

ПЬЕЗООПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЕФОРМАЦИИ И МЕТОД КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

А. Г. ПАУЛИШ¹, В. И. СИДОРОВ¹, В. Н. ФЕДОРИНИН¹, В. А. ШАТОВ²

¹Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН
„Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“,
630090, Новосибирск, Россия
E-mail: ktipm@oesd.ru

²ООО „Фирма ПОДИЙ“, 107084, Москва, Россия

Представлены результаты разработки и апробации малогабаритного высокочувствительного датчика деформации на основе пьезооптического преобразователя. Чувствительность датчика к абсолютной деформации достигает значений порядка $\Delta x = 10^{-7}$ мм, что соответствует чувствительности к относительной деформации порядка $\Delta x / x = 10^{-9}$. Такая высокая чувствительность открывает новые возможности в контроле различных механизмов, например подъемников, как после их монтажа перед рабочим пуском, так и непосредственно в процессе текущей эксплуатации. Возможности датчика продемонстрированы на примере контроля параметров движения лифта согласно Международному стандарту ISO 18738-1:2012 (E): ускорение и торможение, рывки, трение по направляющим, вибрация. Предлагаемый датчик и методы контроля с его использованием позволяют организовать обратную связь для управления двигателем с целью снижения износа, экономии электроэнергии, предотвращения перегрузок и аварийных ситуаций.

Ключевые слова: фотоупругость, поляризация, пьезооптический преобразователь, датчик деформации, измерение вибрации и ускорения, подъемные механизмы, лифты

Измерение деформации является основным способом изучения напряженных состояний в различных областях науки и отраслях техники. В настоящее время для измерения деформации (силы) наиболее широко используются тензорезисторные датчики [1—4], т.е. „средства измерения силы, принцип которых основан на тензорезистивном эффекте“*. Главные их достоинства — простота конструкции и относительно низкая стоимость. Однако такие датчики имеют ряд неустраняемых недостатков, в первую очередь — сравнительно невысокую чувствительность, а также малый динамический диапазон, нелинейность, гистерезис и др. [1].

Значительно большей чувствительностью обладают пьезооптические преобразователи на основе явления фотоупругости — анизотропном изменении показателя преломления изначально изотропного вещества под действием нагрузки за счет деформации электронных оболочек атомов [5—8]. В работах [7, 9] показано, что чувствительность таких датчиков на три порядка выше, чем тензорезисторных, тем не менее по ряду причин, в первую очередь технологического характера, они практически не используются в современных силовых механизмах.

Начиная с 2010 г. в ООО „Фирма ПОДИЙ“ ведутся поисковые и прикладные исследования [10—15], направленные на создание новых малогабаритных пьезооптических датчиков деформации с повышенной чувствительностью, устойчивостью к перегрузкам, отсутствием гистерезиса, отвечающих условиям промышленной эксплуатации.

* ГОСТ 16217—83. Датчики силы тензорезисторные. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1983. 4 с.

В статье представлены результаты разработки и практической апробации одной из модификаций высокочувствительного датчика деформации (УПС-12) на основе пьезооптического преобразователя, соответствующего представленным выше требованиям.

Датчик состоит из пьезооптического преобразователя, размещенного в нагрузочном элементе для крепления на объекте контроля, и преобразователя вторичного, формирующего информационные сигналы заданного стандарта.

Оптическая схема преобразователя и внешний вид датчика УПС-12 представлены на рис. 1, где 1 — светодиод (типа АЛС307БМ), 2 — поляризатор, 3 — четвертьволновая пластина, 4 — фотоупругий элемент (ФЭ) крестообразной формы из плавленного кварца, 5 — анализаторы, 6 — фотоприемники (многоплощадочные фотодиоды типа ФД-20 или им подобные), 7 — рабочая область ФЭ (область, проходя через которую, световые пучки попадают на фотоприемники; выделена пунктиром), 8 — преобразователь в корпусе, 9 — нагрузочный элемент, закрепляемый на объекте контроля, 10 — монтажные отверстия, 11 — преобразователь вторичный.

