



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37282 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 33/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) РЕЗОНАНСНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

1

2

(21) u200806957

(22) 20.05.2008

(24) 25.11.2008

(46) 25.11.2008, Бюл.№ 22, 2008 р.

(72) ПОТАПОВ АНАТОЛІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA,
СЛІЗКОВ АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ЩЕРБАНЬ
ВОЛОДИМИР ЮРІЙОВИЧ, UA, КРАСНИТСЬКИЙ
МИХАЙЛО СЕРГІЙОВИЧ, UA, ЗАРЖИЦЬКИЙ ЄВ-
ГЕН ВІТАЛІЙОВИЧ, UA, ТРОФІМОВА ОЛЬГА ВІК-
ТОРИВНА, UA, ЧОРНА ГАННА АНАТОЛІЙВНА, UA

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, UA

(57) 1. Резонансний пристрій для визначення вла-
стивостей текстильних матеріалів, що містить по-
слідовно з'єднані генератор пилкоподібних імпуль-
сів, генератор надвисокої частоти та першу
двоканальну вимірювальну схему, яка включає в
кожному каналі послідовно з'єднані вимірюваль-
ний і опорний резонатори, перший і другий НВЧ-
детектори, перший і другий імпульсні екстремато-
ри, підключені своїми першими входами перший і
другий тригери, другі входи яких з'єднані з імпуль-
сним виходом генератора пилкоподібних імпуль-
сів, і другою двоканальною вимірювальною схе-
мою, яка включає в кожному каналі послідовно
з'єднані перший і другий пікові детектори, перший і
другий компаратори, з'єднані першими входами з
виходами відповідних пікових детекторів, а други-
ми входами - з виходами відповідних НВЧ-
детекторів, та вихідний реєструючий пристрій,
який **відрізняється** тим, що додатково включені
перший і другий імпульсні селектори, перший і
другий інтегратори, перший і другий помножуваль-
ні аналого-цифрові перетворювачі і мікропроцесо-
рний контролер, при цьому вихід першого компа-
ратора з'єднаний з першим входом першого
імпульсного селектора, вихід другого компаратора
з'єднаний з першим входом другого імпульсного
селектора, другі входи яких з'єднані з виходом

тактових імпульсів мікропроцесорного контролера,
а виходи імпульсних селекторів з'єднані з відпові-
дними цифровими входами першого і другого по-
множувальних аналого-цифрових перетворювачів,
вихід першого тригера підключений до входу пер-
шого інтегратора, вихід другого тригера підключе-
ний до входу другого інтегратора, а виходи інте-
раторів з'єднані з входами опорної напруги
відповідних помножувальних аналого-цифрових
перетворювачів, виходи яких підключені до першо-
го і другого входів цифрових даних мікропроцесо-
рного контролера, до виходу якого підключений
вихідний реєструючий пристрій, а вихід синхроні-
зуючого імпульсу мікропроцесорного контролера
з'єднаний з входом синхронізації генератора пил-
коподібних імпульсів.

2. Резонансний пристрій за п. 1, який **відрізняєть-
ся** тим, що додатково включені третій тригер, тре-
тій імпульсний селектор, третій і четвертий по-
множувальні аналого-цифрові перетворювачі, при
цьому перший вхід третього тригера підключений
до виходу першого компаратора, а другий вхід
підключений до виходу другого компаратора, вихід
третього тригера з'єднаний з першим входом тре-
тього імпульсного селектора, другий вхід якого
з'єднаний з виходом тактових імпульсів мікропро-
цесорного контролера, а вихід з'єднаний з відпові-
дними цифровими входами третього і четвертого
помножувальних аналого-цифрових перетворюва-
чів, входи опорної напруги відповідних помножу-
вальних аналого-цифрових перетворювачів під-
ключені до виходів відповідно першого та другого
інтеграторів, виходи третього і четвертого помно-
жувальних аналого-цифрових перетворювачів
підключені до третього і четвертого входів цифро-
вих даних мікропроцесорного контролера, до ви-
ходу якого підключений вихідний реєструючий
пристрій.

