

$$C_0 = g_0 \left[ \sum_1^r g_r g_r + \sum_1^a g_a g_a \right] = g_0 g_B [g_1 + 2(g_2 + g_4 + g_6' + g_8 + 2g_{10} + 2g_{12}') = 8,854 \cdot 1,00059 \{ (a \cdot b) / h + 0,52(a+b) + 0,636 \cdot [\ln((2e) / h + 1)] (a+b) + 0,308h + c \} 10^{-3} = 8,86 \{ (ab) / h + [0,52 + 0,636 \ln((2e) / h + 1)] + (a+b) + 0,308h + c \} 10^{-3}$$

где  $g_1$  – значение пространственной характеристики поля в зазоре плоскопараллельного конденсатора из [7];

$g_2, g_4, g_6', g_8, g_{10}$  и  $g_{12}'$  – значения пространственных характеристик поля рассеяния для зазора, образованного плоскопараллельными электродами, из таблицы 3 [7].

Полученное значение емкости плоскопараллельного конденсатора можно раскрыть так:

$$C_0 = 8,86 \frac{ab}{h} 10^{-12} + 8,86 \{ [0,52 + 0,636 \ln \cdot ((2c)h + 1)] \} 10^{-3} = (a+b) + 0,308h + c = C'_0 + C_B,$$

где

$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_B g_1 = \epsilon_0 \epsilon_B \frac{ab}{h} = 8,86 \frac{S}{h} 10^{-12}$$

– основная емкость конденсатора;

$C_B$  – емкость конденсатора в силу наличия полей рассеяния.

Таким образом, в простейшем случае, когда  $0,1a \leq h$  и  $0,1b \leq h$ , емкость заданного плоскопараллельного конденсатора определяется по формуле

$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_B g_1 = 8,86 \frac{ab}{h} \cdot 10^{-12} = 8,86 \frac{S}{h} 10^{-12}.$$

так как  $C_B \approx 0$ .

УДК 681.3.07

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Д.т.н. А.А. Андрусевич, к.т.н. Н.Г. Стародубцев, А.А. Гринченко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*Работоспособность ленточного конвейера – важное условие эффективности и долговременности его использования. В статье предлагается алгоритм определения возможных повреждений ленты на каждом ее цикле (обороте).*

*Працездатність стрічкового конвеєра - важлива умова ефективності та довготривалості його використання. У статті пропонується алгоритм визначення можливих пошкоджень стрічки на кожному її циклі (обороті).*

*The efficiency of the conveyor belt - an important condition for the effectiveness and the sustainability of its use. The article proposes an algorithm for determining possible damage to the tape at every cycle (reverse).*

### Выводы

Таким образом, контроль толщины полупроводниковой пластины можно осуществлять с помощью емкостного датчика посредством измерения перемещения базовых плоскостей, непосредственно связанных с обрабатываемой пластиной.

Применение предложенного метода дает:

– повышение производительности технологического процесса механической обработки полупроводниковой пластины за счет исключения потерь времени на перенос полупроводниковой пластины с обрабатывающего станка в измерительную установку и процесс измерения;

– повышение качества поверхности полупроводниковой пластины за счет исключения повреждений возможных при “манипуляциях” с пластиной в процессе переноса её с обрабатывающего станка в измерительную установку и в процессе измерения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Курносое А.И., Юдин В.В. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.* – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 368 с., ил.
2. *Измерения и контроль в микроэлектронике.* Дубовой Н.Д., Осокин В.И., Очков А.С. и др.; Под ред. А.А. Сазонова. – М.: Высш. шк., 1984. – 367 с., ил.
3. Черняев В.Н. *Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебник для вузов.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1987. – 464 с.: ил.
4. Готра З.Ю. *Справочник по технологии микроэлектронных устройств.* – Львов: Каменяр, 1986. – 287 с.
5. *Технологический контроль размеров в микроэлектронном производстве/ Быстров Ю.А., Колгин Е.А., Котлецов Б.Н.* – М.: Радио и связь, 1988. – 168 с.: ил/
6. Высоцкий А.В., Курочкин А.П. *Пневматические средства измерения линейных величин в машиностроении.* – М.: Машиностроение, 1979. – 146 с.: ил.
7. Волосов С.С., Педь Е.И. *Приборы для автоматического контроля в машиностроении.* – М.: Машиностроение, 1970. – 310 с.: ил.

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, повреждение, износ конвейерной ленты

### Введение

В современных условиях горнодобывающая отрасль занимает ведущее место в экономике Украины. Широкое использование конвейерного транспорта на шахтах и карьерах является одним из важных факторов повышения технического уровня и эффективности функционирования горного производства. Ленточный конвейер является одним из наиболее распространенных в угольных добывающих отраслях, где ряд конвейерных модулей должны быть соединены друг с другом для достижения передачи груза на расстояние.