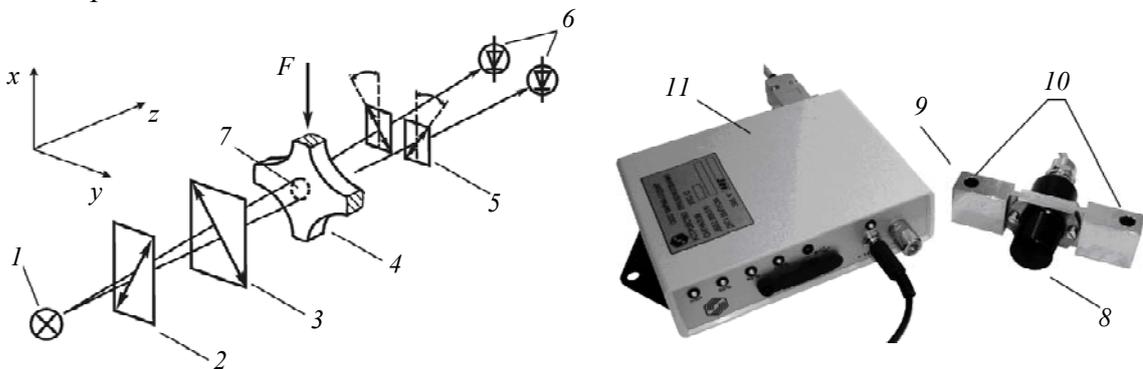


Рис. 1

Особенностью схемы является разделение надвое светового пучка по фронту падающей волны до падения на ФЭ [16]. Такое решение позволяет использовать пленочные поляризаторы (поляроиды), сокращая оптический путь световых пучков и, следовательно, габариты преобразователя, а также применять некогерентный источник света с низким энергопотреблением. Другое важное отличие от аналогичных устройств заключается в том, что в собранном виде ФЭ находится под предварительной сжимающей нагрузкой по двум ортогональным направлениям, это обеспечивает его работу как на сжатие, так и на растяжение, и практически исключает температурную зависимость выходного сигнала устройства [10].

Под действием нагрузки F в рабочей области ФЭ возникают дополнительные ортогональные напряжения σ_x и σ_y и, как следствие, обусловленная двулучепреломлением дополнительная разность фаз Δ между взаимно перпендикулярными компонентами поляризации пучков, прошедших сквозь ФЭ [9]. Изменение фазы поляризации влечет за собой изменение интенсивности световых потоков на фотоприемниках и вырабатываемых ими фототоков I_1 и I_2 . Регистрация полезного сигнала осуществляется по дифференциальной схеме при $(I_1 - I_2)/(I_1 + I_2) \sim \Delta \sim (\sigma_x - \sigma_y = \Delta\sigma)$ [17]. Итоговая чувствительность датчика к абсолютной деформации ФЭ определяется соотношением сигнал/шум на выходе электронного тракта и, как показано в [9], для ФЭ диаметром 10 мм в пределе может достигать порядка 10^{-7} мм.

В ходе предварительных исследований и испытаний было установлено [11], что подобного типа датчики устойчивы к перегрузкам, практически лишены гистерезиса (так как ФЭ из плавленного кварца имеет высокий порог разрушения при сжатии и не подвержен пластической деформации) и позволяют измерять относительные деформации вплоть до величин 10^{-9} .

Благодаря высокой чувствительности датчика открываются дополнительные возможности контроля важнейших технических параметров различных механизмов, например подъемников, как после монтажа перед рабочим пуском, так и непосредственно в процессе эксплуатации.

Рассмотрим, как датчик может быть использован в пассажирских и грузовых лифтах. В настоящее время в лифтовом хозяйстве начинает активно использоваться Международный стандарт ISO 18738-1:2012 (E) „Measurement of ride quality — Part 1: Lifts (elevators)“ („Измерение ходовых качеств. Часть 1. Лифты (подъемники)“), направленный на обеспечение комфортного использования лифтов. Комфортность определяется режимами ускорения и торможения, плавностью хода; не допускаются резкие рывки, вибрация, повышенный шум; трение при движении кабины по направляющим должно быть минимальным. Поэтому необходимо непрерывно измерять в процессе эксплуатации не только степень загрузки кабины лифта, но и скорость кабины, ускорение и торможение, рывки и вибрацию, трение по направляющим. Проблема заключается еще и в том, что неправильный монтаж направляющих, по которым перемещаются кабина лифта и противовес, приводит к ускоренному износу элементов конструкции, росту электропотребления, увеличению нагрузки на двигатель лебедки, повышению вероятности возникновения аварийной ситуации, снижению сроков эксплуатации лифта. Действующими российскими нормативными документами* совокупный контроль всех названных параметров не предусматривается из-за отсутствия как подходящих устройств контроля, так и соответствующих методик его проведения. Поэтому в крупных офисах, международных бизнес-центрах, элитных жилых домах и т.п. у нас в стране применяются только импортные лифты, отвечающие указанному стандарту.

