Tool Holder» для генерации вспомогательной вибрации при бурении

Данная техническая информация не связана с заключением договора и может быть изменена без уведомления.

10. ПРИМЕЧАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

10.1 ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ

10.1.1 СТАНДАРТНЫЕ ПЬЕЗО ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

ACV: (Active control of vibrations) Активное Управление Вибрацией, включает как минимум пьезо актуатор, датчик и контроллер, с целью уменьшения или управления вибрациями, приходящими от внешнего источника.

APA®: (Amplified Piezoelectric Actuators) Пьезо электрические Актуаторы с интегрированным рычажным механизмом (запатентованная и торговая марка CEDRAT TECHNOLOGIES), для линейного перемещения тяговой силой. Пьезоэлектрическая керамика в APA® является преднагруженной вдоль основной оси стального эллиптического корпуса.

DPA: (Direct Piezoelectric Actuator) Пьезоэлектрические Актуаторы Прямого действия, для линейного перемещения толкающей силой.

LPM: (Linear Piezoelectric Motor), Линейный Пьезоэлектрический Двигатель для линейного движения. Следует учесть, что LPM обладает важной блокирующей силой при выключенном питании.

MLA: (Multilayer piezo ceramics), Многослойная Пьезо Керамика. Актуаторы изготовлены на основе пьезоэлектрической керамики различных габаритов. Толщина слоя и толщина внутреннего электрода равны соответственно 100 мкм и 2 мкм.

PMA: (Proof Mass Actuator), Актуатор с Полезной Массой.

PPA: (Parallel Pre-stressed Actuator), Параллельно Преднагруженный Актуатор для линейного перемещения толкающим усилием.

RPM: (Rotating Piezoelectric Motor) Пьезоэлектрический Двигатель Вращения для вращательного движения. Следует учесть, что RPM обладает важной блокирующей силой при выключенном питании.

SPA: (Stepping Piezo Actuator): Пьезоэлектрический актуатор в сочетании с механизмом фиксации, использующий динамическое движение скольжения относительно механизма фиксации, приводит к большому ходу с возможностью позиционирования при выключенном питании и с разрешением доступным для APA®.

SPS: (Stepping Piezo) Шаговая Пьезо Сборка - это Шаговый Пьезо Двигатель в сочетании с точной направляющей. Это позволяет применять сборку для задач позиционирования с большим ходом.

SPT: (Servo Piezo Tool) Серво Пьезо Инструмент: это Пьезо актуаторы используемые для приведения в действие обрабатывающего механического инструмента обработки в комплекте с контроллером и с синхронизацией петли обратной связи пьезо актуатора и петли главного контура в токарном станке.

10.1.2 РЯД ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПО АКТУАТОРАМ

Точность, относительная и абсолютная: Существует различие между относительной и абсолютной точностью, несмотря на то, что обе величины определяются в результате расчета погрешности. Относительная точность определяется погрешностью величины смещения между двумя определенным позициям. Абсолютная точность определяется погрешностью позиции. Эти погрешности появляются в результате действия нескольких факторов, таких как: гистерезис, свойственный пьезоэлектрической керамике; диапазон температур; отношение сигнал-шум электроники в конфигурации с открытой петлей обратной связи. Точность может быть улучшена с помощью датчика положения, при конфигурации с петлей обратной связи, и в этом случае погрешность положения зависит от точности датчика и подключенной электроники.

Частотный диапазон: Частотный интервал между 0 Гц и максимальной рабочей частотой актуатора. Максимальная рабочая частота зависит от резонансной частоты актуатора, которая, обычно, указывается пользователем и определяет выбор задающей электроники. Зная эту величину, будет необходимо выполнить калибровку петли обратной связи, связанной с актуатором.

Блокирующая сила: Минимальная величина силы, которая полностью блокирует перемещение актуатора при максимальном приложенном напряжении (пьезо актуаторы) или токе (магнитные актуаторы).

Емкость: Как и все диэлектрические системы, электрические характеристики пьезо актуатора аналогичны конденсатору. Величина емкости (в мкФ), которая приводится в спецификациях актуаторов CTEC соответствует квази-статическим свободным условиям. При динамических условиях, величина емкости увеличивается с температурой, из-за диэлектрических потерь. Пьезо устройства приводятся в действие напряжением. В динамических условиях (режимы DS, DF), емкость определяет, через проводимость, ток и реактивную мощность, которые необходимы для питания актуатора.

Команда: Чтобы получить движение, сигнал посылается на задающий усилитель актуатора через внешний генератор сигналов. Команда может быть отправлена непосредственно на усилитель в режиме с открытой петлей обратной связи или через контроллер в режиме замкнутого контура.

Контроллер: Функция используется для стабилизации и улучшения характеристик контура управления (также называется регулятором).

Преобразователи (АЦП и ЦАП): Входные и выходные блоки, используемые в цифровой петле. Аналого-цифровые преобразователи используются для преобразования аналоговых сигналов в дискретные сигналы. Цифро-аналоговые преобразователи используются для преобразования дискретных сигналов в аналоговые сигналы.

Ток: В статических приложениях, пьезо актуатор потребляет токи в несколько микроампер. В динамических условиях, ток возрастает с ростом рабочей частоты. Поэтому выбор оптимального усилителя мощности для применения зависит от максимального тока, потребляемого актуатором.

Дрейф или Ползучесть: Небольшое положительное или отрицательное изменение деформации в керамике с течением времени при постоянном напряжении, происходящее в результате уменьшения или увеличения электрической поляризации сегнетоэлектрика. Эффект дрейфа подавляется замкнутым контуром для точного и статического позиционирования.

Электрический бустер (компенсатор реактивной мощности): Дополнительная электрическая цепь, применяемая со стандартным усилителем мощности для уменьшения реактивной мощности, требуемой для актуатора.

Эффективная масса m_{eff}: Масса ощущаемая актуатором при резонансе. Например, при отсутствии нагрузки, она не равна общей Массе актуатора, и может быть определена по формуле, приведенной в разделе 2.8 Каталога. Поэтому эффективная масса зависит от характеристик механического интерфейса, иначе говоря, зависит от режимов работы актуатора: с разблокированными стенками “free-free” или с одной заблокированной стенкой “blocked-free”.

Срок службы: Срок службы пьезо актуатора зависит от условий его применения. При применении в циклических режимах, может быть достигнуто до 10^10 циклов полного хода. При статическом напряжении постоянного тока, время жизни может быть ограничено до нескольких сотен часов при высоком уровне влажности. В случае пьезоэлектрических двигателей, срок службы в значительной степени зависит от износа контактных поверхностей, а также от других параметров. Срок службы магнитного актуатора зависит от его направляющей. С эластичной направляющей он практически неограничен.