Современные конвейерные ленты с основой из высокопрочных синтетических тканей и с тросовой основой при обеспечении постоянного профилактического ухода за ними имеют довольно высокий срок службы, особенно при эксплуатации на конвейерах с податливыми роlikоопорами. Считается, что при перемещении рыхлых негрубокусовых грузов срок службы лент с основой из синтетических тканей должен составлять не меньше 5-6 лет, а с тросовой основой 10 лет и больше. При перемещении скальных грузов, особенно крупнокусовых, срок службы лент уменьшается почти вдвое. Долговечность конвейерных лент в наибольшей степени зависит от свойств транспортируемого груза и от уровня динамических нагрузок, которые она испытывает в загрузочном пункте, а так же при движении с грузом по роlikоопорам, от соблюдения правил эксплуатации лент. Дальнейшее повышение долговечности конвейерных лент является наиболее важной задачей при решении вопросов повышения эффективности конвейерного транспорта.

Выработка ресурса конвейерной ленты связана с накоплением необработанных повреждений. Ресурс ленты определяется как время до ее полной замены. Замена ленты может быть вызвана двумя причинами: недопустимым износом основных элементов ленты и нецелесообразностью использования восстанавливаемой ленты в течение времени эксплуатации.

### Постановка задачи

Описание изменения ресурса ленты выполним используя математические модели накопления повреждений. Наиболее удобные для инженерных расчетов при этом полуэмпирические математические модели [1], использующие в качестве исходной информации минимальное число опытных данных при применении вероятностных методов и статической обработки.

### Практическая реализация

Для составления модели вначале примем некоторые допущения. Представим ленту в виде набора элементов, каждый из которых имеет длину  $l$  (для удобства  $l = 1$  м) и ширину ленты. Текущее техническое состояние каждого элемента ленты опишем с помощью меры повреждения  $\varphi$ . Каждая мера повреждения характеризует степень повреждения и износа элемента ленты и соответствует одному из первых шести видов отказа.

Процесс эксплуатации ленты разбит на циклы (оборот ленты), а в пределах цикла внешние воздействия (нагрузки) принимаются усредненными и постоянными. Мера повреждения на каждом цикле будет обозначаться  $\Delta\varphi_i$ . Процесс повреждения описывается разностным уравнением:

$$\varphi_n - \varphi_{n-1} = \omega(\varphi_{n-1}, q_n) \quad (n = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

где  $\omega(\varphi_{n-1}, q_n)$  - неотрицательная функция вектора нагрузок (возмущений)  $q_{n-20}$  цикла и меры повреждения  $\varphi_{n-1}$ , соответствующей окончанию  $(n - 1)$  цикла. Процесс накопления повреждений и износа

ленты носит кумулятивный характер и, при принятых ранее допущениях, можно применить правило линейного суммирования повреждений. Следовательно, мера повреждения будет определяться:

$$\varphi = \sum_l^N \Delta\varphi_i \quad (2)$$

где  $N$  - номер последнего цикла.

Определим меры повреждения для каждого из видов отказа за интервал времени равный циклу работы. За цикл работы примем один полный оборот ленты.

Для износа рабочей обкладки:

$$\Delta\varphi_{1i} = \Delta h_i \cdot [h_*]^{-1} \quad (3)$$

где  $\Delta h_i$  - износ рабочей обкладки за  $i$ -й цикл, мм;

$[h_*]$  - предельно допустимая глубина износа

рабочей обкладки, мм.

Для износа нерабочей обкладки:

$$\Delta\varphi_{2i} = \Delta y_i \cdot [y_*]^{-1} \quad (4)$$

где  $\Delta y_i$  - износ нерабочей обкладки за  $i$ -й цикл, мм;

$[y_*]$  - предельно допустимая глубина износа

нерабочей обкладки, мм.

Для износа борта:

$$\Delta\varphi_{3i} = \Delta x_i \cdot [x_*]^{-1} \quad (5)$$

где  $\Delta x_i$  - износ борта за  $i$ -й цикл, мм;

$[x_*]$  - предельно допустимая глубина износа борта

ленты, мм.

Мера повреждения связанная с пробоем ленты на  $i$ -м цикле:

$$\Delta\varphi_{4i} = \sum_{\mu=1}^j \frac{1}{N_{\mu}(q_i)} \quad (6)$$

где  $N_{\mu}(q_i)$  - число ударов до пробоя элемента ленты куском груза;

$j$  - общее число ударов кусками, приходящихся на элемент ленты за время одного цикла;  $\mu = 1, 2, \dots$ . Величина  $N_{\mu}(q_i)$  носит вероятностный характер, и зависит от величины среднего числа ударов по экспериментальной площади  $S_7$  до одного пробоя [2].

$$N_{cp} = k_{\Gamma} \cdot \sigma^3 \cdot i_{\Gamma}^{4.5} \cdot \delta_p^{1.3} \cdot H^{-2.7} \cdot M^{-3.8} \quad (7)$$

Где  $M$  - масса груза, кг;

$H$  - высота падения груза, м;

$\sigma$  - суммарная прочность прокладки по основе и утку, Н/см;

$\delta_p$  - толщина рабочей обкладки, мм;

$k_{\Gamma}$  - коэффициент, учитывающий геометрические параметры груза и вид опорной поверхности. Параметры  $k_{\Gamma}$  и  $\mu$  могут быть различными на каждом цикле. Поэтому необходимо предварительно рассчитать зависимость  $N_{cp} = f(\mu, k_{\Gamma})$ . Число ударов до пробоя элемента ленты куском груза:

$$N_{\mu}(q_i) = [-S_7 \ln(1 - P_S) \cdot S^{-1}]^{1/\alpha} \cdot (N_{cpi} - N_{min}) \cdot S \cdot S_7^{-1} + N_{min}, \quad (8)$$

где  $P_S$  - вероятность поступления пробоя, равномерно распределенная величина на интервале [0;1].