Предлагаемый метод контроля с помощью разработанного пьезооптического датчика

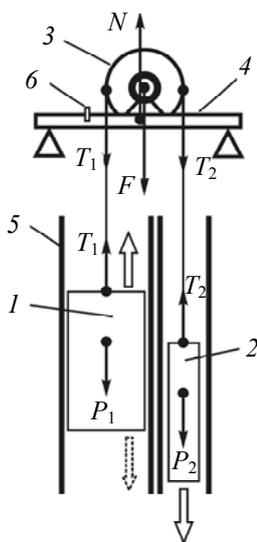


Рис. 2

заключается в измерении деформации рамы лебедки лифта, на которую передается весь спектр текущих нагрузок, связанных с движением кабины и противовеса. Высокая (необязательно предельная) чувствительность датчика в широком динамическом диапазоне измерений (до 10^4) позволяет в режиме реального времени отслеживать полную динамику процесса, что невозможно сделать при помощи тензорезисторных систем. Поскольку устройство контроля крепится на раму лебедки, возможно использовать один и тот же датчик для разных лифтов, вне зависимости от их грузоподъемности, так как чем больше грузоподъемность, тем мощнее рама, и в итоге величина деформации примерно одинакова для всех видов лифтов.

С целью методического обоснования метода обратимся к упрощенной модели подъемного механизма лифта для зданий, схематично представленной на рис. 2; здесь 1 — кабина, 2 — противовес, 3 — канатопроводящий шкив лебедки, 4 — рама, 5 — направляющие, 6 — датчик деформации.

На кабину лифта и на противовес действуют силы тяжести P_1 и P_2 соответственно (вместе с канатами, электрическими кабелями, полезной нагрузкой и др.). В канатах возникают ответные силы натяжения T_1 и T_2 . На лебедку действует сила $F = T_1 + T_2$, ответно в раме лебедки возникает сила реакции опоры $N = F$. В целом система уравнений сил в отсутствие движения кабины (в статике) имеет вид

$$\left. \begin{aligned} T_1 - P_1 &= 0; \\ T_2 - P_2 &= 0; \\ T_1 + T_2 &= P_1 + P_2 = F = N. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Канатопроводящий шкив лебедки не является свободно (без трения) вращающимся блоком, он жестко связан с валом двигателя и тормозным механизмом. При этом канаты удерживают-

* ГОСТ Р 53780—2010. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке. М.: Изд-во Стандартиформ, 2012. 81 с.

ся на шкиве силой трения без проскальзывания. Таким образом, можно считать, что в любой момент времени (в покое или в движении) канат жестко связан со шкивом в верхней точке шкива. Это позволяет независимо друг от друга рассматривать силу натяжения канатов кабины лифта и противовеса T_1 и T_2 , определяющих силовое воздействие на лебедку и раму лифта F .

На рис. 3, а, б показаны условные диаграммы временных зависимостей скорости (V) и ускорения (a) кабины лифта при движении вверх и затем вниз. Направление движения кабины здесь и далее на рисунках отмечено соответствующими стрелками.

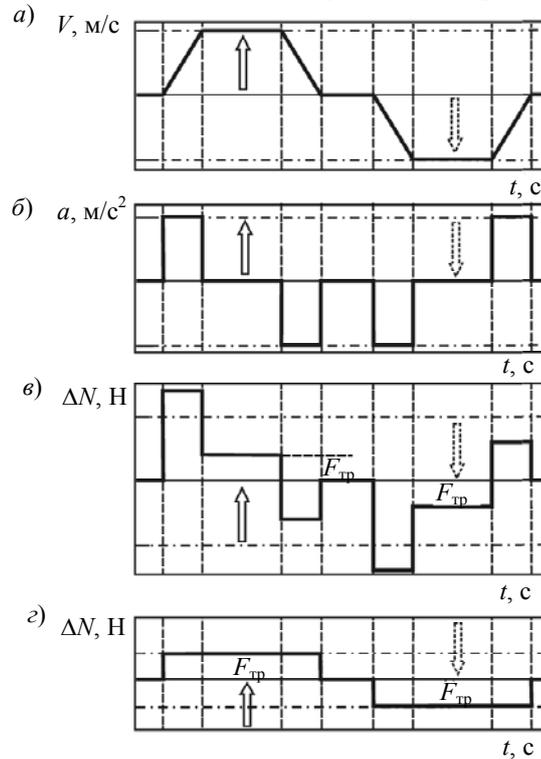


Рис. 3

Пусть m_1 и m_2 — масса кабины лифта и противовеса (с той же оговоркой, что и для сил P_1 и P_2). Тогда при движении кабины с ускорением вверх будем иметь „динамическую“ систему сил