Время нагрузки: Время, необходимое задающей электронике, чтобы нагрузить актуатор заданным напряжением. Этот параметр зависит от напряжения команды, емкости или индуктивности актуатора и от ограничений по току или напряжению задающей электроники.

Максимальная сила: Это максимальная внешняя сила, которую может выдерживать актуатор без каких-либо повреждений самого актуатора.

Режимы работы: Зависят от диапазона частот, в котором может работать пьезоэлектрическое устройство (включая актуатор и нагрузку). Указание одного или более режимов из списка, приведенного ниже, имеет важное значение для успешного определения механизма на основе актуатора.

> Режим Динамической деформации (Dynamic strain - DS) - Частота возбуждения ниже резонанса; несколько режимов могут быть возбуждены, и могут возникнуть электрические или тепловые ограничения.

> Режим Динамической силы (Dynamic force - DF) - Частота возбуждения выше резонанса, что обозначает, что актуатор производит силу против силы инерции.

> Статический Режим (Static - S) - Частота равна нулю. DC напряжение приложено к устройству, чтобы достичь и удерживать точное положение. Результирующее потребление тока низкое (несколько микроампер). Статический режим обычно используется в системах позиционирования.

> Импульсный Режим (Impulse - I) - Используется для быстрого срабатывания и для использования преимущества короткого времени отклика пьезоэлектрических актуаторов. На устройство подается импульс напряжения, который соответствует требуемому смещению.

> Квазистатический Режим (Quasi-static) - Частота значительно ниже резонанса (рабочая частота составляет менее одной трети резонансной частоты). Частота такова, что динамические эффекты (эффекты инерции и динамические нагрузки), не влияют на поведение устройства, на которое могут подаваться различные сигналы, в том числе синусоидальные, треугольные и прямоугольные, таким образом, что перемещение привода находится в фазе с напряжением возбуждения.

> Резонансный Режим (Resonant - R) - Резонансный режим работы, при котором устройство приводится в действие на резонансной частоте, представляет особый интерес. APA®, которые демонстрируют высокую механическую добротность (Qm), подавляемую с опцией MD, могут также быть использованы в резонансном режиме в специальных приложениях. Тем не менее, так как это условие является серьезным, то, пожалуйста, свяжитесь с ООО «Промышленная метрология», чтобы воспользоваться преимуществом резонансных приложений при полном сроке службы APA® и PPA.

Полезная нагрузка: Определяет нагрузку, приложенную к актуатору. Она оценивается в Ньютонах (Н), и может быть следующих типов:

> Гравитационная - Сила тяжести, которая соответствует Массе перемещаемой актуатором.

> Упругая - Сила упругости (или Жесткость) приложенная к актуатору.

> Инерционная - Переходные или динамические силы, вызванные смещением (ускорением) привода. Точное количественное и качественное описание характеристики полезной нагрузки имеет решающее значение для правильного выбора актуатора.

Запасы устойчивости по Фазе и Амплитуде: Критерии, используемые для описания характеристик Запаса устойчивости по Фазе и Запаса устойчивости по Амплитуде при замкнутой петле, рассчитываются при открытой петле и значениях 45° и +6дБ, соответствующих стабилизированной петле.

Предварительные данные: Чтобы предложить заказчикам новейшие технологии Пьезо Изделий, некоторые новые изделия обозначены как «Предварительные данные», что означает, что изделия были разработаны, но еще не были испытаны в соответствии со стандартами качества CTEC на момент печати каталога.

Преднагрузка: Усилие необходимое пьезо двигателям (LSPA ...), чтобы обеспечить контакт между пьезоэлектрическим статором и подвижной частью. Восстанавливаемая Система Предварительной Нагрузки (Pre-load Play-Recovery System - PPRS), разработанная CTEC для линейных и поворотных двигателей, позволяет поддерживать уровень предварительной нагрузки с высокой точностью, что увеличивает эффективность контакта и срок службы пьезоэлектрических двигателей, запатентованных компанией CTEC.

Предварительное механическое напряжение: Статическое давление, приложенное в состоянии покоя, на пакет пьезоэлектрической керамики внутри исполнительного механизма. Точная калибровка предварительной нагрузки до оптимального уровня заданного пьезоэлектрического материала (определяется производителем пьезокерамики) улучшает динамические характеристики актуатора, а также повышает его устойчивость к вибрациям.

Повторяемость: Способность актуатора вернуться точно к предыдущей позиции. Из-за гистерезиса, дрейфа и других явлений высшего порядка, повторяемость может быть гарантирована только для приводов, работающих в условиях замкнутого цикла (обратная связь по положению). Исключением является повторяемая команда, где может быть достигнуто значение в 2 %.

Разрешение: Перемещение обеспечивается минимальным изменением приложенного напряжения. Разрешение не зависит от эффектов Гистерезиса и практически неограниченно при применении пьезо актуатора. Практические значения решения в открытом цикле, указанные в каталоге, вычисляются при отношении сигнал-шум 100 дБ.

Резонансная частота: Частота, на которой вызывается основной режим колебаний (актуатора и полезной нагрузки). Для актуатора без полезной нагрузки, резонансная частота зависит только от граничных механических условий:

> Режим «Free-free» - Актуатор зафиксирован таким образом, что его механические интерфейсы могут двигаться свободно.

> Режим «Blocked-free» - Один из двух механических интерфейсов актуатора зафиксирован на твердом основании; другой может двигаться свободно.

Время отклика без нагрузки: Время, необходимое актуатору в открытом контуре, для достижения полного перемещения, соответствующего данному уровню электрического сигнала. Этот параметр зависит в основном от резонансной частоты устройства.

Время установления: Время, необходимое актуатору в замкнутом контуре, чтобы достичь 95 % от максимального движения, соответствующего данному уровню электрического сигнала. Этот параметр в основном зависит от резонансной частоты устройства.

Стабилизирующие фильтры: Для стабилизации в замкнутом контуре используются универсальные фильтры: НЧ фильтры, узкополосные режекторные фильтры (полосовые или заграждающие фильтры) и стабилизирующие фильтры.

Жесткость: Коэффициент пропорциональности между силой упругости и смещением, генерируемым с помощью актуатора. Квази-статическое или динамическое механическое поведение пьезо актуатора аналогично пружине с жесткостью K (выраженной в Н/мкм).

Ход: Максимальное перемещение без нагрузки, генерируемое с помощью актуатора. Выражается в микронах (1 мкм = 10^-6м) или в миллиметрах (1 мм =10^-3м).

Диапазон напряжений: Определяет диапазон входного напряжения, который приводит к линейной деформации пьезоэлектрической керамики. Ход достигается для максимального значения напряжения.