Корисна модель відноситься до текстильного
матеріалознавства і призначена для визначення
властивостей текстильних матеріалів (стрічки,
рівниці, пряжі тощо).

Відомий пристрій для вимірювання діелектри-
чної проникності речовини [А.С. СРСР №322708, G

01 N 23/24, Бюл. №36 від 30.11.1971] відноситься
до приладів для виміру фізичних величин за вели-
чиною зміни резонансної частоти НВЧ резонатора
і може бути використаний для виміру діелектрич-
ної проникності. Пристрій для виміру діелектричної
проникності містить генератор надвисокої частоти,

UA (19)
37282 (11)
U (13)

генератор пилкоподібних імпульсів, двоканальну вимірювальну схему, вихідний вимірювальний блок і реєструючий пристрій, в якому між детекторами й підсилювачами включені імпульсні диференціатори, а між підсилювачами й вихідним вимірювальним блоком підключені тригери, при цьому до виходу генератора пилкоподібної напруги приєднаний диференціатор пилкоподібних імпульсів, вихід якого з'єднаний із другими входами тригерів. Одержання імпульсів вимірювального і опорного резонаторів досягається зміною частоти генератора НВЧ за допомогою генератора пилкоподібної напруги. Отримані на детекторах резонансні імпульси надходять на імпульсні диференціатори. Корисна частина продиференційованого сигналу підсилюється підсилювачами і надходить для запуску тригерів. Стійкий початковий стан обох тригерів визначається початком розгортки (зміни частоти), фіксація якого здійснюється сигналом з диференціатора пилкоподібних імпульсів. Виділені тригерами прямокутні напруги надходять на додаткові підсилювачі, балансову схему і далі автоматично реєструються індикатором. Феритові вентиля призначені для розв'язки резонаторів і генератора надвисокої частоти один від іншого. Прилад для вимірювання діелектричної проникності речовини не дозволяє безпосередньо оцінити властивості текстильних матеріалів, а саме ступінь розпрямленості волокон, через відсутність фізико-математичної моделі, що описує зв'язок між величиною діелектричної проникності і ступінню розпрямленості волокон.

Відомий пристрій для вимірювання різниці частот двох НВЧ резонаторів [А.С. СРСР №1580291, G01 R 27/26, Бюл. №27 від 23.07.90] відноситься до пристроїв з вимірювання зміни резонансної частоти НВЧ резонатора і може бути використаний для виміру діелектричної проникності. Цей пристрій для виміру різниці резонансних частот двох НВЧ резонаторів містить послідовно з'єднаний генератор імпульсів, що збуджує генератор пилкоподібної напруги, НВЧ - генератор, до виходу якого через подільник потужності підключені послідовно з'єднані вимірювальний НВЧ -резонатор, перші НВЧ - детектор, диференціатор, підсилювач-формувавч і автоматичний перемикач, а також послідовно з'єднані опорний НВЧ -резонатор, другі НВЧ - детектор, диференціатор, підсилювач-формувавч і перемикач. Перші виходи перемикачів з'єднані між собою з першим входом тригера, а другі виходи перемикачів з'єднані між собою і через інвертор із другим входом тригера. До виходу тригера підключений послідовно з'єднаний елемент співпадання, третій перемикач, реверсивний лічильник імпульсів, багаторозрядний елемент співпадання та цифровий індикатор. При цьому перший вхід елемента з'єднаний з виходом тригера, другий вхід - з виходом генератора, перший і другий виходи третього перемикача з'єднані відповідно з сумуючим і віднімаючим входами реверсивного лічильника. Вхід розподільника частоти з'єднаний з виходом третього диференціатора, вхід якого з'єднаний з виходом генератора. Прямий вихід лічильного тригера з'єднаний з керуючим входом першого перемикача, інверсний вихід - з керуючими входами другого й третього перемикачів, а вхід

- з виходом другого формувача імпульсів, вхід якого з'єднаний із входом першого формувача. Вихід розподільника з'єднаний з керуючим входом багаторозрядного елемента і через одновібратор із входом обнуління реверсивного лічильника. Підсилювачі-формувавчі містять послідовно з'єднані перший диференціатор, компаратор і другий диференціатор. Напруга на виході першого диференціатора має нульове значення в моменти максимуму й мінімуму вхідного сигналу. На виході компаратора формується прямокутний імпульс, фронт і спад якого відповідають екстремальним точкам продиференційованого сигналу. Другий диференціатор формує короткі імпульси.