$$\left. \begin{aligned} T_1 - P_1 &= m_1 a; \\ T_2 - P_2 &= -m_2 a; \\ T_1 + T_2 &= P_1 + P_2 + (m_1 - m_2) a = F = N. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

При движении вниз ускорение меняет знак. Очевидно, что при ускоренном движении кабины и противовеса возникает дополнительное усилие на раму, пропорциональное a , которое приводит к изменению деформации рамы лебедки с датчиком, однако из (2) следует, что при $m_1 = m_2$ дополнительного усилия не возникает.

Все меняется, когда между кабиной (противовесом) и направляющими возникает сила трения, всегда действующая против направления движения. В подобной ситуации

$$\left. \begin{aligned} T_1 - P_1 - F_{\text{тр}1} &= m_1 a; \\ T_2 - P_2 + F_{\text{тр}2} &= m_2 a; \\ F_{\text{тр}1} &= \mu_1 N_1; \\ F_{\text{тр}2} &= \mu_2 N_2; \\ T_1 + T_2 &= P_1 + P_2 + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} + (m_1 - m_2) a = F^* = N^*, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $F_{\text{тр}1} = \mu_1 N_1$ и $F_{\text{тр}2} = \mu_2 N_2$ — силы трения скольжения соответственно кабины и противовеса по направляющим; μ_1, μ_2 и N_1, N_2 — коэффициенты трения и силы взаимодействия кабины и противовеса с направляющими; N^* — новое значение силы реакции рамы на действие силы F^* с учетом сил трения. Диаграмма изменения силы ΔN с учетом непрерывного действия силы трения представлена на рис. 3, в.

Таким образом, сила, действующая на раму лебедки лифта, пропорциональна разнице $\Delta F_{\text{тр}}$ сил трения кабины и противовеса при скольжении вдоль направляющих. Если по-прежнему полагать $m_1 = m_2$, то

$$\Delta F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = N^* - N = \Delta N. \quad (4)$$

При смене направления движения кабины силы трения изменяют знак, что приводит к различному знаку ΔN при движении кабины вверх и вниз. Диаграмма $\Delta N = f(t)$ при непрерывно действующих силах трения $F_{\text{тр}1}$ и $F_{\text{тр}2}$ для данного случая приведена на рис. 3, з.

На рис. 4, а представлена временная диаграмма для ΔN , когда сила трения резко увеличивается в определенных местах шахты из-за некачественного монтажа направляющих. При движении кабины вверх от точки 1 до точки 2 изменения положительны, а при движении вниз от точки 2 до точки 1 изменения отрицательны. Если часть диаграммы при движении вниз инвертировать относительно точки 2, то при условии постоянства скорости получится диаграмма зависимости силы трения от положения x кабины в шахте лифта (рис. 4, б). Нетрудно обнаружить, что всплески величины силы трения наблюдаются в одних и тех же местах нахождения кабины, при этом знак всплеска зависит от направления движения кабины. В итоге по этой диаграмме могут быть выявлены места с повышенным трением.