Сопротивление: Электрические характеристики магнитных актуаторов аналогичны индуктивности. Их электрические сопротивления включают в себя сопротивление и индуктивность. Сопротивление (в Ом) приводится СТЕС для постоянного тока при низком уровне тока возбуждения. При сохранении высокого уровня тока, происходит нагрев: Это увеличивает температуру катушки, которая вызывает увеличение сопротивления 0,39 % / °C . При высокой частоте, из-за вихревых токов, сопротивление возрастает.

Индуктивность: Электрические характеристики магнитных актуаторов аналогичны индуктивности. Их электрические сопротивления включают в себя сопротивление и индуктивность. Индуктивность (мкГн или мГн) приводится компанией СТЕС на частоте 10 Гц при низком уровне возбуждения. При высокой частоте, из-за вихревых токов, индуктивность уменьшается. Магнитные устройства приводятся в действие током. При динамических условиях, индуктивность и ток возбуждения существенно определяют требуемое напряжение. Это должно приниматься в расчет, чтобы определить усилители с соответствующими ограничениями тока и напряжения.

Диапазон частот на выходе под нагрузкой: Эффективная пропускная способность электронного усилителя зависит от нагрузки. В технических описаниях усилителей СТЕС указан частотный диапазон выходного сигнала под нагрузкой, чтобы предоставить совет по данному вопросу. Диапазон приведен для следующих нормированных нагрузок:

- 1,55 мкФ для усилителей пьезо актуаторов
- 1,5 мГн для усилителей магнитных актуаторов

10.2 ГИД ПО ВЫБОРУ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВАШЕЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Далее приведены основные вопросы, которые Вы должны задать себе для того, чтобы подобрать требуемый Актуатор и наиболее подходящую электронику.

10.2.1 ШАГ 1: АКТУАТОР

- Какой функционал и режимы работы?
- Какое максимальное перемещение, требуемое для моей задачи?
- Требуемые рабочие частоты (на какой максимальной частоте должен применять Актуатор)?
- Какие силы воздействуют на актуатор?
- Масса, которую будет перемещать Актуатор (какая величина инерции)?
- Присутствует ли воздействие пружиной (нагружен ли мой Актуатор пружиной, какая жесткость пружины)?
- Присутствуют ли внешние демпфирующие силы (какая величина коэффициента демпфирования)?
- Какое максимально допустимое время установления (сколько времени должно занять перемещение, в случае применения в импульсном режиме?)
- Какая требуемая точность (требуется ли мне сенсор положения или нет)?
- Какой температурный диапазон (комнатная температура, высокая температура или криогенное применение)?
- Какие условия окружающей среды (вакуум, влажность, какой газ (воздух, гелий, азот...) будет окружать Актуатор)?
- Габариты (какой объем и габариты доступны для Актуатора в моем приложении)?

10.2.2 ШАГ 2: ПРИВОДНАЯ И УПРАВЛЯЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- Какая емкость или индуктивность выбранного Актуатора?
- Какой требуется максимальный ток?
- Требуются ли мне особые параметры напряжения?
- Требуютсятся ли низкие суммарные гармонические искажения напряжения, подаваемого на пьезо актуатор?
- Требуется ли петля обратной связи?

СЕРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ		CA-U10	CA-U20	CA45	LA75A	LA75B	LA75C	SA75D
Ограничение по току	мА	5	150	36	90	360	2400	30000
Серия актуатора	Емкость мкФ	Время нагрузки при 170 В (миллисекунды)						
APA - µXS	0,052	1,77	0,06	0,25	0,1	0,03	0,004	0,000
APA - XXS	0,150	5,1	0,17	0,7	0,3	0,07	0,01	0,001
MLA_2*5*10 - APA - XS	0,250	8,5	0,28	1,18	0,5	0,12	0,02	0,001
MLA_5*5*20 - APA - S, SM	1,55	53	1,76	7,32	3	0,73	0,11	0,01
APA - M	3,15	107	3,57	15	6	1,5	0,22	0,02
APA - MмL	10,00	340	11,33	47	19	4,7	0,7	0,06
APA - ML	20,00	680	23	94	38	9,4	1,4	0,11
APA - L	40,00	1360	45,33	189	75	19	2,8	0,23
APA - XL	110,00	3740	125	519	208	52	7,8	0,62
MLA_5*5*10 - PPA10M	0,70	24	0,79	3,3	1,3	0,33	0,05	0,004
PPA20M	1,40	48	1,59	6,6	2,6	0,66	0,1	0,008
PPA40M	2,70	92	1,76	12,75	5,1	1,28	0,19	0,015
PPA40L	13,30	452	3	62,80	25	6,28	0,94	0,075
PPA60L	20,00	680	15	94	38	9,44	1,4	0,11
PPA80L	26,60	904	23	126	50	12,56	1,9	0,15
PPA40XL	24,00	816	30	113	45	11	1,7	0,14
PPA80XL	48,00	1632	27	227	91	23	3,4	0,27
PPA120XL	72,00	2448	54	340	136	34	5,1	0,4

СЕРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ		CA-U10	CA-U20	CA45	LA75A	LA75B	LA75C	SA75D
Ограничение по току	мА	5	150	36	90	360	2400	30000
Серия актуатора	Емкость мкФ	Ширина полосы (синусоидальные колебания) @ -3 дБ -120В (Гц)						
APA - µXS	0,25	282	8484	2036	5090	20362	33000	33000
APA - XXS	0,15	98	2941	705	1764	7058	33000	33000
MLA_2*5*10 - APA - XS	0,25	58	1764	423	1058	4235	28235	33000
MLA_5*5*20 - APA - S, SM	1,55	9	284	68	170	683	4554	33000
APA - M	3,15	4	140	33	84	336	2240	28011
APA - MмL	10,00	1,5	44	10	26	105	705	8823
APA - ML	20,00	0,7	22	5	13	52	352	4411
APA - L	40,00	0,4	11	2	6	26	176	2205
APA - XL	110,00	0,1	4	1,0	2	9	64	802
MLA_5*5*10 - PPA10M	0,70	21	630	151	378	1512	10084	33000
PPA20M	1,40	10	315	75	189	756	5042	33000
PPA40M	2,70	5	163	39	98	392	2614	32679
PPA40L	13,30	1	33	8	19	79	530	6634
PPA60L	20,00	0,7	22	5	13	52	352	4411
PPA80L	26,60	0,6	16	4	10	39	265	3317
PPA40XL	24,00	0,6	18	4	11	44	294	3676
PPA80XL	48,0	0,3	9	2	5,5	22	147	1838
PPA120XL	72,00	0,2	6	1,5	3,7	14	98	1225

■ Таблица 10.1: Сравнение Времени нагрузки и Ширины полосы между различной задающей электроникой

(*) Максимальная ширина полосы усилителей LA75 и SA75 ограничена 33 кГц.

