

УДК 677.021

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДАТЧИКОВ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТКАНЕОБРАЗОВАНИЯ**

*В.В. Романов*

Приведены результаты исследований по совершенствованию электронной аппаратуры для задач контроля и управления процессом тканеобразования на ткацком станке.

Анализ современных тенденций конструирования ткацких станков ведущих мировых производителей «Picanol», «Dornier», «Toyota», «Sulzer» показывает, что степень их оснащённости электронными компонентами контроля технологического процесса возрастает [1, 2]. Большое внимание этими фирмами уделяется оперативному измерению натяжения нитей и ткани. В отечественной практике для этих целей наибольшее распространение нашли проволочные тензодатчики. Од-

нако в производственных условиях их применение в качестве сенсоров является проблематичным из-за нестабильных характеристик: дрейфа нуля, непостоянства коэффициента усиления и т.п. Взамен тензометрических датчиков натяжения возможно использование пьезоэлектрических датчиков и даже тепловизоров [3]. Область использования пьезодатчиков весьма широка и может включать: измерение вибраций в системе упругой заправки ткацкого станка [4, 5]; измерение сигналов

акустической эмиссии, излучаемых различными очагами деформации.

Применение их в качестве датчиков натяжения нити возможно как в режиме приема динамических нагрузок, так и в режиме статических нагрузок, т.к. частота колебаний натяжения не превышает нескольких герц [6]. Для реализации процесса измерения натяжения изготовлены чувствительный элемент и электронная схема усилительных каскадов датчика. Электрическое напряжение на выходе пьезоэлектрического трансформатора с точечным приложением усилия пропорционально механическому напряжению, поэтому выражение зависимости выходного напряжения  $U$  пьезоэлектрического трансформатора от измеряемого усилия  $F$  можно записать в виде:

$$U = U_0(1 + \gamma_1 F + \gamma_2 F^2), \quad (1)$$

где  $U_0$  – амплитуда выходного электрического напряжения при нагрузке  $F = 0$ , В;

$\gamma_1, \gamma_2$  – коэффициенты пропорциональности [6].

Ограничиваясь первыми двумя членами формулы (1), после соответствующих преобразований выходная характеристика пьезоэлектрического преобразователя примет вид:

$$U(F) = U_0 \left( 1 - \frac{bF}{e^{2a} - 1} \right), \quad (2)$$

где  $a, b$  – габаритные параметры датчика, м.

$U_0$  – амплитудное значение напряжения возбуждения, В.

При анализе систем изгибного типа их рассматривают как системы с сосредоточенными параметрами, характеризующиеся упругостью, потерями и массой, определяемой измеряемым усилием:

$$\ddot{y} + 2\delta\dot{y} + \omega_p^2 y = \frac{gF_0}{F} \sin \omega t, \quad (3)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$F$  – измеряемое усилие, Н;

$\delta = 0,5 \text{ hg}$  – коэффициент затухания колебаний;

$h$  – величина потерь, %;

$F_0$  – амплитуда возмущающей силы, пропорциональная напряжению возбуждения, Н:

$$F_0 = \frac{U_0 d_{33} \gamma}{a}, \quad (4)$$

где  $a$  – толщина пьезоэлемента, м;

В любом сечении пьезодатчика. выполненного в виде балочки нормальные напряжения, определяемые изгибающим моментом,

$$\sigma = \frac{M(x)z}{J}, \quad (5)$$

где  $M(x)$  – изгибающий момент в текущем сечении ( $x = 0-1$ ), Н·м;

$z$  – толщина балочки от ее середины, м;

$J$  – момент инерции, м<sup>4</sup>.

Суммарные механические напряжения балочки определяются двойным интегрированием по высоте и длине:

$$\sigma_C = \int_{-a/2}^{+a/2} \int \frac{6Fx}{ba} dx = \frac{3Fl^2}{ba}, \quad (6)$$

где  $a$  и  $b$  – толщина и ширина балочки, м.