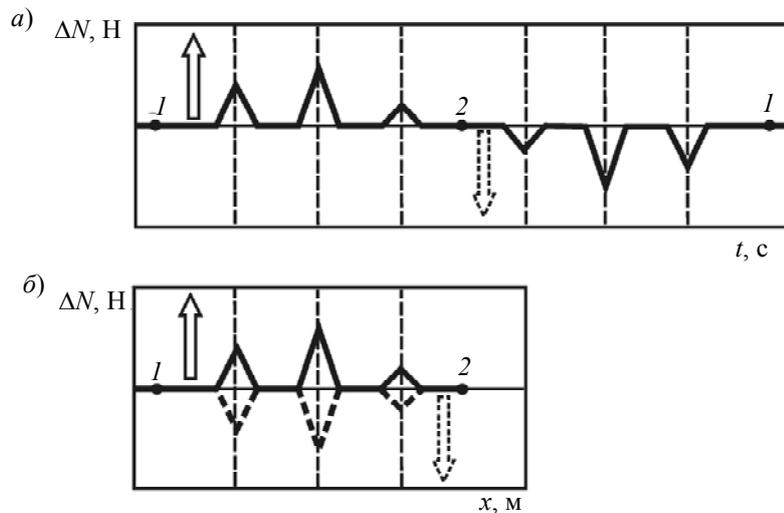


Рис. 4

С августа 2010 г. один из разработанных датчиков успешно эксплуатируется на лифте грузоподъемностью 500 кг административного корпуса ОАО „Могилевлифтмаш“ в Могилеве, еще три с февраля 2011 г. — на лифтах грузоподъемностью 400 кг в московских жилых домах. Датчики смонтированы в местах максимальных деформаций рам с учетом удобства размещения при помощи струбцин (без каких-либо дополнительных специальных монтажных отверстий), как показано на рис. 5, где 1 — датчик деформации, 2 — швеллер рамы лебедки, 3 — струбцины. Такой монтаж позволяет оперативно контролировать техническое состояние направляющих любого лифта, в том числе введенного в эксплуатацию, независимо от его конструкции. Максимальные деформации определялись на основе анализа с помощью программ трехмерного промышленного проектирования SolidWorks, AutoCAD Inventor, T-Flex CAD.

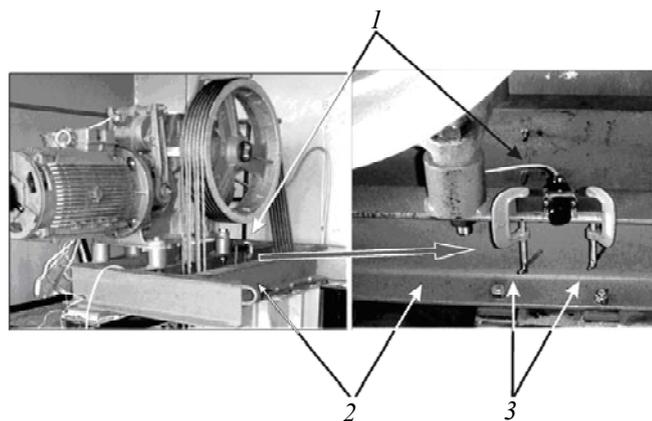


Рис. 5

На рис. 6, а представлены экспериментальные диаграммы $\Delta N = f(t)$ при движении без остановок с 1-го на 9-й этаж пустой кабины лифта грузоподъемностью 500 кг (сплошная кривая) и обратно (пунктир) со скоростью равномерного движения 1 м/с. Для удобства сравнения диаграммы наложены друг на друга таким образом, чтобы значения ΔN для одного и того же положения кабины в шахте при движении вверх и вниз совпадали по оси абсцисс. Иначе говоря, для движения кабины вверх ось времени направлена вправо, а для движения вниз — влево. Тем самым ось абсцисс задает не столько время протекания процесса t , сколько линейную координату x положения кабины лифта в шахте, что важно для идентификации дефектных мест.