10.2.3 ШАГ 3: ПРОВЕРЬТЕ ВАШУ РАЗРАБОТКУ С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТА COMPACT TOOL

После того как определены ваши технические требования, выберите один или несколько пьезоэлектрических актуаторов и линейных усилителей, которые, кажутся способными решить ваши задачи. После этого мы рекомендуем Вам проверить соответствие каждого выбранного комплекта с помощью нашей новой программы: «COMPACT TOOL».

Программное обеспечение для предварительного расчета использует Microsoft® Excel® для создания документированных таблиц. Инструмент «COMPACT TOOL» используется для автоматизации расчета и графического представления реакции электромеханических систем, сочетающих актуаторы CEDRAT TECHNOLOGIES и управляющую электронику при различных нагрузках.

Примеры использования COMPACT TOOL приводятся в предыдущих секциях, для расчета ограничений актуатора в зависимости от частоты.

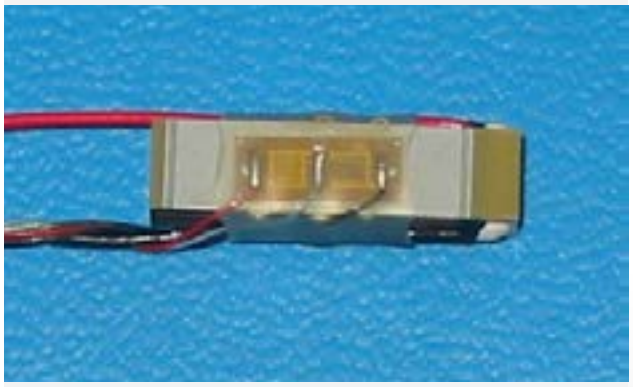
Вы можете обратиться в ООО «Промышленная метрология» для помощи в расчете или для получения русифицированной версии «COMPACT TOOL» ***karev_p@metrology-spb.ru***

10.3 ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

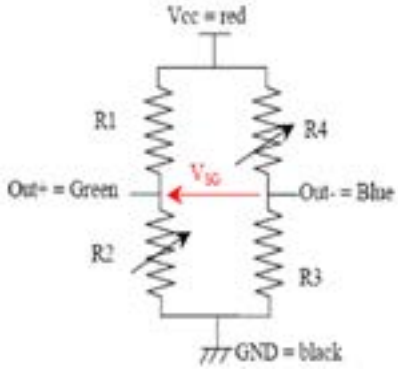
Тензометрические Датчики (Опция SG) являются наиболее миниатюрными датчиками для контроля смещения пьезо актуатора. Это техническое замечание резюмирует свойства SG. Датчик SG состоит из резистивной пленки, установленной на пьезокерамику (рис 10.1) или на элемент направляющей. Сопротивление пленки изменяется когда происходит деформация. До четырех тензорезисторов (фактическая конфигурация меняется в зависимости от конструкции актуатора) образуют мост Уитстона (рис 10.2) управляемый постоянным напряжением (от 5 до 10 В). При изменении сопротивления моста, преобразователь сигнала датчика преобразует результат изменения напряжения в сигнал, пропорциональный смещению. Используются только полные мосты Уитстона. SG не производит прямое измерение, так как он измеряет смещение через деформацию и поэтому калибровка является необходимой.

10.3.1 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

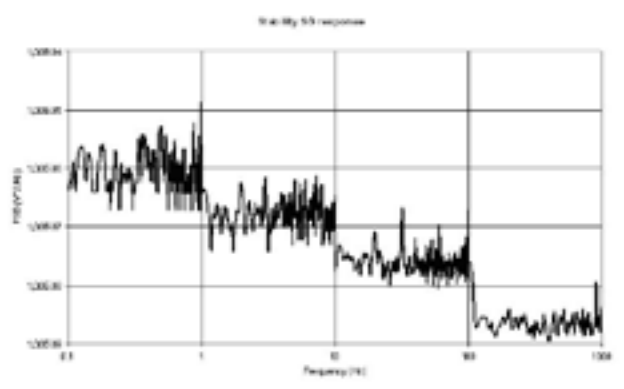
- Диапазон измерения: Диапазон значений, которые могут быть измерены с помощью датчика,
- Разрешение: Разрешение часто сравнивают с оотношением Сигнал/Шум, где Сигнал – это Диапазон Измерения и Шум – это Разрешение в данной полосе частот, и соответствует минимальному изменению смещения, которое может быть воспринято,



■ Рисунок 10.1: Вид Тензометрического Датчика на MLA компоненте



■ Рисунок 10.2: Вид моста Уитстона



■ Рисунок 10.3: Накопленный шум полного SG моста

- Точность: Относится к неопределенности восприятия реального смещения после калибровки,
- Абсолютное / относительное смещение: Измерение абсолютного перемещения включает в себя измерение положения референсной точки (ноль).

10.3.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Некоторые параметры влияют на разрешение SG:

- Температура: Хотя используется полный мост, но он не является полностью компенсированным. Раскомпенсация моста также может появляться от температурного градиента внутри пьезоэлектрического актуатора. Это означает, что в отклик смещения могут вноситься изменения, при том что а амплитуда останется правильной,
- Ширина полосы: резистивный характер SG создает тепловой шум,
- Наибольшее влияние оказывают параметры электроники преобразователя сигнала положения,
- Срок службы: SG может быть подвергнут эффекту усталости. Однако, так как пьезоэлектрический материал демонстрирует деформацию 1500 частей на миллион, то эффект усталости SG стремится к бесконечно малому значению: При креплении кабелей можно ожидать, по крайней мере, 10^9 циклов.

SG подвержены дополнительной чувствительности к изменению температуры в APA®, так как APA® обладают внутренним термомеханическим несоответствием между пьезокерамикой и оболочкой корпуса. Датчик SG не может контролировать точное абсолютное смещение при изменении температуры. Например, актуатор APA60S обладает тепловым расширением 0,8 мкм/K, в то время как SG демонстрирует тепловое расширение – 0,11 мкм/K. Это ограничение не распространяется на пьезокерамику MLA, Параллельно Преднагруженные Актуаторы PPA и двухтактные механизмы, сконструированные по схеме «push-pull».

Были произведены некоторые испытания на Пьезо актуаторах и Пьезо механизмах, оснащенных Тензометрическими Датчиками. На Рисунке 10.3 положение пьезо механизма (используется в замкнутом контуре с SG и подвергатеся воздействию постоянной командой) было измерено с помощью внешнего емкостного датчика и анализатора спектра. Емкостной датчик измеряет фактическую стабильность в замкнутом контуре на основе SG и включает в себя свойства преобразователя сигнала датчика положения SG, задающего усилителя и цифрового контроллера.
Учитывая усиление преобразователя, общий среднеквадратический шум в полосе частот до 1 кГц соответствует 1/1400 смещения полной шкалы.