Пристрій для вимірювання різниці резонансних частот резонаторів не дозволяє безпосередньо оцінити властивості текстильних матеріалів, а саме ступінь розпрямленості волокон, через відсутність фізико-математичної моделі, що описує зв'язок між величиною різниці резонансних частот резонаторів і ступінню розпрямленості волокон в матеріалі.

Відомий також резонансний пристрій для визначення властивостей текстильних матеріалів, описаний в [А.С. СРСР №573775, МПК G 01 N 27/26, 1977], що містить послідовно з'єднані генератор пилкоподібних імпульсів, генератор надвисокої частоти та першу двоканальну вимірювальну схему, яка включає в кожному каналі послідовно з'єднані вимірювальний і опорний резонатори, перший і другий НВЧ детектори, перший і другий імпульсні екстрематори, підключені своїми першими входами перший і другий тригери, другі входи яких з'єднані з імпульсним виходом генератора пилкоподібних імпульсів, і другою двоканальною вимірювальною схемою, яка включає в кожному каналі послідовно з'єднані перший і другий пікові детектори, перший і другий компаратори, з'єднані першими входами з виходами відповідних пікових детекторів, а другими входами - з виходами відповідних НВЧ детекторів, та вихідний реєструючий пристрій. Відомий пристрій дозволяє вимірювати діелектричні параметри тонколистових матеріалів, на надвисоких частотах та відноситься до пристроїв з виміру фізичних величин за величиною зміни резонансної частоти НВЧ резонатора і може бути використаний для виміру діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат, але не дозволяє безпосередньо оцінювати такі властивості текстильних матеріалів, як ступінь розпрямленості волокон, через відсутність фізико-математичної моделі, що описує зв'язок між діелектричними параметрами і ступінню розпрямленості волокон.

В основу корисної моделі покладено задачу створення такого пристрою визначення діелектричних параметрів матеріалів, в якому введенням нових елементів схеми і зміною функціональної зв'язків між ними в електричній схемі, забезпечувалось би визначення властивостей текстильних матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що в резонансному пристрої для визначення властивостей текстильних матеріалів, що містить послідовно з'єднані генератор пилкоподібних імпульсів, генератор надвисокої частоти та першу двоканальну

вимірювальну схему, яка включає в кожному каналі послідовно з'єднані вимірювальний і опорний резонатори, перший і другий НВЧ детектори, перший і другий імпульсні екстрематори, підключені своїми першими входами перший і другий тригери, другі входи яких з'єднані з імпульсним виходом генератора пилкоподібних імпульсів, і другою двоканальною вимірювальною схемою, яка включає в кожному каналі послідовно з'єднані перший і другий пікові детектори, перший і другий компаратори, з'єднані першими входами з виходами відповідних пікових детекторів, а другими входами - з виходами відповідних НВЧ детекторів, та вихідний реєструючий пристрій, згідно з корисною моделлю, додатково включені перший і другий імпульсні селектори, перший і другий інтегратори, перший і другий перемножувальні аналого-цифрові перетворювачі і мікропроцесорний контролер, при цьому вихід першого компаратора з'єднаний з першим входом першого імпульсного селектора, вихід другого компаратора з'єднаний з першим входом другого імпульсного селектора, другі входи яких з'єднані з виходом тактових імпульсів мікропроцесорного контролера, а виходи імпульсних селекторів з'єднані з відповідними цифровими входами першого і другого перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів, вихід першого тригера підключений до входу першого інтегратора, вихід другого тригера підключений до входу другого інтегратора, а виходи інтеграторів з'єднані з входами опорної напруги відповідних перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів, виходи яких підключені до першого і другого входів цифрових даних мікропроцесорного контролера, до виходу котрого підключений вихідний реєструючий пристрій, а вихід синхронізуючого імпульсу мікропроцесорного контролера з'єднаний з входом синхронізації генератора пилкоподібних імпульсів.