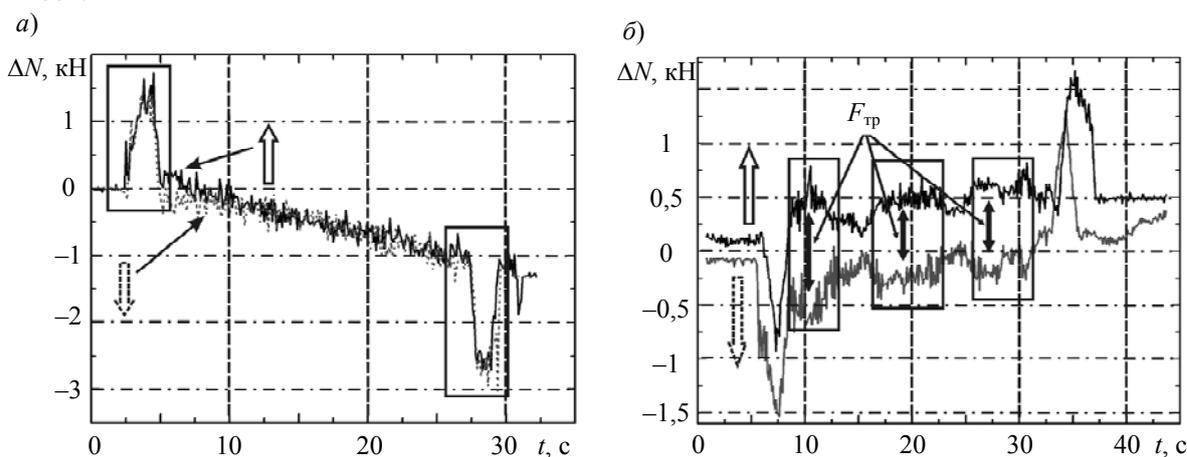


Рис. 6

На рис. 6, а хорошо видны участки разгона и торможения (выделены прямоугольными рамками), качественно совпадающие с соответствующими участками диаграммы на рис. 4, б. Знак изменения показаний датчика при разгоне кабины вверх совпадает со знаком изменения сигнала при торможении в случае движения вниз, так как ускорения в этих точках направлены в одну сторону (см. (2)). Значения ΔN в процессе равномерного движения кабины вверх и вниз практически совпадают, что свидетельствует об отсутствии существенного трения кабины и противовеса с направляющими.

Диаграмма на рис. 6, б получена для лифта грузоподъемностью 400 кг. Однако здесь графики для участка равномерного движения вверх и вниз не только не совпадают, но и изменяются в противофазе, что свидетельствует о наличии повышенного трения (см. выражение (4)), конкретно — до 500 Н на различных участках шахты (в прямоугольных рамках).

Применение предложенного датчика позволяет предотвращать аварийные ситуации. Если в процессе работы лифта трение в силу разных причин начинает непредсказуемо и быстро возрастать, то велика вероятность заклинивания кабины и ее аварийной остановки. При

этом канаты, двигатель лебедки и другие механизмы лифта будут испытывать повышенные нагрузки, что может привести к их выходу из строя.

Ситуация такого типа демонстрируется на рис. 7 на примере кабины лифта грузоподъемностью 500 кг. Диаграмма *a* соответствует нормальному движению кабины с одного этажа на другой, *б* — движению с зацеплением кабины за направляющие. Зацепы начались с момента $t \approx 85$ с (стрелка вверх), вследствие чего при $t \approx 150$ с (стрелка вниз) лифт аварийно остановился. В результате примерно в течение минуты конструкция лифта находилась в разбалансированном состоянии, что четко отразилось на рисунке.

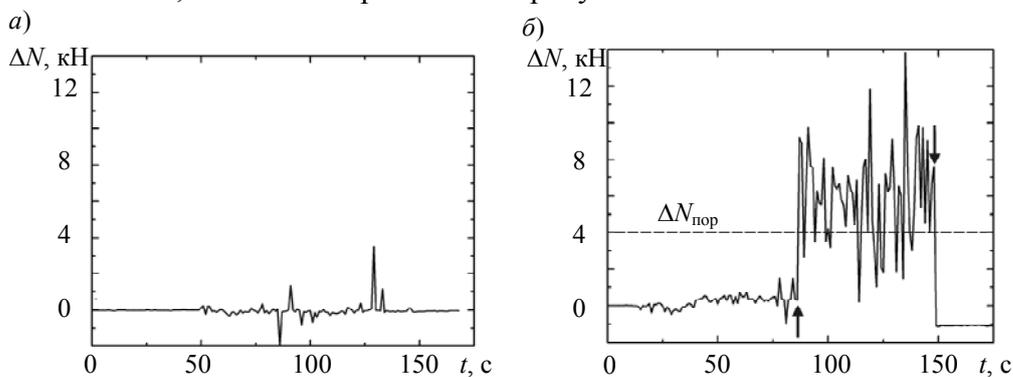


Рис. 7

Поскольку установленный на раме лебедки датчик непрерывно регистрирует силу трения и ее вариации, для предупреждения подобных случаев в системе управления лифтом трудно задать такое пороговое значение сигнала $\Delta N_{\text{пор}}$ (пунктир на рис. 7, б), при достижении которого двигатель будет автоматически отключаться еще до запредельных перегрузок. Величина $\Delta N_{\text{пор}}$ определяется экспериментально путем предварительной калибровки датчика на конкретном лифте. В процессе введения лифта в эксплуатацию кабина последовательно нагружается увеличивающимися весами, вплоть до нагрузки выше номинальной, определяемой регламентом. При этом также возникают нагрузки от входа/выхода монтажника с грузом, которые и фиксируются датчиком. Такие уровни нагрузок считаются нормальными (рабочими), а их превышающие — ненормальными (опасными).