10.3.3 РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерения соответствует полной шкале смещения.

РАЗРЕШЕНИЕ

1/10.000 от полной шкалы перемещения.

СТАБИЛЬНОСТЬ

1/1500 от полной шкалы перемещения при полосе частот до 1 кГц,

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

Действительно в диапазоне -20 / +80 °C (другие температуры по запросу),

АБСОЛЮТНАЯ ТОЧНОСТЬ В ЗАКРЫТОЙ ПЕТЛЕ

1/700 от полной шкалы перемещения.

10.4 ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

10.4.1 ПОСТРОЕНИЕ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ ПЬЕЗО АКТУАТОРА

Основной задачей, стоящей до управления пьезо актуатором является создание модели интеграции параметров актуатора из каталога. Такая модель позволяет произвести настройку параметров контроллера для продвинутых процессов или для оптимального управления. Далее напоминаются некоторые ранее приведенные параметры:

- Ход (Stroke): U (Единица измерения, метр)
- Блокирующая сила (Blocked force): F, Максимальная сила, генерируемая актуатором (Единица измерения, Ньютон)
- Коэффициент силы (Force factor): N, обозначает силу, которую пьезоактуатор способен генерировать при 170В. $N = \frac{F}{V\max}$ (Единица измерения, Ньютон /Вольт)
- Жесткость (Stiffness): от жесткости K зависит расстояние U на которое отклоняется пьезо актуатор под действием приложенной силы F $k_{ex} = \frac{F}{u}$. c_{ex} (Единица измерения, Ньютон / метр). Эластичность является противоположностью жесткости $c_{ex} = \frac{1}{k_{ex}}$
- Резонансная частота в конфигурации «free-free» или «blocked free»: Резонансная частота первой моды, рассчитывается через жесткость и эффективную Массу:

$$F_{резонанс} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_{ex}}{m_{ex}}}$$ (Единица измерения, Гц)

- Эффективная масса (Effective Mass): m_m масса (Единица измерения, килограмм)
- Коэффициент Добротности (Quality factor): Q указывает

на скорость рассеивания энергии по отношению к частоте колебаний.

$$Q = \frac{m_m \times 2\pi \times F_{resonant}}{r_m}.$$

Обычно пьезо актуатор обладает добротностью выше 100 (Единица измерения, Нет)

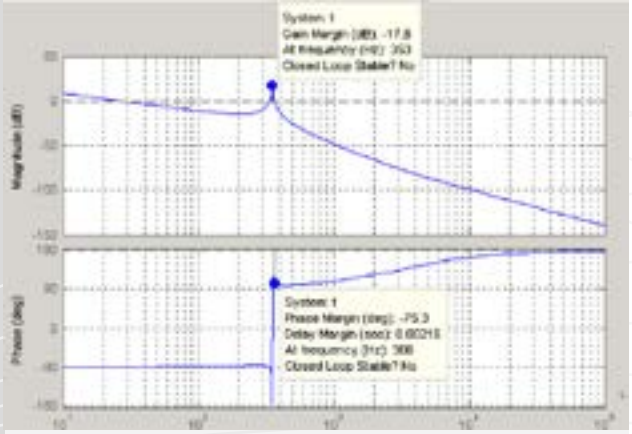
- Диапазон напряжения (Voltage range): Vmax Максимальное напряжение, прилагаемое к пьезо актуатору для достижения максимального хода (Единица измерения, Вольт)
- Приложенное Напряжение (Applied Voltage): V, напряжение, которое задающая электроника подает на пьезо актуатор (Единица измерения, Вольт)

Исходя из этих параметров и так как актуатор приводится в действие напряжением, то непрерывную передаточную функцию этого механизма можно записать так:

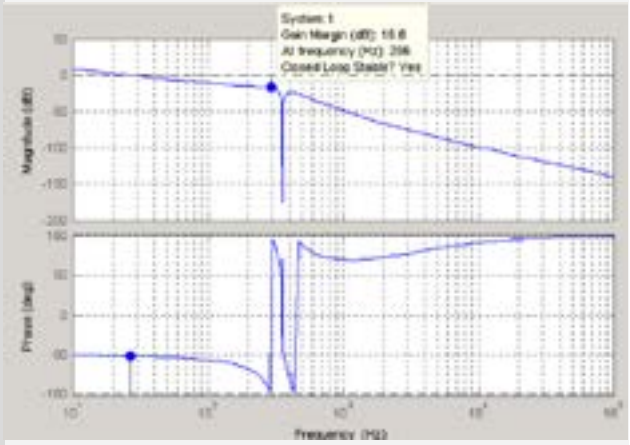
$$H(j\omega) = \frac{u}{V} = \frac{Nc_m}{1 + r_m c_m j\omega + m_m c_m (j\omega)^2}$$

Общая модель является фильтром второго порядка с высокой добротностью. Когда используются много режимные механизмы, то они должны содержать каждый режим, построенный с этой же формулой.
Конечно, эта модель является грубой моделью и не учитывает нелинейности пьезоэлектрического актуатора, такие как гистерезис, эффект ползучести (крип) и другие нелинейные эффекты. Тем не менее, эта модель может быть использована для разработки контура управления.

Примечание: Для завершения этапа моделирования должны быть интегрированы все блоки петли: задающая электроника с коэффициентом усиления, по крайней мере 20; датчик с его чувствительностью; ПИД-регулятор и стабилизирующие фильтры.



■ Рисунок 10.4: Отклик в открытой петле без стабилизирующего фильтра



■ Рисунок 10.5: Отклик открытой петли с ПИД-регулятором и стабилизирующим фильтром

10.4.2 УПРАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПЕТЛИ УПРАВЛЕНИЯ

Управление пьезо пьезо актуаторами ничем не отличается от управления другими актуаторами. Тем не менее, из-за очень высокого коэффициента добротности, процесс настройки является более важным. Настройка позволяет уменьшить время установления и избежать нестабильности.
Рассматриваются два случая: Замкнутый контур, разработанный с функциями аналоговой электроники; и замкнутый контур разработанный с цифровым контроллером. Рамки исследования очень похожи:

- Изучение аналогового контура управления на основе оператора p(jw) передаточных функций,
- Изучение цифрового контура управления на основе передаточных функций с оператором z.