Крім того додатково включені третій тригер, третій імпульсний селектор, третій і четвертий перемножувальні аналого-цифрові перетворювачі, при цьому перший вхід третього тригера підключений до виходу першого компаратора, а другий вхід підключений до виходу другого компаратора, вихід третього тригера з'єднаний з першим входом третього імпульсного селектора, другий вхід якого з'єднаний з виходом тактових імпульсів мікропроцесорного контролера, а вихід з'єднаний з відповідними цифровими входами третього і четвертого перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів, входи опорної напруги відповідних перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів підключені до виходів відповідно першого та другого інтеграторів, виходи третього і четвертого перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів підключені до третього і четвертого входів цифрових даних мікропроцесорного контролера, до виходу котрого підключений вихідний реєструючий пристрій.

Введення першого і другого імпульсних селекторів, першого і другого інтеграторів, першого і другого перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів і мікропроцесорного контролера, де вихід першого компаратора з'єднаний з першим входом першого імпульсного селектора, вихід дру-

гого компаратора з'єднаний з першим входом другого імпульсного селектора, другі входи яких з'єднані з виходом тактових імпульсів мікропроцесорного контролера, а виходи імпульсних селекторів з'єднані з відповідними цифровими входами першого і другого перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів, вихід першого тригера підключений до входу першого інтегратора, вихід другого тригера підключений до входу другого інтегратора, а виходи інтеграторів з'єднані з входами опорної напруги відповідних перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів, виходи яких підключені до першого і другого входів цифрових даних мікропроцесорного контролера, до виходу котрого підключений вихідний реєструючий пристрій, а вихід синхронізуючого імпульсу мікропроцесорного контролера з'єднаний з входом синхронізації генератора пилкоподібних імпульсів дозволяє визначити ступінь паралелізації та розпрямленості волокон двома резонаторами з різною чутливістю, яку попередньо визначають до встановлення між ними зразка текстильного матеріалу, визначають чутливість резонаторів під час контакту із зразком текстильного матеріалу та визначають зміни чутливості кожного з резонаторів, що забезпечує розширення функціональних можливостей пристрою.

Додаткове включення третього тригера, третього імпульсного селектора, третього і четвертого перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів також забезпечує розширення функціональних можливостей пристрою.

На Фіг.1. представлена схема заявленого пристрою, на Фіг.2 - епюри напруг (U_4 та U_9)

Резонансний пристрій містить послідовно з'єднані генератор надвисокої частоти 1 і генератор пилкоподібних імпульсів 2, першу та другу двоканальні вимірювальні схеми, які включають вимірювальний резонатор 3, НВЧ детектор 4, піковий детектор 5, компаратор 6, імпульсний селектор 7, опорний резонатор 8, НВЧ детектор 9, піковий детектор 10, компаратор 11, імпульсний селектор 12, перший 13 і другий 14 імпульсні екстрематори, тригер 15, імпульсний екстрематор 16, тригери 17 та 18, перемножувальні аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 19, інтегратор 20, перемножувальний аналого-цифровий перетворювач 21, аналого-цифровий перетворювач 22, інтегратор 23, перемножувальний аналого-цифровий перетворювачі 24 та мікропроцесорний контролер 25 до виходу котрого підключений вихідний реєструючий пристрій 26.

Пристрій працює таким чином. Часова послідовність виконання вимірювальних операцій визначається програмою, що закладена в пам'ять мікропроцесора 25, який імпульсом синхронізації запускає генератор пилкоподібних імпульсів 2, який за допомогою згенерованої пилкоподібної напруги $U(t)$ змінює за лінійним законом з періодом T частоту генератора надвисокої частоти в діапазоні від F_1 до F_2 , що є більший за можливі межі перестроювання вимірювального резонатора

$$U = k_1 \cdot t = S_0 \cdot \frac{t}{T}; 0 \leq t \leq T; F_2 = F_1 + S_1 \cdot U = F_1 + k_1 \cdot S_1 \cdot t. \quad (1)$$

де S_0 - крутість зміни пилкоподібної напруги;

S_1 - крутість модуляційної характеристики.