Соответствующие работы, направленные на интеграцию датчика с электрооборудованием современных лифтовых станций и создание необходимого программного обеспечения, успешно ведутся. Программный софт может предлагаться дополнительной опцией к датчику для организаций, осуществляющих как монтаж лифта, так и его обслуживание.

Продолжительная (с 2010 г.) эксплуатация опытных образцов датчика убедительно продемонстрировала его эффективность для контроля качества монтажа лифта в шахте, а также основных параметров движения кабины, определяющих техническое состояние и эксплуатационные характеристики подъемника.

Таким образом, пьезооптический датчик, сочетающий компактность, надежность и высокую чувствительность (погрешность измерения силы 0,3 мН, рабочий динамический диапазон 10^4 [18]), открывает новые возможности в задачах измерения силовых нагрузок. Предлагаемый датчик и методы контроля с его использованием позволяют при изменении загрузки кабины лифта ввести обратную связь для управления двигателем с целью снижения износа, экономии электроэнергии, предотвращения перегрузок и аварийных ситуаций. Датчик и метод могут быть применены во всех случаях, когда используются лебедочные механизмы, например, в лифтах для горной промышленности, в эскалаторах, движущихся дорожках, транспортерах, подъемных кранах и т. п.

Исследования выполнены в рамках опытно-конструкторских и инновационных работ, осуществляемых ООО „Фирма ПОДИЙ“ (Москва, генеральный директор А. В. Поярков) [19]. Авторы выражают признательность сотрудникам ОАО „Могилевлифтмаш“ (г. Могилев, Рес-

публика Беларусь), ОАО „Щербинский лифтостроительный завод“ (Москва), „Лифтстрой—С“ и „Лифтстрой—Сервис“ (г. Новосибирск) за оказание технической поддержки при проведении экспериментальных работ и обсуждение результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Handbook on experimental mechanics / Ed. by *A. S. Kobayashi*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall, Inc., 1987.
2. *Баринов И. Н.* Полупроводниковые тензорезистивные датчики давления на основе КНД-структуры // Компоненты и технологии. 2009. № 5. С. 12—15.
3. Тензометрические датчики // Каталог продукции ПО „Вектор-ПМ“ [Электронный ресурс]: <<http://uralves.ru/catalog/testing>>.
4. Весоизмерительное оборудование. Датчики силы // Каталог продукции Компании IT.Servicio [Электронный ресурс]: <<http://www.itservicio.ru/ncd-1-2/info.html>>.
5. *Фрохт М. М.* Фотоупругость. М.—Л.: Гостехиздат, 1948. Т. 1. 432 с.; 1950. Т. 2. 520 с.
6. *Doyle J. F.* Modern experimental stress analysis. Chichester: J.Wiley & Sons, 2004.
7. *Слезингер И. И.* Пьезооптические измерительные преобразователи // Измерительная техника. 1985. № 11. С. 45.
8. *Coker E. G., Filon L. N. G.* A Treatise on Photo-Elasticity. Cambridge: University Press, 1931.
9. *Fedorinin V. N., Paulish A. G., Levina A. S.* Optoelectronics in Measurement of Measurement of Physical Magnitudes. NY: Nova Science Publisher, Inc., 2011.
10. Pat. 8887577 US. Tensometric transducer / *A. G. Paulish, V. N. Fedorinin, A. C. Rafailovich, A. V. Poyarkov, V. A. Shatov*. 23.04.2010.
11. *Сидоров В. И., Паулиш А. Г., Почкай Д. В.* Регистрация изменения нагрузки на твердое тело при помощи пьезооптического преобразователя // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № 2—3(4). С. 58—63.
12. Пат. 2454642 РФ. Тензометрический датчик (варианты) / *А. Г. Паулиш, В. Н. Федоринин*. Оpubл. 27.06.2012. Бюл. № 18.
13. Пат. 2564691 РФ. Тензометрический преобразователь / *А. Г. Паулиш, А. В. Поляков, В. Н. Бараков*. Оpubл. 10.10.2015. Бюл. № 28.
14. *Паулиш А. Г., Загубисало П. С.* Фотоупругий элемент для пьезооптических датчиков деформаций // Письма в ЖТФ. 2015. Т. 41, вып. 13. С. 33—40.
15. Междунар. заявка РСТ/2015/000220. Устройство и способ для измерения комбинированных деформаций / *А. Г. Паулиш, А. В. Поляков, В. Н. Бараков, О. П. Маслов*. 08.04.2015, WO2016/163902. Оpubл. 13.10.2016.
16. Пат. 2157513 РФ. Эллипсометрический датчик / *В. Н. Федоринин*. Оpubл. 10.10.2000. Бюл. № 28.
17. Пат. 2565856 РФ. Устройство обработки сигнала пьезооптического преобразователя / *А. Г. Паулиш, А. В. Поляков, В. Н. Бараков, М. А. Павлов*. Оpubл. 20.20.2015. Бюл. № 29.
18. *Паулиш А. Г., Загубисало П. С., Бараков В. Н., Павлов М. А.* Экспериментальное исследование пьезооптического преобразователя для высокочувствительных датчиков деформации // Автометрия. 2018. Т. 54, № 2. С. 78—84.
19. Датчик упругих деформаций // Инновации ООО „Фирма ПОДИЙ“ [Электронный ресурс]: <<http://firmapodij.ru/innovacii>>.