Обычно процесс начинается с изучения поведения в открытом контуре. В этом случае, мы можем определить запасы устойчивости по фазе и усилению с дополнительными фильтрами, работающими в качестве стабилизаторов. На

следующих диаграммах Боде (логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика), мы показываем влияние стабилизирующих фильтров на стандартный аналоговый ПИД-регулятор работающий с пьезо актуатором. Параллельно рассчитаны и указаны на следующих графиках характеристики в замкнутом цикле (рис. 10.6 и 10.7).

Эти графики показывают влияние фильтра нижних частот с частотой среза 400 Гц. На частоте среза фильтра возрастает запас устойчивости по фазе и амплитуде и улучшается стабильность замкнутого контура. Принцип этого влияния продемонстрирован на переходной характеристике, в которой отсутствуют колебания.

Процесс изучения цифрового контроллера очень похож. Система с открытым контуром должна быть проанализирована для поиска дестабилизирующего критерия. Но так как контроллер основан на преобразователях, обеспечивающих кватнование по уровню, то модель контроллера теперь выражается z преобразованием и в расчет должен быть принят новый главный критерий:

- Частота дискретизации,
- Квантование.

АЦП обладает следующими функциями:

Частота дискретизации - это скорость, с которой АЦП, преобразует входной аналоговый в сигнал в цифровые значения, представленные уровнями напряжения, после прохождения через входной аналоговый каскад.

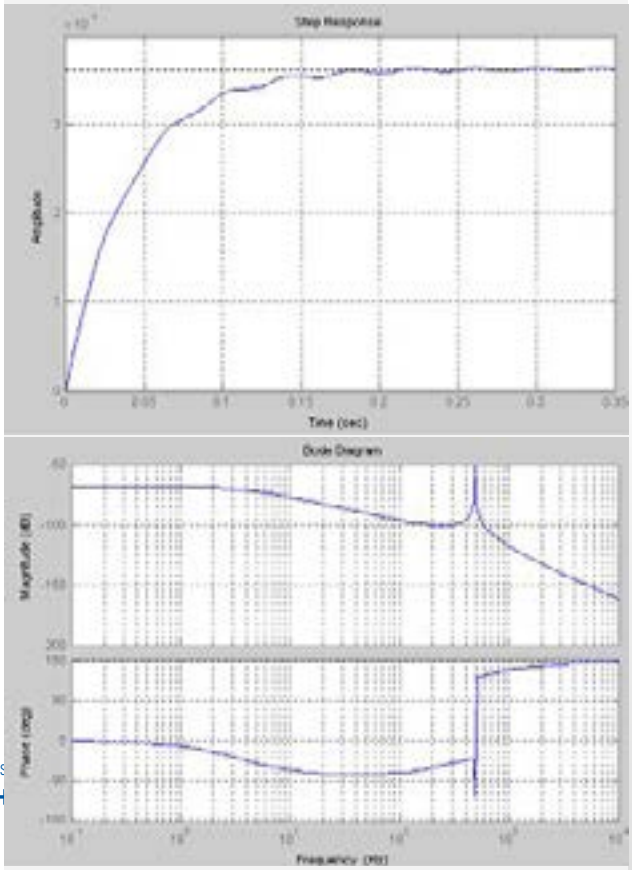
Это означает, что цифровой преобразователь будет дискретизировать сигнал после любого ослабления, усиления, и/или фильтрации, применяемой к аналоговому входному каскаду и будет преобразовывать итоговую форму сигнала в цифровое представление. Чем выше частота дискретизации, тем лучше определяется сигнал.

Частота дискретизации напрямую связана с частотой сигнала, который вы хотите оцифровать. Теорема Найквиста утверждает, что для того чтобы точно реконструировать форму сигнала, сигнал должен быть дискретизирован со скоростью большей, чем удвоенная наибольшая частота аналогового сигнала. При частоте дискретизации меньше частоты Найквиста в спектре дискретизированного сигнала появится побочная низкочастотная составляющая.

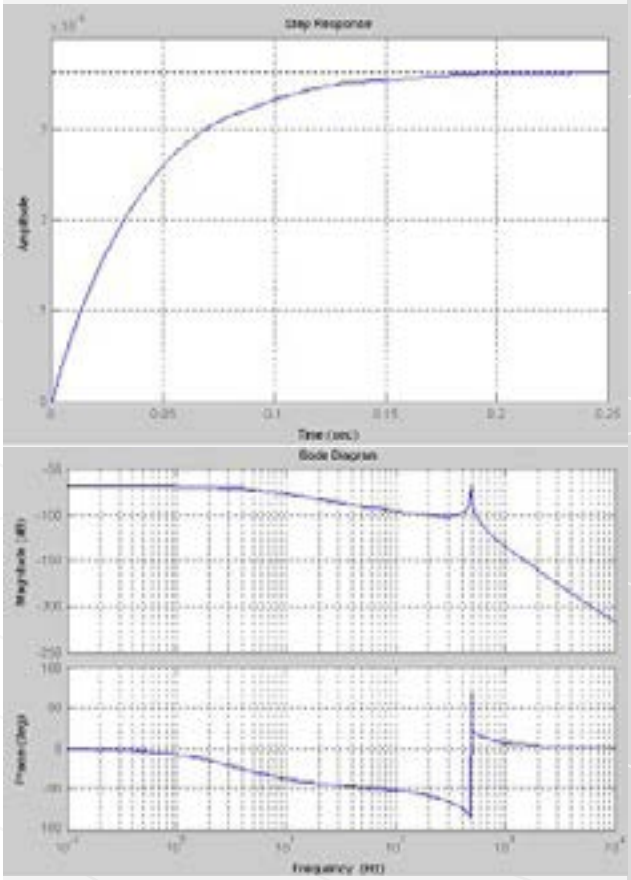
Частота дискретизации или $F_s > 2 \times F_{max}$

,где F_{max} являющейся самой высокой частотой оцифровываемого сигнала.