Попереднім налагоджуванням при відсутності контрольованого матеріалу встановлюють однаковими резонансні частоти опорного F_{00} та вимірювального F_B резонаторів.

Розглянемо роботу пристрою в режимі визначення степені розпрямленості та паралелізації волокон за величиною зміни добротності НВЧ вимірювального резонатора, коли відкритий вихід вимірювального резонатора контактує із досліджуваним волокнистим матеріалом.

Надвисокочастотні електромагнітні коливання із змінною частотою, що подаються на вимірювальний 3 і опорний 8 резонатори одночасно, збуджують в них резонансні коливання. На вихідних клеммах НВЧ детекторів 4 та 9 будуть сформовані резонансні імпульси (див. епюри напруг U_4 та U_9 на Фіг.2.). Вимірювальний резонатор, що контактує із досліджуваним волокнистим матеріалом, резонує на частоті F_B , більш низькій ніж опорний резонує на частоті F_{00} , що відповідає моментам часу t_B і t_0 відповідно. На малюнку пунктирною лінією показано часове положення вимірювального резонансного імпульсу без контакту із досліджуваним волокнистим матеріалом. У відповідності до (1)

$$F_{00} = F_1 + k_1 \cdot S_1 \cdot t_0; F_B = F_1 + k_1 \cdot S_1 \cdot t_B; t_0 = \frac{F_{00} - F_1}{k_1 \cdot S_1}; t_B = \frac{F_B - F_1}{k_1 \cdot S_1} \quad (2)$$

На вихідних клеммах пікових детекторів 5 та 10 буде присутня постійна напруга, величина якої дорівнюватиме амплітуді вхідної імпульсної напруги, тобто U_4 та U_9 відповідно. Через резистивні подільники з коефіцієнтом передачі 0,5 вихідні напруги пікових детекторів 5 та 10 поступають на перші входи компараторів 6 та 11, а на їх другі входи поступають резонансні імпульси з вихідних клем НВЧ детекторів 4 та 9. На виходах компараторів будуть сформовані прямокутні імпульси, часова тривалість яких τ_0 та τ_B відповідатиме ширині смуги пропускання опорного ΔF_0 і вимірювального ΔF_B резонаторів на рівні $U_4/2$ та $U_9/2$ відповідно. Після нескладних перетворень з урахуванням (1) отримаємо

$$\tau_0 = \frac{\Delta F_0}{S_0 \cdot S_1} \cdot T; \tau_B = \frac{\Delta F_B}{S_0 \cdot S_1} \cdot T \quad (3)$$

Ці прямокутні імпульси поступають на перші входи імпульсних селекторів, на другі входи яких поступають тактові імпульси з відповідного виходу мікропроцесорного контролера 25. Період повтору тактових імпульсів T_T набагато менший періоду повторення пилкоподібної напруги T , тому на виходах імпульсних селекторів будуть присутні послідовності тактових імпульсів N , причому кількість імпульсів у послідовності буде пропорційна тривалості імпульсів τ_0 та τ_B

$$N_0 = \frac{\tau_0}{T_T}; N_B = \frac{\tau_B}{T_T} \quad (4)$$

З урахуванням (3) і (4), отримаємо

$$\Delta F_0 = S_0 \cdot S_1 \cdot N_0; \Delta F_B = S_0 \cdot S_1 \cdot N_B \quad (5)$$