Сведения об авторах**Андрей Георгиевич Паулиш**

— канд. физ.-мат. наук, доцент; Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“; ученый секретарь; E-mail: paulish63@ngs.ru

Виктор Иванович Сидоров

— Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“; вед. инженер-конструктор; E-mail: vsidorov@gmail.com

- Виктор Николаевич Федоринин** — канд. техн. наук; Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“; руководитель Филиала;
E-mail: oos@oesd.ru
- Владимир Александрович Шатов** — ООО „Фирма ПОДИЙ“; помощник директора;
E-mail: shatov_va@mail.ru

Поступила в редакцию
19.02.18 г.

Ссылка для цитирования: Паулиш А. Г., Сидоров В. И., Федоринин В. Н., Шатов В. А. Пьезооптический датчик деформации и метод контроля параметров движения подъемных механизмов // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 6. С. 530—538.

PIEZO-OPTICAL DEFORMATION SENSOR AND METHOD FOR MONITORING MOVEMENT PARAMETERS OF LIFTING MECHANISMS

A. G. Paulish¹, V. I. Sidorov¹, V. N. Fedorinin¹, V. A. Shatov²

¹*Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics, 630090, Novosibirsk, Russia*
E-mail: ktipm@oesd.ru

²*PODIY Firm, Ltd., 107084, Moscow, Russia*

Results of development and testing of small-sized high-sensitive sensor of deformations on the base of piezo-optical transducer are presented. The sensor sensitivity to absolute deformation reaches values of the order of $\Delta x = 10^{-7}$ mm, which corresponds to a sensitivity to the relative deformation of the order of $\Delta x/x = 10^{-9}$. Such a high sensitivity opens new possibilities in controlling various mechanisms, for example, lifts, both after their installation before starting up, and directly during the current operation. The sensor capabilities are demonstrated by the example of monitoring the movement parameters of the elevator carried out in accordance with the International Standard ISO 18738-1: 2012 (E): acceleration and braking, jerking, friction along the guides, vibration. The proposed sensor and monitoring methods with its use allow organizing feedback for engine control aimed at wear reduction, energy saving, prevention of overloads and emergency situations.

Keywords: photo-elasticity, polarization, piezo-optical transducer, deformation sensor, vibration and acceleration measurement, lifting mechanisms, elevators

Data on authors

- Andrey G. Paulish** — PhD, Associate Professor; Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics;
E-mail: paulish63@ngs.ru
- Viktor I. Sidorov** — Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics; Leading Engineer-Designer;
E-mail: vsidorov@gmail.com
- Viktor N. Fedorinin** — PhD; Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics; Head of the Branch;
E-mail: oos@oesd.ru
- Vladimir A. Shatov** — PODIY Firm Ltd., Deputy Director; E-mail: shatov_va@mail.ru

For citation: Paulish A. G., Sidorov V. I., Fedorinin V. N., Shatov V. A. Piezo-optical deformation sensor and method for monitoring movement parameters of lifting mechanisms. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 6. P. 530—538 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-6-530-538