С учетом колебаний балочки механические напряжения:

$$\sigma_{ЭКВ} = \sigma_C k_D, \quad (7)$$

где  $k_D$  – коэффициент динамичности, определяемый по формуле:

$$k_D = \frac{y_0}{\xi_C},$$

$$\text{где } \xi_C = \frac{4l^3}{Yba^3}.$$

Тогда напряжение на выходе пьезоэлектрического трансформатора

$$U_{ВЫХ} = K_{\Pi} \left( 1 + \frac{y_0}{\xi_C} \right) \frac{3Fl^2}{ba}, \quad (8)$$

где  $K_{\Pi}$  – коэффициент пропорциональности, определяемый пьезомодулем и толщиной пьезоэлемента.

Собственная частота колеблющейся балочки,  $\omega_0$ , Гц

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g\gamma ba^2}{6Fl}}. \quad (9)$$

Выражения (8) и (9) показывают характер зависимости выходного напряжения и частоты преобразователя от величины изгибающего усилия.

Структура усилительного каскада, включающая схему накопителя заряда и нормирующий усилитель и предназначенная для измерения динамических нагрузок, представлена на рис. 1 [7].

Проверка измерителя натяжения на базе пьезодатчика в производственных условиях показала перспективность его использования в системах измерения и контроля (рис.2).

Заложенные в измерителе принципы можно использовать и для анализа других процессов, которые регистрируются пьезодатчиками – вибрации, акустической эмиссии.

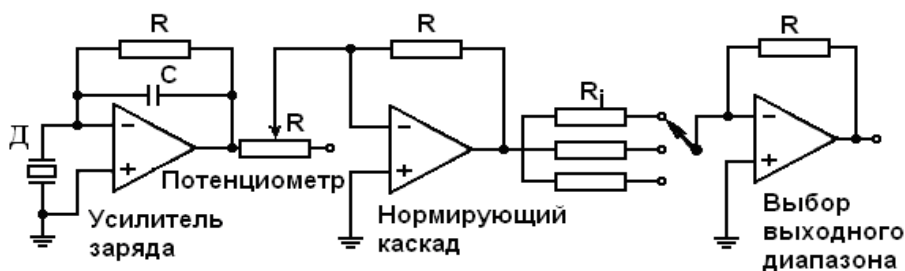


Рис.1. Структура усилительных каскадов измерителя:

Д – пьезоэлектрический датчик; R – сопротивления с номиналами, подбираемыми при монтаже;  $C_1$  – конденсатор