На вихідних клеммах першого 13 і другого 14 імпульсних екстрематорів в моменти резонансу t_B і t_0 вимірювального 3 і опорного 8 резонаторів будуть сформовані короткі прямокутні імпульси τ_p , тривалість яких значно менше тривалості імпульсів τ_0 та τ_B ($\tau_p \ll \tau_0, \tau_p \ll \tau_B$). Ці імпульси в моменти резонансу вимірювального і опорного резонаторів, поступаючи на перші входи тригерів 17 та 18, повертатимуть їх до вихідного стану, з якого вони були одночасно виведені імпульсом зворотного ходу з імпульсного виходу генератора пилкоподібних імпульсів 2. Тому на виходах тригерів 17 та 18 будуть сформовані прямокутні імпульси, тривалість яких визначатиметься інтервалом часу від моменту початку зміни пилкоподібної напруги $U(t)$ і, відповідно, частоти генератора НВЧ коливань ($t = t_{00} = 0$) до моменту резонансу вимірювального $t = t_B$ і опорного $t = t_0$ резонаторів. Оскільки при $t = t_0$ $F = F_1$, то з урахуванням (1) та (2), отримаємо

$$t_B - t_{00} = F_B \cdot \frac{T}{S_0 \cdot S_1}; t_0 - t_{00} = F_{00} \cdot \frac{T}{S_0 \cdot S_1} \quad (6)$$

Прямокутні імпульси з виходів тригерів 17 та 18, тривалість яких пропорційна величинам відповідних резонансних частот F_B та F_{00} , поступають на входи інтеграторів 20 і 23, вихідні напруги котрих будуть прямопропорційні тривалості вхідних імпульсів

$$U_B = F_B \cdot \frac{T \cdot S_{20}}{S_0 \cdot S_1}; U_0 = F_{00} \cdot \frac{T \cdot S_{23}}{S_0 \cdot S_1} \quad (7)$$

де S_{20}, S_{23} - крутість перетворення інтегратора 20 і інтегратора 23 відповідно.

Можна вважати $S_{20} \cong S_{23}$. Ці вихідні напруги інтеграторів виконують функцію опорних напруг для перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) 19 і 22.

На входи даних перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів 19 і 22 поступають імпульсні послідовності (4) з виходів імпульсних селекторів 7 та 12, тому на виходах АЦП отримаємо з урахуванням (5) і (7) відповідні цифрові кодові сигнали K_B і K_0

$$K_B = \frac{N}{N_B} \cdot U_B \cdot S_{19} = \frac{F_B}{\Delta F_B} \cdot N \cdot S_{19} \cdot S_{20}; K_0 = \frac{N}{N_0} \cdot U_0 \cdot S_{22} = \frac{F_{00}}{\Delta F_0} \cdot S_{22} \cdot S_{23} \quad (8)$$

де S_{19}, S_{22} - крутість перетворення аналого-цифрових перетворювачів 19 і 22 відповідно.

Можна вважати $S_{19} \cong S_{22}$. N - розрядність аналого-цифрових перетворювачів. Таким чином, цифрові кодові сигнали K_B і K_0 прямопропорційні величинам добротностей вимірювального $Q_B = F_B / \Delta F_B$ і опорного резонаторів

$Q_0 = F_{00} / \Delta F_0$, з точністю до постійного множника $D = S_{\text{ІНТ}} \cdot S_{\text{АЦП}} (S_{20} \cong S_{23} = S_{\text{ІНТ}}; S_{19} \cong S_{22} = S_{\text{АЦП}})$.

Якщо в початковій фазі вимірювання, коли відкритий вихід вимірювального резонатора не контактуватиме із досліджуваним волокнистим матеріалом, виміряти величину K_B і занести її в пам'ять мікропроцесорного контролера як K_{B0} , то після виконання вимірювань із досліджуваним волокнистим матеріалом, арифметичний пристрій контролера за нескладним алгоритмом обрахує величину ступені розпрямленості та паралелізації волокон за наведеною нижче формулою, прийнявши до уваги, що добротність опорного резонатора в процесі вимірювань не змінюється

$$\eta_Q = 1 - \frac{\Delta Q_B}{Q_{B0}} = \frac{K_B}{K_{B0}}. \quad (9)$$

Тепер розглянемо особливості роботи пристрою в режимі визначення ступені розпрямленості та паралелізації волокон за величиною зміни резонансної частоти НВЧ вимірювального резонатора.