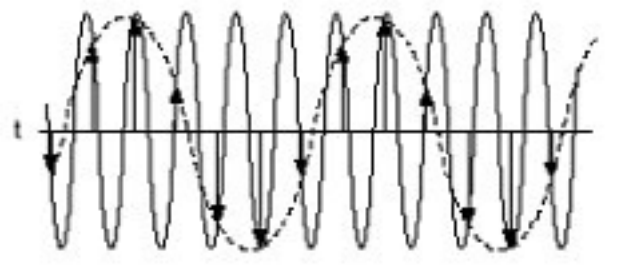
Помехи дискретизации, конечно, являются неприемлемыми и поэтому до АЦП важно использовать аналоговый фильтр нижних частот с частотой среза более чем в 2 раза меньшей, чем частота дискретизации $f_c < f_s / 2$ (аббревиатура от «fc – frequency cutting, fs – sampling frequency»). Однако аналоговые предварительные фильтры обладают динамическими характеристиками и крутизна среза частоты амплитуды связана со сдвигом фаз на частоте среза. Так как частота среза фильтра fc связана с частотой дискретизации



■ Рисунок 10.6: Отклик системы с замкнутым контуром без стабилизирующих фильтров. Переходная характеристика и диаграмма Боде



■ Рисунок 10.7: Отклик системы с замкнутым контуром со стабилизирующими фильтрами. Переходная характеристика и диаграмма Боде



■ Figure 10.9: Example of an Aliased signal: dotted line: Alias recorded by the converter

fs, то хорошей практикой является дискретизация на высокой скорости и проверка того, что частота среза предварительного фильтра значительно выше частоты среза управляющей системы. Если отставание по фазе предварительного фильтра является существенным, то при расчете замкнутой петли необходимо учесть динамические характеристики предварительного фильтра. Простым решением является добавление фильтра второго порядка на основе фильтров Баттерворта.
Так как АЦП (или ЦАП) включает в себя экстраполятор нулевого порядка, его передаточная функция может быть описана так:

$$H_o(p) = \frac{1 - e^{-pT_s}}{p}$$

При этом появляется отставание по фазе ωTs/2. При расчете задержки также может быть учтено отставание по фазе.

В заключение о влиянии частоты дискретизации в цифровой петле, напомним, что выход ЦАП является ступенчатой функцией. Поэтому представляется целесообразным сглаживание выходного управляющего сигнала с помощью интерполирующего фильтра для удаления высокочастотной составляющей сигнала, которая может возбуждать высокочастотный резонанс (при высоком коэффициенте добротности Q). Использование таких выходных фильтров следует рассматривать с осторожностью, поскольку они так же влияют на фазу, как и предварительные фильтры на входе.

На практике рекомендуется делать частоту дискретизации по крайней мере в 30 раз выше частоты среза непрерывной системы, для того чтобы сохранить характеристик непрерывной системы на приемлемом уровне.
Другой параметр АЦП – это параметр квантования. Квантование определяется как процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой вид. После экстраполятора нулевого порядка, сигнал передается в АЦП для дискретизации и преобразования в цифровой вид в форме слова конечной длины (16 бит, например), которое описывает полный диапазон аналогового сигнала. Максимальное число кодовых комбинаций 2^N и разрешающая способность 2^(-N), (N -это количество бит). Этот пункт также может быть применен для выходного ЦАП.

10.4.3 МЕТОДОЛОГИЯ НАСТРОЙКИ КОНТРОЛЛЕРА

Методология правильной настройки контроллера является одинаковой для аналогового и цифрового контроллера. Нужно внимательно проделать несколько шагов:

Шаг 1: Проверка работы в режиме открытой петли:

1. Установите оборудование (задающая электроника, актуатор, датчик, преобразователь сигнала датчика, формирователь команд) и подайте команду в виде синусоидального сигнала низкого уровня (например, на уровне 1/10 от полной амплитуды) на низкой частоте (1 Гц),

2. Проверьте, что задающая электроника эффективно воспроизводит команду и не переходит в режим насыщения,
3. Убедитесь, что датчик воспроизводит движение и откалиброван правильно (Сдвиг и Усиление),
4. При использовании цифрового контроллера, убедитесь, что сигнал дискретизации не производит ступенчатого движения актуатора,

После того, как вы прошли эти шаги, используйте команду полной амплитуды и низкой частоты и убедитесь, что ответ датчика остается правильным (без насыщения).

Шаг 2 - Замыкание петли обратной связи

- Если в разомкнутом контуре система ведет себя полностью корректно, то замкните контур и добавьте пропорциональную схему коррекции с низким значением коэффициента усиления,
- Ваше корректирующее устройство было настроено на заводе: начинайте работу в замкнутом контуре с низкочастотными командами малой амплитуды.

Убедитесь, что переходная характеристика соответствует переходной характеристике, указанной в заводской проверочной ведомости.

10.4.4 ПРИМЕЧАНИЯ ПО ДИСКРЕТИЗАЗАЦИИ В КОНТРОЛЛЕРЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Довольно часто сначала требуется обеспечить непрерывный дизайн, а на втором этапе разработки - обеспечить дискретизацию. Эта процедура хорошо работает, если частота дискретизации намного выше, чем the частота среза (в случае если частота дискретизации ниже, вы должны включить в вашу разработку такие функции АЦП как защита от наложения спектра, выборку и хранение ...).
Пример: Передаточная функция компенсатора может быть записана в непрерывном виде как:

$$\frac{U(p)}{Y(p)} = H(p) = \frac{b_1 p^{n-1} + \ldots + b_n}{p^n + a_1 p^{n-1} + \ldots + a_n}$$

Для дискретного представления она должна быть преобразована в форму дифференциального уравнения (k представляет отсчет):

$$u(k) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i u(k-i) + \sum_{j=0}^{m} \beta_j y(k-j)$$

Соответствующая передаточная функция z-области:

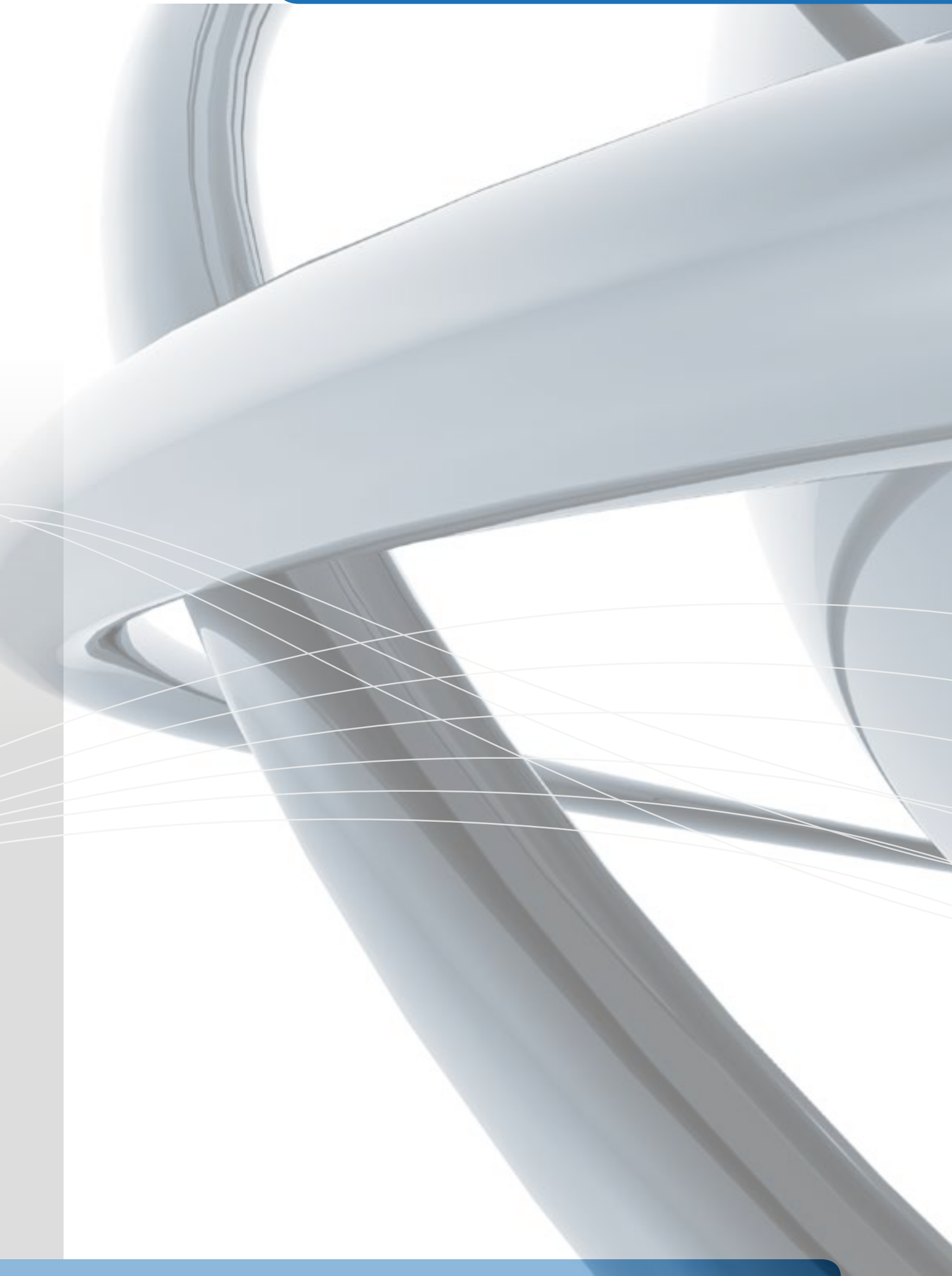
$$\frac{U(z)}{Y(z)} = H(z) = \frac{\sum_{j=0}^{m} \beta_j z^{-j}}{1 - \sum_{i=1}^{n} \alpha_i z^{-1}}$$

где z-1 это оператор задержки..

Коэффициенты α и β могут быть получены из билинейного преобразования. H(z) и H(p) связаны билинейным преобразованием (в западной литературе преобразование Тастина «Tustin's method transformation»).

$$p = \frac{2(z-1)}{T_s(z+1)} \text{ or } z = \frac{1 + T_s/2}{1 + T_s/2}$$

CEDRAT TECHNOLOGIES
Innovation in Mechatronics



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ООО “ПРОМЫШЛЕННАЯ МЕТРОЛОГИЯ”

http://www.cedrat-technologies.com/en/about-us/contacts/distributors.html

ОФИЦИАЛЬНОЕ УВЕДОМЛЕНИЕ

CEDRAT TECHNOLOGIES SA прилагает все силы к тому, чтобы гарантировать точность содержания своего каталога, но информация может быть неполной или, технически неточной или может содержать типографские ошибки. Соответственно, информация может быть исправлена или изменена CEDRAT TECHNOLOGIES SA в любое время и без предварительного уведомления.

CEDRAT TECHNOLOGIES SA может в любое время и без предварительного уведомления, изменить или улучшить предлагаемые изделия и услуги. CEDRAT TECHNOLOGIES SA не несет никакой ответственности за любую информацию, неточности или упущения в своем каталоге. CEDRAT TECHNOLOGIES не несет никакой ответственности за любое решение на основе указанной информации.

Воспроизведение или использование информации (тексты, изображения, схемы...), опубликованной CEDRAT TECHNOLOGIES SA в данном каталоге разрешается исключительно для личного и частного использования. Любое воспроизведение или использование этой информации для других целей строго запрещается.

При переводе данного каталога силами ООО “Промышленная метрология”, была проведена проверка на соответствие указанных в каталоге технических характеристик с актуальными техническими описаниями изделий по состоянию на Июнь 2016 года.

Актуализированные технические характеристики доступны в технических описаниях CEDRAT TECHNOLOGIES, публикуемых в виде Data Sheets.

Все права защищены © Copyright November 2012
CEDRAT TECHNOLOGIES SA - Meylan, France.

ПРИМЕЧАНИЯ

CEDRAT TECHNOLOGIES предлагает имеющиеся в наличии мехатронные изделия, включая пьезоэлектрические и магнитные актуаторы, двигатели, механизмы, преобразователи и датчики с соответствующей задающей электроникой и контроллерами. Эти Мехатронные изделия используются для научных и промышленных задач, в которых требуется обеспечить: микро и нано позиционирование, генерацию колебаний, микро-сканирование, быстрое и точное управление движением, активное управление вибрацией, преобразование механической энергии в электрическую ...

CEDRAT TECHNOLOGIES является компанией Малого и Среднего бизнеса (SME: Small & Medium size Enterprises) и находится в г Мейлан (Meylan), во Французской инновационной долине (Inovallée), в окрестностях Гренобля. CEDRAT TECHNOLOGIES признанна высоко инновационной компанией и получила несколько наград. CEDRAT TECHNOLOGIES принадлежит АКТИВНОЙ ФИНАНСОВОЙ СТРУКТУРЕ (ACTIVE STRUCTURE FINANCE) при поддержке OSEO, Французского Агентства по Инновациям (French Innovation Agency).

ООО “Промышленная метрология” является официальным представителем компании CEDRAT TECHNOLOGIES на территории РФ. ООО “Промышленная метрология” предоставляет услуги по поставке изделий CEDRAT TECHNOLOGIES и технической поддержке заказчиков. Офис ООО “Промышленная метрология” находится в г. Санкт-Петербург.

CEDRAT TECHNOLOGIES
15 chemin de Malacher • Inovallée
38246 MEYLAN CEDEX • FRANCE
Tel.: +33 (0)4 56 58 04 00
Fax: +33 (0)4 56 58 04 01

e-mail: ***actuator@cedrat-tec.com***
web: ***www.cedrat-technologies.com***

ООО “Промышленная метрология”
Россия, г. Санкт-Петербург, Комендантский проспект, д.30, к.1
Тел./факс +7 (812) 438 17 18 (доб.115)

e-mail: ***karev_p@metrology-spb.ru***
web: ***www.metrology-spb.ru***

CEDRAT TECHNOLOGIES
Innovation in Mechatronics