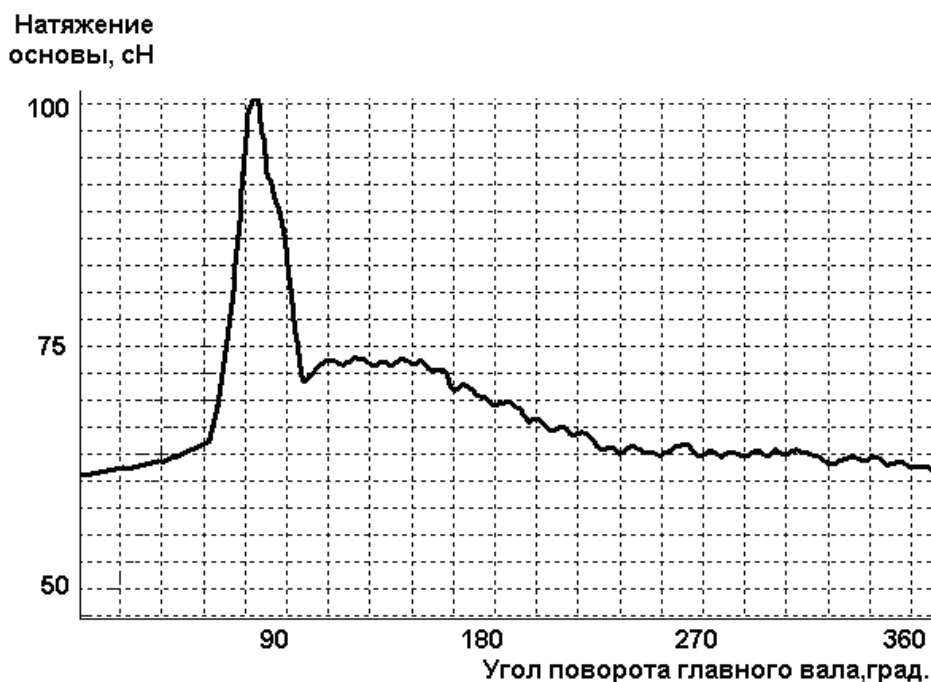


Рис.2. Изменение натяжения основы за цикл тканеформирования

При этом информационные свойства этих сигналов имеют большую ценность, если измерять не их суммарную мощность, а мощность компонентов, соответствующих определенным участкам спектра. Предлагаемое устройство позволяет в лабораторных и цеховых условиях оценить одновременно частоту и амплитуду вибрации. Структурная схема устройства для исследования вибраций показана на рис.3.

Основные узлы измерителя:

ДВ – пьезодатчик вибраций (акселерометр);

ВУ – входное устройство, собранное на полевом транзисторе, работающем в режиме истокового повторителя;

ФНЧ – фильтр нижних частот (фильтр второго порядка), построенный по схеме Саллена и Кея [8];

ПФ – перестраиваемый полосовой фильтр с элементами (органами) настройки (ОН) выполнен по схеме биквадратного активного фильтра [8]. Вместо полосового фильтра возможно использование эквалайзера на базе микросхем UAA180 (A277D, K1003ПП1) или Samsung KA2223.

## ВЫВОДЫ

1. Испытания пьезоэлектрических датчиков для измерения натяжения нитей показали целесообразность и перспективность их дальнейшего использования.

2. Разработаны эффективные конструкции пьезоэлектрических преобразователей статических нагрузок и анализаторов спектра.

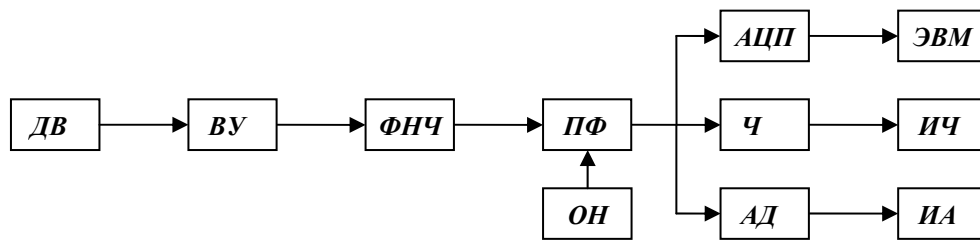


Рис. 3. Структурная схема измерителя вибраций

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт фирмы «Picanol» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.picanol.be>.
2. Официальный сайт фирмы «Dornier» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.lindauerdornier.com>.
3. Власов П.В. Прогнозирование технологического процесса ткачества / П. В. Власов, Я. Шосланд, С. Д. Николаев. – М. : МТИ, 1988. – 41 с.
4. Сигачева В.В. Развитие теоретических основ диагностирования механизмов разветвленной структуры ткацких станков и трикотажных машин с реализацией в автоматизированных системах : дис. ... докт. техн. наук / В. В. Сигачева. – Л., 1991.
5. Мнацаканян В.У. Технологические основы обеспечения точности и восстановления работоспособности деталей и узлов текстильных машин : дис. ... д-ра техн. наук / В. У. Мнацаканян. – М., 2006.
6. Трофимов А.Н. Пьезоэлектрические преобразователи статических нагрузок / А. Н. Трофимов. – М., 1985. – 95 с.
7. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / под ред. У. Томпкинса. – М. : Мир, 1992. – 592 с.
8. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС / Л. Фолкенберри. – М. : Мир. – 572 с.

V.V. Romanov

PERFECTION OF SENSOR FOR FABRIC-FORMATION PROCESS PARAMETER RESEARCH