Надвисокочастотні електромагнітні коливання із змінною частотою, що подаються на вимірювальний 3 і опорний 8 резонатори одночасно, збуджують в них резонансні коливання. На вихідних клеммах НВЧ детекторів 4 та 9 будуть сформовані резонансні імпульси (див. епюри напруг U_4 та U_9 на Фіг.2.). Вимірювальний резонатор, що контактує із досліджуваним волокнистим матеріалом, резонує на частоті F_B , більш низькій ніж опорний резонує на частоті F_{00} , що відповідає моментам часу t_B і t_0 відповідно (2). На малюнку пунктирною лінією показано часове положення вимірювального резонансного імпульсу без контакту із досліджуваним волокнистим матеріалом.

На вихідних клеммах першого 13 і другого 14 імпульсних екстрематорів в моменти резонансу t_B і t_0 вимірювального 3 і опорного 8 резонаторів будуть сформовані короткі прямокутні імпульси τ_p , тривалість яких значно менше тривалості імпульсів τ_0 та τ_B ($\tau_p \ll \tau_0, \tau_p \ll \tau_B$). Імпульс, що генерується в момент резонансу вимірювального резонатора, поступає на перший вхід тригера 15, а імпульс, що генерується в момент резонансу опорного резонатора, поступає на його другий вхід.

На виході тригера буде сформований прямокутний імпульс, тривалість якого буде пропорційна величині частотної розстройки між опорним і вимірювальним резонаторами F_0 F_B , і він поступатиме на один з входів імпульсного селектора 16, на другий вхід якого поступають тактові імпульси з виходу тактових імпульсів мікропроцесорного контролера 25. Відповідно на виході імпульсного селектора 12 буде сформована імпульсна послідовність, в якій кількість імпульсів буде пропорційна величині частотної розстройки між опорним і вимірювальним резонаторами $F_{00} - F_B$. Тобто, з урахуванням (2) можна записати

$$\Delta F_{B-0} = F_B - F_0 = S_0 \cdot S_1 \cdot \frac{(t_0 - t_B)}{\tau_T} = S_0 \cdot S_1 \cdot N_{B-0}. \quad (10)$$

Ця імпульсна послідовність поступає на входи даних перемножувальних аналого-цифрових перетворювачів 21 і 24, на їх входи опорних напруг поступають напруги з виходів інтеграторів 20 і 23, величини яких пропорційні величинам резонансних частот вимірювального ф опорного резонаторів (7). Тому на виходах АЦП отримаємо з урахуванням (10) відповідні цифрові кодові сигнали

$$K_{B-0} = \frac{N}{N_{B-0}} \cdot U_B \cdot S_{21} = \frac{F_{D-0}}{\Delta F_{B-0}} \cdot N \cdot S_{21} \cdot S_{20}; K_{0-0} = \frac{N}{N_0} \cdot U_0 \cdot S_{22} = \frac{F_{00}}{\Delta F_0} \cdot S_{24} \cdot S_{23} \quad (11)$$

де S_{21}, S_{24} - крутість перетворення аналого-цифрових перетворювачів 21 і 24 відповідно; N - розрядність аналого-цифрових перетворювачів.

Можна вважати $S_{21} \cong S_{24}$. Таким чином, цифрові кодові сигнали K_{B-0} і K_{0-0} прямо пропорційні величинам відносних розстроек резонаторів.

Арифметичний пристрій контролера за нескладним алгоритмом обрахує величину ступені розпрямленості та паралелізації волокон за наведеною нижче формулою, прийнявши до уваги, що частота опорного резонатора в процесі вимірювань не змінюється

$$\eta_Q = 1 - \frac{\Delta F_{B-0}}{F_{B0}} = 1 - \frac{N \cdot T \cdot S_{20} \cdot S_{21}}{K_{B-0}} \quad (12)$$

Таким чином, введення нових елементів до схеми і зміною функціональної зв'язків між елементами схеми, забезпечує безпосереднє визначення властивостей текстильних матеріалів (ступінь розпрямленості та орієнтації волокон).