Отказ ленты вида "разрыв на нестыковых участках" носит усталостный характер. Меру повреждения на  $i$ -м цикле можно определить:

$$\Delta\varphi_{5i} = \frac{1}{N_P} \quad (9)$$

где  $N_P$  - число циклов до разрушения:

$$N_P = \begin{cases} N_C(r/s)^m, & s \geq r \\ \infty, & s < r \end{cases} \quad (10)$$

где  $m, N_C$  - параметры материала ленты;  $S$  - характерное напряжение цикла;  $r$  - предел выносливости, случайная величина, распределенная по закону  $F_r(r)$ .

Таким образом, суммарная мера повреждения конвейерной ленты по основным повреждающим факторам за один цикл работы определится из выражения:

$$\varphi_{\Sigma} = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 + \Delta\varphi_4 + \Delta\varphi_5 \quad (11)$$

где  $\Delta\varphi_1$  - мера повреждения от износа рабочей обкладки;

$\Delta\varphi_2$  - мера повреждения от износа нерабочей обкладки;

$\Delta\varphi_3$  - мера повреждения от износа бортов;

$\Delta\varphi_4$  - мера повреждения от пробоев ленты;

$\Delta\varphi_5$  - мера повреждения от разрыва стыков.

#### Выводы

Таким образом анализ процесса повреждения конвейерной ленты позволил определить, что для ленты техническое состояние можно выразить суммарной мерой повреждения  $\varphi_{\Sigma} = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 + \Delta\varphi_4 + \Delta\varphi_5$ , состоящей из износа обкладок, бортов, пробоев, разрывов на стыковых и нестыковых участках, по мере значимости повреждений разработать алгоритм определения работоспособности ленты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лобов В.Й. Автоматизовані системи керування конвеєрними установками: монографія / В.Й. Лобов, Л.І. Єфіменко, М.П. Тиханський, С.А.Рубан.-Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2015. – 450с.
2. Кошарский Б.Д. Автоматическое управление обогатительными фабриками. /Б.Д Кошарский, Е.П. Сусский, В.Б. Кошарский, М. В. Карелин.-М.:Недра, 1977. -528 с.

УДК.624.315.21

## ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ГИБКИХ КОММУТАЦИОННЫХ ПЛАТ

В.В. Невлюдова, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*Целью работы является исследование основных причин отказов гибких коммутационных плат и радиоэлектронных изделий, в состав которых они входят.*

*Метою роботи є дослідження основних причин відмов гнучких комутаційних плат і радіоелектронних виробів, до складу яких вони входять.*

*The purpose of work is research of the main reasons for refusals of flexible communication boards and radio-electronic products which part they are*

**Ключевые слова:** гибкие коммутационные платы; показатели надежности; конструкторские, технологические и эксплуатационные ошибки; отказы; эксплуатация.

#### Введение

При современном развитии радиоэлектронной промышленности и с появлением больших интегральных схем (БИС) и сверхбольших интегральных схем (СБИС) стало очевидно, что прежние методы конструирования и монтажа печатных узлов радиоэлектронных устройств не могут обеспечить выполнение требований, которые предъявляются им, те же корпуса БИС и СБИС с числом выводом более 100 и шагом между ними менее 0,625 мм.

Были предложены новые методы, так называемого поверхностного монтажа (SMT, COB, TAB, COF технологии), при котором элементы располагаются не на штыревых выводах, вставленных в соответствующие отверстия в печатной плате или припаянные к соответствующим лепесткам, а непосредственно к контактными площадкам на печатной плате, сформированными токоведущими дорожками, либо для монтажа используются специальные носители, изготовленные из гибких материалов (полиимид, лавсан, полиэфир) [1-3].

Радиоэлектронные средства (РЭС) в настоящее время развиваются высокими темпами, находят все большее применение во многих областях и в значительной мере определяют уровень научно-технического прогресса. Современные РЭС используются в вычислительной технике, машиностроении, на транспорте, в радиолокации, радионавигации, системах связи и т. д. В связи с этим возникает потребность в расширении функциональных возможностей РЭС и серьезном улучшении таких технико-экономических показателей как надежность, стоимость, габариты, масса. Эти задачи могут быть решены только на основе рассмотрения целого комплекса вопросов системно- и схемотехники, конструирования и технологии, производства и эксплуатации.